

気候変動影響評価報告書 詳細
(2025 年度版)

令和 8 年 2 月

環境省

目次

1. 背景及び目的.....	1
1.1. 背景.....	1
1.2. 目的.....	2
1.3. 検討の進め方.....	2
2. 日本における気候変動による影響の評価の取りまとめ手法.....	3
2.1. 重大性の評価の考え方.....	7
2.2. 緊急性の評価の考え方.....	10
2.3. 確信度の評価の考え方.....	12
2.4. 取りまとめの様式.....	13
2.5. 気候変動影響の評価内容に関する留意点.....	13
3. 日本における気候変動による影響及び評価結果.....	15
3.1. 農業・林業・水産業.....	16
【農業】.....	18
(1) 水稻.....	18
(2) 野菜等.....	24
(3) 果樹.....	30
(4) 麦、大豆、飼料作物等.....	35
(5) 畜産.....	39
(6) 病虫害・雑草等.....	44
(7) 農業生産基盤.....	50
(8) 食料需給.....	55
【林業】.....	59
(1) 木材生産（人工林等）.....	59
(2) 特用林産物（きのこ類等）.....	67
【水産業】.....	71
(1) 回遊性魚介類（魚類等の生態）.....	71
(2) 増養殖業.....	76
(3) 沿岸域・内水面漁場環境等.....	80
3.2. 水環境・水資源分野.....	88
【水環境】.....	90
(1) 湖沼・ダム湖.....	90
(2) 河川.....	98
(3) 沿岸域及び閉鎖性海域.....	103
【水資源】.....	108
(1) 水供給（地表水）.....	108
(2) 水供給（地下水）.....	117
(3) 水需要.....	122

3.3. 自然生態系分野.....	126
【陸域生態系】	128
(1) 高山・亜高山帯	128
(2) 自然林・二次林	135
(3) 里地・里山生態系.....	143
(4) 人工林	148
(5) 野生鳥獣による影響	152
【淡水生態系】	156
(1) 湖沼.....	156
(2) 河川.....	161
(3) 湿原.....	167
【沿岸生態系】	171
(1) 亜熱帯	171
(2) 温帯・亜寒帯	177
【海洋生態系】	185
(1) 海洋生態系.....	185
【物質収支】	190
(1) 物質収支	190
【生態系サービス】	196
(1) 生態系サービス	196
【その他】	204
(1) 生物季節	204
(2) 分布・個体群の変動	208
3.4. 自然災害・沿岸域分野.....	213
【河川】	215
(1) 洪水.....	215
(2) 内水.....	227
【沿岸】	233
(1) 海面水位の上昇	233
(2) 高潮・高波.....	238
(3) 海岸侵食	245
【山地】	250
(1) 土石流・地すべり・土砂流出等.....	250
【その他】	260
(1) 強風等	260
【複合的な災害影響】	267
3.5. 健康分野.....	273
【暑熱】	275
(1) 死亡リスク.....	275

(2) 熱中症	281
(3) 疾病発生・悪化、死因別死亡リスク	287
【感染症】	293
(1) 水系・食品媒介性感染症	293
(2) 節足動物媒介感染症	297
(3) その他の感染症	303
【その他】	306
(1) 温暖化と大気汚染の複合影響	306
(2) メンタルヘルスへの影響	311
(3) 自然災害に起因する健康影響	314
(4) 冬季の健康影響	320
(5) その他の健康影響	324
3.6. 産業・経済活動分野	327
【産業】	329
(1) 全般	329
(2) 製造業	335
(3) 食料品製造業	340
(4) エネルギー産業	344
(5) 原材料業	350
(6) 商業	353
(7) 金融・保険業	357
(8) 観光業	362
(9) 建設業	368
(10) 情報・通信業	372
(11) 運輸業	375
(12) 不動産業	379
(13) サービス業	382
(14) 医療・福祉・製薬業	385
(15) 衣料品製造業	389
【海外影響】	392
(1) 海外からの2次的影響	392
3.7. 国民生活・都市生活分野	399
【健全な生活とその基盤】	401
(1) インフラ・ライフライン等	401
(2) 医療・福祉、教育	411
(3) 飲食	415
(4) 住宅・住居	420
(5) 労働・消費	424
(6) 健康的な暮らし	428

(7) レジャー・大規模イベント	435
(8) 災害避難	441
【精神的な基盤】	446
(1) 自然環境	446
(2) 文化・歴史.....	450
(3) 地域社会	453
【世代間・世代内公平性】	456
(1) 公平性・社会的弱者への配慮.....	456
3.8. 連鎖的・複合的影響	460
付録 A. 気候予測に用いられているシナリオ等の概要	462
A.1. SSP シナリオ	462
A.2. RCP シナリオ	464
A.3. SRES シナリオ.....	467
A.4. 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース（d4PDF、d2PDF）	469
付録 B. 引用文献一覧.....	470
B.1. 農業・林業・水産業分野	470
B.2. 水環境・水資源分野	492
B.3. 自然生態系分野.....	501
B.4. 自然災害・沿岸域分野.....	528
B.5. 健康分野.....	546
B.6. 産業・経済活動分野	572
B.7. 国民生活・都市生活分野	588
付録 C. 検討体制	607

1. 背景及び目的

1.1. 背景

2015 年にフランスのパリで開催された、国連気候変動枠組条約（UNFCCC）第 21 回締約国会議（COP21）では、2020 年以降の気候変動対策について、先進国、開発途上国を問わず全ての締約国が参加する公平かつ実効的な法的枠組である「パリ協定」が採択された。パリ協定では、世界全体の平均気温の上昇を産業革命以前に比べて 2°C より十分低く保つとともに、1.5°C に抑える努力を追求することが示された。

2021 年 8 月から 2023 年 3 月にかけて、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）により公表された第 6 次評価報告書では、次のことが示されている。

- 人間活動が主に温室効果ガスの排出を通して地球温暖化を引き起こしてきたことには疑う余地がなく、1850～1900 年を基準とした世界平均気温は 2011～2020 年に 1.1°C の温暖化に達した（確信度が高い）。
- 気候変動は既に世界中の全ての地域において自然と人々に対し広範な悪影響をもたらしており、現在の気候変動への過去の寄与が最も少ない脆弱なコミュニティが不均衡に影響を受ける（確信度が高い）。
- 適応の計画と実施は全ての部門及び地域にわたって進展しているものの、適応のギャップが存在し、現在の適応の実施の速度では今後も拡大し続ける（確信度が高い）。
- 2021 年 10 月までに発表された「国が決定する貢献（NDCs）」によって示唆される 2030 年の世界全体の温室効果ガス排出量では、温暖化が 21 世紀の間に 1.5°C を超える可能性が高く、温暖化を 2°C より低く抑えることが更に困難になる可能性が高い（確信度が高い）。
- 気候にレジリエントな開発は、適応と緩和を統合することで全ての人々にとって持続可能な開発を進展させ、特に脆弱な地域、部門及び集団に向けた十分な資金源へのアクセスの改善、包摂的なガバナンス、協調的な政策を含む国際協力の強化によって可能となる（確信度が高い）。

こうした中で、世界各国で気候変動による影響の評価や適応計画策定の取組が進んでいる。欧州では、英国が 2013 年に気候変動適応計画、2022 年には第 3 次気候変動影響評価報告書（CCRA3）を公表している。米国では、2009 年に気候変動影響評価報告書を公表、2013 年には今後の適応策の取組の方向性を示した大統領令を公布、2023 年には第 5 次気候変動影響評価報告書を公表している。アジアにおいては、韓国が 2010 年に気候変動影響評価報告書とともに適応計画を公表、2019 年に第 2 次気候変動対応基本計画を閣議決定、2020 年に第 3 次気候変動影響評価報告書を公表している。

我が国においては、2015 年 3 月、中央環境審議会から環境大臣への意見具申として、「日本における気候変動による影響の評価に関する報告と今後の課題について」が公表された。ここで示された科学的知見をもとに、同年 11 月に「気候変動の影響への適応計画」が閣議決定された。その後、2018 年 6 月には気候変動適応法が成立し（2018 年 12 月 1 日施行）、同法第 10 条において、環境大臣はおおむね 5 年ごとに気候変動影響評価報告書を作成、公表することが位置づけられた。また、同法施行に先立ち、2018 年 11 月には、気候変動適応法第 7 条に基づく気候変動適応計画が閣議決定された。それを受けて、2020 年 12 月に、気候変動適応法に基づくものとしては初めて、気候変動影響評価報告書（以下、「第 2 次気候変動影響評価報告書」という。）が公表された。

1.2. 目的

気候変動及び多様な分野における気候変動影響の観測、監視、予測及び評価に関する最新の科学的知見を踏まえ、気候変動影響の総合的な評価についての報告書（以下、「第3次気候変動影響評価報告書」という。）を作成するため、中央環境審議会地球環境部会気候変動影響評価・適応小委員会（2023年6月の改組前は気候変動影響評価等小委員会）（以下、「小委員会」という。）において、既存の研究による気候変動の将来予測や、気候変動が日本の自然や人間社会に与える影響（以下、「影響」という。）の評価等について整理し、気候変動が日本に与える影響の評価について審議を進めてきた。

第3次気候変動影響評価報告書は、第2次気候変動影響評価報告書と同様に、気候変動が日本にどのような影響を与え得るのか、また、その影響の程度、可能性等（重大性）、影響の発現時期や適応の着手・重要な意思決定が必要な時期（緊急性）、予測の確からしさ（確信度）はどの程度であるかを科学的観点から取りまとめることで、政府による気候変動適応計画や、自治体や事業者等による適応計画の策定において、各分野・項目ごとの気候変動影響やその対策に関する情報を効率的に抽出できるようにすることを主な目的としている。

第3次気候変動影響評価報告書は日本における気候変動及びその影響の概要、影響評価手法に関する課題や展望等をまとめた「総説」と、影響評価の詳細な内容を記載した「詳細」（本報告書）との2部構成とする。

1.3. 検討の進め方

本報告書の作成にあたり、専門家による分野別ワーキンググループ（以下、「分野別WG」という。）を設置し、文献・データの収集や整理の方針等を示した上で具体的な検討を開始した。

2022年度より、「農業・林業・水産業WG」、「水環境・水資源WG」、「自然生態系WG」、「自然災害・沿岸域WG」、「健康WG」、「産業・経済活動／国民生活・都市生活WG」の6つの分野別WGを設置し、各分野に関する気候変動影響に関する詳細な議論を行った。

また、分野別WG座長間会合を開催し、重大性・緊急性・確信度の評価方法など、全分野共通となる方針を決定した。この方針に沿って、文献の収集、整理を行うとともに、2022年度から2025年度にかけてそれぞれ7回ずつ分野別WG会合・座長間会合を開催し、収集した文献をもとに科学的な観点から気候変動による影響を（現在の状況）と（将来予測される影響）として取りまとめるとともに、重大性、緊急性、確信度の評価を行った。評価の結果は、座長間会合において分野横断的な視点で確認するとともに、分野をまたぐ影響の取扱い（連鎖的・複合的影響等）についても議論した。

並行して、2021年度から2025年度にかけて小委員会を計6回開催し、各段階における影響評価の進捗や報告書案について、評価内容の吟味に加え、報告書の構成や今後の課題に関する議論も含め、総合的な観点での審議を重ねた。2026年1月、中央環境審議会から「気候変動影響の評価について」答申がなされた。

なお、本報告書を取りまとめるにあたり、我が国における気候変動による影響を中心に、IPCC第6次評価報告書などの知見も含めて、査読付き論文などの文献を収集し、分野別WG等における確認を経て、最終的に2186件の文献を引用した。

2. 日本における気候変動による影響の評価の取りまとめ手法

第2次気候変動影響評価報告書における評価の手法を踏襲しつつ、科学的知見の充実や現状を踏まえた修正を行った。具体的には、IPCC第6次評価報告書の主要なリスクの特定の考え方、英国の第3次気候変動リスク評価（CCRA: Climate Change Risk Assessment、以下、「英国CCRA3」という。）などの諸外国の事例におけるリスク評価の考え方を参考とし、以下の通りとした。

i) 検討体制

評価の観点として、重大性・緊急性・確信度の3つを設け、7つの対象分野（農業・林業・水産業、水環境・水資源、自然生態系、自然災害・沿岸域、健康、産業・経済活動、国民生活・都市生活）について、分野を細分化した80の小項目（表2-1）の単位ごとに評価した。分野ごとの特性もあり、分野間で統一かつ定量的な評価基準を設定することは難しいことから、重大性・緊急性・確信度の判断において分野共通的な目安は示しつつも、分野別WGにおいて科学的知見に基づく専門家判断（エキスパート・ジャッジ）により評価を行った。

また、重大性等の評価は実施しなかったが、7つの個別の分野の他に、分野横断的な視点から、連鎖的・複合的影響についてもとりまとめた。また、分野別WGにおける検討結果をもとに、小委員会において本報告書に関する総合的な議論を行った。

ii) 評価の観点

- 重大性：【社会】・【経済】・【環境】の3つの観点で評価する。詳しくは2.1節を参照。
- 緊急性：【影響の発現時期】・【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】の2つの観点で評価する。詳しくは2.2節を参照。
- 確信度：【知見の種類・量等】・【知見の一致度】の2つの観点で評価する。詳しくは2.3節を参照。

iii) 取りまとめの様式

各分野・小項目ごとに、重大性・緊急性・確信度の評価結果を表形式で取りまとめる。詳しくは2.4節を参照。

表 2-1 分野・項目の分類体系

分野	大項目	小項目
農業・林業・水産業	農業	水稻
		野菜等
		果樹
		麦、大豆、飼料作物等
		畜産
		病虫害・雑草等
		農業生産基盤
		食料需給
	林業	木材生産（人工林等）
		特用林産物（きのこ類等）
	水産業	回遊性魚介類（魚類等の生態）
		増養殖業
		沿岸域・内水面漁場環境等
水環境・水資源	水環境	湖沼・ダム湖
		河川
		沿岸域及び閉鎖性海域
	水資源	水供給（地表水）
		水供給（地下水）
		水需要
自然生態系	陸域生態系	高山・亜高山帯
		自然林・二次林
		里地・里山生態系
		人工林
		野生鳥獣による影響
	淡水生態系	湖沼
		河川
		湿原
	沿岸生態系	亜熱帯
		温帯・亜寒帯
	海洋生態系	海洋生態系
	物質収支	物質収支
	生態系サービス	生態系サービス
	その他	生物季節
		分布・個体群の変動

分野	大項目	小項目
自然災害・沿岸域	河川	洪水
		内水
	沿岸	海面水位の上昇
		高潮・高波
		海岸侵食
	山地	土石流・地すべり・土砂流出等
	その他	強風等
	複合的な災害影響	－
健康	暑熱	死亡リスク
		熱中症
		疾病発生・悪化、死因別死亡リスク
	感染症	水系・食品媒介性感染症
		節足動物媒介感染症
		その他の感染症
	その他	温暖化と大気汚染の複合影響
		メンタルヘルスへの影響
		自然災害に起因する健康影響
		冬季の健康影響
		その他の健康影響
産業・経済活動	産業	全般
		製造業
		食料品製造業
		エネルギー産業
		原材料業
		商業
		金融・保険業
		観光業
		建設業
		情報・通信業
		運輸業
		不動産業
		サービス業
		医療・福祉・製薬業
		衣料品製造業
	海外影響	海外からの２次的影響

分野	大項目	小項目
国民生活・都市生活	健全な生活とその基盤	インフラ・ライフライン等
		<u>医療・福祉、教育</u>
		<u>飲食</u>
		<u>住宅・住居</u>
		<u>労働・消費</u>
		健康的な暮らし
		<u>レジャー・大規模イベント</u>
		<u>災害避難</u>
	精神的な基盤	自然環境
		文化・歴史
		<u>地域社会</u>
	世代間・世代内公平性	<u>公平性・社会的弱者への配慮</u>

※下線は、今回新たに追加された小項目。

2.1. 重大性の評価の考え方

重大性の評価では、第2次気候変動影響評価報告書の考え方をベースとして、IPCC 第6次評価報告書の主要リスクの特定・評価の基準（表2-2）、英国 CCRA3 等の考え方も参考に、【社会】・【経済】・【環境】の3つの観点から評価を行った。

表 2-2 IPCC AR6 WGII における主要リスクの特定・評価の基準

観点	定義
有害な影響の大きさ	● リスクの大きさは、リスクが顕在化した場合に、システムの特定の側面がどの程度影響を受けるかを測定する。大きさには、システムの大きさや範囲、システム全体にわたる影響の広汎性（地理的又は影響を受ける人口の点から）、及び影響の程度が含まれることがある。 ● 広汎性と変化の度合いに加えて、他のいくつかの側面も大きさの判断に寄与することができるが、それらは捉えるのが困難で文脈に大きく依存する概念に言及するものである： ➤ 影響の不可逆性。（少なくとも長い時間スケールでの）不可逆的な影響は、一時的なものよりも高いリスクとみなされる。例えば、ある場所の一般的な生態系への変化は、10年から100年のスケールでは可逆的でない可能性がある。 ➤ 影響の閾値又はティッピングポイントの可能性。影響の大きさや速度が大幅に増加するような閾値を超える可能性がある場合、より高いリスクがもたらされる。 ➤ システムの境界を越えて連鎖的に影響を及ぼす可能性。より高いリスクは、影響を受けるシステム内の他の生態系、セクター又は人口集団及び／又は近隣か遠隔かを問わず他のシステムに対して、下流で連鎖的な影響を引き起こす可能性があるものによってもたらされる。
有害な影響の可能性	● どのような規模を考慮していても、大きな影響が生じる可能性が高いほど、先験的に大きなリスクとなる。この確率は定量化できない場合もあり、また、そのリスクに関連するハザード、曝露、脆弱性についての仮定に依存する場合もある。
リスクの時間的特性	● より早く発生するリスク、あるいは時間の経過とともにより急速に増大するリスクは、自然や社会の適応に大きな課題をもたらす。また、（ハザード、曝露、脆弱性が持続することによる）持続的なリスクは、一時的なリスク（例えば、（紛争や景気後退により）住民の脆弱性が短期的に増大する）よりも高い脅威となる可能性がある。
リスクに対応する能力	● 影響を受ける生態系や社会が持つ次の能力が限定されている場合、リスクはより深刻となる。ハザードを軽減する能力（例えば、

観点	定義
	人間系においては、緩和、生態系管理、場合によっては日射管理を通じて)、人間系や生態系における様々な適応策を通じて曝露及び脆弱性を軽減する能力、影響が生じた際に対処又は対応する能力。

ただし、表 2-2 の観点のうち、「リスクの時間的特性」のうちの「リスクの発生時期」に関しては、重大性の評価に用いず、緊急性の評価に用いる。また、「リスクに対応する能力」に関しては、直接的に重大性の評価に用いず、緩和や適応の観点を以下のように評価に取り入れた。

緩和

一部の項目において、前提としている排出シナリオ (SSP1-2.6/SSP5-8.5、RCP2.6/RCP8.5 等)、予測時期 (21 世紀中頃、21 世紀末等)、工業化以前からの気温上昇幅などに基づき、＜現状 (約 1℃上昇)・＜1.5～2℃上昇時＞・＜3～4℃上昇時＞の 3 つの場合に分けて重大性を評価することで、緩和の効果を示すこととした。

なお、場合分けに用いた気温上昇幅は、1850～1900 年を基準とした世界平均気温上昇幅であり、日本域における気温上昇幅とは必ずしも一致しないことに留意が必要である。現状気温上昇幅については、IPCC 第 6 次評価報告書の「1850～1900 年を基準とした世界平均気温は 2011～2020 年に 1.1℃の温暖化に達した」との記載に基づく。IPCC AR6 等で用いられた各排出シナリオ・予測時期と気温上昇幅との対応関係は、表の通りである。

表 2-3 IPCC AR6 のシナリオごとの世界平均気温の予測と第 3 次評価の気温上昇幅の場合分けとの対応

IPCC AR6のシナリオ (概要) ※1	21世紀中頃 (2041–2060)	21世紀末 (2081–2100)	IPCC AR5 以前 のシナリオ等※2
SSP1-1.9 (持続可能な発展の下で、工業化前を基準とする21世紀末までの昇温 (中央値) を概ね (わずかに超えることはあるものの) 約 1.5℃以下に抑える気候政策を導入。2050 年頃にCO2排出正味ゼロ。)	1.6 [1.2–2.0]	1.4 [1.0–1.8]	
SSP1-2.6 (持続可能な発展の下で、工業化前を基準とする昇温 (中央値) を2℃未満に抑える気候政策を導入。2050年以降にCO2排出正味ゼロ。)	1.7 [1.3–2.2]	1.8 [1.3–2.4]	RCP2.6
SSP2-4.5 (中道的な発展の下で気候政策を導入。2030年までの各国の「国が決定する貢献 (NDC)」を集計した排出量の上限にほぼ位置する。CO2排出は今世紀半ばまで現在の水準で推移。)	2.0 [1.6–2.5]	2.7 [2.1–3.5]	RCP4.5、 SRES B1
SSP3-7.0 (地域対立的な発展の下で気候政策を導入しない。エーロゾルなどCO2以外の排出が多い。2100年までにCO2排出量が現在の2倍に。)	2.1 [1.7–2.6]	3.6 [2.8–4.6]	RCP6.0 (SRES B2・A1Bと対応) とRCP8.5の間
SSP5-8.5 (化石燃料依存型の発展の下で気候政策を導入しない。2050年までにCO2排出量が現在の2倍に。)	2.4 [1.9–3.0]	4.4 [3.3–5.7]	RCP8.5、 SRES A1FI・A2

[] : 「可能性が非常に高い」範囲

重大性の評価での
「1.5～2℃上昇時」 重大性の評価での
「3～4℃上昇時」

※1 シナリオの概要については、環境省「IPCC第6次評価報告書の概要」を参照。

※2 AR5のシナリオとの対応についてはIPCC AR6 SYR SPM Cross-Section Box.2 Figure 1、AR4のシナリオとの対応については第2次評価時と同様に van Vuuren and Carter (2014) を参照。その他、d2PDFは「約1.5～2℃上昇」、d4PDFは「約3～4℃」上昇に対応。

適応

第1次評価以降、多くの分野で既に一定程度の適応策が講じられていることから、現状の影響の重大性の評価においては実施済みの適応策の効果を考慮に入れることとした。

また、適応策及びその効果に関する科学的知見も増えてきていることから、小項目ごとに得られた知見を（適応策とその効果）として整理した。

なお、重大性の評価に当たっては、研究論文等の内容を踏まえて行うことを原則としつつ、表2-4で示した評価の考え方に基づき、専門家判断（エキスパート・ジャッジ）も取り入れることにより、「レベル1～3」の評価を行った。また、現状では評価が困難な場合は「現状では評価できない」とした。

表 2-4 重大性の評価の考え方

観点	重大性	以下の切り口をもとに、「1. 社会」・「2. 経済」・「3. 環境」の観点で重大性を判断する		
		● 影響の範囲（エリア、人口等） ● 影響の対象（重要・希少な対象、社会的弱者、特定の地域等） ● 影響の持続時間・不可逆性 ● 影響の発生可能性 ● 影響の連鎖による波及効果の有無		
		レベル3：特に重大な影響が認められる	レベル2：重大な影響が認められる	レベル1：影響が認められる
1. 社会	以下の項目に1つ以上当てはまる	● 多くの人命の損失や重症・重傷者の発生 ● 社会の維持・発展への特に深刻な影響 ● 生活の質・様式への特に深刻な影響 ● 伝統・文化への特に深刻な影響	● 人命の損失や重傷・重症者、多くの軽傷・軽症者の発生 ● 社会の維持・発展への深刻な影響 ● 生活の質・様式への深刻な影響 ● 伝統・文化への深刻な影響	レベル3・2に当てはまらない
2. 経済	以下の項目に1つ以上当てはまる	● 特に深刻な経済損失 ● 産業への特に深刻な影響 ● インフラへの特に深刻な影響	● 深刻な経済損失 ● 産業への深刻な影響 ● インフラへの深刻な影響	レベル3・2に当てはまらない
3. 環境	以下の項目に1つ以上当てはまる	● 生物種・生息地への特に深刻な影響 ● 土地・水・大気・生態系機能の特に深刻な低下	● 生物種・生息地への深刻な影響 ● 土地・水・大気・生態系機能の深刻な低下	レベル3・2に当てはまらない

2.2. 緊急性の評価の考え方

緊急性に相当する要素として、IPCC 第 6 次評価報告書では【影響の発現時期】に、英国 CCRA3 では【追加的な適応策への重要な意思決定が必要な時期】に着目をしている。これらは異なる観点であるが、ここでは、可能な限り【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】の観点（【影響の発現時期】と「適応に要する時間（着手までに要する時間、着手後に効果が表れるまでの時間を含む）」との比較）で判断し、知見の不足等により難しい場合は【影響の発現時期】の観点のみで判断した。

【影響の発現時期】の考え方

第 1 次評価においては、近未来（現在～2030 年前後）の予測結果をもとに 2030 年頃までに影響が生じる可能性が高いものについて緊急性は中程度としていた。第 2 次評価においては、第 1 次評価から 5 年が経過し、適応策の検討や実施にかかる時間を踏まえると 2030 年という目安は必ずしも適切ではなくなった。また、21 世紀中頃（2040～2060 年頃）を対象期間に含む将来予測の知見が増加しており、21 世紀中頃までに生じる可能性が高い影響であるかどうかをもって緊急性を判断することが可能な状況となった。このため、緊急性を中程度と評価する目安を、第 1 次評価の「2030 年頃までに影響が生じる可能性が高い」から、「21 世紀中頃までに影響が生じる可能性が高い」に変更した。第 3 次評価においても基本的にその尺度を踏襲するが、重大性の評価との対応が明確になるよう、「21 世紀中頃（1.5～2℃上昇時）までに重大性レベル 2 相当の影響が生じる可能性が高い」に変更した。

【追加的な適応策への重要な意思決定が必要な時期】の考え方

適応には長期的・継続的に実施すべきものや効果の発現までに時間を要するものが含まれるため、適応に要する時間や適応策の効果が表れるまでの時間をよく考慮し、手遅れにならないよう早めに重要な意思決定を行うことが必要となる。第 2 次評価では、本観点は「適応策への着手・重要な意思決定が必要な時期」とされていたが、既に一定程度の適応策が講じられていること、「適応策への着手」では分野・項目によってリードタイムが異なることから、「追加的な適応策への意思決定が必要な時期」に変更した。行政・事業者等が一定の対策の実効性を確保しうる時間的スケールとしては現在から 10 年後程度までが現実的であることを踏まえ、第 3 次評価では、「レベル 3⇒できるだけ早く意思決定が必要」、「レベル 2⇒概ね 10 年以内に意思決定が必要」のように対応させた。

なお、緊急性の評価に当たっては、研究論文等の内容を踏まえるなど科学に基づいて行うことを原則としつつ、表 2-5 で示した評価の考え方にに基づき、専門家判断（エキスパート・ジャッジ）も取り入れることにより、「レベル 1～3」の評価を行った。また、現状では評価が困難な場合は「現状では評価できない」とした。

表 2-5 緊急性の評価の考え方

緊急性 観点	可能な限り「2. 追加的な適応策への意思決定が必要な時期」の観点（「1. 影響の発現時期」と「適応に要する時間（着手までに要する時間、着手後に効果が表れるまでの時間を含む）」との比較）で判断し、知見の不足等により難しい場合は「1. 影響の発現時期」の観点のみで判断する		
	レベル3： 緊急性は特に高い	レベル2： 緊急性は高い	レベル1： 緊急性は高くない
1. 影響の発現時期	現状で既に重大性レベル2相当の影響が既に生じている	21世紀中頃（1.5～2℃上昇時）までに重大性レベル2相当の影響が生じる可能性が高い	21世紀中頃（1.5～2℃上昇時）までに重大性レベル2相当の影響が生じる可能性が低い
2. 追加的な適応策への意思決定が必要な時期	できるだけ早く意思決定が必要である	概ね10年以内に意思決定が必要である	概ね10年以内に意思決定を行う必要性は低い

2.3. 確信度の評価の考え方

確信度の評価は、IPCC 第 6 次評価報告書では基本的に以下に示すような「証拠の種類、量、質、整合性」と「見解の一致度」に基づき行われ、「非常に高い」「高い」「中程度」「低い」「非常に低い」の 5 つの用語を用いて表現される。

- 証拠の種類：現在までの観測・観察、モデル、実験、古気候からの類推などの種類
- 証拠の量：研究・報告の数
- 証拠の質：研究・報告の質的内容（合理的な推定がなされているかなど）
- 証拠の整合性：研究・報告の整合性（科学的なメカニズム等の整合性など）
- 見解の一致度：研究・報告間の見解の一致度

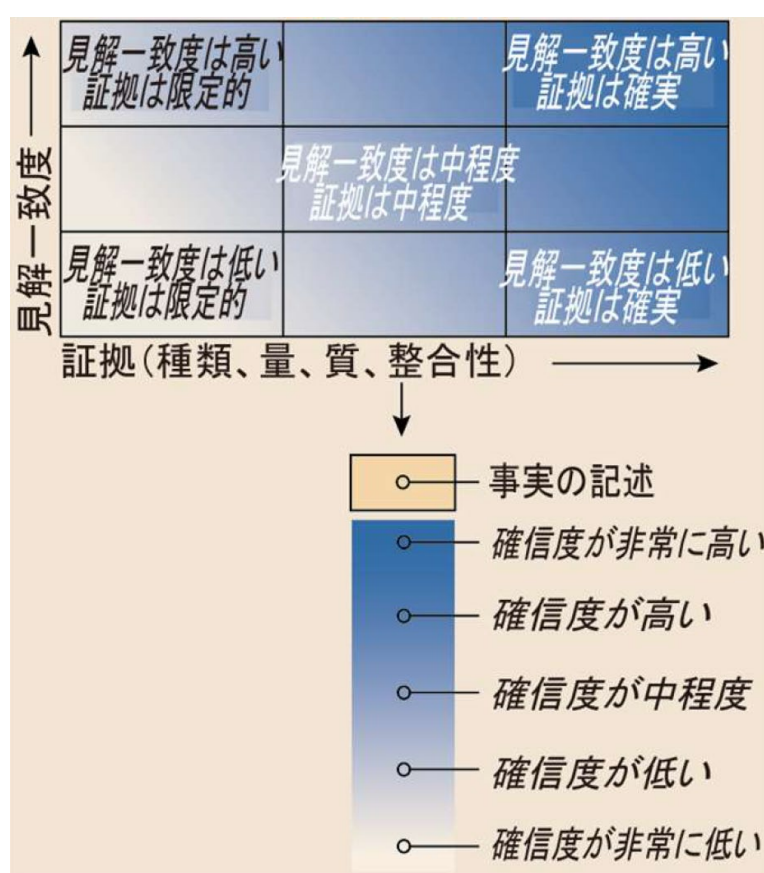


図 2-1 IPCC 第 6 次評価報告書における証拠と見解の一致度の表現とその確信度との関係
（出典：環境省（2023）「IPCC 第 6 次評価報告書の概要—統合報告書—」）

ここでは、IPCC 第 6 次評価報告書の確信度の評価手法を参考とし、【知見の種類、量、質、整合性】及び【知見の見解の一致度】の 2 つの観点を用いた。【知見の種類、量、質、整合性】については、総合的に判断することとなるが、日本国内では、将来影響予測に関する知見の量そのものが IPCC における検討に比して少ないと考えられるため、定量的な分析の知見があるかどうかという点を主要な判断材料の 1 つとしている。また、前提としている気候予測モデルから得られた降水量などの予測結果の確からしさも踏まえた。

なお、確信度の評価に当たっては、表 2-6 で示した評価の考え方に基づき、専門家判断（エキスパー

ト・ジャッジ) も取り入れることにより、「レベル1～3」の評価を行った。また、現状では評価が困難な場合は「現状では評価できない」とした。

また、本報告書の本文において引用した文献の中には、上述の IPCC 第6次評価報告書や、文部科学省及び気象庁「日本の気候変動2025」のように、独自の確信度の評価を行っているものがある。本文中では、それらを「(確信度が非常に高い)」のように括弧書きで記載しており、本報告書の確信度の評価結果とは異なるものであることに留意する必要がある。

表 2-6 確信度の評価の考え方

観点	確信度	IPCCの確信度の評価手法を参考とし、重大性・緊急性の評価結果ごとにその根拠とした知見の種類・量・一致度等から確信度を3段階で判断する		
		レベル3： 確信度は特に高い	レベル2： 確信度は高い	レベル1： 確信度は高くない
知見の種類・ 量・質・整合性		IPCCの確信度の「高い」 以上に相当する	IPCCの確信度の「中程 度」に相当する	IPCCの確信度の「低い」 以下に相当する
知見の見解の 一致度				

2.4. 取りまとめの様式

分野別小項目ごとに、現在の状況と将来予測される影響の概要とあわせて、重大性・緊急性・確信度の最終的な評価結果を下表のようなフォーマットで報告する。

重大性とその確信度の評価			緊急性と その確信度の評価
現状（約1℃上昇）	約1.5～2℃上昇時	約3～4℃上昇時	
重大性：レベル1～3 確信度：レベル1～3	重大性：レベル1～3 確信度：レベル1～3	重大性：レベル1～3 確信度：レベル1～3	緊急性：レベル1～3 確信度：レベル1～3

2.5. 気候変動影響の評価内容に関する留意点

本報告書を参照し、現在の状況及び将来予測される影響について考えるときには、以下に示す点に留意が必要である。

- 本報告書は、各分野に関する気候変動影響について、可能な限り学術論文等の文献に依拠するとともに、必要に応じて専門家判断（エキスパート・ジャッジ）も踏まえて評価を行っていること。既存の文献からでは十分に評価できない性質・規模の影響が将来現れる可能性も皆無ではないことにも留意が必要である。
- 本報告書において取り扱う影響は、主に日本への影響に関するものであること。ただし、海外において発生し、日本国内に波及していることが明らかな影響については、日本への影響との関係性に触れた上で本報告に記載している。
- 気温上昇や降水量の変化といった気候変動の予測は、想定する温室効果ガス排出シナリオや使用する気候モデルによって変化の大きさに幅があり、予測に不確実性を伴うこと。気候予測の条件の違いによって影響予測にも差が出る。また、短時間強雨などの極端な現象については、どこで発生するかといった空間的な不確実性も大きい。

- 各分野における影響は必ずしも気候変動のみによって引き起こされるものではないこと。ほとんど全ての現象は気候変動以外にも様々な要因により変化すること。
- 現在の状況に記載されている内容については、必ずしも気候変動との関連性が明確になっているとは限らず、気候変動の影響の可能性が指摘されている事例についても取り上げている。
- 気候変動の影響と関わりのあるもので、人間社会に影響が既に現れている、又は今後現れることが想定される事象について、気候変動の影響の寄与については研究が難しい部分もあり、それも踏まえて留意する必要がある。
- 一方、気候変動がなければ自然災害やその他の被害等が全てなくなるというわけではないことに留意する必要がある。
- 影響の現れ方は、外力を受ける側の特性によって大きく異なること。災害のリスクは生じる気象現象の激しさだけでなく、影響を受ける分野の曝露や脆弱性にも依存する。よって、今後、社会をどのようにしていくかによっても影響の現れ方は異なる。

3. 日本における気候変動による影響及び評価結果

気候変動は現在のみならず将来にわたって中長期的に継続し、その影響は多岐にわたる分野において生じ、国民の健康や生活に影響を与えるものである。本章では、こうした気候変動影響について、第2次気候変動影響評価報告書に引き続き、農業・林業・水産業、水環境・水資源、自然生態系、自然災害・沿岸域、健康、産業・経済活動、国民生活・都市生活の7つの分野における気候変動による影響を記載するとともに、分野横断での連鎖的・複合的影響についても記載した。

各分野の節では、冒頭に、その分野全体の【気候変動により想定される影響の概略】及び【文献数・構成等の変化】を記載した。続いて、小項目ごとに、(現在の状況)について科学的知見を引用しつつ詳説した〔本文〕及びその〔概要〕、(将来予測される影響)について科学的知見を引用しつつ詳説した〔本文〕及びその〔概要〕、(特に強い影響を受ける地域・対象)、(適応策とその効果)、(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)を記載した。その際、本報告書で新規に追加・更新された科学的知見を区別できるように、(現在の状況)及び(将来予測される影響)の〔概要〕中の該当する記載及び本文中の該当する引用文献番号に下線を付した。

気候変動による正の影響を指摘する知見があった場合は、それについても記載した。ただし、気候変動影響に関する文献の多くが主に負の影響を取り上げているため、本報告書に記載した気候変動影響も負の影響に偏っている可能性があることに留意する必要がある。

3.1. 農業・林業・水産業

【気候変動により想定される影響の概略】

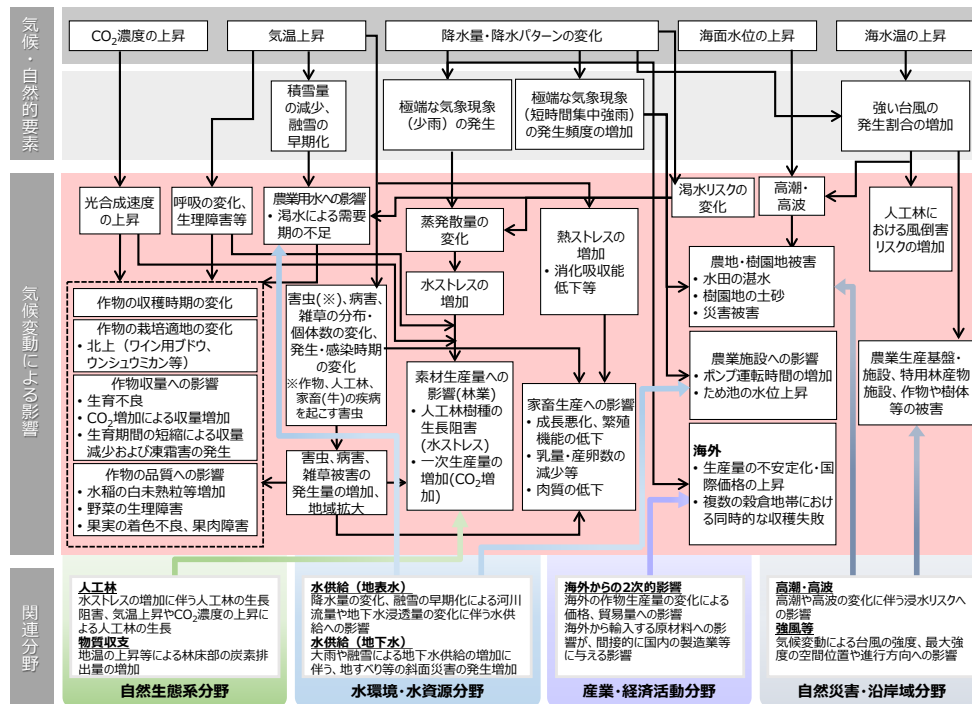
農業・林業・水産業分野における気候変動による影響の概略は、図 3-1 に示すとおりである。気候変動は、作物の生育や栽培適地の変化、病虫害・雑草の発生量や分布域の拡大、家畜の成長や繁殖、人工林の成長、水産資源の分布や生残に影響を及ぼし、食料や木材の供給や農業・林業・水産業に従事する人々の収入や生産方法に影響を及ぼす。こうした影響は、気温や水温、CO₂濃度の上昇といった気候変動の直接的な原因によるものと、水資源量の変化や自然生態系の変化を介した間接的な原因によるものがある。また、農業・林業・水産業分野における気候変動影響は、商業、流通業、国際貿易等の経済活動にも波及する。

【文献数・構成等の変化】

今回の影響評価において、農業・林業・水産業分野全体では、合計 407 件の文献を引用しており、このうち、前回の影響評価から新たに追加された文献は 191 件である。項目別に見ると、「水稻」、「農業生産基盤」、「回遊性魚介類（魚類等の生態）」等において、文献数が特に増加している。

前回の影響評価からの構成上の変更点はない。

農業・林業・水産業分野（農業、林業）



農業・林業・水産業分野（水産業）

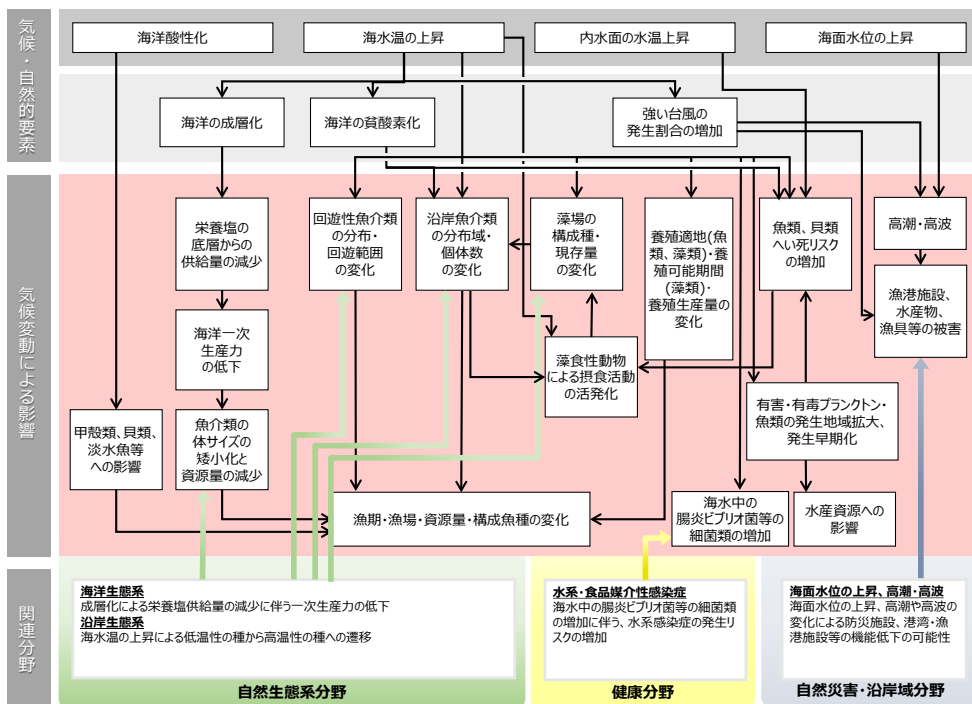


図 3-1 気候変動により想定される影響の概略図（農業・林業・水産業分野）¹

¹ 本図は、本報告書において引用された科学的知見の中から、国内において想定される農業・林業分野の代表的な影響を選定し、想定される気候・自然的要素（外力）との関係や他分野への影響を概略的に図化したものである。したがって、各分野の影響や項目間の関係性を完全に網羅しているわけではないことに留意が必要である。図の「気候・自然的要素」（上段）は、気候変動の直接的な影響（濃い灰色部分）と、そのほか農業・林業・水産業分野に直接的な影響を及ぼす外力（薄い灰色部分）の2段に分けている。図が複雑になりすぎるのを避けるため、気候変動の直接的な影響（濃い灰色部分）のボックス間の因果関係は表示していない。

【農業】

(1) 水稻

ここでは、主に気温上昇（特に夏季の高温）やその CO₂ 濃度の上昇との相互作用に伴う水稻の品質・収量の変化を扱う。

（現在の状況）

〔概要〕

- 高温による白未熟粒の被害が増加する傾向にあり、高温年には、品質の低下や一等米比率が顕著に低下している。
 - 白未熟粒は、出穂後 20 日間の日平均気温が 26℃を超えると増加することがわかっており、1 日あたりの平均超過温度は、2000 年以降ほぼ全国で上昇しており、全国平均では 10 年で 0.27℃の上昇が確認されている。
 - 1 日あたりの平均超過温度は、1℃上昇するごとに全国の 1 等米比率を 15 ポイント低下させると見積もられるが、猛暑となった 2023 年には全国平均で 1.8℃に達した。それに伴い、1 等米比率も全国平均で 60.9%と、現行の農産物検査制度が始まった 2004 年以降で最低を記録した。
 - 白未熟粒の被害報告も増加傾向にあり、報告都道府県数の 5 年平均は 2012～2016 年の約 24 から 2017～2021 年の約 31 へと拡大している。
- 高温不稔による減収は現時点では確認されていないが、不稔が増大しはじめるとされる穂温が 33℃以上となる頻度は増加しており、潜在的なリスクは高まっている。
- 斑点米カメムシ類の分布も拡大しており、一部では温暖化による越冬可能域の拡大との関連が示唆されている。

夏季の高温により、米粒が白く濁る白未熟粒が多発し、1 等米比率の低下の要因になることは、すでに第 2 次評価時にも報告されていた¹¹⁰¹⁰⁰¹⁾。それ以降、品質低下や高温不稔の発生実態の解析が進み、外力である水稻の高温曝露を考慮した影響の理解が大きく前進し、影響の広がり・深刻化に関する科学的知見が得られている。

新たに農林水産省地球温暖化適応策関係レポートの 2012～2021 年のデータを集計した研究では、高温による白未熟の多発を報告した都道府県数の 5 年平均は、2012～2016 年が約 24 都道府県であったのに対して、2017～2021 年は約 31 都道府県に増加したことがわかった¹¹⁰¹⁰⁰²⁾。白未熟粒の発生要因の一つとして、出穂から約 20 日間の気温が約 26℃以上になると、胚乳内へのデンプン蓄積が不十分となることで増加することが知られており¹¹⁰¹⁰⁰³⁾、MET26（出穂後 20 日の日平均気温が 26℃を超えた分を積算し、20 で割った値）が発生の指標として用いられる。全国の水田が存在する 1km メッシュの MET26 を調査した研究によると、2001～2023 年の全国平均の MET26 値は、1 年で 0.027℃の速度で有意に増加した¹¹⁰¹⁰⁰²⁾。MET26 の全国平均値は、全国の 1 等米比率と強い負の相関関係にあり、2011～2023 年においては、MET26 が 1℃上昇すると 1 等米比率が有意に 15%低下することが確認された¹¹⁰¹⁰⁰²⁾。すなわち、2001～2023 年の MET26 の増加量は約 0.62℃（0.027×23 年）で、これに伴う 1 等米比率の損失は、約 9 ポイント（0.62×15%）と見積もられた。

猛暑となった 2023 年には、白未熟粒が多発し、外観品質が低下したため、1 等米比率は全国平均で

60.9%（現行の農産物検査制度が始まった2004年以来で最低）となり、農家の収入にも大きな影響が出た¹¹⁰¹⁰⁰⁴）。全国1kmメッシュの気象データを用いて、2023年の高温の影響を、夏の気温が過去10年間の平均に近かった2016年と比較した研究¹¹⁰¹⁰⁰⁵では、全国平均のMET26は2016年（0.5℃）よりも2023年（1.8℃）の方が1.3℃高く、MET26が2℃以上となったメッシュ数は2016年（全体の3%程度）に対して2023年（25%）となり、特に北陸、関東、東北、東海、近畿で著しく高かったことが報告されている。さらに、白未熟粒率発生予測モデル¹¹⁰¹⁰⁰⁶と全国の水田が分布する1kmメッシュの気象データから、「コシヒカリ」程度の高温耐性の品種（中程度）の白未熟粒率を推定したところ、2016年には11%であったが、2023年には24%に増加した。推定白未熟粒率が1%増加すると、1等米比率は約1.6ポイント低下した。その結果、2023年の1等米比率は、2016年と比較して20ポイント以上低下した¹¹⁰¹⁰⁰⁵）。2023年のMET26が全国で最も高くなった新潟県においては、白未熟粒の多発により、「コシヒカリ」の1等米比率は4.3%まで低下した¹¹⁰¹⁰⁰⁷）。一方、白未熟粒が例年より多く発生した2023年の胴割れ粒については、平年並みであったことも報告されている¹¹⁰¹⁰⁰⁷）。

近年では、2023年だけでなく、2019年にも主要な米産地で大きな被害が報告されている。例えば、新潟県においては、2019年の8月に発生したフェーンによる著しい高温により、2013～2018年まで75%以上で推移していた同県産「コシヒカリ」の1等米比率が、25.0%にまで低下した¹¹⁰¹⁰⁰⁸）。同年の新潟県の「コシヒカリ」では、胴割れ粒の発生比率が、過去15年の平均値である0.7%から4.2%に増えたことも1等米比率の低下に寄与した¹¹⁰¹⁰⁰⁸）。また、同じ2019年に、登熟期前半に高温かつ寡照条件にみまわれた宮城県では、特に籾数が多い条件で乳白粒の多発によって1等米比率の低下が確認されている¹¹⁰¹⁰⁰⁹）。

開花期頃（穂が出た直後）の異常高温が、正常な受精を妨げ、不稔を引き起こすことは古くから室内実験などで確認されていた。一部の地域で夏季が高温となった2018年及び2019年に、関東、東海、近畿の8県において、「コシヒカリ」を対象とした不稔調査が実施した研究では、開花期に穂の温度が約33℃を超える条件において、不稔率が通常よりも高い値（最大、15.4%）が観測され、屋外圃場においても高温による不稔が確認された¹¹⁰¹⁰¹⁰）。全国の水田のある1kmメッシュの気象データの1978年から2023年まで45年間を対象に、開花期前後の穂温をモデルで推定した結果を解析した研究では、穂温が33℃を超える頻度が、2000年頃から東北以南のほぼ全国的に指数関数的に増加していることがわかった¹¹⁰¹⁰¹¹）。これによって地域的な減収が発生したことは確認されていないが、高温不稔の発生確率も高まりつつある。

世界の主要な稲作地域を対象に群落微気象と不稔の関係を調査した研究では、気温が同等でも湿度が高い地域では、群落の蒸散冷却効果が弱く、穂温が上昇しやすいことから、温暖化に伴う高温不稔のリスクが顕在化しやすい可能性が示唆されている¹¹⁰¹⁰¹²）。また、高温不稔は開花が起こる昼の温度条件によって引き起こされることが知られているが¹¹⁰¹⁰¹³）、夜間の高温に着目した研究では、開花直前の高夜温（約30℃）に3日間さらされると、昼の温度が高くなっても不稔が増加することが明らかになった。さらに、高夜温は昼間の高温の影響を悪化させることも報告されている¹¹⁰¹⁰¹³）。これらの知見から、日中の気温以外の環境要因も不稔の発生に関与することがわかった。

病害については、高温とともに増加が懸念される紋枯病について、熊本県の実験圃場における2013～2017年における発病状況と気象条件の関係を解析した研究では、7～9月の気温が高い年次に発病株率及び被害程度が有意に高まることが確認された¹¹⁰¹⁰¹⁴）。

虫害については、斑点米カメムシ類の発生面積及び防除面積は、1999年前後に大きく増加した。地域別にみると、東北地方、関東地方で増加しているが、特に東北地方の増加は顕著で、発生面積は1998年

以前の平均約 2 万 ha に対し、2011～2021 年には約 15 万 ha と 7 倍以上に増加した¹¹⁰¹⁰¹⁵⁾。この増加には、カスミカメムシ類 2 種（アカスジカスミカメ、アカヒゲカスミカメ）及びクモヘリカメムシの分布拡大が大きく関与している¹¹⁰¹⁰¹⁵⁾。特に、近年東北太平洋側地域で分布が北上しているクモヘリカメムシについては、冬季の温暖化による越冬可能域の拡大が分布拡大に関与していることが示唆されている¹¹⁰¹⁰¹⁶⁾。

その他の主要な害虫については、福井県及び香川県内の 8 地点で、ニカメイガ、フタオビコヤガ、キリウジガガンボ、イナズマヨコバイ、ツマグロヨコバイ、セジロウンカ、ヒメトビウンカ、トビイロウンカの 8 種を対象に、55～71 年間にわたる長期データを用いて捕獲数の傾向と変動要因を統計解析した研究では、これらの害虫は、主に圃場整備や農薬による害虫管理の影響等で減少傾向にあり、また、気温や降水量の影響は比較的小さいものと推定されている¹¹⁰¹⁰¹⁷⁾。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 現在の品種を引き続き栽培した場合、次の影響が予測されている。
 - 高温と高 CO₂ の複合影響を組み込んだ新たな収量予測モデルでは、第 2 次評価報告時と比べて収量予測が下方修正された。すなわち、RCP8.5 シナリオにおいて、21 世紀中頃には僅かな増収、21 世紀末には約 20%の減収が予測されている。また、21 世紀中頃の影響では、北日本や高緯度地域で増収が見込まれる地域も、従来予測より縮小した。
 - 外観品質を左右する白未熟粒率については、高温と高 CO₂ の影響を考慮した新たなモデルにより、温度のみに基づく予測よりも増加幅が大きく見積もられた。日本平均の白未熟粒率は、RCP8.5 シナリオの 21 世紀中頃で約 20%、21 世紀末で約 40%に達すると予測されている。また、21 世紀中頃の影響の分布については、従来と比較して、東日本以西だけでなく、北日本にも広がるものと予測されている。
- 品質を考慮した高品質米の生産量予測では、適応策を講じない場合、産業革命前からの温暖化が 1℃でも減収が予測された。一方、品種の高温耐性を現行よりも 2 ランク向上させた場合、温暖化が 2℃程度まで進行しても、白未熟粒率 30%以下の高品質米の生産量を維持できるものと推定された。ただし、それ以上の温暖化では、生産量の低下が予測されている。

第 2 次評価時以降、気温上昇と CO₂ 濃度の上昇の相互作用を考慮した新たなモデルによる収量・品質の予測結果や、高温耐性の向上等の適応策の効果を含めた予測結果が得られている。

収量については、第 2 次評価時には、大気中の二酸化炭素（CO₂）濃度の上昇による光合成の促進を介した増収効果と、温度上昇に伴う生育期間の短縮や高温不稔の増加などを考慮したプロセスモデルにより将来予測が実施された。その結果、全国の収量は現在に比べて 2061～2080 年頃までは増加傾向にあるものの、21 世紀末には減少に転じることが予測されていた¹¹⁰¹⁰¹⁸⁾。その後、高 CO₂ 濃度による増収効果が高温条件では低下するという、屋外における開放系大気 CO₂ 増加（FACE）実験結果を取り入れたモデルを用いて新たに収量予測を行ったところ、日本全体の収量は従来よりも低く予測され、特に RCP8.5 シナリオでは年代が進むにつれて差が拡大し、21 世紀中頃には僅かな増収、今世紀末には約 20%の減収が予測されている。また、21 世紀中頃の影響の分布については、従来と比較して、北日本や高緯度地域で見られる増収が予測される地域が縮小することが予測されている¹¹⁰¹⁰¹⁹⁾。

外観品質については、第 2 次評価時から、高温の影響を考慮した予測は行われていた。その後、白未熟

粒の多発や一等米の比率の低下による経済損失も試算され、RCP8.5 シナリオにおける 2040 年代の年間経済損失額は、約 4 億米ドルに達するとの推定がある¹¹⁰¹⁰²⁰⁾。しかし、FACE 実験の結果から、高温だけでなく、CO₂濃度の上昇も白未熟粒率を増加させ、外観品質の低下を助長することが明らかになった。この影響も取り入れたモデルで白未熟粒率を推定したところ、温度のみを考慮した場合の日本全体の白未熟粒率の推定値は、RCP8.5 シナリオでは 21 世紀中頃で約 15%、21 世紀末には約 30%であった。一方、高温と高 CO₂の影響を考慮した場合、白未熟粒率は今世紀半ばで約 20%、今世紀末には約 40%に達すると予測された。また、21 世紀中頃の影響の分布については、東日本以西だけでなく、北日本にも広がることが予測された¹¹⁰¹⁰¹⁹⁾。

地域ごとの品質への影響の予測としては、例えば、九州地方の主要品種であり、高温条件で白未熟粒の発生が非常に多い品種「ヒノヒカリ」を対象とした研究がある。本研究によると、九州地方における推定白未熟粒率の中央値は、RCP2.6 では 21 世紀中頃 (2041~2060 年) に約 30%、21 世紀末 (2081~2100 年) には約 31%と、大きな増加はない。一方、RCP8.5 シナリオでは、21 世紀中頃に約 43%、21 世紀末には約 84%と大幅な増加が予測されている¹¹⁰¹⁰²¹⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

収量、品質への負の影響は、ともに関東以西で早期に顕著になる。特に、現在高温耐性が弱い品種が作付けされている地域では、影響の程度が大きいと懸念される。また、温暖化レベルが進むにつれ、東日本以西だけでなく、北日本にも広がることが予測されている。

(適応策とその効果)

代表的な適応策としては、暑い時期を避けるような作期の変更や暑い条件でも被害を抑えられる高温耐性品種の開発、普及が挙げられる。これらのうち、作期の移動については、すでに第 2 次評価の段階でも影響の緩和に役立つことが示された。その後、高温でも白未熟粒の発生が少ない、高温耐性品種の導入効果については、定量性・客観性の高い研究の進展があった。

高温耐性品種の開発では、高温条件での白未熟粒率の多少に基づき、高温耐性の階級が設けられ、5 階級を対象にそれぞれの階級で基準品種が選定された¹¹⁰¹⁰²²⁾。その後、高温耐性ランクの違いが、温暖化条件でどの程度白未熟発生を抑制できるかがモデル化され、品種改良の効果を定量的に評価することが可能になった。例えば、MET26 が 2℃程度 (出穂後 20 日間の気温が 28℃程度に相当) の場合、高温耐性ランクが「弱」の品種から、「中」の品種に切り替えることで、白未熟粒率は 45%から 24%に大幅に低減すると推定された。MET26 が 4℃程度 (気温 30℃程度に相当) の場合も、高温耐性ランクを「中」から「やや強」に 1 ランク上げるだけで、白未熟粒率は 10%以上抑えることができると推定された¹¹⁰¹⁰²³⁾。

この白未熟率推定モデルを、改良された収量・品質予測モデル¹¹⁰¹⁰¹⁹⁾ に組み込むことで、白未熟粒率の少ない (30%以下) ものだけを対象とした収量 (以下、高品質米収量) の推定が可能になった。温暖化に伴う高品質米収量の変化を、産業革命前からの温暖化レベルとの関係から記述すると、1℃を超えるだけで、日本全体で高品質米の生産量が減少すると予測されている。一方、品種の高温耐性を 2 ランク向上させることで、温暖化が 2℃程度まで進行しても高品質米の生産量を維持できるが、それ以上の温暖化が進行すると高品質米の生産量が低下することが予測されている¹¹⁰¹⁰⁰⁴⁾。

個別品種を扱った研究では、九州地方の主要品種である「ヒノヒカリ」(弱) とそれよりも高温耐性ランクが高い「にこまる」(中) の白未熟粒発生率の予測値を比較した。その結果、「にこまる」の白未熟粒

発生割合（中央値）は全てのシナリオ（RCP2.6 シナリオ・RCP8.5 シナリオ）及び年代（21 世紀中頃・21 世紀末）において「ヒノヒカリ」よりも約 20～30%低かった。遅植えの効果も予測されており、21 世紀中頃では品種転換と遅植えを組み合わせることで白未熟粒率の軽減に一定の効果があるとされたが、RCP8.5 シナリオの 21 世紀末では白未熟粒の発生を抑制することは困難と予測されている ¹¹⁰¹⁰²¹。

高温耐性のメカニズムについては、現時点ですべてが明らかになっているわけではないが、例えば高温耐性「やや強」に分類される「にじのきらめき」は、「コシヒカリ」に比べて、葉が直立している上に穂がやや低い位置にあるため、直射日光を受けにくく、穂温の上昇が抑えられることが要因の一つと推測されている ¹¹⁰¹⁰²⁴。また、高温耐性「強」品種の「富富富」では、「ハバタキ」に由来する高温登熟性遺伝子 Apq1（APpearance Quality of rice grain 1）を含む複数の遺伝子を「コシヒカリ」に集積することで、高い高温耐性を実現した品種であることがわかっている ¹¹⁰¹⁰²⁵。

栽培管理では、気象条件と葉の緑色程度の診断による穂肥の調整で、高温で多発する基部未熟及び背白粒の発生を抑制する技術 ¹¹⁰¹⁰²⁶ や、育苗箱全量施肥と密植による無効分けつ抑制栽培の効果が検証された ¹¹⁰¹⁰²⁷。いずれの技術も、高温条件でイネの栄養条件を改善して、生理機能を維持するための技術であるが、どの程度の高温曝露に対して有効であるかについての定量的効果の実証は今後の課題である。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 3

- ✧ 【経済】夏季の高温による白未熟粒の増加が日本各地で既に発生しており、特に高温年には一等米比率の顕著な低下が発生し農家の収入にも大きな影響が出ており、農業への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ✧ 【知見の量・種別】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ✧ 【経済】日本全体の収量が僅かに増加する一方、白未熟粒率が約 20%に達し、その範囲も東日本以西だけでなく北日本にも広がるものと予測されており、農業への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ✧ 【知見の量・種別】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

- 重大性：レベル 3
 - ✧ 【経済】日本全体の収量が約 20%減少し、白未熟粒率も約 40%に達し、その範囲もさらに広がるものと予測されており、農業への影響は特に深刻である。
- 確信度：レベル 3
 - ✧ 【知見の量・種別】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
 - ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

- 緊急性：レベル 3
 - ✧ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
 - ✧ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、高温耐性品種の開発・転換、栽培方法の変更などの適応策が一部進められているが、追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。
- 確信度：レベル 3
 - ✧ 【知見の量・種別】影響の発現時期が多数の学術論文等で示されている。
 - ✧ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(2) 野菜等

ここでは、主に気温上昇に伴う野菜及び花きの品質・収量の変化や収穫時期の変化を扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 野菜については、高温障害が広く報告されている。
 - ホウレンソウ、タマネギ等の葉茎菜類については、高温・多雨あるいは少雨による生育不良・生理障害及び収量・品質の低下が生じている。
 - 果菜類については、トマト等で着果・生育不良及び収量・品質の低下、イチゴで花芽分化遅延に伴う収穫期の遅れ及び収量・品質の低下が生じている。
 - 根菜類については、ダイコン等で高温・多雨等による生育・発芽不良、ばれいしょでは主産地である北海道において、夏季に高温・乾燥状態となった年で平年よりも低い収量となった事例が報告されているほか、長期データの解析からも夏季の高温が収量の減少に影響する傾向が示されている。また、夏季に高温多雨となった年で、発生程度が少ないとされる品種においても中心空洞が多く発生した事例が報告されている。サトイモでは台風等の強風により葉の表面に微細な傷が生じることに伴う疫病菌への感染の拡大が生じている。
- 花きについては、キクで生育期間中の高温による発育の前進あるいは遅延に伴う適期出荷の機会喪失を報告する都道府県が増加しており、価格変動の要因になっている。
- 一部の施設生産では、冬季の気温上昇により燃料消費が減少する。

野菜については、第2次評価時から、2005年に実施された都道府県立の野菜関係研究機関に対する調査によって、40以上の都道府県において温暖化の影響が既に現れており、特に露地野菜においては、葉菜類（キャベツ、レタス、ハクサイ、ホウレンソウ、ブロッコリー、ネギ）、根菜類（ダイコン、ニンジン、ショウガ、サツマイモ、ジャガイモ、サトイモ）、果菜類（スイカ、イチゴ）等、多種の品目で、気候変動による気温の上昇により、その収穫期が前進傾向であることが報告されていた^{1102001, 1102002}。

葉菜類については、第2次評価時から、ホウレンソウ、ネギ、キャベツ、レタスで高温・多雨あるいは少雨による生育不良や生理障害等が報告されていた^{1102003, 1102004, 1102005}。それ以降の新たな知見として、農林水産省地球温暖化適応策関係レポートの2012～2021年のデータを集計した研究では、ホウレンソウ・タマネギの生育不良に伴う収量・品質の低下が報告されている¹¹⁰²⁰⁰⁶。また、ハクサイについては、主要な産地である茨城県における軟腐病の発生状況について、過去40年間分の発生面積及び発生程度を集計し、アメダス（地域気象観測システム）の観測値を利用して軟腐病多発年における気象要因間の相関解析を行った研究では、軟腐病多発年における気象要因として、夏季の雨量及び気温が軟腐病発生面積を助長する傾向が見られるが、月別平均値からは有意な相関までは認められなかったことが報告されている¹¹⁰²⁰⁰⁷。

果菜類については、第2次評価時から、トマト、ナス、キュウリ、ピーマンで高温・多雨等による着果・生育不良等が報告されていた^{1102003, 1102008, 1102009, 1102010, 1102011}。また、イチゴについては、冬から春に収穫する栽培での気温上昇による花芽分化の遅れ^{1102012, 1102013, 1102014, 1102003}、夏から秋に収穫する栽培での花芽形成の不安定化¹¹⁰²⁰¹⁴、品質低下（日焼け果、色ムラ果、軟化）、盛夏の高温による肥料の溶出・溶脱、収穫後の品質保持の必要性等が報告されていた¹¹⁰²⁰¹⁵。それ以降の新たな知見として、農林水産省

地球温暖化適応策関係レポートの2012～2021年のデータを集計した研究では、トマトの結果不良に伴う収量・品質の低下、イチゴの花芽分化遅延に伴う収穫期の遅れ及び収量・品質の低下が報告されている¹¹⁰²⁰⁰⁶⁾。

根菜類については、第2次評価時から、ダイコン、ニンジン、サトイモで高温・多雨等による生育不良や発芽不良等が報告されていた^{1102003, 1102010)}。それ以降の新たな知見として、ばれいしょについては、主産地である北海道において、夏季に高温・乾燥状態となった年で、平年よりも低い収量となった事例が報告されている。例えば、2020年及び2021年の圃場実験では、塊茎数あるいは塊茎重量の低下により平年より減収傾向があったことが報告されている¹¹⁰²⁰¹⁶⁾。また、長期データを解析した事例でも、7月の平均気温が塊茎重量を低下させる傾向があること¹¹⁰²⁰¹⁷⁾や、開花期から収穫期までの日最高気温が28℃を超える日数が多いほど減収傾向にあることが報告されている¹¹⁰²⁰¹⁸⁾。また、塊茎肥大期にあたる7、8月が高温多雨であり、短時間で多量の降雨があった2010年の気象経過において、農研機構北海道農業研究センター芽室圃場で栽培した、10品種（「男爵薯」・「ホッカイコガネ」・「メークイン」・「トヨシロ」・「こがね丸」・「らんらんチップ」・「さやか」・「スノーデン」・「はるか」・「ピルカ」）について、塊茎の内部異常調査を行ったところ、例年は中心空洞の発生が少ない「メークイン」、「男爵薯」においても発生率が高かった¹¹⁰²⁰¹⁹⁾。サトイモについて、愛媛県での研究で、7～9月の期間において、台風等の強風によって葉の表面に生じる微細な傷が、サトイモ疫病菌への感染拡大に影響を及ぼしていることが報告されている¹¹⁰²⁰²⁰⁾。

花きについては、第2次評価時から、キク、カーネーション、ユーストマ、スターチス・シヌアータ、宿根カスミソウ、リンドウ、シャクヤク、デルフィニウムで高温による生育・開花の障害が報告されていた^{1102021, 1102022, 1102003)}。それ以降の新たな知見として、キクについては、農林水産省地球温暖化適応策関係レポートの2012～2021年のデータを集計した研究では、生育期間中の高温による発育の前進あるいは遅延に伴う適期出荷の機会喪失を報告する都道府県が増加しており、価格変動の要因になっていることが報告されている¹¹⁰²⁰⁰⁶⁾。カーネーションについては、品種「チェリーテッシノ」への高温処理実験（昼温35℃、夜温30℃）では、1週間以上高温に曝露した場合、切り花長及び側枝長が対照区と比較して有意に短くなること、また、3週間以上高温に曝露した場合、花蕾数が対照区と比較して有意に少なくなることが報告されている¹¹⁰²⁰²³⁾。

一方、一部の施設生産については、冬季の気温の上昇により、燃料消費の減少という温暖化のメリットもみられる^{1102001, 1102002)}。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 葉根菜類は生育期間が比較的短いため、栽培自体は継続可能な場合が多いと想定されるが、特定の品目・地域では栽培時期の調整が困難であることや収量の低下が生じる可能性が示唆されている。
 - タマネギについては、2℃上昇想定の場合、九州南部や首都圏の一部の地域において、気温上昇による収量低下がみられるが、多くの地域では、収量が増加すると予測されている。
 - ばれいしょについては、北海道の一部地域において収量に負の影響を与えるとされる開花期から収穫までの日最高気温が28℃を超える日数は、2℃上昇時に約2倍、4℃上昇時には約

3 倍に増加すると予測され、それぞれ収量を約 7%、16%低下させる要因となることが示唆されている。

- キャベツ、レタス等の葉菜類については、気温上昇による生育の早期化や栽培成立地域の北上、CO₂濃度の上昇による重さの増加、高温による生育阻害が予測されている。
- トマト、パプリカ等の果菜類については、気温上昇による果実の大きさや収量への影響が予測されている。
 - 施設栽培のトマトについては、SSP5-8.5 シナリオに基づく葉先枯れ症の発症率予測では、2030 年代と比較して 2090 年代は栽培初期に 20%程増加し、症状の多発による病害の蔓延が懸念され、収穫量の大幅な減少につながる可能性が示唆されている。

露地栽培で生産されることが多い葉根菜類については、成熟種子を収穫する食用作物に比べ、生育期間が相対的に短く、栽培時期の調整が可能な場合が多いため、適正な品種選択を組み合わせたり、栽培時期をずらしたりすることで栽培そのものは継続可能な場合が多いと第 2 次評価時では想定されていた¹¹⁰²⁰⁰²が、定量的な予測モデルについては十分な知見が確認されていなかった。それ以降の新たな知見として、気温や日射等が生育・病害に及ぼす影響をモデル化し、気候変動が収量に及ぼす影響を予測した知見が確認されている。

市町村レベルの過去の収量データと気象に関する日データを用いて、年間の気象変数が収量に与える影響を推計する作物別収量モデルが開発されている。そのモデルを用いて気温上昇（2℃上昇のケースを想定）による収量への影響を地域別に評価した研究によると、タマネギについては、九州南部や首都圏の一部の地域において、気温上昇による収量低下がみられたが、多くの地域では、収量が増加すると予測されている¹¹⁰²⁰²⁴。

北海道の帯広地域において、ばれいしょの生産に負の影響を与えるとされる開花期から収穫までの日最高気温が 28℃を超える日数は、現在の平均 13 日から、気温 2℃上昇時には平均 28 日、4℃上昇時には平均 38 日まで増加すると予測されている。また、これらの増加は、1 か月程度早植えた場合でも大きく変化せず、同地域の収量を 2℃上昇時では 7%、4℃上昇時では 16%、それぞれ低下させる要因となることが示唆されている¹¹⁰²⁰¹⁸。ただし、本予測においては CO₂濃度の上昇による正の影響は考慮されていない点には留意する必要がある。

ダイコンについては、神奈川県において、青首品種「福誉」（秋冬どりダイコン）を対象に、RCP8.5 シナリオに基づいて、日平均気温、日日射量及び播種日から根部生体重及び乾物重を予測し、2050 年の温度条件に加え、日射量を 10%増減させたシミュレーションを行った研究では、9 月 7 日～10 月 12 日播種における 2050 年の気温は、2017 年と比較して 2.7～3.3℃上昇することが分かり、収穫期が 6～56 日前進し、29～212%の収量増加が予測されている。また、日射量を 10%増やした場合は、収穫期の 9～58 日前進、収量の 41～243%増加となり、日射量を 10%減らした場合でも収穫期の 4～53 日前進、収量の 17～182%増加が予測されている¹¹⁰²⁰²⁵。

キャベツ、レタス等の葉菜類については、第 2 次評価時から、気温上昇による生育の早期化や栽培成立地域の北上、CO₂濃度の上昇による重さの増加が予測されており、ホウレンソウについては、グロースチャンパー内の日長・温度条件を変化させた栽培試験によって、一般的にホウレンソウの花成誘導は長日低温条件下で進むが、長日を伴わない場合、高温環境下では花成が著しく遅延・抑制されたことが報告されていた^{1102004, 1102026}。それ以降の新たな知見として、香川県（農研機構西日本農業研究センター善通寺

研究拠点)で実施された将来の生育阻害予測に関する研究では、2020～2023年の圃場地温とハウレンソウの出芽率・葉長データを基に生育阻害モデルを構築し、播種後25日目の正常な葉長は平均143.0mmであると推定された。このモデルを用いて、2つの社会経済シナリオ(SSP1-2.6及びSSP5-8.5)に基づく予測を行った結果、近未来(2031～2050年)の6月までは正常に生育する一方、7月～9月にかけては近未来、遠未来(2081～2100年)ともに25日目の葉長が140mm以下となり、正常な生育が困難になることが予測されている¹¹⁰²⁰²⁷⁾。

トマト、パプリカ等の果菜類については、第2次評価時から、気温上昇による果実の大きさや収量への影響が懸念されており、夏季のトマト(施設栽培)については、栽培試験より果実赤道面の長さや果実面温度の間に相関関係が確認され、気温上昇による果実サイズの減少、収量の増減、裂果のような障害の増加が示唆されていた¹¹⁰²⁰⁰⁴⁾。それ以降の新たな知見として、中小規模の施設栽培を想定した夏季のトマトに関する研究では、「農業利用のためのSI-CAT 日本全国1km地域気候予測シナリオデータセット(農研機構シナリオ2017)」を軸とするS-18プロジェクト全体の共通気候シナリオを用い、市町村単位で2つの社会経済シナリオ(SSP1-2.6及びSSP5-8.5)に基づいて温室内温度と葉先枯れ症の発症率を予測した。SSP1-2.6シナリオでは、2050年代の温室内温度は2030年代と比較して、冬季は0.2℃未満、夏季でも0.6℃未満の上昇にとどまることが分かった。一方、SSP5-8.5では、2090年代に冬季で0.5℃程度の上昇が見られ、6～7月には地域によっては2℃以上の上昇が予測されている。さらに、葉先枯れ症の発症率については、SSP5-8.5において栽培初期の10～11月に20%近く増加すると予測されており、栽培初期にこの症状が多発した場合には、灰色かび病の蔓延が懸念され、結果として収穫量の大幅な減少につながる恐れがあると示唆されている¹¹⁰²⁰²⁸⁾。

花きについては、宮崎県内のスイートピーハウス栽培では、21世紀末において、最高気温や最低気温の上昇等による落蕾発生率の上昇、最低気温の上昇による波打ち発生率の低下、気温等の上昇による花梗長の減少が予測されている(RCP8.5シナリオを前提としたMRI-CGCM3, MIROC5モデルの気候予測情報を使用)¹¹⁰²⁰²⁹⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

葉茎菜類のうち、タマネギは、九州南部や首都圏の一部の地域での気温上昇による収量低下予測が、ハウレンソウについては、香川県の農研機構西日本農業研究センター善通寺研究拠点での研究により、近未来(2031～2050年)・遠未来(2081～2100年)の7月～9月は正常な生育が困難となるとが示唆されている。

施設野菜のトマトについては、2090年代には中小規模施設の葉先枯れ症の発症率が、2030年代と比較して栽培初期の10～11月に20%近く増加すると予測されており、栽培初期にこの症状が多発した場合、病害の蔓延が懸念され、収穫量の大幅な減少につながる恐れがあると示唆されている。

(適応策とその効果)

代表的な適応策としては、露地野菜・露地花きでは高温条件に適応する品種や栽培技術の導入・普及、適切なかん水の実施等が、施設野菜・施設花きでは施設の対候性向上、非常時の対応能力の向上等が挙げられる。

露地栽培で生産されることが多い葉根菜類については、長年の産地間競争の結果として、周年出荷体制ができあがっており、ほとんどの地域、多くの作目で収穫期が変動している現状を考えると、今後さらな

る温暖化が、計画的な出荷を困難にするだけでなく、全国的な作型・作期の見直しが迫られる可能性が高いと第2次評価時から示唆されていた¹¹⁰²⁰⁰²⁾。それ以降の新たな知見として、キャベツ、レタス、ハクサイ、ダイコン、ニンジンを対象に、産地の立地配置が気候的に最適化されているという仮定の妥当性を検証し、栽培期間予測モデルや気候立地適性の定量評価を通じて、旧市町村単位で品目・旬別の収穫面積を推定する手法が確立されている。これにより野菜生産システムの詳細な同定が可能となり、栽培研究、農業気象研究、生産統計・市場統計及び土地利用情報の整備という行政に関わる情報の統合化によって、市場入荷予測や温暖化影響評価等への貢献が期待されている¹¹⁰²⁰³⁰⁾。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状(約1°C上昇)	約1.5~2°C上昇時	約3~4°C上昇時	
重大性：レベル2 確信度：レベル3	重大性：レベル2 確信度：レベル2	重大性：レベル3 確信度：レベル2	緊急性：レベル3 確信度：レベル3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

- 重大性：レベル2
 - ✧ 【経済】野菜・花きの複数の品目について、高温による収量・品質の低下、適期出荷の機会喪失・価格変動等が日本各地の産地で既に発生しており、農業への影響は深刻である。
- 確信度：レベル3
 - ✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
 - ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5~2°C上昇時>

- 重大性：レベル2
 - ✧ 【経済】気温の上昇が進行し、現状の影響に加えて、葉根菜類の一部品目・地域でさらなる収量・品質の低下が予測されており、農業への影響は深刻である。
- 確信度：レベル2
 - ✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文等で示されている。
 - ✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3~4°C上昇時>

- 重大性：レベル3
 - ✧ 【経済】気温の上昇がさらに進行し、1.5~2°C上昇時までの影響に加えて、さらに多くの品目で収量・品質の低下等、影響の範囲・深刻度がさらに増すことが予測されており、農業への影響は特に深刻である。
- 確信度：レベル2
 - ✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文等で示されている。
 - ✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】 重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 重大な影響が既に生じており、高温条件に適応する栽培技術の導入・普及、適切なかん水の実施などの適応策が一部で進められているが、高温条件に適応する品種の導入・普及、施設の対候性向上などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】 影響の発現時期が多数の学術論文等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(3) 果樹

ここでは、主に気温上昇に伴う果樹の品質・収量の変化や栽培適地の変化を扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 近年の気温上昇等に起因する障害が多様な樹種・地域に及んでいることが報告されている。
 - ブドウ、リンゴ、ウンシュウミカンについては、夏季の高温による果皮の着色不良・日焼け・浮皮等が多発している。
 - ニホンナシについては、秋冬季の気温上昇により、発芽可能となる日が徐々に遅延しており、加温栽培で発芽不良が発生する原因となっている。
 - モモについて、みつ症・赤肉果などの生理障害・樹体の凍害があり、一部の地域・品種において、満開日・収穫盛期が前進している。
 - クリについては、夏季の高温・少雨環境による生理落果・小果が増加している。

果樹は、気候への適応性が非常に低く、リンゴは東北と長野、ウンシュウミカンは関東以西の太平洋側の沿岸部といったように、現状でも樹種ごとに栽培地が限られている。また、気温の低かった 1980 年代から同じ樹で栽培されていることも多いなど、品種や栽培法の変遷も少なく、1990 年以降の気温上昇に適応できていない ¹¹⁰³⁰⁰¹。

このため、第 2 次評価時から、ブドウの着色不良・縮果症、リンゴの着色不良・日焼け、カンキツの浮皮・水腐れ症・生理落果、ニホンナシの霜害・発芽不良・みつ症、モモのみつ症・赤肉果などの生理障害・樹体の凍害、ウメ・オウトウの結実不良、カキの着色遅延・果実軟化・貯蔵性の低下など、近年の気温上昇に起因する障害がほとんどの樹種・地域に及んでいることが報告されていた ^{1103002, 1103003, 1103004, 1103005, 1103006}。

それ以降の新たな知見として、次のものが確認されている。

農林水産省地球温暖化適応策関係レポートの 2012～2021 年のデータを集計した研究で、高温による着色不良など果樹の被害を報告した都道府県数は、2012～2016 年と比べ、2017～2021 年の 5 年平均では増加していることが報告されている ¹¹⁰³⁰⁰⁷。

例えばリンゴについては、気温上昇が品質特性に与える影響が環境制御室や屋外での長期栽培試験結果を解析した研究で定量化され、酸度・果皮の色の低下、蜜入りの減少が確認されている ¹¹⁰³⁰⁰⁸。また、病害については、例えば、2016～2018 年にリンゴ黒星病が発生した岩手県において、農薬散布の実施時期の適否を検証した研究では、春季の気温上昇等の温暖化の影響により一次感染の発生時期が早期化していることが確認され、防除の適期を逸したことが二次伝染を繰り返した要因であると指摘されている ¹¹⁰³⁰⁰⁹。

リンゴ及びウンシュウミカンの日焼けについては、発生の要因解明が進み、日最高気温の上昇が日焼けを多発させていることが明確になっている ^{1103010, 1103011, 1103012}。

ニホンナシについては、秋冬季の気温上昇により、自発休眠が打破されて発芽可能となる日が徐々に遅延しており、加温栽培で発芽不良が発生する原因となっていることが示唆されている ¹¹⁰³⁰¹³。

モモについては、福島県において品種「あかつき」の生育と気温の関係を調査した研究では、2～7 月の平均気温は 10 年ごとに 0.3℃上昇しており、満開日は 1 日、収穫盛期は 1.7 日それぞれ前進していることが確認されている。さらに、2016～2023 年の 8 年間においては、2006～2016 年の 10 年間と比較し

て平均気温が 0.8℃上昇しており、満開日が 11 日、収穫盛期が 9 日と、より顕著な前進傾向が認められている ¹¹⁰³⁰¹⁴⁾。

クリについては、夏季の高温・少雨環境による生理落果・小果の増加及びそれに伴う減収、シワ果の増加による品質の低下の可能性が示唆されている ¹¹⁰³⁰¹⁵⁾。

栽培適地の変化については、果樹の栽培が難しかった寒地で、果樹の栽培適地が拡大する現象もみられる。北海道では、気温上昇によりワイン用ブドウの栽培可能地域が拡大している ¹¹⁰³⁰¹⁶⁾。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- ウンシュウミカンについては、SSP1-2.6 シナリオでは栽培適地の変化は比較的小さく、現在の産地での栽培継続が可能な一方、SSP5-8.5 シナリオでは栽培適地が北又は内陸に広がり、21 世紀末には適応策なしでは生産が難しくなる地域が大幅に拡大することが予測されている。また、カンキツグリーンング病を媒介するミカンキジラミが定着する可能性がある地域が、RCP8.5 シナリオの 21 世紀中頃には、現在のカンキツ産地の沿岸部や内陸部に大きく広がることが予測されている。
- リンゴについては、RCP2.6 シナリオの 21 世紀末には東北地方の中部・南部などの主産地の平野部の一部で、RCP8.5 シナリオの 21 世紀末には東北地方や長野県の主産地の平野部で、それぞれ栽培適地よりも高温となること、北海道では栽培適地が広がることが予測されている。
- ブドウについては、「巨峰」の着色度（カラーチャート値）が 20 世紀末には 9.4 であるのに対して、RCP4.5 シナリオの 21 世紀中頃には 7.9、21 世紀末には 7.0 と大きく低下することが予測されている。
- ニホンナシについては、RCP8.5 シナリオの 21 世紀末には、中国・四国で「二十世紀」・「新高」の栽培が困難な地域が広がること、関東で「幸水」・「豊水」とともに不開花が発生することが予測されている。
- アボカドについては、気温上昇に伴い栽培適地が拡大し、SSP5-8.5 シナリオの 21 世紀中頃には現在のウンシュウミカンの栽培適地の多くがアボカドの栽培に適するようになり、21 世紀末には栽培適地の面積が現在の 2.4～7.7 倍に拡大すると予測されている。

ウンシュウミカン（日本の果樹生産面積で 1 位を占める）については、気候シナリオ（RCP2.6・8.5 シナリオ）を用いて今世紀末までの適地移動を予測した新たな知見 ¹¹⁰³⁰¹⁷⁾ が確認されている。SSP1-2.6 シナリオでは、栽培適地の変化は少ないことから、現在の産地での栽培継続が可能と予測された。一方、SSP5-8.5 シナリオでは、栽培適地は北上あるいは内陸に広がるが、21 世紀末には適地より高温となり適応策なしでは生産が難しくなる地域が大幅に拡大することが予測されている ¹¹⁰³⁰¹⁷⁾。具体的には、1990～2009 年のウンシュウミカンの栽培適地のうち、2080～2099 年まで栽培に適した状態が維持される地域の割合は、SSP1-2.6 シナリオでは約 80%と予測されているが、SSP5-8.5 シナリオでは 0%となる ¹¹⁰³⁰¹⁷⁾。また、世界のカンキツ生産に深刻な被害を与え、日本でも南西諸島で発生している、カンキツグリーンング病を媒介する昆虫であるミカンキジラミが定着する可能性がある地域は、現在は九州南部の沿岸部の一部などに限られているが、RCP8.5 シナリオの 2040 年代後半には気温上昇により現在のカンキツ産地の沿岸部や内陸部に大きく広がる可能性があることが推定されている。 ¹¹⁰³⁰¹⁸⁾

リンゴについては、第2次評価時から、RCP2.6 シナリオの21世紀末には東北地方の中部・南部などの主産地の平野部の一部で、RCP8.5 シナリオの21世紀末には東北地方や長野県の主産地の平野部で、それぞれ栽培適地よりも高温となること、北海道では栽培適地が広がることが予測されていた。また、日焼けのリスクの増加、凍霜害のリスクについては、気温上昇量が比較的小さい場合には現在よりも増加、気温上昇量が大きい場合には現在よりも減少、などが予測されていた¹¹⁰³⁰¹⁹⁾。それ以降の新たな知見として、現在は北海道では他県よりも栽培面積の割合が小さい晩生品種「ふじ」について、RCP2.6・8.5 シナリオの2050年頃には北海道西部の沿岸部が、RCP8.5 シナリオの2050年頃には北海道内陸部において、それぞれ栽培適地になると予測されている¹¹⁰³⁰²⁰⁾。

ブドウの将来の開花期と着色度について予測した結果(RCP4.5 シナリオを前提としたMIROC5, MRI-CGCM3, GFDL-CM3, CSIRO-Mk3-6-0, HadGEM2-ES モデルによる気候予測情報を使用)によれば、露地栽培の全国の平均的な「巨峰」の着色度(カラーチャート値)は、1981~2000年の9.4から2031~2050年で7.9、2081~2100年で7.0と2040年以降に大きく低下することが示唆されている¹¹⁰³⁰²¹⁾。

ニホンナシについては、第2次評価時から、中国・四国地域では自発休眠打破に必要な低温積算量が減少し、RCP8.5 シナリオの21世紀末には沿岸域を中心として「二十世紀」・「新高」(低温要求量が多い品種)の栽培が困難な地域が広がると予測されていた¹¹⁰³⁰²²⁾。それ以降の新たな知見として、不開花の発生について、神奈川県農業技術センターにおける2001~2020年の20年間の生育データ及びメッシュ気候シナリオデータを用いた研究では、RCP2.6 シナリオの21世紀末には「幸水」・「豊水」ともに不開花の発生の可能性は低く、RCP8.5 シナリオの21世紀中頃には「幸水」で不開花が発生し始め、21世紀末には「幸水」・「豊水」ともに不開花が発生すると予測されている¹¹⁰³⁰²³⁾。

ワイン用ブドウの栽培適地については、第2次評価時から、2℃上昇時において、北海道の標高の低い地域で夏季降水量も考慮した栽培適地が広がる可能性があることが予測されていた¹¹⁰³⁰²⁴⁾。それ以降の新たな知見として、北海道を対象として、日平均気温及び日降水量を考慮した栽培適地の予測に関する研究(2℃上昇時及び4℃上昇時を想定)では、北海道の太平洋側などの降水量が増加する一部の地域を除き、栽培適地が全体的に拡大することが予測されている¹¹⁰³⁰²⁵⁾。

アボカドについては、将来は気温上昇に伴い日本国内で栽培適地が拡大すると予測されている。適地条件を実験などにより明確にし¹¹⁰³⁰²⁶⁾、気候シナリオ(RCP2.6・8.5 シナリオ)を用いて今世紀末までの適地移動を予測した研究では、SSP5-8.5 シナリオの21世紀中頃には現在のウンシュウミカンの栽培適地の多くがアボカドの栽培に適するようになり、21世紀末には栽培適地の面積が現在の2.4~7.7倍に拡大すると予測されている¹¹⁰³⁰¹⁷⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

果樹農業は、一度植栽すると数十年間生産を継続する永年性作物であり、気温の低かった1980年代から同じ樹で栽培されていることも多いなど、品種や栽培法の変遷も少なく、長期間同じ品目・品種を栽培することが多いことから、現状でもほとんどの樹種・地域に及んでいる気候変動の影響は、何も対策を打たない場合、気温上昇とともに範囲の拡大・深刻化がさらに進むと考えられる。

(適応策とその効果)

栽培管理における基本技術を徹底した上で、遮光資材の設置やかん水設備・細霧冷房の利用による水分管理など症状に応じた技術的対策を講じる。技術的対策による対応が困難な場合には、高温適応性品種の

導入を図るなど品種構成の見直しを行い、それでもなお障害の発生が抑えられず生産が困難な場合には、地域の気象条件に合った品目への転換を検討すること等が挙げられる ¹¹⁰³⁰²⁷⁾。

このうち、品目転換については、例えば、高温によりウンシュウミカンの生産が困難になる地域では、アボカドへの転作が選択肢となり得ると評価されている ¹¹⁰³⁰¹⁷⁾。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状 (約 1℃上昇)	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 3

✧ 【経済】夏季の高温による果皮の着色不良・日焼け等、ほとんどの樹種について日本全国の産地で品質の低下が既に発生しており、果樹農業への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

✧ 【経済】気温上昇が進行し、現状の影響に加えて、ブドウの着色度の大幅な低下等の品質のさらなる低下、リンゴの現在の主産地の一部での適温の超過などの栽培適地のさらなる変化、カンキツの病害を媒介する昆虫が定着する可能性のある地域の拡大等が予測されており、果樹農業への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

✧ 【知見の種類・量等】気候シナリオを用いた定量的な影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

✧ 【経済】気温上昇がさらに進行し、1.5～2℃上昇時までの影響に加えて、多くの品目で栽培が困難な地域が大幅に拡大することが予測されており、果樹農業への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

✧ 【知見の種類・量等】気候シナリオを用いた定量的な影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】 重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 重大な影響が既に生じており、高温適応性品種の開発・導入、遮光資材の導入などの適応策が一部で進められているが、貯蔵方法の改善や樹種転換などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】 影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(4) 麦、大豆、飼料作物等

ここでは、主に気温上昇に伴う麦、大豆、飼料作物等の品質・収量の変化等を扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 小麦については、秋から冬にかけての気温の上昇により、発育段階が前倒しされ、低温期に茎立ち期を迎えることが多くなることで、凍霜害が発生している。
- 大豆については、青立ちの発生に登熟期後半の高温が関与していることが示唆されている。
- ばれいしょについては、主産地である北海道において、夏季に高温・乾燥状態となった年で平年よりも低い収量となった事例が報告されているほか、長期データの解析からも夏季の高温が収量の減少に影響する傾向が示されている。また、夏季に高温多雨となった年で、発生程度が少ないとされる品種においても中心空洞が多く発生した事例が報告されている。
- 茶については、京都府において 2000 年以降、特に 3 月の温暖化傾向と 4 月の低温化傾向が相まって、凍霜害の頻度が増加している。

麦類や大豆などの畑作物は、高温だけでなく降雨量の増減が複合的に影響するため、温暖化の影響を特定するのが難しい場合が多いとされている ¹¹⁰⁴⁰⁰¹⁾。

小麦については、第 2 次評価時から、冬季・春季の気温上昇に伴う全国的な播種期の遅延・出穂期の前進・生育期間の短縮が報告されていた ^{1104002, 1104003, 1104004)}。また、収量については、地域や季節ごとの気温・降水量によって、増収・減収の両方の事例が報告されていた ^{1104005, 1104006, 1104007)}。それ以降の新たな知見として、凍霜害の事例が報告されている。これは、秋から冬にかけての気温の上昇により、発育段階が前倒しされ、低温期に茎立ち期を迎えることが多くなるためである ¹¹⁰⁴⁰⁰¹⁾。愛知県における 2016・2017 年産小麦の凍霜害の発生実態調査では、品種「きぬあかり」については 10 月中旬～11 月上旬、品種「農林 61 号」・「ゆめあかり」については 10 月中旬～10 月下旬に播種した株で霜害が認められ、播種時期が早いほど被害茎率が高いこと、茎立期以降に -5°C 程度の気温に遭遇すると被害が大きくなる可能性が報告されている ¹¹⁰⁴⁰⁰⁸⁾。

大豆については、第 2 次評価時から、開花期から子実肥大初期の最適温度は 25°C 前後であり、夏季の高温による粒重・莢数の減少、裂皮・紫斑・虫害・未熟・しわ粒等の障害の増加が報告されていた ¹¹⁰⁴⁰⁰⁹⁾。それ以降の新たな知見として、高温や乾燥による青立ち（収穫期に莢が熟しても茎葉が青く残り、収穫作業の効率低下や汚損粒による収量や品質の低下を引き起こす現象）の被害が報告されている ¹¹⁰⁴⁰⁰¹⁾。室内の温度制御実験 ¹¹⁰⁴⁰¹⁰⁾ 及び全国 4 地点（秋田県大仙市、茨城県つくばみらい市、香川県善通寺市、熊本県合志市）における 2008～2023 年の育種試験データの解析 ¹¹⁰⁴⁰¹¹⁾ の結果、登熟期後半の気温が青立ちの発生に大きく関与することが示唆されている。その他、高温環境下では大豆の根粒（土壌細菌である根粒菌が感染することにより根に形成される共生器官）数が減少し、それにより生育に必要な固定窒素を十分に獲得できず、その後の生育や収量の低下につながる、という影響も報告されている ¹¹⁰⁴⁰¹²⁾。

ばれいしょについては、新たな知見として、主産地である北海道において、夏季に高温・乾燥状態となった年で、平年よりも低い収量となった事例が報告されている。例えば、2020 年及び 2021 年の圃場実験では、塊茎数あるいは塊茎重量の低下により平年より減収傾向があったことが報告されている ¹¹⁰⁴⁰¹³⁾。また、長期データを解析した事例でも、7 月の平均気温が塊茎重量を低下させる傾向があること ¹¹⁰⁴⁰¹⁴⁾

や、開花期から収穫期までの日最高気温が 28℃を超える日数が多いほど減収傾向にあることが報告されている¹¹⁰⁴⁰¹⁵⁾。また、塊茎肥大期にあたる 7、8 月が高温多雨であり、短時間で多量の降雨があった 2010 年の気象経過において、農研機構北海道農業研究センター芽室圃場で栽培した 10 品種（「男爵薯」・「ホッカイコガネ」・「メークイン」・「トヨシロ」・「こがね丸」・「らんらんチップ」・「さやか」・「スノーデン」・「はるか」・「ピルカ」）について、塊茎の内部異常調査を行ったところ、例年は中心空洞の発生が少ない「メークイン」、「男爵薯」においても発生率が高かった¹¹⁰⁴⁰¹⁶⁾。

飼料作物では、飼料用トウモロコシについて、第 2 次評価時から、収量の増加・作期の拡大、病害（紋枯病、根腐病）の増加が報告されていた¹¹⁰⁴⁰¹⁷⁾が、それ以降の新たな知見は確認されていない。

工芸作物では、茶について、第 2 次評価時から、夏季の高温・少雨による二番茶・三番茶の生育抑制、暖冬による冬芽の再萌芽・一番茶萌芽の遅延等の生育障害が報告されていた¹¹⁰⁴⁰¹⁸⁾。それ以降の新たな知見として、京都府の研究所の過去 35 年間の長期データの解析から、2000 年以降、特に 3 月の温暖化傾向と 4 月の低温化傾向が相まって、凍霜害の頻度が増加していることが報告されている¹¹⁰⁴⁰¹⁹⁾。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 小麦については、現在の栽培条件（播種日、施肥量）の場合、RCP2.6 シナリオでは予測対象地点（茨城県つくば市・三重県津市）の両方で品種にかかわらずやや減収傾向となり、RCP8.5 シナリオの 2090 年代では三重県津市において 10%程度の減収が予測されている。
- 大豆については、開花後 51～60 日目の平均気温が 1℃上昇するごとに、青立ちスコアが 0.12～0.21 ポイント増加することが予測されている
- ばれいしょについては、北海道の一部地域において収量に負の影響を与えるとされる開花期から収穫までの日最高気温が 28℃を超える日数は、2℃上昇時に約 2 倍、4℃上昇時には約 3 倍に増加すると予測され、それぞれ収量を約 7%、16%低下させる要因となることが示唆されている。
- 茶については、静岡県における 21 世紀末の一番茶の摘採時期が、RCP2.6 では 3～7 日、RCP8.5 では 10 日早期化すると予測されている。

小麦については、第 2 次評価時から、気温上昇に伴う生育期間の短縮・収量の減少が予測されていた¹¹⁰⁴⁰²⁰⁾。それ以降の新たな知見として、秋播性の高い品種で茎立期追肥が遅れると収量が低下すること等を明らかにし、モデルでの乾物の葉への分配比率の式を改良することで、精度を向上させた収量予測が行われている。その結果、現在の栽培条件（播種日、施肥量）では、RCP2.6 シナリオでは、予測対象地点である茨城県つくば市・三重県津市の両方で品種にかかわらずやや減収傾向となることが予測された。一方、RCP8.5 シナリオでは、地点・品種により影響の差が認められ、2090 年代の三重県津市では 10%程度の減収が予測されている。また、その原因として、穂の発達する期間と登熟機関の短縮による粒重の低下が示唆されている¹¹⁰⁴⁰²¹⁾。

大豆については、第 2 次評価時から、生長期間の平均気温が 25℃以下の範囲での気温上昇は増収に作用するか影響なし、それ以上の範囲での気温上昇は減収に作用すると予測されていた¹¹⁰⁴⁰²⁰⁾。それ以降の新たな知見として、温暖化により増加が懸念される青立ちについて、全国 4 地点（秋田県大仙市、茨城県つくばみらい市、香川県善通寺市、熊本県合志市）における 2008～2023 年の育種試験データを基に、生育時期別の気温と土壌水分から青立ちスコア（0～5、数字が大きいほど青立ちが顕著）を予測する機械学

習モデルが開発されており、開花後 51～60 日目の平均気温が 1℃上昇すると、青立ちスコアが 0.12～0.21 ポイント増加することが予測されている ¹¹⁰⁴⁰²²⁾。

ばれいしょについては、第 2 次評価時から、2℃の気温上昇のみを考慮すると潜在収穫量は減少するが、気温上昇による栽培期間の長期化や CO₂ 濃度上昇も考慮すると潜在収穫量は増加する、という予測が報告されていた。それ以降の新たな知見として、北海道の帯広地域において、ばれいしょの生産に負の影響を与えるとされる開花期から収穫までの日最高気温が 28℃を超える日数は、現在の平均 13 日から、気温 2℃上昇時には平均 28 日、4℃上昇時には平均 38 日まで増加すると予測されている。また、これらの増加は、1 か月程度早植えした場合でも大きく変化せず、同地域の収量を 2℃上昇時では 7%、4℃上昇時には 16%、それぞれ低下させる要因となることが示唆されている ¹¹⁰⁴⁰¹⁵⁾。ただし、本予測においては CO₂ 濃度の上昇による正の影響は考慮されていない点には留意する必要がある。

飼料作物、工芸作物では、第 2 次評価時から、飼料用トウモロコシについては 2080 年代に関東地域から九州地域にかけての二期作の栽培適地の拡大、品種「やぶきた」の一番茶については関東地域での摘採期・凍霜害発生リスクの高い時期の早期化、南西諸島での減収が予測されていた。それ以降の新たな知見として、寒地型牧草であるオーチャードグラスについて、岩手県内の収量分布の将来予測を行った研究では、気温が 3℃上昇すると高収量地帯が北上するものと予測されている ¹¹⁰⁴⁰²³⁾。茶では、静岡県における今世紀末の一番茶の摘採時期が、RCP2.6 では 3～7 日、RCP8.5 では 10 日早期化することが予測されている ¹¹⁰⁴⁰²⁴⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

現段階で、全国的な影響解析に基づき影響が強く現れる地域を明示した知見は確認できなかったが、いずれの作物についても主要な産地における影響が予測されていることから、現在の産地での対応の取り組みが重要であることが示唆されている。

(適応策とその効果)

代表的な適応策としては、小麦については凍霜害対策として気候変動に適応した品種・育種素材及び生産安定技術の開発・普及、大豆については高温・干ばつ等の対策として気候変動に適応した品種・育種素材の開発、地下水位制御システムの普及、生産安定技術の開発が挙げられる ¹¹⁰⁴⁰²⁵⁾。

適応策の効果については、次の知見が報告されている。

小麦の凍霜害対策については、1～2 葉期に麦踏みを行うことで茎立期が遅れ、凍霜害リスクを低減する効果が確認されている。また、これにより、播種時期を約 3 日早めて生育期間を長くすることも可能であることが示されている ¹¹⁰⁴⁰²⁶⁾。

大豆の青立ち対策については、播種時期の遅延や品種の転換が有効であり、秋田県大仙市の事例では、普及品種「リュウホウ」から比較的青立ちの少ない高い「里のほほえみ」に転換することで、1℃あたりの青立ちスコアの増加率を約 30%低減できると試算されている。

寒地型牧草のオーチャードグラスでは、牧草の更新サイクル(植え替えの周期)を短期化すること ¹¹⁰⁴⁰²³⁾、暖地型牧草への転換 ¹¹⁰⁴⁰²⁷⁾ が、減収を防ぐための適応策として有効であることが示唆されている。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状 (約 1°C 上昇)	約 1.5~2°C 上昇時	約 3~4°C 上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

- ✧ 【経済】 気温上昇により、小麦や茶における発育段階の前倒しに伴う凍霜害、大豆の青立ち、ばれいしよの減収等が日本各地で既に発生しており、農業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ✧ 【知見の量・種別】 影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】 収量の変動等は、温暖化の影響と判断することが困難な場合もある。

<1.5~2°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ✧ 【経済】 気温上昇が進行し、現状の影響に加えて、小麦の軽度の減収、大豆の青立ちの深刻化等が予測されており、農業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ✧ 【知見の量・種別】 影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】 影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3~4°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ✧ 【経済】 気温上昇がさらに進行し、1.5~2°C 上昇時までの影響に加えて、小麦の一部地域における 10% 程度の減収、大豆の青立ちの程度のさらなる深刻化等が予測されており、農業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ✧ 【知見の量・種別】 影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】 影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ✧ 【影響の発現時期】 重大な影響が既に生じている。
- ✧ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 重大な影響が既に生じており、気候変動に適応した品種及び生産安定技術の開発・普及などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 2

- ✧ 【知見の量・種別】 影響の発現時期が多数の学術論文等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】 収量の変動等は、温暖化の影響と判断することが困難な場合もある。

(5) 畜産

ここでは、気温や湿度の上昇などによる主要な家畜種（泌乳牛、肉用牛、豚、採卵鶏、肉用鶏）の生産性・成長量・繁殖率の低下及びへい死の増加などを扱う。

（現在の状況）

〔概要〕

- 夏季の高温による生産性・成長量・繁殖率の低下が発生している。
 - 泌乳牛については、特に被害を受けやすく、乳量・乳成分・成長量・繁殖率の低下が発生している。
 - 肉用牛については、成長量・肉質・繁殖率の低下が発生している。
 - 豚については、成長量・肉質・繁殖率の低下が発生している。
 - 採卵鶏については、産卵率・卵重の低下が発生している。
 - 肉用鶏については、成長量の低下が発生している。
- 家畜のへい死を報告している都道府県数は、これらの主要な家畜種の平均で、2012～2016 年の期間から 2017～2021 年の期間にかけて 50%近く増加している。

近年の気候変動、特に夏季の高温による影響は、主要な家畜種全体に現れている。

泌乳牛については、第 2 次評価時から、乳量・乳成分・成長量・繁殖率の低下が報告されていた^{1105001, 1105002, 1105003}。それ以降の新たな知見として、農林水産省地球温暖化適応策関係レポートの 2012～2021 年のデータを集計した研究でも、泌乳牛は特に被害を受けやすく、乳量・繁殖率の低下に伴う生産性の低下が報告されている¹¹⁰⁵⁰⁰⁴。また、温度と湿度をあわせた温湿度指数が 60～65 を超えるとその 3 日後の乳量及び 8～10 日後の体細胞スコア（乳房炎の管理指標）に最も大きな影響があること¹¹⁰⁵⁰⁰⁵、80 を超えると人工授精の受胎率が低下すること¹¹⁰⁵⁰⁰⁶が報告されている。

肉用牛については、第 2 次評価時から、成長量・肉質・繁殖率の低下が報告されていた^{1105001, 1105003}。それ以降の新たな知見として、農林水産省地球温暖化適応策関係レポートの 2012～2021 年のデータを集計した研究でも、成長量・繁殖率の低下に伴う生産性の低下が報告されている¹¹⁰⁵⁰⁰⁴。また、特に肥育後期において、暑熱期に濃厚飼料摂取の増加による飼料消化率低下が生じ、それにより飼料効率が低下することが報告されている¹¹⁰⁵⁰⁰⁷。

豚については、第 2 次評価時から、成長量・肉質・繁殖率の低下が報告されていた^{1105001, 1105003}。それ以降の新たな知見として、農林水産省地球温暖化適応策関係レポートの 2012～2021 年のデータを集計した研究でも、成長量・繁殖率の低下に伴う生産性の低下が報告されている¹¹⁰⁵⁰⁰⁴。また、日平均気温が 21.1℃を 1℃超えるごとに、平均日増体量が 12.6g 減少することが報告されている¹¹⁰⁵⁰⁰⁸。さらに、亜熱帯における慢性的な季節性熱ストレス下におけるかごしま黒豚の潜在的バイオマーカーを調査した研究では、夏期に肥育し出荷された豚は冬期に肥育した豚と比べて肉質が劣っており、夏期の気温が養豚産業に悪影響を及ぼす可能性が示唆されている¹¹⁰⁵⁰⁰⁹。

採卵鶏については、第 2 次評価時から、産卵率・卵重の低下が報告されていた^{1105001, 1105003}。それ以降の新たな知見として、農林水産省地球温暖化適応策関係レポートの 2012～2021 年のデータを集計した研究では、産卵率の低下に伴う生産性の低下が報告されている¹¹⁰⁵⁰⁰⁴。また、産卵期間中の鶏が慢性的な熱ストレスを受けることで、卵の生産量・殻の品質に重要な腎臓に線維化・ミトコンドリア損傷が生じるこ

とが示唆されている ¹¹⁰⁵⁰¹⁰。

肉用鶏については、第2次評価時から、成長量の低下が報告されていた。新たな知見として、農林水産省地球温暖化適応策関係レポートの2012～2021年のデータを集計した研究では、成長量の低下に伴う生産性の低下報告がされている ¹¹⁰⁵⁰⁰⁴。

これらの主要な家畜種全体について、へい死を報告する都道府県数が増加している。農林水産省地球温暖化適応策関係レポートの2012～2021年のデータを集計した研究では、へい死を報告している都道府県数は、これらの主要な家畜種の平均で、2012～2016年の期間から2017～2021年の期間にかけて50%近く増加しており、近年の影響の広がりや深刻化を表していることが報告されている ¹¹⁰⁵⁰⁰⁴。

国内では見られなかった熱帯・亜熱帯地域に分布する牛のアルボウイルス22類（節足動物媒介性ウイルス）が、九州以北の地域で流行していることが2005年に確認された。アルボウイルスは、温暖化などの気象要因により、媒介昆虫の活動が活発化し、媒介昆虫であるヌカカなどによって、熱帯・熱帯地域から運ばれてくると考えられている ¹¹⁰⁵⁰¹¹。2008～2009年には、南西諸島にのみ定着すると考えられていたアルボウイルス媒介種であるオーストラリアヌカカが九州にも分布していることが確認されている ¹¹⁰⁵⁰¹²。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 泌乳牛については、SSP2-4.5 シナリオの2030年代以降に、乳量の大幅な低下が本州全域で進行し、気温上昇とともに拡大が続くと予測されている。
- 肥育豚では、日増体量は2030年代から減少が顕在化し、関東以南や九州沿岸で10%以上の生産性低下が予測され、影響がさらに拡大すると予測されている。
- 採卵鶏については、他の家畜種と比べて気温上昇の影響は比較的小さいものの、一部の鶏種についてはSSP2-4.5 シナリオの2030年代に関東以南や九州沿岸で最大10%程度の生産性低下が予測されている。

温度及び湿度が家畜の生産性に影響することは第2次評価時から報告されていた ¹¹⁰⁵⁰¹³ が、定量的な反応モデルについては十分な知見が確認されていなかった。それ以降の新たな知見として、主要な畜種を対象に、温度及び湿度を制御した飼養実験を行い、畜種の生産性に及ぼす影響をモデル化し、今世紀末までの気候シナリオとモデルを利用することで、気候変動が主要畜種の生産性に及ぼす影響を予測した知見が確認されている ¹¹⁰⁵⁰¹⁴。

泌乳牛については、飼養試験結果から作成された温湿度指数を説明変数とする乳量減少予測モデル及びSSP2-4.5 シナリオを用いた今世紀末までの予測が行われており、2030年代には本州のほぼ全域で強い生産性の低下が予測されている。また、生産性が10%以上低下すると予測される面積の割合は、2030年代までに急増し、その後も継続的に拡大することが予測されている。これは、多くの地域において、現状で既に泌乳牛の適温条件である18℃以下を越えており、わずかな温度上昇でも生産性の低下が予測される地域が拡大することを示している ¹¹⁰⁵⁰¹⁵。

豚については、環境温度・湿度を説明変数とする肥育後期における適温環境（20℃、60%）に対する日増体量比予測モデル及びSSP2-4.5 シナリオを用いた今世紀末までの予測が行われている。2030年代までに生産性への影響が拡大し、以降の年代でも拡大が続くことが予測されている。これは、日増体量予

測モデルにおいて 20～21℃程度の環境温度ではほとんど影響を受けないが、22～23℃程度より体重減少が顕在化し始め（1～2kg）、24℃では体重減少がさらに大きくなる（6kg）ことが示されており、このことを反映して、平均気温が 23℃程度となる 2030 年代以降で温暖化の影響が顕在化し、拡大すると考えられている。生産性が 10%以上低下する地域は、関東以南、四国及び九州の沿岸・平野部と予測されている。また、関東・中部の内陸や東北（一部沿岸・内陸部を除き）・北海道では暑熱の影響は小さいことが予測されている [1105017](#)）。

採卵鶏については、環境温度を説明変数とする適温環境（22℃）に対する日産卵量減少予測モデル及び SSP2-4.5 シナリオを用いた今世紀末までの予測が行われている。採卵鶏で生産性の低下が予測される地域は、他の家畜種に比べて大幅に少ないと予測されている。これは、採卵鶏の適温が比較的高い（22℃程度）ため、使用した気候シナリオで予測される平均気温（約 20～24℃程度）が適温範囲内に収まる地域が多いことが主な要因とされている。また、鶏種により暑熱の影響が異なることも示されており、2030 年代において、鶏種 A では関東以南、四国及び九州沿岸で 10%以下程度の生産性低下が予測されている一方、鶏種 B ではやはり関東以南、四国及び九州沿岸での 10%程度の生産性低下が予測されている [1105016](#)）。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

泌乳牛については、特に影響を受けやすく、現状で多くの地域において既に適温を越えている。また、2030 年代以降に本州全域で乳量の大幅な低下が進行し、気温上昇とともに拡大が続くと予測されている。

豚、採卵鶏の一部の鶏種については、2030 年代に関東以南や九州沿岸で最大 10%程度の生産性低下が予測されている。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、畜舎管理の改善（送風、散水・散霧、日除け・断熱材・反射資材の利用）、飼養管理の改善（栄養管理・給与方法の改善）などがある [1105018](#)）。

栄養管理・給与方法の改善の具体例として、水摂取量の増加、タンパク質の消化・吸収の改善、カルシウムなどのミネラルの飼料への追加があり、それらによって気温の大きな変動が泌乳牛に与えるストレスを克服できる可能性が示唆されている [1105019](#)）。

一方、泌乳牛や肥育後期豚の生産性において気温上昇が高い SSP5-8.5 シナリオでは適応策のみによる影響抑制は難しく、気温上昇を抑える緩和策が必要である [1105014](#)）。

適応策の効果を定量的に評価した知見は確認されていない。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性と その確信度の評価
現状 (約 1°C 上昇)	約 1.5~2°C 上昇時	約 3~4°C 上昇時	
重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【経済】 主要な家畜種全体について、夏季の高温による生産性・成長量・繁殖率の低下やへい死の増加が日本全国で既に発生しており、特に泌乳牛については既に適温をこえていることから、畜産業への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の量・種別】 影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5~2°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【経済】 気温の上昇が進行し、現状の影響に加えて、泌乳牛については本州のほぼ全域で強い生産性の低下、豚については関東以南の沿岸・平野部での生産性の低下、採卵鶏については鶏種・地域は限定的ながらも生産性の低下が予測されており、畜産業への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の量・種別】 気候シナリオを用いた定量的な影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 影響の事例が文献間で概ね一致している。

<3~4°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【経済】 気温の上昇がさらに進行し、1.5~2°C 上昇時までの影響の範囲が拡大し深刻化すると予測されており、現状の適応策のみで影響を緩和することは難しく、畜産業への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の量・種別】 気候シナリオを用いた定量的な影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 影響の事例が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】 重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 重大な影響が既に生じており、飼養管理の改善などの適応策が一部で進められているが、畜舎管理の改善などの追加的な適応策の実

施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル3

- ✧ 【知見の量・種別】影響の発現時期が多数の学術論文等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(6) 病害虫・雑草等

ここでは、主に気温上昇に伴う害虫の分布域や発生量の変化、病害の発生地域や発生量の変化、雑草の分布域の変化等を扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 害虫では、分布域の拡大や発生時期の早期化の懸念が報告されている。
 - 水稻害虫のクモヘリカメムシ、アカスジカスミカメの分布が拡大している。
 - 一部地域におけるニカメイガ等 8 種類の水稲害虫の発生量について、主に圃場整備や農薬による害虫管理の影響等で減少傾向にある一方、気温や降水量の影響は比較的小さいものと推定されている。
 - ゴボウヒゲナガアブラムシについて、夏季の高温が密度抑制に寄与する可能性があるが、同時に発生時期の早期化に注意が必要であることも指摘されている。
- 病害では、気温上昇や降水量の増加等による発病株率の増加、収量への影響が報告されている。
 - イネ紋枯病について、7～9 月の気温が高い年次に発病株率及び被害程度が有意に高まり、温暖化によってイネ紋枯病の全体の被害度が増加し、減収が生じたと推測する報告がある。
 - イネいもち病、イネ紋枯病及びイネ縞葉枯病の 30 年間の発生状況から、平成後期に増加した要因について、イネいもち病とイネ紋枯病は気温上昇・降水量の増加、イネ縞葉枯病は媒介虫の保毒虫率の増加や薬剤感受性の低下等と考えられるとする報告がある。
- 雑草では、温暖化による分布域の変化が生じている。
 - 2008 年以降に東北地域で生育が認められたチガヤについて、約 30 年の間に東北地方におけるチガヤ種内の普通型と雑種の分布が変化している。

● 害虫

水稻害虫の分布域の拡大について、第 2 次評価時から、水稻や大豆の害虫であるミナミアオカメムシや水稻やレンコンの稚苗を食害するスクミリンゴガイ（主に越冬個体）の分布域の拡大が報告されていた^{1106001, 1106002, 1106003, 1106004, 1106005, 1106006}）。それ以降の新たな知見として、水稻害虫のその他の害虫の分布域の拡大が報告されている。例えばクモヘリカメムシの分布域について、日本の南西部から東部にかけてだったものが、その北限が東北地方の岩手県まで拡大しており、その種の分布域が冬のピーク時の気温と密接に関連している可能性が示唆されている¹¹⁰⁶⁰⁰⁷）。また、斑点米カメムシ類の発生状況を取りまとめた研究によると、アカスジカスミカメが日本海側地域で分布と被害を拡大していることに加え、近年では東北太平洋側地域で温暖化によると思われるクモヘリカメムシの分布拡大も報告されている¹¹⁰⁶⁰⁰⁸）。

また、水稻害虫の発生量の新たな知見として、福井県及び香川県内の 8 地点で、ニカメイガ、フタオビコヤガ、キリウジガガンボ、イナズマヨコバイ、ツマグロヨコバイ、セジロウンカ、ヒメトビウンカ、トビイロウンカの 8 種を対象に、55～71 年にわたる長期データを用いて捕獲数の傾向と変動要因を統計解析した研究では、これらの害虫は、主に圃場整備や農薬による害虫管理の影響等で減少傾向にある一方、気温や降水量の影響は比較的小さいものと推定されている¹¹⁰⁶⁰⁰⁹）。また、香川県農業試験場病害虫防除所で病害虫発生予察事業の調査データから平成年間 30 年（1989 年～2019 年）の水稻の主要病害虫の発生状況を取りまとめ、発生動向に関する分析と考察を行った研究では、平成初め頃は発生が多かったが、そ

の後減少傾向となった害虫として、セジロウンカ・トビイロウンカ・コブノメイガ、また平成初め頃は発生が少なかったが、次第に増加した病虫害として、フタオビコヤガ・斑点米カメムシ類あげられた。これらの発生動向の変化は、薬剤の施用法を含む病虫害防除方法の変化、温暖化に伴う気象条件の変化、病虫害の薬剤に対する感受性低下、水稻の栽培方法や栽培管理の変化等によるものと考えられている¹¹⁰⁶⁰¹⁰。

水稻以外の害虫の新たな知見として、ゴボウの茎葉部に寄生する害虫であるゴボウヒゲナガアブラムシの発育と増殖について調べた研究では、本種は 27℃で生育遅延が起こり、32℃では成虫に羽化する幼虫はおらず、他のアブラムシのように、低温には強いが高温には弱いことが分かった。また内的自然増加率は、12℃で 0.26 と最も低く、続いて 17℃で 0.29、22℃で 0.51 と高くなり、他の報告されているアブラムシ種と比較すると、本種は低温で高い増殖能力を持っていることが示されている。夏季の高温が密度抑制に寄与する可能性が報告されているが、同時に発生時期の早期化に注意が必要であることも指摘されている¹¹⁰⁶⁰¹¹。

● 病害

イネ紋枯病については、第 2 次評価時から、熊本県で実施された圃場試験において、出穂期前後の気温が高かった 2012 年に発病株率、病斑高率が高かったことが報告されていた¹¹⁰⁶⁰¹²。それ以降の新たな知見として、気温が上昇した条件下におけるイネ紋枯病の発生増加及び収量への影響等が報告されている。熊本県の実験圃場における 2013～2017 年における発病状況と気象条件の関係を解析した研究では、7～9 月の気温が高い年次に発病株率及び被害程度が有意に高まることが確認されている¹¹⁰⁶⁰¹³。2013～2017 年の日平均気温と発病程度の関係及び全体の被害度と収量の関係を解析した研究では日平均気温 1℃上昇によって増加した全体の被害度により、2016 年で 26.21kg/10a、2017 年で 12.02kg/10a の減収が生じたと推定され、温暖化によって、イネ紋枯病の全体の被害度が増加し、収量への被害が増加すると推測されている¹¹⁰⁶⁰¹⁴。また、香川県の平成の 30 年間の水稻の主要病虫害の発生状況を取りまとめた研究では、イネいもち病、イネ紋枯病及びイネ縞葉枯病について、平成初期に増加し、中期に減少、後期には再増加したことが報告されている。平成初期から中期にかけて減少した要因は、育苗箱施用剤の普及によるものと考えられている。平成後期に再増加した要因は、イネいもち病とイネ紋枯病については温暖化に伴う気温上昇・降水量の増加等、イネ縞葉枯病については媒介虫であるヒメトビウンカの保毒虫率の増加や薬剤感受性の低下等によるものと考えられている¹¹⁰⁶⁰¹⁰。

● 雑草

東北部において従来は見られなかったイネ科の雑草であるチガヤについて、第 2 次評価時から、普通型チガヤの分布が北上しているのではなく、山形県中部以北で普通型と寒冷地（早生）型のチガヤの雑種が広く分布していることが報告されていた¹¹⁰⁶⁰¹⁵。それ以降の新たな知見として、東北部でも 2008 年以降の調査ではチガヤの生育が普通に認められ、温暖化の影響によってチガヤがより北方へ分布を拡大したと考えられることが報告されている¹¹⁰⁶⁰¹⁶。また、2009 年以降に東北地方で採集した個体の遺伝子型を解析した結果、1980 年代初めと比較して、約 30 年の間に東北地方におけるチガヤ種内 2 型の分布が変化し、両者の雑種が広範囲に分布拡大していること、形成された雑種のうち両親よりも適応度が高い個体が分布を拡大していることが推定され、チガヤの防除計画を策定する際、従来よりも侵略性の高い雑種が分布拡大していることを考慮する必要があるとされている¹¹⁰⁶⁰¹⁶。

- かび毒

土壌中に生息するアフラトキシン 25 産生菌の分布を全国で調査した結果、年平均気温 16℃の等温線が産生菌分布と高い相関を示したことから、産生菌の分布に気温が関与していると推察されている¹¹⁰⁶⁰¹⁷⁾。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 害虫では、出現時期の早期化、分布範囲、越冬可能地域の拡大、発生世代数、個体群密度の増加が予測されている。
 - 水稻害虫のヒメトビウンカについて、九州における RCP2.6 及び RCP8.5 シナリオにもとづく将来の発生予測において、21 世紀半ばで第一世代の出現時期の早期化と、分布範囲の拡大が予測されている。
 - 野菜、果樹、茶の害虫について、越冬可能地域の北上・拡大や発生世代数の増加による被害の増大が指摘されている。
 - 飼料用トウモロコシ栽培等の害虫となるフタテンチビヨコバイについて、2℃の気温上昇では個体群密度が 2.7 倍になり、個体群密度が最大となる時期が早期化することが予測されている。
- 病害では、分布域の拡大・北上、発生期間の拡大等が予測されている。
 - 気温上昇により、水稻、野菜、果樹、茶のそれぞれで病害の分布域の拡大・北上、発生期間の拡大などによる被害の増大が指摘されている。
 - イネ紋枯病被害度が、気温上昇により 2090 年には 2010 年の約 1.8 倍になると予測されている地域がある。
 - イネいもち病の発生リスクについて、降水頻度の減少による濡れの低下と降水強度の増加による病菌の流出により、RCP4.5 シナリオで 2081～2100 年には、感染リスクが低下すると予測されている。
- 雑草では、気温上昇による定着可能域や分布域、畑作物の播種後の発生被害の拡大が予測されている。
 - コヒメビエについて、帰化アサガオ類など一部の種類において、気温上昇による定着可能域の拡大や北上の可能性が予測されている。
 - 帰化雑草イガホビユについて、RCP4.5 シナリオの 21 世紀中頃から 21 世紀末にかけて発芽条件を満たす日数が増加、早期化するため、畑作物の播種後の発生被害の拡大が示唆されている。

- 害虫

第 2 次評価時から、気温上昇により寄生性天敵、一部の捕食者や害虫の年間世代数（1 年間に卵から親までを繰り返す回数）が増加することから水田の害虫・天敵の構成が変化すること等が予測されていた^{1106018, 1106019)}。水稻の害虫であるミナミアオカメムシについて、外気より 2.5℃上昇させて 10 月から 6 月にかけてミナミアオカメムシを飼育した実験では、外気温で飼育した場合と比べて冬から春の生存率が増加したほか、生殖時期の早期化により個体数が増加し、定着が促進されたこと¹¹⁰⁶⁰²⁰⁾、過去の個体群動態データから冬季と夏季の気温の影響を推定し、2031～2050 年の害虫の発生量を予測（SRES A2 シナリ

オを前提とした MRI-CGCM2 モデルによる気候予測情報を使用)した研究では、ニカメイガでは 1.6 倍、ツマグロヨコバイは 3 倍程度に増加すると報告されていた¹¹⁰⁶⁰²¹⁾。それ以降の水稻害虫の新たな知見として、ヒメトビウンカについて、越冬幼虫の生存や発育のパラメータを使い、農業気象データから九州での発生地域と発生時期を予測する方法を開発し、RCP2.6 と RCP8.5 のシナリオ下で将来の発生予測を行った研究では、変化の程度はモデルやシナリオによって異なるものの、いずれのシナリオにおいても 21 世紀半ばで第一世代の出現時期の早期化と分布範囲の拡大が予測されている¹¹⁰⁶⁰²²⁾。

水稻害虫以外では、野菜、果樹、茶のチョウ目、カメムシ類、アザミウマ類、カイガラムシ類、ヨコバイ類、ハダニ類などで、越冬可能地域の北上・拡大や発生世代数の増加による被害の増大が指摘されている。¹¹⁰⁶⁰²³⁾。12 月から 3 月（越冬期）の降水量と気温がフタテンチビヨコバイの年次変動を決める主要因であることに基づき、冬期の気温の変化によるフタテンチビヨコバイの個体群密度、増殖、生息域、被害域の変化を予測した研究がある。2℃の気温上昇では個体群密度が 2.7 倍になり、個体群密度が最大となる時期が早期化することが予測されている。¹¹⁰⁶⁰²⁴⁾また、フタテンチビヨコバイの生息域が拡大し、飼料用トウモロコシのワラビー萎縮症の被害域が拡大する可能性が示されている。さらに、ワラビー萎縮症への耐性をもつトウモロコシであっても、フタテンチビヨコバイが多いと被害が発生することから、そのような耐性をもつトウモロコシの有用性も、2060 年代には九州、四国、本州南西部で低減する可能性が示されている（MIROC3.2_Hires モデルによる気候予測情報を使用）¹¹⁰⁶⁰²⁵⁾。

夏季の気温上昇は、ミナミアオカメムシ^{1106026, 1106027)}及び一部のアブラムシ¹¹⁰⁶⁰²⁸⁾に高温障害を引き起こす可能性がある。ミナミアオカメムシの卵を野外よりも 2℃高い温暖区と野外気温下の非温暖区で飼育した研究によれば、盛夏に温暖区に設置した卵塊では発育が大きく遅延し、成虫への脱皮に失敗する個体が増え、羽化成虫の体サイズも小さくなった。一方、晩夏あるいは初秋に設置された卵塊では発育が早まり、体サイズが大きくなったことから、温暖化が進行すると、秋がミナミアオカメムシの好適な発育環境になることが示唆された。¹¹⁰⁶⁰²⁶⁾

● 病害

気温上昇による作物病害の発生動態への影響については、水稻、野菜、果樹、茶のそれぞれ 3 病害（水稻：イネいもち病、イネ紋枯病、イネもみ枯細菌病、野菜：ナス科野菜の青枯病、各種野菜の白絹病、ネギさび病、果樹：カンキツグリーニング病、リンゴの白紋羽病、各種果樹の黒星病、茶：炭疽病、輪斑病、赤焼病）でこれまでの発生生態の知見に基づいて検討され、分布域の拡大・北上、発生期間の拡大などによる被害の増大が指摘されている¹¹⁰⁶⁰²³⁾。

10 種類の気候予測モデルを使用して秋田県大仙市でのイネ紋枯病の発生リスクを予測した研究によれば、気温上昇により 2090 年には被害度が 2010 年の約 1.8 倍になる（SRES A1B シナリオを前提とした MIROC-H モデルによる気候予測情報を使用）¹¹⁰⁶⁰²⁹⁾。

一方、イネの葉面の濡れをイネいもち病の発生リスクの指標に設定し、日本などの温帯地域を対象に 2081～2100 年の予測を行った研究によれば、降水頻度の減少による濡れの低下と降水強度の増加による病菌の流出により、感染リスクが低下するとする研究もある¹¹⁰⁶⁰³⁰⁾。

● 雑草

コヒメビエについては、日長に対する出穂反応や、種子の低温耐性などから気温上昇による定着可能域の拡大が予測されている¹¹⁰⁶⁰³¹⁾。帰化アサガオ類の出芽、開花、結実時期の生態特性をもとに、気温上昇

時の分布拡大を推定した研究によれば、2℃の気温上昇でマメアサガオ、ホシアサガオ、アメリカアサガオは北海道南部まで拡大する。また、2031年にはアメリカアサガオが北海道南部からやや北に分布拡大する（SRES A1B シナリオを前提とした MIROC-H モデルによる気候予測情報を使用）¹¹⁰⁶⁰²⁹⁾。帰化雑草イガホビユの発芽条件（20℃を超える日）に基づき北海道での発生日数を調べた研究によれば、21世紀中頃（2031～2050年）から21世紀末（2081～2100年）にかけて20℃を超える日が増加、早期化するため、畑作物の播種後の発生被害の拡大が示唆されている（RCP4.5 シナリオを前提とした MIROC5 モデルの気候予測情報を使用）¹¹⁰⁶⁰²⁹⁾。北海道東部の沿岸地域及び十勝地域の中中部では、バレイショの雑草化に影響する土壌凍結深度の減少が予測されている¹¹⁰⁶⁰³²⁾。

● かび毒

世界全体では気候変動によるマイコトキシン汚染の深刻化に伴う食料の安全性の低下が懸念されている¹¹⁰⁶⁰³³⁾。国内では、温暖化による土壌中でのアフラトキシン産生菌の生息密度の上昇が懸念されている¹¹⁰⁶⁰³⁴⁾。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

日本全国で複数の害虫・雑草が分布域を変化させており、従来は生じていなかった病虫害・雑草被害が発生することが予想されている。

（適応策とその効果）

代表的な適応策としては、病虫害では予防的措置、発生予察、防除が、雑草ではこのほかに侵入防止などが挙げられる¹¹⁰⁶⁰³⁵⁾。

防除に関する知見として、イチゴの重要病害であり、発生が問題となっているイチゴ炭疽病について、特に高温となる育苗期に降雨が続くと激発する傾向にあり、露地育苗においては降雨時期の薬剤防除が重要となるため、薬剤の効果を比較し、降雨の影響が少ない薬剤を明らかにしている¹¹⁰⁶⁰³⁶⁾。また、山梨県のモモ栽培における、ウメシロカイガラムシの防除薬剤について調べた研究では、現地圃場の個体群において、山梨県で基幹薬剤としてきた防除薬剤の効果が低く、その防除薬剤に対する感受性の低下が、近年におけるウメシロカイガラムシ多発の一要因であることが示唆されている¹¹⁰⁶⁰³⁷⁾。

害虫の薬剤抵抗性進化を阻止する管理条件を数理モデルで解析した研究によると、気温上昇により、害虫の冬期生存率が上昇し、夏季の発育速度も加速されることから、一般に害虫による作物被害は増えると予想され、農薬散布回数増加の可能性があるが、薬剤濃度が高い場合、異なる散布パターンでも抵抗性は進化しないが、濃度が低い場合には抵抗性が進化する可能性があることが示されている¹¹⁰⁶⁰³⁸⁾。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約1℃上昇）	約1.5～2℃上昇時	約3～4℃上昇時	
重大性：レベル2 確信度：レベル3	重大性：レベル3 確信度：レベル1	重大性：レベル3 確信度：レベル1	緊急性：レベル3 確信度：レベル3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

◇ 【経済】いくつかの主要害虫や主要病害の分布域の変化や発生量の増加、また雑草等の分布域拡大の影響が既に日本各地で生じており、農業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

◇ 【経済】害虫の発生時期の早期化、分布域の拡大、個体群密度の増加、病害の分布域の拡大・北上、発生期間の拡大、一部の雑草の定着可能地域の拡大等が予測されており、病虫害等による作物被害は増えると予想され、農業への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果がごく少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

◇ 【経済】イネいもち病の発生リスクの低下が予測されているものの、害虫の発生時期の早期化、分布域の拡大、病害の分布域の拡大・北上、発生期間の拡大、被害度の増加、一部の雑草の定着可能地域の拡大、畑作物の播種後の発生被害の拡大が予測されており、病虫害等による作物被害は増えると予想され、農業への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果がごく少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、病虫害では予防的措置、発生予察、防除が、雑草ではこのほかに侵入防止等の適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(7) 農業生産基盤

※農業生産基盤：農地、農業用水、土地改良施設（ダム、頭首工²、農業用排水路等）

ここでは、主に降水パターン（時空間分布）の変化に伴う農業生産基盤（農地、農業用水、農業水利施設等）への影響を扱う。

（現在の状況）

〔概要〕

- 大雨の頻度・降水量が増加しており、農業生産基盤への被害が発生している。
 - 令和5年6月29日からの大雨では、日本全国の農地・農業用施設に約690億円の被害が生じている。
 - 日本全国の農業用ため池において、直近10年間（平成26年～令和5年）で6000件（被災金額800億円超）の被害が報告されており、そのうち大雨が原因のものは94%に及んでいる。
- 雨の降らない日数も増加しており、少雨によるため池の貯水量の不足・受益地での用水不足、気候変動による灌漑等の水需要の増加・時期の変化による間接的な影響も生じている。

農業生産基盤に影響を及ぼしうる降水パターン（時空間分布）の変化については、第2次評価時から、多雨年と渇水年が頻繁にかつ大きな強度で発生するようになっていたことが報告されていた^{1107001, 1107002}。日本全国の降水量の2024年までの観測データを用いた新たな解析でも、年間の総降水量については過去約130年間では変化傾向が確認されていない一方、極端な大雨については発生頻度が増加し、強い雨ほど増加率が高いことが確認されている。1時間降水量80mm以上、3時間降水量150mm以上、日降水量300mm以上といった大雨の発生頻度は、1976～1985年と比較して、2015～2024年はおおむね2倍程度に増加している¹¹⁰⁷⁰⁰³。その他、石川県金沢市の1940～2008年の降水の観測データの解析の結果、最大6時間雨量の増加・集中化の傾向も見られている¹¹⁰⁷⁰⁰⁴。

一方で、雨の降らない日数についても増加しており、その増加率は100年当たり9.2日であることが確認されている¹¹⁰⁷⁰⁰³。

大雨による農業生産基盤への影響については、第2次評価時から、全国56の排水機場管理者の約7割におけるポンプの運転時間の増加が報告されていた¹¹⁰⁷⁰⁰⁵。それ以降の新たな知見として、大雨や台風による農地・農業用施設への被害が報告されている。例えば、令和5年6月29日からの大雨では、日本全国で農地・農業用施設における土砂流入や破損等により、約690億円の被害が生じている¹¹⁰⁷⁰⁰⁶。農業用施設のうち、日本全国に約15万か所ある農業用ため池については、直近10年間（平成26年～令和5年）で6,000件（被災金額800億円超）の被害が報告されており、そのうち大雨が原因のものは94%に及んでいる¹¹⁰⁷⁰⁰⁷。また、影響の範囲も広がっており、例えば秋田県では、令和4年8月に西日本特有と考えられていた線状降水帯の発生、令和5年7月の梅雨時期の記録的長雨、令和6年7月末の大雨発生で119億円（4,770ヵ所）と過去最大の農地被害を記録している^{1107008, 1107009}。

少雨による農業生産基盤への影響については、第2次評価時から、全国のため池管理者の約1割において、初夏から梅雨にかけての少雨による貯水量の回復不足、受益地での用水不足が報告されていた

² 頭首工：河川から必要な農業用水を用水路に引き入れる目的で設置する施設の総称。

1107010)。また、気候変動によって水需要も変化しており、高温による水稲の品質低下等 1107011) への対応のため、田植え時期・用水時期の変更 1107012, 1107013)、掛け流し灌漑等が実施されており、水資源の利用方法に影響が生じていることが報告されていた 1107014, 1107015)。それ以降の新たな知見として、鳥取県の調査圃場（芝畑）における研究では、1979～2019 年の 41 年間で灌漑必要水量は有意な増加傾向（増加率 15%）であり、その要因のほとんどを平均気温の上昇及び最大連続干天日数の増加が占めていることが示唆されている 1107016)。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 大雨の頻度・降水量の増加による農作物への被害の増大が予測されており、例えば 4℃上昇時の北海道千歳川流域では過去最大の被害額の 1.2 倍にのぼる被害が発生する可能性が示唆されている。
- 稲作灌漑を中心にした農業水利用については、将来気候の下で水稲の収量が最多となる移植日を選択すると渇水量が減少し、外観品質が向上する移植日を選択すると渇水量が増加することが予測されている。
- ため池の越流・渇水のリスクについては、RCP8.5 シナリオの 21 世紀末には、日本全体では越流のリスクが減少し、渇水のリスクが増加すると予測されているが、北海道太平洋沿岸部・東北地方・太平洋沿岸の一部では越流・渇水のリスクがともに増加することが予測されている。また、RCP2.6 シナリオの 21 世紀末には、東海地方・紀伊半島・四国地方瀬戸内海沿岸部・九州地方東部沿岸域では越流・渇水のリスクがともに増加することが予測されている。

降水パターン（時空間分布）の変化については、第 2 次評価時から、大雨の頻度・降水量が将来的にさらに増加することが予測されていた 1107001, 1107002)。それ以降の新たな知見でも、同様の傾向が予測されており、日本全国における日降水量 100 mm 以上の年間日数は、21 世紀末には 20 世紀末と比較して、RCP2.6 シナリオで約 1.2 倍、RCP8.5 シナリオで約 1.4 倍に増加すると予測されている 1107003)。また、日本全国における年最大日降水量は、21 世紀末には 20 世紀末と比較して、RCP2.6 シナリオで約 12%（約 13 mm）、RCP8.5 シナリオで約 27%（約 28 mm）増加すると予測されている 1107003)。その他、石川県金沢市での大雨の頻度・降水量の増加を予測した研究では、RCP8.5 シナリオにおいて現在から 2050 年にかけて 3 日雨量の最大値が 110 mm も増大することが予測されている 1107017, 1107004)。

一方で逆に、雨の降らない日数（日本全国における日降水量が 1.0 mm 未満の日の年間日数）は、21 世紀末には 20 世紀末と比較して RCP2.6 シナリオでは明確な変化傾向がないものの、RCP8.5 シナリオでは約 9 日増加すると予測されており、さらに増加することが予測されている 1107003)。

大雨による農業生産基盤への影響については、第 2 次評価時から、低標高の水田で湛水時間が長くなることによる農地被害のリスクの増加 1107018, 1107019, 1107020)、極端な降雨の頻度や強度の増加に伴う地すべり等の斜面災害の多発 1107021)による農地への影響、気候変動により台風の勢力が増大した場合の河口低平農地における高潮災害の危険性の増加が予測されていた 1107022)。それ以降の新たな知見として、d4PDF（4℃上昇時）の将来気候データを用いて、北海道千歳川流域における背水影響による洪水氾濫時の農作物被害額を推定した研究では、過去最大の被害額の 1.2 倍にのぼる被害が発生する可能性が示唆されている 1107023)。同時に、畑作物（ダイズやソバ）の湛水被害についても実験的検討が行われている 1107024)。

1107025)。

少雨による農業生産基盤への影響については、新たな知見として、稲作灌漑を中心にした農業水利用との関係が多角的に評価されており、将来気候の下で水稻の収量が最多となる移植日を選択すると渇水量が減少し、外観品質が向上する移植日を選択すると渇水量が増加することが予測されている^{1107026, 1107027, 1107028})。また、RCP8.5 シナリオに基づく 150 年連続実験データで三重県の土地改良区を対象に、農業用ダムを利用する場合には収量の増加傾向は 2070 年ごろから停滞に転じ、年を経るにつれてダムの渇水時期が早まるとともに水ストレスは増大することが予測されている¹¹⁰⁷⁰²⁹)。

ため池については、第 2 次評価時から、大雨の頻度・降水量の増加による越流リスクの増加、ため池管理（大雨注意報が発表されると、巡回を行う必要がある等）の労力の増加等が予測されていた¹¹⁰⁷⁰³⁰)。それ以降の新たな知見として、簡易なため池水収支モデルを用いて日本全国のため池の渇水・越流のリスクを評価した研究では、RCP8.5 シナリオの 21 世紀末には、日本全体では越流のリスクが減少し、渇水のリスクが増加する傾向が予測されている。ただし、北海道太平洋沿岸部・東北地方・太平洋沿岸の一部では越流のリスクと渇水のリスクがともに増加すること、北海道内陸部・房総半島・山形県沿岸部などでは渇水のリスクが減少し、越流のリスクが増加することが予測されている。また、RCP2.6 シナリオの 21 世紀末には、静岡県・長野県・新潟県よりも東の地域で越流のリスクが増加、渇水のリスクが減少し、東海地方・紀伊半島・四国地方瀬戸内海沿岸部・九州地方東部沿岸域では越流のリスクと渇水のリスクがともに増加する傾向が予測されており、両リスクがともに増加する地域のため池は廃止できないため、堤体の補強などで対応せざるを得ないことが示唆されている¹¹⁰⁷⁰³¹)。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

農地への被害のうち、洪水氾濫については低標高で特に本川からの背水影響を強く受ける支川の流域にある農地が、地すべり等の斜面災害については山地にある農地が、それぞれ特に強い影響を受ける。

農業用ため池については、越流・渇水のリスクがともに増加することが予測されている、北海道太平洋沿岸部・東北地方・太平洋沿岸の一部地域（RCP8.5 シナリオの 21 世紀末）、東海地方・紀伊半島・四国地方瀬戸内海沿岸部・九州地方東部沿岸域（RCP2.6 シナリオの 21 世紀末）では、ため池を廃止できないため、堤体の補強などで対応せざるを得ないことが示唆されている。

（適応策とその効果）

代表的な適応策としては、大雨の頻度・降水量の増加に対しては、排水機場・排水路等の整備による農地の湛水被害等の防止、湛水に対する脆弱性が高い施設・地域の把握、ハザードマップ策定などのリスク評価の実施、施設管理者による業務継続計画の策定の推進などが挙げられる。また、少雨・水需要の変化に対しては、用水管理の自動化・用水路のパイプライン化等による用水量の節減、ため池・農業用ダムの運用変更による既存水源の有効活用などが挙げられる¹¹⁰⁷⁰³²)。

このうち、農業用ため池の災害に対する適応策としては、平成 30 年 7 月豪雨を踏まえ防災重点ため池の選定基準の見直し、将来的に人的被害を与える恐れのあるため池について、全国で統一した選定基準の策定などが実施されている¹¹⁰⁷⁰⁰⁷)。さらに、将来の気候変動に伴う施策の一つとして、低平地の排水施設整備のための基準算定に将来の予測降水量を考慮しようとするもので、d2PDF を利用し（WRF02 等の最新の研究成果も参考にする）、将来気候予測に関連する最新情報を収集・使用して、観測値及び補正済みの実験値（過去・将来）により、1～3 日間の 1/30 (1/15, 1/10) 確率等の確率降水量を算出して、変化

倍率で「将来予測による確率降水量」を算定し、それらを排水解析に利用することとしている^{1107033, 1107034}。これらの検討は、将来的な渇水を対象とした農業用水量の変化算定にも展開でき、様々な農業農村整備事業を対象とした計画基準、設計基準等にも拡大される可能性がある。

自然災害が激甚化する中で、適応策としての防災・減災対策、国土強靱化対策等が検討され、その幾つかは実際に実施されている。農業水利施設の技術として情報化施工やデジタルトランスフォーメーション等の技術¹¹⁰⁷⁰³⁵、農業用ため池の洪水調節機能^{1107036, 1107037}、流入土砂のため池被災リスクや受けとめ効果¹¹⁰⁷⁰³⁸、農業用ダムによる治水効果^{1107039, 1107040}、田んぼダムによる洪水低減機能^{1107041, 1107042, 1107043}、低平水田域や農地の持つ遊水地機能^{1107044, 1107045}、圃場水管理における AI 利用¹¹⁰⁷⁰⁴⁶等を流域管理の視点から積極的に活用することが提案されている。そこでは、流域治水の推進が望まれる中で、農業用ため池に関しては降雨前に空き容量を設けた場合、2℃上昇シナリオに対しては対応可能であるが、4℃上昇シナリオに対しては洪水吐の拡幅と組み合わせた対策を講じる必要があることなどが明らかになっており、個々の適応策の導入による効果は今後、総合的評価が行われる必要がある。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 3

- ✧ 【経済】降水パターンの変化により、大雨の頻度・降水量が増加し、農地・農業用施設への被害が既に発生しており、例えば令和 5 年 6 月 29 日からの大雨では日本全国の農地・農業用施設に約 690 億円の被害が生じており、その経済損失は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ✧ 【経済】降水パターンの変化が進行し、現状の影響に加えて、農業用ため池の越流・渇水のリスクの両方が東海地方・紀伊半島・四国地方瀬戸内海沿岸部・九州地方東部沿岸域において増加することなどが予測されており、農業への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ✧ 【経済】降水パターンの変化がさらに進行し、1.5～2℃上昇時までの影響に加えて、農業用ため池の越流・渇水のリスクの両方が北海道太平洋沿岸部・東北地方・太平洋沿岸の一

部において増加すること、大雨による農作物への被害も大幅に増大することなどが予測されており、農業への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、これまで農地、ため池、農業用ダム、田んぼダム等を活用した流域管理の取り組み等の適応策も検討されてきているが、追加的な既存水源の有効活用、用水量の節減等の適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(8) 食料需給

ここでは、主に気温上昇・熱波・干ばつ等による主要輸出国等における主要作物（コメ、小麦、大豆、トウモロコシ）の収量の変化等を扱う。輸出国における食料等の原材料の影響が、国内の製造業等と与える影響については、産業・経済活動分野のその他（海外影響）で扱う。

（現在の状況）

〔概要〕

- 主要作物の世界全体における収量（生産性）は増加しているが、仮に温暖化がなかったとした場合との比較では収量の増加が鈍化していることが複数の研究で報告されている。
 - 収量については、1981～2010 年の期間において、トウモロコシでは 4.1%、小麦では 1.8%、大豆では 4.5%、それぞれ減少した一方、コメでは有意な影響はなかったと推定されている。
 - トウモロコシ・小麦・米のカロリー生産量は、1960～2017 年の期間において、5.7%減少したと推定されている。
 - 農業の全要素生産性（投入に対する生産量の効率）については、1961～2015 年の期間に増加したものの、仮に温暖化がなかった場合との比較では、21%減少したと推定されている。
- 熱波と干ばつの複合効果による主要作物の収量の減少、世界の複数の主要生産地域における収量の同時減少イベントも発生している。

主要作物の世界全体における収量（単位面積当たりの生産量。生産性に相当）は、主に品種改良、施肥、灌漑、統合的病害虫管理によって、1960 年以降に 2.5～3 倍に増加している¹¹⁰⁸⁰⁰¹。一方で、気候変動は、地域によって異なるものの、全体としては負の影響を、作物の収量・品質・生産物の市場性に既に及ぼしている¹¹⁰⁸⁰⁰²。

気温上昇による主要作物の収量の変化については、第 2 次評価時から、世界各地での事例が報告されていた¹¹⁰⁸⁰⁰³。それ以降、作物の収量の減少への気候変動による寄与を明らかにした知見（インパクトアトリビューション）が増加している。プロセスベースの作物モデルを用いた研究では、世界全体の収量は、1981～2010 年の期間において、仮に温暖化がなかった場合と比較して、トウモロコシでは 4.1%、小麦では 1.8%、大豆では 4.5%減少した一方、コメでは有意な影響はなかったと推定されている¹¹⁰⁸⁰⁰⁴。また、統計モデルを用いた研究では、世界全体のトウモロコシ・小麦・コメの収量について、1960～2017 年の期間に、温暖化によって温暖な地域での小麦の収量増加の鈍化及び寒冷な地域での米の収量増加の加速が生じ、正味のカロリー生産量は 5.7%減少したと推定されている¹¹⁰⁸⁰⁰⁵。さらに、世界全体の農業の全要素生産性（投入に対する生産量の効率）については、1961～2015 年の期間に増加したものの、仮に温暖化がなかった場合と比較して、21%減少したと推定されている¹¹⁰⁸⁰⁰⁶。

極端な気象現象による主要作物の収量の減少についても、その発生頻度が増加していることが新たに報告されている¹¹⁰⁸⁰⁰⁷。熱波と干ばつの複合効果による作物の損失は、例えばヨーロッパにおいて過去 50 年間で 3 倍に増加している¹¹⁰⁸⁰⁰⁸。同じくその複合効果によりトウモロコシ・大豆・小麦の世界全体の収量は、それぞれ 11.6%、12.4%、9.2%減少している¹¹⁰⁸⁰⁰³。また、世界の 카카오 生産量の約 60%を占めているガーナとコートジボアール両国で、2024 年 2 月に観測史上最高の月間気温が観測され、前年の長期的な干ばつと相まって、2024 年 4 月までに前年度比で約 300%の 카카오 の世界市場価格の上昇をもたらした。同様の影響は、2024 年にベトナムとブラジルで発生した熱波と干ばつを受けて、コーヒー市場

でもみられている¹¹⁰⁸⁰⁰⁹⁾。洪水及びそれに伴う作物への直接的な被害・播種の遅延による収量の減少等の間接的な被害も過去 50 年間で増加しており、例えば 2010 年のパキスタン洪水では 45 億ドル、2015 年のミャンマー洪水では 5 億 7,200 万ドルの損害をもたらしている¹¹⁰⁸⁰¹⁰⁾。

世界の複数の主要生産地域における収量の同時減少イベントについても、食料安全保障に対する脅威となる可能性が新たに指摘されている¹¹⁰⁸⁰¹¹⁾。エルニーニョ南方振動 (ENSO) に代表される地球規模での海面水温の変動は多くの地域で異常天候を引き起こし、主要作物の世界全体の収量¹¹⁰⁸⁰¹²⁾ 及び食料価格¹¹⁰⁸⁰¹³⁾ に大きな影響を与えているが、ENSO などの大気・海洋変動に伴う収量の同時減少イベントが気候変動の進行に伴い増加しているという証拠はまだ限定的である¹¹⁰⁸⁰¹¹⁾。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 主要作物の世界全体における収量については適応策を実施しなかった場合、CO₂の施肥効果を考慮しても、トウモロコシ、大豆、米、小麦で世界全体の 10 年あたりの収量は減少することが予測されている。また、特に RCP8.5 シナリオの 2050 年以降に、トウモロコシに対して、収量減少の影響が顕著となると予測されている。
- 世界の複数の主要生産地域における収量の同時減少イベントについては、気温上昇とともに発生確率が高まることが予測されている。

主要作物の世界全体における収量が将来の気温上昇によってさらに減少することは、第 2 次評価時から多数の文献で報告されていたが、減少の程度については作物・地域・CO₂濃度の想定・適応策の有無等で異なっていた。

それ以降の新たな知見として、2014～2020 年の期間に公表された、CMIP5 の気候シナリオを用いて主要作物の収量を予測した約 100 件の査読付き論文の体系的なレビューが行われている¹¹⁰⁸⁰¹⁴⁾。その結果、気候変動が主要作物の収量に与える影響は、適応策を実施しなかった場合、CO₂の施肥効果を考慮しても一般的に負であり、全体の 10 年あたりの影響の中央値は、トウモロコシで -2.3%、大豆で -3.3%、米で -0.7%、小麦で -1.3%と予測されている。排出シナリオ間の影響の差は、2050 年頃までは顕著ではないが、その後 RCP8.5 シナリオで負の影響が (特にトウモロコシに対して) より顕著になると予測されている。地域別では、現在の年間平均気温が 10℃未満の地域では正の影響となる一方、15℃以上の地域では負の影響となり、特に 20℃以上の地域ではわずかな温暖化でも悪影響が生じると予測されている。ただし、トウモロコシについては、ほぼ全ての温度帯で負の影響が顕著になると予測されている。

最新の気候シナリオである CMIP6 を用いた主要作物の収量の予測も行われており、気候変動による影響が従来の見通しよりも早い時期に現れることが予測されている。これは、最新の気候シナリオではより大きな気温上昇を予測した気候モデルが含まれていること¹¹⁰⁸⁰¹⁵⁾、栽培試験データの増加による作物モデルの感度が向上したことによるものとされている¹¹⁰⁸⁰¹⁶⁾。

世界の複数の主要生産地域における同時での収量の減少についても、気候シナリオを用いた研究が行われている。トウモロコシについては、主要な 4 輸出国 (アメリカ、ブラジル、アルゼンチン、ウクライナ) において、年間 10%を超える同時生産損失が発生する確率が、現状ではほぼ 0%なのに対して、2℃上昇時では 7%、4℃上昇時では 86%に増加すると予測されている¹¹⁰⁸⁰¹⁷⁾。別の研究でも、トウモロコシの収量の同時減少イベントが発生する確率が、現状の 6%に対して、1.5℃上昇時では 40%、2℃上昇時で

は 54%に増加すると予測されている ¹¹⁰⁸⁰¹⁸⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

主要作物のうち、特にトウモロコシについて、コメやコムギに比べて施肥効果が小さいため、気候変動の悪影響がトウモロコシでは他の作物よりも大きくなる傾向があり、収量の減少が顕著であると予測されている。

生産地については、現在の年間平均気温が 10℃未満の地域では正の影響となる一方、15℃以上の地域では負の影響となり、特に 20℃以上の地域ではわずかな温暖化でも悪影響が生じると予測されている。ただし、トウモロコシについては、ほぼ全ての温度帯で負の影響が顕著になると予測されている。

(適応策とその効果)

代表的な適応策としては、食料安全保障に係る状況の把握、平時からの安定供給の確保・向上、不測時の対応などが挙げられる ¹¹⁰⁸⁰¹⁹⁾。

適応策の効果については、サプライチェーンを多様にすることにより、食料生産変動が都市部の食料事情の安定化に貢献するとの報告 ¹¹⁰⁸⁰²⁰⁾ があるが、農業生産以外の構成要素に対する定量的な気候変動の影響評価は十分に行われていないのが現状である ^{1108021, 1108022)}。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状 (約 1℃上昇)	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

✧ 【社会】【経済】 気温上昇・熱波・干ばつにより、世界各地において主要作物の収量が、仮に温暖化がなかったと仮定した場合の収量と比較して、既に減少していると推定されており、日本の社会・経済への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

✧ 【知見の量・種別】 影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。世界各国において極端気象に伴う大きな生産量の減少イベントを報告する論文は増加しており、日本への影響はある程度懸念される。

✧ 【知見の一致度】 影響の程度や気候変動による寄与については、不確実性が大きい。また、知見が少数の主要作物に限られており、研究例が少ない作物が多い。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

✧ 【経済】 気温上昇が進行した場合、収量への悪影響は現状よりも大きくなる可能性が高い。適応策を実施しなかった場合には主要作物の収量減少はさらに大きくなるとの予測が多い。気温上昇に伴い、世界の複数の主要生産地域における収量の同時減少イベントの発生確率

も増加する可能性があり日本の社会・経済への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の量・種別】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。生産面への影響についての知見は多いものの、国際貿易やサプライチェーンを通じた日本への影響についての知見は乏しく限定的である。
- ◇ 【知見の一致度】影響の程度や気候変動による寄与については、適応策や将来の農業研究開発、土地使用変化などの仮定による不確実性が大きい。

<3~4°C上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【経済】気温上昇がさらに進行した場合、1.5~2°C上昇時の影響よりも収量への影響は大きくなる可能性が高い。適応策を実施しなかった場合には特にトウモロコシの収量が大きく減少すると見込まれる。世界の複数の主要生産地域における収量の同時減少イベントの発生確率も大きく増加することが予測されており、日本の社会・経済への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の量・種別】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。生産面への影響についての知見は多いものの、国際貿易やサプライチェーンへの影響についての知見は乏しく、地政学的リスクなどの気候以外の要因と気候要因による影響との比較がなされておらず、気候変動影響の大きさの相対的な理解ができていない。このため、海外の主要輸出国での気候変動影響が日本へ波及すると考えられるが、現状では知見が限られている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の程度や気候変動による寄与については、適応策や将来の農業研究開発、土地使用変化などの仮定による不確実性が大きい。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】世界の主要生産・輸出国の中には重大な影響が既に生じた事例（極端気象の影響）が見られる。そうした影響が日本の社会・経済に波及した例も見られる。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】トウモロコシやダイズ、コムギについて、日本は消費量の多くの割合を海外から輸入しているため、主要輸出国での気候由来の生産影響が日本に波及する可能性を考え、国内生産力の強化、輸入国の変更・分散等の対応を早期に継続的に進める必要がある。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の量・種別】極端気象の生産影響を報告する学術論文等が世界的に増加傾向にある。国際貿易やサプライチェーンへの影響についての知見は乏しい。
- ◇ 【知見の一致度】極端気象による生産影響に対する気候変動の寄与については、インパクトアトリビューションの結果が論文によって異なり、不確実性が大きい。

【林業】

(1) 木材生産（人工林等）

ここでは林業の観点から、主に気温や CO₂ 濃度の上昇に伴うスギやヒノキ等の人工林の生産量の変化に関連する内容や林業病虫害被害や風害等の気象災害を扱う。一部重複する内容もあるが、自然生態系分野の陸域生態系（人工林）では主に樹木の成長変動や生育適地の変化を扱う。

（現在の状況）

〔概要〕

- 一部の地域でスギの衰退が発生しており、その要因の 1 つとして大気乾燥化による水ストレスの増大が挙げられている。成木を対象とした野外実験の結果、土壌を強く乾燥させると、特に夏季において葉への水供給が不足し、気孔が閉じることで光合成速度が低下し、スギの成長が低下する可能性が示唆されている。
- 森林病虫害については、マツ材線虫病及びナラ枯れ被害地域が拡大している。ただし、被害拡大は気温上昇以外の要因も関与している事について留意する必要がある。
 - マツ材線虫病の分布北限地である東北地域において、マツ材線虫病による枯死木の分布北限が拡大している。
 - 2023 年度にナラ枯れによる枯死等の被害が北海道で初めて確認され、原因となる病原菌を媒介する昆虫を調べたところ、対岸の津軽半島の被害地のものと遺伝的にほとんど同じことが分かった。
- 気象災害については、気候変動の影響による短時間強雨の年間発生回数が増加し、線状降水帯の発生等により期間中の総降水量が増加する傾向がみられること、また、大雨の激化・頻発化等により激甚な山地災害が発生している。なお、人工林における風害については、台風の強度の増加との関係について、必ずしも明らかでない指摘されている。

一部の地域でスギの衰退が発生しており、第 2 次評価時から、その要因の 1 つとして大気乾燥化による水ストレスの増大が挙げられていた。ただし、大気乾燥化あるいはそれによるスギの水ストレスの増大が、気候変動による気温の上昇あるいは無降雨の発生頻度の増加に伴う土壌の乾燥によって生じているか明確な証拠はないこと、また、スギの衰退と土壌の乾燥しやすさとの関連も明らかではないことも報告されていた^{1201001, 1201002, 1201003, 1201004, 1201005}。それ以降の新たな知見として、森林総合研究所第 4 期中長期計画成果 36 では、気候変動が人工林に及ぼす影響の予測として、土壌の乾燥に対するスギ成木の反応を調査する実験的研究が行われている。茨城県かすみがうら市にある約 40 年生のスギ林（平均胸高直径 21cm、樹高約 20m）のスギ成木を対象に、林内雨を 2018 年 5 月末から 2020 年 12 月まで遮断し続け、水利用の仕方と成長量を調査した結果、土壌を強く乾燥させると、特に夏季において葉への水供給が不足し、気孔が閉じることで光合成速度が低下することが示され、スギの成長が低下する可能性が報告されている。

また、人工林の成長量の変化については、第 2 次評価時から、様々な推定が行われているが、日本では気候変動の影響が顕著でなく、樹木種や場所、林齢などにより異なる結果が得られており、データの蓄積が必要であると指摘されていた^{1201006, 1201007}。それ以降の新たな知見として、日本の主要な木材樹種であるスギとヒノキを対象に、1950 年以降に発表された 364 の主要な文献から抽出された 177 の植物形質を

統合したデータベース (SugiHinoki DB) ¹²⁰¹⁰⁰⁸⁾ を用いた解析が行われている。両種は日本の人工林面積の約 44% (スギ) 及び 25% (ヒノキ) を占めており、生態的特性 (葉のガス交換、栄養含量、木部形態、干ばつ耐性など) が調査された。その結果、*C. japonica* は最大光合成速度、気孔コンダクタンス、葉の養分含量、土壌から葉への通水コンダクタンスがヒノキよりも高く、成長速度が速いことが示された。一方、ヒノキは乾燥耐性を示す葉の膨圧損失点及び水分通導度が 50% になる木部圧ポテンシャルがスギよりも低く、より乾燥した環境への適応性を示していた。これらの結果は、スギが湿潤な条件下で、ヒノキが乾燥した条件下で植栽されてきたという経験的知見を概ね支持するものである。また、発生学的変化も観察され、樹齢と樹高が増加するにつれ、スギでは葉の養分濃度、葉の正午の最小水ポテンシャル、及び比葉面積が減少する傾向が見られた。これは、成長に伴い栄養と水分の制限が発生することを示唆している。一方、ヒノキでは、これらの葉の特性の発生学的変化はより緩やかであった。さらに、世界中のヒノキ科 (Cupressaceae) においては、ヒノキ及びスギの乾燥耐性はそれほど高いとは言えず、日本列島が歴史的に強い乾燥にさらされてこなかったことが背景にある可能性が示唆された。最大光合成速度は科内の中間程度の値を示し、両種は比較的高い成長率を有することから、日本林業において経済的に適した木材種として選択されてきた理由と考えられる。これより、植物形質データベースを活用することで、人工林管理に関する経験的知識を検証が可能であることを示すとともに、形質に基づくモデル化を通じて、気候変動が人工林に与える影響の理解を深める有効な手段となることを明確に示している ¹²⁰¹⁰⁰⁸⁾。

森林病虫害については、第 2 次評価時から、気温が高いとマツ材線虫病による被害の危域度が高くなることや、マツ材線虫病の分布北限地である東北地域において、マツ材線虫病による枯死木の分布北限が拡大していることが報告されていた。ただし、マツ材線虫病被害の発生や拡大には気温以外の要因の関与も大きいことから、慎重な検証が必要であると指摘されていた ^{1201009, 1201010)}。現在の被害状況については、林野庁令和 6 年度森林・林業白書 ¹²⁰¹⁰¹¹⁾ によると、マツ材線虫病による被害は長期的に減少傾向にあるものの、北海道を除く 46 都府県で確認されており、令和 5 (2023) 年度の松くい虫被害量 (材積) は 31.5 万 m³ で、夏季の高温少雨等により前年度比 26.7% 増となったことが報告されている。また、ナラ枯れについては、同資料によると、令和 5 (2023) 年度のナラ枯れによる枯死等の被害は北海道で初めて確認されるなど、44 都道府県で発生しており、被害区域が拡大している。被害量 (材積) は 13.0 万 m³ で、前年度から 12% 減少したものの、依然として高水準で推移している。北海道で初となるナラ枯れ被害の原因となる病原菌を媒介するカシノナガキクイムシを調べたところ、津軽海峡を挟んだ対岸にあたる津軽半島の被害地のものと遺伝的にほとんど同じであることが分かり、温暖化に伴い、今後もナラ枯れ被害域は拡大し続ける可能性が示唆された ¹²⁰¹⁰¹²⁾。ただし、これらの被害の記述については、人工林のみを対象とした報告ではないことに留意が必要である。

気象災害については、林野庁令和 6 年度森林・林業白書によると、気候変動の影響により短時間強雨の年間発生回数が増加し、線状降水帯の発生等により期間中の総降水量が増加する傾向がみられること、また、このような大雨の激化・頻発化等により激甚な山地災害が発生していることが報告されている。令和 6 (2024) 年は、令和 6 年能登半島地震、梅雨前線による大雨、9 月 20 日から大雨や台風第 10 号等により、山地災害等の被害箇所は、林地荒廃 931 か所、治山施設 168 か所、林道施設等 8,963 か所の計 10,062 か所、被害額は約 1,759 億円に及んだと報告されている。ただし、この水害の記述については、人工林のみを対象とした報告ではないことに留意が必要である。

全国の人工林の風害被害面積の合計値からは台風等による風害が増加しているとは言えない ¹²⁰¹⁰¹³⁾ とする論文と、大分県のある地域では台風による風害の被害確率は 1991 年から 2007 年の間に上昇傾向に

あった¹²⁰¹⁰¹⁴⁾とする論文があり、台風の強度の増加による人工林の風害の増加は必ずしも明らかでない。一方で、人工林での強風・強雨による被害の要因や発生メカニズムに関する研究が進められている。北海道中央部の針葉樹人工林で生じた風倒被害では、樹形（形状比、樹冠の大きさ）と風倒抵抗性に関係があること¹²⁰¹⁰¹⁵⁾、静岡県で生じたヒノキ人工林の風害では、樹冠面積と胸高直径との比と個体の耐風性との間に関係があること¹²⁰¹⁰¹⁶⁾が報告されている。また、台風の強雨を再現してヒノキの風に対する力学抵抗性を調べた実験では、土壌に急速に供給される水はヒノキの根返り抵抗性を減少させることが示されている¹²⁰¹⁰¹⁷⁾。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 全国を対象に、スギ人工林の年間炭素吸収量を予測した研究によると、2010 年と比較して、2050 年には年間炭素吸収量が平均 14～21%減少すると予測されて（SSP1-2.6・SSP5-8.5 シナリオ）おり、その主たる要因はスギの高齢級化と広葉樹二次林の増加の 2 つであることが示唆されている。
- スギの気候適応に関わる遺伝変異を解析し、現在の遺伝的組成と将来の気候条件に適応する組成との不一致の程度を『遺伝的オフセット』（オフセットが大きいほど、将来の環境に適応できない可能性が高い）として評価し、分析した研究では、SSP1-2.6 シナリオの、2050 年で、九州・四国の内陸部や東北の一部でオフセットの増加が予測され、SSP5-8.5 シナリオの 2050～2090 年にかけて分布域全域の低地で高まると予測されている。SSP1-2.6 シナリオの 2050 年に中国地方や関東低地、2090 年には西日本・関東低地・日本海側沿岸でのオフセットの増加が推定されている。
- カラマツ人工林で実施された林床部炭素フラックス（土壌呼吸、微生物呼吸、林床植生による光合成等）の観測調査では、年平均地温の上昇に伴い年積算炭素排出量が増加した。気温上昇により林床部の地温が上昇した場合、カラマツ人工林から排出される二酸化炭素排出量が増加する可能性がある。
- マツ材線虫病発生危険域、トドマツオオアブラムシによる被害、南根腐れ病菌の分布が拡大すると予測する研究事例がある。また、ヤツバキクイムシの世代数増加によりトウヒ類の枯損被害が増加するとの研究事例、スギカミキリの世代数増加を予測する研究事例がある。

気温が現在より 3℃上昇すると、蒸散量が増加し、特に年降水量の少ない地域でスギ人工林の脆弱性が増加する可能性を指摘する研究事例、ヒノキの苗木について気温上昇によるバイオマス成長量の増加は明らかではないとの研究事例や、3℃の気温上昇はアカマツ苗の成長を抑制させるとの研究事例については、第 2 次評価時から報告されていた^{1201018, 1201019, 1201020)}。また、森林の光合成や蒸発散、有機物分解過程を数式化したプロセスモデルを用いてスギ人工林の純一次生産量を推定する研究が進められている。第 2 次評価時では、2050 年までに年平均 0.9℃上昇する場合は、九州地方のスギ人工林で純一次生産量が低下するという研究事例が報告されており、一方で 2100 年までに世界平均で 4.5℃気温が上昇する場合には、九州地方の広範囲でスギ人工林の純一次生産量が増加するという試算結果が示されていた^(1201021, 1201022)。それ以降の新たな知見として、気候変動のスギ人工林への影響を評価するため、炭素循環モデルを改良し、全国 1 km の解像度でスギ林の生産力（純一次生産量）の将来予測を行った研究がある。2000

年頃からみた 2100 年頃のスギ人工林の純一次生産量は、全国平均で見ると、RCP2.6 と RCP8.5 のいずれのシナリオにおいても増加すると予測された。地域別に見ると、将来のスギ人工林の純一次生産量は、東日本では現在よりも増加するのに対し、西日本では低下する可能性が示された¹²⁰¹⁰²³⁾。さらにスギ人工林の面積・齢級の推移が炭素吸収量に及ぼす影響を全国レベルで明らかにするため、異なる 4 つの再造林シナリオを設定し、事前に整備した炭素循環モデル (Biome-BGC) に入力し、純生態系生産量 (森林の炭素吸収量に相当) を予測した研究がある。「CMIP6 をベースにした CDFDM 手法による日本域バイアス補正気候シナリオデータ (NIES2020)」を軸とする S-18 プロジェクト全体の共通気候シナリオを用いて予測した結果、4 つの再造林シナリオは程度の差はあるが、いずれも 2010 年に対し 2050 年の炭素吸収量の低下を示し、SSP1-2.6 と SSP5-8.5 の平均で -21%、-14% の低下幅であった。また、炭素吸収量の低下の主たる要因は、スギの高齢級化と広葉樹二次林の増加の 2 つであることが示唆されている¹²⁰¹⁰²⁴⁾。

気候変動によってスギの地域系統の適応度が低下する地域を予測するため、遺伝的な多様性と環境データを用いたモデリングを実施し、将来の気候条件下での「遺伝的オフセット」を分析した研究がある。遺伝的オフセットは、現在のスギの遺伝的特性と将来の気候条件との適合性のずれを意味し、オフセットが大きいほど、現行の遺伝的特性が将来の環境に適応できない可能性が高いことを示す。この研究では、2 つの気候モデル、MIROC6 と MRI-ESM2、の出力を用いて将来予測を行った。MIROC6 を用いた場合、2050 年時点 (シナリオ SSP1-2.6) で九州や四国の内陸部、東北地方の一部で遺伝的オフセットの増加が予測された。また、2050 年から 2090 年の間 (シナリオ SSP5-8.5) には、スギの分布域全域にわたる低地で遺伝的オフセットが高まるとされた。一方、MRI-ESM2 による予測では、2050 年に中国地方や関東の低地、2090 年には西日本や関東の低地、日本海側の海岸沿いで遺伝的オフセットの増加が推定された⁽¹²⁰¹⁰²⁵⁾。これらの結果は、気候変動がスギの地域適応に与える影響を明らかにしており、将来の森林管理や遺伝資源の保全計画を立てる上で重要な知見となる¹²⁰¹⁰²⁶⁾。

富士北麓のカラマツ人工林において、8 年間行われた林床部炭素フラックス (土壌呼吸、微生物呼吸、林床植生による光合成等) の観測調査では、年平均地温の上昇に伴い年積算炭素排出量が増加し、林床部の呼吸量には地温が強く影響することが示された。気温上昇により林床部の地温が上昇した場合、カラマツ人工林から排出される二酸化炭素排出量が増加する可能性がある¹²⁰¹⁰²⁷⁾。

マツ材線虫病に感受性のある世界のマツ 21 種の天然分布域を対象として、マツ材線虫病の発生危険地域を推定した結果、RCP2.6 シナリオでは 2050~2070 年の期間での危険地域の拡大は少ないが、RCP8.5 シナリオでは危険地域の面積の拡大が大きいと推定されたものの、東アジア地域に関しては RCP シナリオ間で危険地域の拡大の程度は大きく変わらないと推定された (RCP 2.6, 4.5, 6.0, 8.5 を前提とした GFDL-CM3, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR, MIROC-ESM-CHEM, NorESM1-M モデルによる気候予測情報を使用)¹²⁰¹⁰²⁸⁾。一方、国内を対象として、現在のマツ枯れ発生地点と気温、降水の条件の関係をもとにマツ枯れ発生危険域を予測するモデルを作成した研究によると、気温上昇に伴い、近未来 (2026~2050 年) では RCP2.6 シナリオでも危険域が北海道まで拡大すること、全国で危険が高いと判定されたエリアは現在 (1981~2000 年) よりも 15% (RCP2.6 シナリオ) ~58.6% (RCP8.5 シナリオ) 増加することが予測されている (CSIRO-Mk3-6-0, GFDL-CM3, HadGEM2-ES, MIROC5, MRI-CGCM3 モデルによる気候予測情報を使用)¹²⁰¹⁰²⁹⁾。

北海道におけるヤツバキクイムシの平均世代数³が、2001～2010年には1.8であったものが2041～2050年には2.0に、2091～2100年には2.4に増加するという予測結果を得たとする論文がある（A1Bシナリオを前提としたMIROC3.2-hiresモデルによる気候予測情報を使用）¹²⁰¹⁰³⁰）。温暖化によるヤツバキクイムシによる北海道のトウヒ類（エゾマツ、アカエゾマツ）の枯損被害の拡大が懸念される。ただし、温暖化は世代数以外にも天敵、餌、木の抵抗性などに影響を及ぼすことが考えられ、ヤツバキクイムシの被害の正確な予測のためにはこれらの要因を含め、今後さらに研究を進めていく必要がある。

その他の病害虫についても気候シナリオを用いて被害拡大を予測する研究がある。北海道では1～2℃程度の気温上昇でもトドマツオオアブラムシによる被害が拡大するという予測が得られた研究がある。¹²⁰¹⁰³¹また、2年1世代のスギカミキリが発生している北東北で2080～2090年には全て1年1世代になるという予測、南根腐病菌の分布が2040年代には種子島まで、2090年代には鹿児島県南部まで拡大するという予測を行った研究がある（SRESA1Bシナリオを前提としたMIROC-Hモデルによる気候予測情報を使用）¹²⁰¹⁰³²）。

若齢林よりも高齢林で台風による風害が発生しやすく¹²⁰¹⁰³³、樹高の高い林分ほど風害が発生しやすい¹²⁰¹⁰³⁴という研究があり、温暖化により強い台風が増加する可能性があるという中長期の予測と合わせて考えると、高齢林化が進んでいるスギ・ヒノキ人工林の風害の増加が懸念される。ただし、台風による風害の発生についてのデータの蓄積が十分でなく、林分の過密化による形状比の増加の影響等の森林管理の有り様も踏まえた上で、人工林の風害リスクを正確に予測するため今後さらに研究を進めていく必要がある。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

スギの「遺伝的オフセット」については、2050年以降、九州・四国の内陸部や東北地方を含む広範囲で高まり、2090年には低地全域においてその影響が顕著になると予測されている。

森林病害虫については、近未来（2026～2050年）ではRCP2.6シナリオでもマツ枯れ発生危険域が北海道まで拡大すること、全国で危険が高いと判定されたエリアは現在（1981～2000年）よりも15%（RCP2.6シナリオ）～58.6%（RCP8.5シナリオ）増加することが予測されていた¹²⁰¹⁰²⁹）。また、北海道におけるヤツバキクイムシの平均世代数が、2001～2010年には1.8であったものが2041～2050年には2.0に、2091～2100年には2.4に増加すると予測された¹²⁰¹⁰³⁰）ことから、被害の深刻化が懸念される。また、北海道では1～2℃程度の気温上昇でもトドマツオオアブラムシによる被害が拡大するという予測が得られた研究もあり、また、2年1世代のスギカミキリが発生している北東北で2080～2090年には全て1年1世代になるという予測、南根腐病菌の分布が2040年代には種子島まで、2090年代には鹿児島県南部まで拡大するという予測¹²⁰¹⁰³²）があり、被害の拡大が懸念される。

人工林の風害については、若齢林よりも高齢林で台風による風害が発生しやすく、樹高の高い林分ほど風害が発生しやすいという研究がある¹²⁰¹⁰³⁴）。ただし、台風による風害の発生に関するデータについては、データの蓄積が十分でないことに留意が必要である。

（適応策とその効果）

林業分野では、全国的な少子高齢化の進行により、将来的に住民の半数以上が65歳以上と定義する限

³ 平均世代数：1年間に卵から親までを繰り返す回数

界自治体が増えることで、財政問題や道路インフラの老朽化が進行し、アクセスが困難な人工林の分布が増加する可能性が指摘されている。これに対して、SSP1 シナリオに基づいた将来予測 ¹²⁰¹⁰³⁵⁾ が行われ、2050 年時点で全国の 40%、九州では 27% のスギ・ヒノキ人工林が限界自治体に含まれることが分かり、さらに九州の人工林は非限界自治体の人工林に比べて平均標高が高く、気温が低い地域に位置していることが分かった。今後、気候変動対策と同様に少子高齢化への適応策として、将来予測を基にした人工林の適正配置などの取り組みが重要になる ¹²⁰¹⁰²⁶⁾ と報告されている。

代表的な適応策としては、施業方法の見直し、苗木の選定、新品種の開発、風倒対策（適切な維持管理、被害後の再造成、針広混交林化・広葉樹林化）¹²⁰¹⁰³⁶⁾、病虫害対策としてモニタリングと防除などが挙げられる。しかし、気候変動の影響は地域ごとに異なり、森林の構造や機能も多様であること、さらに、少子高齢化による林業の担い手不足や上述のようなインフラの老朽化などの社会的要因も適応策の実行性に影響を及ぼすため、施策の選定にあたっては科学的根拠と社会的背景の両面から慎重に判断する必要がある。

地域特性を踏まえた施策を検討する際には、施策間に存在するトレードオフの理解が重要である。例えば、炭素蓄積を優先すれば災害リスクが高まる可能性があり、生物多様性を重視すれば炭素吸収量が減少することがある。こうしたトレードオフを考慮しながら、地域ごとに期待される効果に応じた施策を選定することが求められる。具体的には、ある地域では炭素吸収量を高めるためには伐採と再植林が有効である一方、別の地域では抑制的な管理が適している場合もある。

こうした課題に対応する新たな知見として、次のような成果が得られている。

全国の森林を対象に、森林管理が炭素蓄積、災害リスク軽減、生物多様性保全などの生態系サービスに与える影響を評価するため、2010 年から 2050 年にかけてスギ林面積の 16% を広葉樹二次林に置き換え、残存スギ林の平均林齢を 44.4 年から 72.0 年に増加させる森林管理シナリオが構築された ¹²⁰¹⁰³⁷⁾。このシナリオを用いた研究では、炭素吸収量の指標である純生態系生産量と、表層崩壊防止機能・広葉樹種の生息域提供機能の 2 つの生態系サービス間のトレードオフを解析し、森林管理行為（成長、伐採、再植林）に加え、気候条件（大気 CO₂ 濃度、気温、降水量）の変化が、炭素循環、土壌安定性及び生物多様性に及ぼす影響について、プロセスモデルを用いて評価した。その結果、南日本ではスギの伐採率と再植林率を高く維持することで炭素吸収量を確保しつつ広葉樹種の生息域提供にも寄与する有効な手法であることが判明した。一方、北日本では伐採率を低く抑える管理も現実的な選択肢となる。これらの結果は、地域ごとの気候条件や森林構造の違いを考慮した管理の重要性を示しており、持続可能な森林利用と気候変動適応の両立を目指すための指針となる ¹²⁰¹⁰²⁶⁾。

さらに、地域スケールで炭素蓄積、土砂災害リスク、生物多様性保全を定量的に評価するため、スギ樹高成長（炭素蓄積）、土砂災害リスク予測、既存の維管束植物の多様性分布情報を GIS 上で統合し、森林域の気候変動適応策評価モデルが構築された ¹²⁰¹⁰³⁸⁾。福岡県朝倉市周辺の約 300km² を対象として、SSP1-2.6 シナリオと適応策シナリオ（伐採周期、スギ人工林拡大、樹種変換など土地利用及び森林管理）を組み合わせた予測では、標準伐採周期（50 年）では、気候変動の影響によって今世紀中頃から後半にかけて山地災害リスクを増加させるだけでなく、炭素蓄積が減少すると推定されている。スギ人工林に着目した炭素蓄積を最優先するシナリオとした場合は、気候シナリオ下で慣行管理を行ったシナリオと比較して、炭素蓄積は増加するが、土砂災害リスクが最大 30% 程度上昇すると予測されている。さらに、生物多様性を優先した広葉樹林への転換を行う適応策シナリオでは、気候シナリオのみに比べて、炭素蓄積は 11% 減少するが、生物多様性を 23% 高め、土砂災害リスクを 10% 低減する可能性が予測されている。全

体として、適応策の効果は最大でも 27%程度にとどまり、気候変動の影響に比べると限定的であることから、緩和策の重要性が再確認されたと報告されている。将来的な土地利用は、科学的な合理性だけで決定できるものではないが、今回構築されたモデルは、地域ごとの合理的な意思決定を支援するツールとして機能し、持続可能な森林利用と気候変動適応の両立を目指すための基盤となると報告されている ¹²⁰¹⁰²⁶⁾。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状 (約 1°C 上昇)	約 1.5~2°C 上昇時	約 3~4°C 上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

✧ 【経済】樹種・地域によって異なるが、大気や土壌の乾燥化によるスギの水ストレスの増大・成長の低下や、森林病虫害の分布域拡大が既に生じており、林業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

✧ 【知見の量・種別】影響の事例が少数の学術論文等で示されている。

✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5~2°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

✧ 【経済】気温の上昇が進行し、現状の影響に加えて、気候モデルによって範囲は異なるものの、九州・四国の内陸部、東北の一部、中国地方・関東の低地でスギの遺伝的オフセットが増加すると予測されていることから、林業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

✧ 【知見の量・種別】影響の予測結果が少数の学術論文等で示されている。

✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3~4°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

✧ 【経済】気温の上昇がさらに進行し、1.5~2°C 上昇時までの影響に加えて、気候モデルによって範囲は異なるものの、スギの分布域全域にわたる低地等でスギの遺伝的オフセットが増加すると予測されていることから、林業への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

✧ 【知見の量・種別】影響の予測結果が少数の学術論文等で示されている。

✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

✧ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。

- ✧ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 重大な影響が既に生じており、森林管理方法の見直しや、乾燥に耐性のあるスギの品種の育種等の適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。
- 確信度：レベル 2
 - ✧ 【知見の量・種別】 影響の発現時期が少数の学術論文等で示されている。
 - ✧ 【知見の一致度】 影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(2) 特用林産物（きのこ類等）

ここでは、シイタケの原木栽培、菌床栽培について、主に気温上昇に伴う病害虫による影響や収量の変化を扱う。

（現在の状況）

〔概要〕

- シイタケほだ場での分離頻度が高いシイタケ病原体のトリコデルマ・ハルチアナムについては、高い温度環境で被害が大きくなることが確認されつつある。
- ヒポクレア属菌については、九州地域のシイタケ原木栽培の生産地で被害を与えるようになってきており、高温が被害を助長する要因となっている可能性が指摘されている。また、千葉県、茨城県、静岡県、愛知県などからも被害が報告されていることから、被害地域は拡大していると考えられている。
- 菌床栽培によるシイタケについては、高温環境下での菌糸の伸長抑制が確認されており、さらにその後 20℃温度下に移動した場合でも伸長速度が著しく低下することが確認されている。また、収量減少の要因にハウス内の日最高気温、猛暑日や夏日の増加を指摘する事例もある。なお、シイタケ菌床については、高温環境下に数日置かれるとシイタケの菌糸伸長やキノコの発生に悪影響が生じること、さらに一週間以上置かれると菌床が雑菌に汚染され、キノコは全く発生しないことが確認されている。

シイタケほだ場での分離頻度が高くシイタケ菌糸への侵害力が高いことが確認されているシイタケ病原体の *Trichoderma harzianum*（トリコデルマ・ハルチアナム）は、高い温度環境で被害が大きくなることが確認されつつある。全国に設置した試験地での害菌分離率の調査では、最高気温が 30℃以上になる日数と *Trichoderma harzianum* の分離率に相関関係があることが示されている^{1202001, 1202002}。シイタケ菌と *Trichoderma harzianum* の対峙培養試験を行い、培養温度条件を変化させた場合、30℃以上でシイタケ菌が侵害されやすくなるという結果も得られている^{1202001, 1202002}。

ヒポクレア属菌が九州地域のシイタケ原木栽培の生産地で被害を与えるようになってきたことが報告されている^{1202001, 1202003, 1202002}。九州地域で分離されたヒポクレア属菌の温度別菌糸伸長速度の測定を行った結果、ヒポクレア属菌の菌糸伸長は 25℃又は 30℃で最大となった¹²⁰²⁰⁰¹。ことを示す研究もあり、九州地域におけるヒポクレア属菌の被害拡大には気温の上昇が寄与している可能性がある。実際に、宮崎県の生産現場でのヒポクレア属病原菌によるシイタケの被害発生率は、2012 年が 2～3 割、2013 年が 4 割であったが、夏場（6～9 月）の平均気温は 2013 年の方が 1℃高く、真夏日の日数も多かったことから、夏場の高温がヒポクレア属菌による被害を大きくしている可能性がある¹²⁰²⁰⁰⁴。また、千葉県、茨城県、静岡県、愛知県などからも被害が報告されており、聞き取り調査より被害地域は拡大していると考えられる。千葉県、茨城県の被害ほだ木から分離した、ヒポクレア属菌の遺伝型と九州地域の被害現場から分離された菌の遺伝型が一致したことから、九州地域で発生していた系統が侵入した可能性が示唆された。

菌床栽培によるシイタケについては、生育過程の高温が菌糸の伸長や発生に対する影響を調査した実験によると、温度が 35℃温度下では菌糸はほとんど伸長せず、20℃に移動すると再度伸長し始めた。しかし、伸長速度は高温条件前に比較すると非常に遅く、また、35℃の日数が長いほど伸長が悪くなる傾向が報告されている¹²⁰²⁰⁰⁵。また、島根県において菌床栽培によるシイタケ生産を行っている事業体の収量

を調査した研究によると、2005 年 10 月～2019 年 5 月に収量の減少傾向が認められ、2015 年 10 月以降は以前よりも明らかに少ない収量で推移しており、ハウス内の日最高気温や、猛暑日や夏日の増加が収量減少の要因として挙げられている¹²⁰²⁰⁰⁶。また、高温がシイタケ菌床に与える影響について調査した実験では、シイタケを 35℃ に一定期間(0、1、3、7、14 日間)置いた後、16℃ の温度下に移動して、シイタケの発生を調査しており、その結果、35℃ に 0～3 日置いた菌床はキノコが発生したが、7 日及び 14 日置くと、菌床が雑菌に汚染され、キノコは全く発生しないことが確認されている。35℃ の温度下に短期間でも置くと、シイタケの菌糸伸長やキノコの発生に悪影響を与えるため、夏場の気温が 35℃ を超える日が多い昨今は、細心の注意が必要であると示されている¹²⁰²⁰⁰⁵。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- シイタケの原木栽培については、高温と病害菌の発生又はシイタケの子実体の発生量の減少との関係が指摘されており、生産量の低下が懸念される。一方、栽培が不適とされていた地域での栽培が可能になる可能性もある。
- 原木栽培のシイタケの害虫であるナカモンナミキコバエの出現時期の早まりや、ムラサキアツバの発生回数の増加が予測されている。

夏場に 32℃、15 日間の高温処理を行うと接種 2 年目のシイタケ子実体(きのこの本体の部分)の発生量の顕著な減少が見られた¹²⁰²⁰⁰⁴。シイタケの原木栽培において、夏場の気温と病害菌の発生¹²⁰²⁰⁰⁷あるいは子実体発生量の減少¹²⁰²⁰⁰⁴との関連が指摘されており、温暖化によるシイタケ原木栽培の生産量の低下が懸念される。一方で、これまで不適とされていた地域でシイタケ栽培が可能になる可能性もある。

冬場の気温上昇がシイタケ子実体発生量に及ぼす影響は明瞭にはなっていない^{1202008, 1202009}。一方で、九州地域のシイタケ原木栽培で使用される品種は、比較的低い最低気温でシイタケが発生する低温菌が主流であったが、それよりも高温域で発生する中温菌の品種に移行しつつある。冬場の気温上昇によるシイタケ原木栽培への影響については、正確な予測のためにデータの蓄積を進めていく必要がある。

原木栽培のシイタケの害虫について、出現時期の早まりや発生回数の増加を予測する研究事例がある。大分県で実施されたナカモンナミキコバエの捕獲調査、飼育実験の結果から、1 月から 3 月までの平均気温の上昇に伴い成虫の出現時期が 1 ヶ月から 1 ヶ月半ほど早まるとする研究がある(IPCC による 1.8～4.0℃ の上昇を想定)¹²⁰²⁰⁰²。北関東以南で 1 年に 3～4 回発生しているムラサキアツバについて、飼育実験結果と気候シナリオデータを用いて年間発生回数を予測した研究によると、2000 年代後半には山形・宮城県以南でも 1 年に 4 回発生する¹²⁰²⁰¹⁰。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

九州地域のシイタケ原木栽培で使用される品種については、低温菌が主流であったが、それよりも高温域で発生する中温菌の品種に移行しつつある。

大分県での実験結果より、1～3 月までの平均気温の上昇に伴いナカモンナミキコバエの成虫の出現時期が 1 ヶ月から 1 ヶ月半ほど早まるとする報告や、北関東以南で 1 年に 3～4 回発生しているムラサキアツバに関する飼育実験では、2000 年代後半には山形・宮城県以南でも 1 年に 4 回発生すると予測されている。

(適応策とその効果)

シイタケ原木栽培での代表的な適応策としては、栽培法の見直しや病害対策、品種転換・品種開発などが挙げられる¹²⁰²⁰¹¹⁾。具体的には、特定防除資材（食酢）の導入によるヒボクレア属菌の防除や、天敵微生物を用いたムラサキアツバ等の防除¹²⁰²⁰¹²⁾、高温でも管理可能なシイタケ品種（高温発生品種）の開発¹²⁰²⁰¹³⁾等が挙げられる。品種転換については、地域ブランド活用による適応も重要な戦略である。大分県国東半島宇佐地域（GIAHS 認定地域）での調査結果によると、ブランドを活用した販路が確保されている状況下で、小規模生産者が低温性品種の生産を継続することで、地域の品種多様性が維持されていることが明らかとなった。一方で、急傾斜地では作業負担が大きくなることから、品種転換が進む傾向が見られた。また、大規模生産者においては、気候変動による生産の不安定化が収入変動リスクを高める要因となっており、これも品種転換の動機となっていると推察されている¹²⁰²⁰¹⁴⁾。これらの知見は、地域の地形条件や経営規模、販路の有無などが、品種選択や適応策の実施に影響を与えていることを示しており、今後の地域振興の施策や支援制度の設計において、地域特性を踏まえた柔軟な対応が求められることを示している。

シイタケ菌床栽培では、高温環境下でのシイタケの菌糸の伸長抑制が確認されており、さらにその後20℃温度下に移動した場合でも伸長速度が著しく低下することが分かっている。また、高温環境下にシイタケ菌床が数日置かれただけでもシイタケの菌糸伸長やキノコの発生に悪影響が生じること¹²⁰²⁰⁰⁵⁾から、ハウス内の温度上昇の抑制や品種転換等が適応策として考えられる。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約1℃上昇）	約1.5～2℃上昇時	約3～4℃上昇時	
重大性：レベル2 確信度：レベル3	重大性：レベル2 確信度：レベル1	重大性：レベル2 確信度：レベル1	緊急性：レベル3 確信度：レベル3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

- 重大性：レベル2
 - ◇ 【経済】品種・地域によって異なるが、気温上昇等によるシイタケ原木栽培の病害について、九州から関東へと被害域の拡大が既に生じており、林業への影響は深刻である。
- 確信度：レベル3
 - ◇ 【知見の量・種別】影響の事例が少数の学術論文等で示されている。
 - ◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

- 重大性：レベル2
 - ◇ 【経済】気温の上昇が進行し、現状の影響に加えて、シイタケ原木栽培の病害の増加、害虫の出現時期の早期化や発生回数の増加が予想されており、林業への影響は深刻である。
- 確信度：レベル1
 - ◇ 【知見の量・種別】影響の予測結果がごく少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<3~4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

◇ 【経済】気温の上昇が進行し、現状の影響に加えて、害虫の発生回数のさらなる増加が予想されており、林業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の量・種別】影響の予測結果がごく少数の学術論文・官公庁報告書等では示されている。

◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、栽培法の見直し、病害対策、品種転換・品種開発等の適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の量・種別】影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等では示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

【水産業】

(1) 回遊性魚介類（魚類等の生態）

ここでは、水産資源として重要な回遊性魚介類を対象とし、主に水温上昇に伴う分布回遊や成長の変化のほか、これらの変化による各地域の水産業への影響を扱う。海洋の生物量、生産量を支える一次生産力への影響は、自然生態系分野の海洋生態系で扱う。

（現在の状況）

〔概要〕

- 近年の海水温の急速な上昇により回遊性魚介類の分布が北上しており、それに伴い漁獲量等も変化している。
 - マサバの産卵場が北上すると共に産卵の終了時期が延びているほか、クロマグロの稚仔魚の分布が日本海において拡大したと推測されている。
 - 暖水性魚介類については、以前から北日本を中心に漁獲量が増加していたブリ、サワラに加えて、近年は特に東北地方太平洋沿岸域でふぐ類、タチウオ、チダイ、ケンサキイカ、ガザミ等も急増している。
 - 東北地方太平洋沿岸域では、冷水性とされるサンマ、サケの漁獲量が引き続き減少している。
 - スルメイカについては、日本周辺海域で資源が急減していることに加えて、日本海で体サイズの減少も確認されている。
- 日本の水産業は、これまでも海洋環境の変化に伴う漁獲物の組成・量の変化に対応してきたが、近年の気候変動に伴う変化等への新たな対応が必要となるなどの影響が生じている。

海水温の上昇による水産生物の分布の北上については、第2次評価以前から報告されており、サンマ、サケ等の冷水性魚類やスルメイカでは分布の北偏・沖合化や資源量の減少（負の影響）が見られていたのに対し、ブリ、サワラ等の暖水性魚類は北日本を中心に漁獲量の増加（正の影響）が見られていた¹³⁰¹⁰⁰¹。さらに、サンマの道東海域の漁場の縮小¹³⁰¹⁰⁰²、シロザケの回帰率の低下¹³⁰¹⁰⁰³、スルメイカの回遊経路の変化による漁期の短縮・来遊量の変化¹³⁰¹⁰⁰⁴、ブリの漁獲量の特に関東・東北海域での顕著な増加^{1301005, 1301006, 1301007, 1301008, 1301009, 1301010}、サワラの漁獲量の日本海・東北地方太平洋沿岸域での増加^{1301006, 1301011}、クロマグロ仔魚の日本海での分布の拡大¹³⁰¹⁰¹²、マサバの産卵場の北上・産卵終了時期の延長¹³⁰¹⁰¹³、ふぐ類の分布域の変化による太平洋沿岸での自然交雑種の出現¹³⁰¹⁰¹⁴、などの影響が報告されていた。

近年、日本周辺海域では表面水温が急速に上昇し、特に東北地方太平洋沿岸域では、黒潮続流の北上も重なり、暖水性魚介類の漁獲量の急増が観察されている^{1301001, 1301015, 1301016}。特に、これらの海域ではフグ類、タチウオ、チダイ、ガザミ等の漁獲量増加が顕著となっている^{1301015, 1301016}。ケンサキイカについても2023年の宮城県沿岸域の海洋熱波によって来遊時期が早まり、来遊量も増加した可能性が指摘されている¹³⁰¹⁰¹⁷。

一方、冷水魚介類であるサンマについては、来遊に適した海洋環境が近海に形成されなくなったこと等によって漁獲量が引き続き減少している¹³⁰¹⁰¹⁵。また、サンマの産卵回遊の開始が遅れ、日本近海に産卵場が形成されなくなっていることも示唆されている¹³⁰¹⁰¹⁸。

サケについても、来遊量・漁獲量が引き続き低下しており、海洋環境の変化による回遊経路や餌料環境

の変化が起きている可能性が指摘されている^{1301019, 1301015}。さらに深海性魚類についても調査船調査から分布の北上や深い水深への移動が確認されている¹³⁰¹⁰²⁰。

日本海では、スルメイカの体サイズが 2000 年代以降に顕著に減少しており、その原因として水温上昇による産卵期間の遅れに伴う成長率の低下・成体になる時期の遅れが示唆されている¹³⁰¹⁰²¹。富山湾ではブリ・スルメイカ・ホタルイカの漁獲量と気候変動に伴う海洋環境の変化との関係が指摘されている¹³⁰¹⁰²²。さらに、日本海南西部でもハタハタの分布海域が北東へ偏る傾向や、マダラの生息に最適な水域が縮小したことが指摘されている¹³⁰¹⁰²³。

日本の水産業は、これまでも海洋環境の変化に伴う漁獲物の組成・量の変化に対応してきたが、近年は気候変動に伴う変化に世界的な水産物の需要・流通の変化も重なり、新たな対応が必要となっている¹³⁰¹⁰⁰¹。加えて、水産加工業については原材料の確保が困難となっている。特に、大規模な設備で特定の製品を大量に生産する場合、漁獲される魚種の変化に応じた機動的な製品の転換が課題となっている。そのほか、地域によっては新たに獲れるようになった魚種を食べる文化がない、販路が確立していない等の要因により低価格で取引されるといった事例も確認されている¹³⁰¹⁰²⁴。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 世界全体の漁獲可能量は、RCP8.5 シナリオの 21 世紀末には 2000 年前後と比較して約 2 割減少すると予測されている。
- サンマについては、生鮮での流通に十分なサイズの来遊尾数が RCP8.5 シナリオの 21 世紀中頃には現状よりも多くなるものの、21 世紀末には成長の低下等によって著しく減少し、ほとんど漁獲されなくなる海域も生じると予測されている。
- さけ・ます類では日本周辺や太平洋西部での生息域の減少が予測されており、特に夏季の分布域が水温上昇によって縮小することが示唆されている。シロザケは、稚魚期における沿岸域滞在期間の短縮が確認されてきており、日本北部のシロザケの生残率の低下が懸念されている。
- スルメイカについては、2050 年には本州北部沿岸域で、2100 年には北海道沿岸域で分布密度の低い海域が拡大することが予測されている。また日本海におけるサイズの低下、産卵期の変化も予測されている。一方で、高水温 (RCP2.6・8.5 シナリオ) によって稚幼生期の生残率が上昇し、個体数が増加する可能性も報告されているが、前提によって予測結果は異なっている。
- サワラは日本海で漁獲量が急増しているが、日本海で漁獲されるサワラの産卵場がある東シナ海では、RCP2.6、4.5、6.0、8.5 シナリオの 21 世紀末で、生息適地がそれぞれ 21%、28%、36%、42%減少すると予測されている。
- まぐろ・かじき類 7 種を対象に、漁業の影響も加味し、RCP2.6、8.5 シナリオを用いた資源量と体サイズへの影響を調べた研究では、2050 年までに対象種全体の資源量は平均 36%減少、体サイズは平均 15%減少すると予測されている。

国連食糧農業機関の報告書では、世界の排他的経済水域における漁獲可能量が 2000 年と比較して、2095 年については、16.2～25.2%減少すると予測されている (RCP8.5 シナリオを使用)¹³⁰¹⁰²⁵。同様に CMIP5 の気候モデルの予測結果に基づいた IPCC 海洋・雪氷圏特別報告書でも、世界全体の漁獲可能量は 21 世紀末には 1986～2005 年と比較して 20.5～24.1%減少すると予測されている (RCP8.5 シナリオ

を使用) ¹³⁰¹⁰²⁵⁾

サンマについては、海水温の上昇による餌料環境の悪化による成長の鈍化、逆に回遊範囲の変化による産卵期の餌料環境の好転・産卵量の増加 ¹³⁰¹⁰²⁶⁾、漁場のさらなる沖合化・体重減少 ¹³⁰¹⁰²⁵⁾ が第 2 次評価時から予測されていた。加えて、RCP8.5 シナリオでは 2090 年代に温暖化の影響が顕著に現れ、生鮮で出荷されることが多い体長 29 cm 以上のサンマの来遊尾数は、2091～2100 年になると成長の低下等によって著しく減少し、地域によってはほとんど漁獲されないと予測されている ¹³⁰¹⁰²⁷⁾。

さけ・ます類については、日本周辺海域・北太平洋西部での生息域（特に夏季の分布域）の減少 ^{1301028, 1301029, 1301030, 1301031)}、宮城県沿岸でのサケの稚魚の放流適期の短縮 ¹³⁰¹⁰³²⁾、山形県五十川下流でのサクラマス^{1301032, 1301033)}の越夏適地の縮小 ^{1301032, 1301033)}、などが予測されていた。それ以降の新たな知見として、シロザケの生残率低下が懸念されている。日本北部のシロザケ稚魚は沿岸域で数か月間滞留し、ある程度成長後に外洋へ移動してオホーツク海に入るが、秋にオホーツク海で生き残った稚魚の数は、日本へ回帰する成魚数に密接に関連している。一方で三陸沿岸を回遊するシロザケでは温暖化により沿岸滞在期間が短縮し、生残率の低下が観察されていることから、日本のシロザケの生残率は、沖合回遊前の沿岸域滞在期間の環境で決定され、温暖化に伴う生残率の低下が懸念されている ¹³⁰¹⁰³⁴⁾。

スルメイカについては分布密度が低下し、2100 年には北海道沿岸域でも分布密度が低い海域が拡大することや ¹³⁰¹⁰³⁵⁾、日本海におけるサイズの低下 ^{1301036, 1301037)}、産卵期の遅延 ^{1301030, 1301037)}、などが予測されていたことに加えて、RCP2.6・8.5 シナリオ（2056～2062・2104～2110 年）を用いて予測した近年の研究では、高水温によって稚幼生期の生残率が上昇し、個体数が増加する可能性も報告されている ¹³⁰¹⁰³⁸⁾。しかし実際には近年の水温上昇とは反対にスルメイカの漁獲量は大きく減少しており、水温と資源量の単純な対応関係では説明できないとの指摘もある ¹³⁰¹⁰⁰¹⁾。

ブリについては分布域の北方への拡大・越冬域の変化が予測されている ¹³⁰¹⁰³⁹⁾ 他、既存産地における品質低下が危惧されている ¹³⁰¹⁰³⁵⁾。

サワラは 1999 年以降、日本海で漁獲量が急増しているが、日本海で漁獲されるサワラの産卵場である東シナ海では、RCP2.6、4.5、6.0、8.5 シナリオの 21 世紀末で、生息適地がそれぞれ 21%、28%、36%、42%減少すると予測されている ¹³⁰¹⁰⁴⁰⁾ また、別の研究では、RCP4.5 シナリオにおいて、2050 年の夏に 33.2%、他の季節に 3.5%の減少が、2100 年には夏で 43.5%、他の季節で 6.5%の減少が、それぞれ予測されている。減少率は排出量及び時間の経過とともに深刻化し、RCP8.5 シナリオの 2100 年の夏に 88.9%に達すると予測されている ¹³⁰¹⁰⁴¹⁾。

まぐろ類については、海水温の上昇・動物プランクトンの減少による太平洋亜熱帯部での漁獲量減少・分布の北東への移動（RCP8.5 シナリオを前提とした 2081～2100 年） ¹³⁰¹⁰⁴²⁾、台湾・沖縄周辺海域における産卵に適した水温域の北上によるクロマグロの仔魚の生残率低下 ¹³⁰¹⁰⁴³⁾、などが第 2 次評価時から予測されていた。加えて、世界的に商業利用されている 7 種のまぐろ・かじき類について、漁業の影響も加味し、RCP2.6、8.5 シナリオを用いた研究では、2050 年までに対象種全体の資源量は平均 36%減少、体サイズは平均 15%減少すると予測されている ¹³⁰¹⁰⁴⁴⁾。

その他、マサバでは伊豆周辺から房総半島周辺への産卵場の移動 ¹³⁰¹⁰²⁷⁾、マイワシでは、海面温度の上昇による成魚の分布範囲や稚仔魚の生残に適した海域の北方移動 ¹³⁰¹⁰⁴⁵⁾、深海性種では漁場の南北移動は小さいものの、漁場がより深場へと移動すると予測されている ¹³⁰¹⁰⁴⁶⁾。

海水温の上昇以外の影響として CO₂ の増加や海洋酸性化があり、飼育実験による 2100 年及び 2200 年

に予想される海洋 pH⁴下でのオオズワイガニの若齢期の生残率の低下と、将来的な漁獲量の減少が予測されていた¹³⁰¹⁰⁴⁷⁾。それ以降の新たな知見として、スケトウダラの仔魚を高 CO₂ 濃度の環境においた飼育実験において、浮袋膨張率の著しい低下・脂質代謝変化も報告されている¹³⁰¹⁰⁴⁸⁾。

以上のように、回遊性魚介類については、分布回遊範囲及び体サイズの変化に関する影響予測が数多く報告されている。しかし、漁獲量の変化及び地域産業への影響に関しては、資源管理方策等の地球温暖化以外の要因も関連することから不確実性が高く、精度の高い予測結果は得られていない現状にある。例えば、海洋熱波によってベーリング海東部のズワイガニ資源が急減した¹³⁰¹⁰⁴⁹⁾。この資源に関しては、気候シナリオに基づく将来的な減少は予測されていた¹³⁰¹⁰⁵⁰⁾ものの、前例のない予想を上回る変化であったとされている¹³⁰¹⁰⁴⁹⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

単一の種を対象とする漁業・産業においては代替種が得られない場合、影響が大きくなる。

(適応策とその効果)

気候変動による影響を含め海洋環境の変化によって減少した資源を人為的に回復させるのは困難である。そのため、これまでも日本の水産業は海洋環境の変化に伴う水産資源の変化に代用資源の利用等に対応してきた。しかし、今後、温暖化をはじめとする気候変動によってその対応もより困難になることも指摘されている¹³⁰¹⁰⁰¹⁾。また、減少した資源に加え、増加した資源の有効利用も適応策として重要であり、急増した漁業資源の有効利用と消費拡大が重要となっている¹³⁰¹⁰¹⁵⁾。既に日本海におけるサワラや北海道におけるブリなどでそれらの取組が進められており、日本における魚種組成変化への適応の代表的な事例となっている。近年実施されている適応策と効果については、魚種組成の変化に対応した漁具・漁法や漁獲対象種の複合化・転換、養殖業との兼業化・転換、魚種の変更・拡大に対応し得る加工・流通等が挙げられ、それぞれ効率的な漁業の推進や地域産業の活性化が各地で進められており、雇用の安定化などの効果が見られている¹³⁰¹⁰²⁴⁾。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状 (約 1°C 上昇)	約 1.5~2°C 上昇時	約 3~4°C 上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

◇ 【社会】【経済】多くの魚介類の分布の北上が日本各地で既に発生しており、一部の魚種・地域では漁獲量の増加が見られるものの、サンマ、サケ、スルメイカ等では漁獲量が急減しており、それらの魚介類に依存している漁業・水産加工業・流通業及びそれらを主要産業とする地域社会への影響は深刻である。

⁴ pH：酸性度を示す水素イオン指数

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】分布の北上の事例については文献間で概ね一致している一方、漁獲量の変化及び地域産業への影響の事例については、資源管理方策等の要因も関連することから、必ずしも気候変動によるものとは断定できない場合もある。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ 【社会】【経済】魚介類の分布の北上及びそれに伴う漁獲量等の変化が進行し、現状の影響に加えて、まぐろ類の資源量・体サイズの減少等も予測されており、それらの魚介類に依存している漁業・水産加工業・流通業及びそれらを主要産業とする地域社会への深刻な影響が拡大すると予想される。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】分布の北上の予測については文献間で概ね一致しているが、資源量の変化については前提によって結果が異なる場合もある。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】【経済】魚介類の分布の北上、それに伴う漁獲量や魚種組成、サイズ組成の変化がさらに進行し、1.5～2℃上昇時までの影響に加えて、サンマ等の重要な資源が確保できない地域が生じるなど、それらの魚介類に依存している漁業・水産加工業・流通業及びそれらを主要産業とする地域社会への影響は特に深刻となる。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】分布の北上の予測については文献間で概ね一致している一方、資源量の変化については前提によって結果が異なる場合もある。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、影響評価結果に基づき、漁具漁法や漁獲対象種の複合化・転換、養殖業との兼業化・転換、魚種の変更・拡大に対応し得る加工・流通等の適応策の実施について、できるだけ早い意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術文献・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致しているものの、資源量の変化については前提によって結果が異なる場合もある。

(2) 増養殖業

ここでは、主に水温上昇に伴う海面養殖業の生産量への影響を扱う。海藻の養殖（ノリ、ワカメ）への影響は水産業の沿岸域・内水面漁場環境等で扱う。

（現在の状況）

〔概要〕

- 青森県において高水温によるホタテガイのへい死が確認されている。
- 広島県や岡山県等において高水温によるカキのへい死が確認されている。高水温によるへい死は産卵期の長期化や産卵回数の増加による生理的負荷や栄養状態の低下に伴う体力低下が主な原因であることが指摘されている。
- 天然のマダイが仙台湾等で本格的に繁殖するようになってきたことから、周年育成可能海域の北上が示唆されている。

貝類養殖については、青森県での高水温によるホタテガイの大量へい死⁵ 1302001、1302002、1302003、1302004)、広島県での高水温と7～10月の降水量の減少によるカキのへい死率の上昇¹³⁰²⁰⁰⁵⁾、岡山県での夏季の高水温によるカキのへい死¹³⁰²⁰⁰⁶⁾が第2次評価時より報告されていた。それ以降の新たな知見として、韓国・仁川で1年未満のマガキを用いた室内実験で、水温25℃以下では生存率が95%以上と高かったものの、30℃を超えると生存率は急激に低下し、35℃では全ての個体が死亡するという結果が得られている¹³⁰²⁰⁰⁷⁾。このような高水温の影響は日本各地でも報告されている。宮城県松島湾で2018年に発生した養殖カキの大量へい死は、水温の高い状態が続いたことで産卵期が長期化し、生理的に厳しい状態を招いたことが一因と指摘されている¹³⁰²⁰⁰⁸⁾。また広島湾奥で5年間にわたり水深別のカキへい死率を調査し、加えて約30年間の広島湾における水温・塩分データやへい死率等を分析した結果では、水深0.5m及び5mにおけるへい死率の増加は、高水温による産卵回数の増加に伴う体力低下が主な要因であることが明らかになっている¹³⁰²⁰⁰⁹⁾。さらに三重県鳥羽市の的矢漁場では、例年高水温期に種苗の30～40%がへい死しており、その主な原因として、放卵放精に伴う栄養及び生理状態の低下による衰弱が挙げられている¹³⁰²⁰¹⁰⁾。

魚類養殖の代表的な魚種であるマダイは、海水温の上昇が直接的原因と考えられる被害報告は少ないものの、マダイイリドウイルス病が夏季の高水温期を中心に被害をもたらしている¹³⁰²⁰¹¹⁾。またマダイは仙台湾で本格的に繁殖していることが報告されている^{1302012、1302013)}ことから、養殖できる海洋環境が北に広がってきていると示唆されている。仙台湾で天然マダイが夏季に産卵し、その稚魚が秋から冬に確認されるようになってきている。石巻魚市場では毎年6～8月に底曳き網や定置網で体重2～4kgの抱卵親魚が水揚げされ、2021年10～12月には全長3～10cmの稚魚が定置網で混獲されている¹³⁰²⁰¹³⁾。

⁵ へい死：動物が死ぬこと

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 夏季の水温上昇により、養殖魚介類のへい死や感染症のリスクを高め、産地として適した海域が変化すると予測されている。
 - 青森県陸奥湾のホタテガイ養殖では、現在同程度の水深で養殖した場合、RCP8.5 シナリオの 21 世紀末においては稚貝（1 年貝）が 80%以上、新貝（2 年貝）が 50%以上へい死すると予測されている。RCP2.6 シナリオの 21 世紀中頃及び 21 世紀末においては高水温の日に養殖施設を深く沈めることが有効と考えられるが、RCP8.5 シナリオの 21 世紀末においては養殖施設を沖合に移動する必要性が生じ、養殖可能海域が縮小すると予測されている。
 - カキ養殖については、中国・四国地域では RCP2.6 及び RCP8.5 シナリオにおいて採苗時期が早期化することが予測されており、中部地域では RCP8.5 シナリオの 21 世紀末において表層近くでの養殖が困難になることが予測されている。
 - ブリ養殖では、高水温によるへい死が懸念されている一方、秋冬季の成長促進も期待されている。
 - マダイ養殖では、高水温による成長鈍化、感染症発症リスクの上昇が予測されている。

● 海面養殖業

貝類養殖への影響については、気候シナリオを用いた将来予測が実施されており、ホタテガイ養殖ではへい死率の上昇に加えて養殖可能海域の縮小、カキ養殖では採苗時期の早期化と表層近くでの養殖が困難になることが報告されている。青森県産業技術センター水産総合研究所が所有するホタテガイへい死予測モデルを使用して、陸奥湾におけるホタテガイ養殖の将来のへい死率を予測した調査によると、RCP8.5 シナリオの 21 世紀末において現在ホタテガイの養殖が行われている水深帯に最も近い水深 18.5 m で、稚貝（1 年貝）が全域で 80%～100%、新貝（2 年貝）では高水温が流入してくる西側で 80%～100%、それ以外の地点で 50%～80%と非常に高いことが予測されている。RCP2.6 シナリオの 21 世紀中頃及び 21 世紀末では高水温の日には養殖施設を深く沈めることが適切であると考えられ、RCP8.5 シナリオの 21 世紀末においては深く沈めるだけでは十分ではなく、養殖施設を沖合に移動する必要性が生じることで養殖可能海域が縮小すると予測されている（MRI-CGCM3 モデルによる気候予測情報を使用）¹³⁰²⁰¹⁴）。中国・四国地域のカキ養殖では、RCP2.6 シナリオの 21 世紀末において現在に比べて約 12 日、RCP8.5 シナリオの 21 世紀中頃において現在と比べて平均して 9 日程度、21 世紀末において現在と比べて 34 日程度に採苗時期が早期化する（MRI-CGCM3 モデルによる気候予測情報を使用）と¹³⁰²⁰¹⁵）予測されているほか、中部地域において RCP8.5 シナリオの 21 世紀末では表層近くでの養殖が困難になること¹³⁰²⁰¹⁶）が予測されている（MRI-CGCM3, MIROC5 モデルによる気候予測情報を使用）。

魚類養殖への影響は、へい死の懸念や成長鈍化、感染症リスクの上昇、養殖海域の変化等が報告されている。具体的には、ブリ養殖では飼育実験による成長と温度の関係¹³⁰²⁰¹⁷）から、高水温による夏季のへい死の懸念と同時に、秋冬季の成長促進が期待される。マダイ養殖では、高水温化による成長鈍化、感染症発症リスクの上昇が飼育実験で示されている¹³⁰²⁰¹⁸）。また養殖適地については、ブリ¹³⁰²⁰¹⁹）、トラフグ¹³⁰²⁰²⁰）、ヒラメ^{1302020, 1302019}）の産地が北上化し、不適になる海域が出ることが予測されている。特に中部以北には、養殖に適した地形（内湾構造をとり適度な深度がある海域）が少ないため、養殖産地が北上化すると狭域化が懸念される¹³⁰²⁰²¹）。

● その他

海域や淡水域の酸性化による貝類や淡水魚等への影響が実験室レベルで報告されており、今後、貝類養殖業等への影響が懸念されている^{1302022, 1302023}。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

養殖産地については、ブリ、トラフグ、ヒラメの産地が北上し、不適になる海域が出ることが予測されている。特に中部以北には、養殖に適した地形が少ないため、養殖産地が北上化すると狭域化が懸念される。東北地域のホタテガイ養殖では、21世紀末のRCP8.5シナリオではへい死リスクが高まり、養殖地域が縮小すると予測されている。カキ養殖では、中部地域において21世紀末のRCP8.5シナリオでは表層近くでの養殖が困難になることが予測されている。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、水温上昇による影響を低減することを目的とした養殖工程や作業時期の見直し、養殖生簀や籠の水深調整、高水温耐性を有する新品種の開発・実用化の技術開発等が挙げられる¹³⁰²⁰¹¹。

適応策の効果に関する十分な知見は確認されていない。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状 (約1°C上昇)	約1.5~2°C上昇時	約3~4°C上昇時	
重大性：レベル3 確信度：レベル2	重大性：レベル3 確信度：レベル2	重大性：レベル3 確信度：レベル2	緊急性：レベル3 確信度：レベル2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル3

☆ 【社会】【経済】高水温によるホタテガイ・カキのへい死が日本各地で既に発生しており、それらの貝類に依存している養殖業・加工業・流通業及びそれらを主産業とする地域社会への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル2

☆ 【知見の種類・量等】海水温の上昇による影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている一方、養殖魚介類の生産量の変化及び地域産業への影響については、病原菌による感染症等の海水温の上昇以外の要因も関連することから、必ずしも気候変動によるものとは断定できない場合もある。

☆ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5~2°C上昇時>

➤ 重大性：レベル3

☆ 【社会】【経済】海水温の上昇が進行し、現状の影響に加えて、ホタテガイ・カキ養殖での養殖方法・作業時期の見直しの必要、マダイ・ブリ等の魚類養殖ではへい死・感染症の増加が予想されており、それらの魚介類に依存している養殖業・加工業・流通業及びそれら

を主産業とする地域社会への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。長期的な高水温による増養殖業への影響が様々な現象として認められ、将来影響に関する研究・報告例も複数みられる。ただし、温暖化シナリオ等を用いた定量的なモデル解析による研究例は限定的である。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3~4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】【経済】海水温の上昇がさらに進行し、1.5~2℃上昇時までの影響に加えて、一部の地域においてホタテガイ養殖での稚貝・新貝の高いへい死率・養殖可能海域の縮小、カキの表層近くでの養殖の困難化が予測されており、それらの魚介類に依存する養殖業・加工業・流通業及びそれらを主産業とする地域社会への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。長期的な高水温による増養殖業への影響が様々な現象として認められ、将来影響に関する研究・報告例も複数みられる。ただし、温暖化シナリオ等を用いた定量的なモデル解析による研究例は限定的である。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、養殖工程や作業時期の見直し、養殖生簀や籠の水深調整、高水温耐性を有する新品種の開発・実用化の技術開発等の適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術文献・官公庁報告書等で示されている。ただし、温暖化シナリオ等を用いた定量的なモデル解析による研究例は限定的である。
- ◇ 【知見の一致度】予測結果が文献間で概ね一致している。

(3) 沿岸域・内水面漁場環境等

ここでは、主に水温上昇に伴う回遊性魚介類以外の沿岸性魚介類の分布域の変化や、これらによる各地域での漁獲量や構成種の変化、漁場として重要となる藻場への影響やこれが漁業生産に与える影響、内水面漁業、有害な藻類等の発生への影響を扱う。生態系としての藻場への影響は自然生態系分野の温帯・亜寒帯で扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 各地で南方系魚種数の増加や北方系魚種数の減少が生じている。
- アワビでは、主要漁獲物が在来種から暖海性小型アワビに移行している地域もある。
- アサリでは、水温や地温の上昇が資源量や夏季の生残に影響している。
- 藻場の減少に伴い、生息場としての藻場への依存性の強い、イセエビやアワビ類等の漁獲量が減少している。
- 食用利用する天然海藻では、高水温による不漁、バイオマス量の減少、また海藻養殖では養殖期間の変化や食害、病害が目立つようになってきている。さらに藻場の構成種の変化、植食性魚類の活動活発化や大規模な磯焼けが確認されている。
- 内水面漁業では、高水温によるワカサギのへい死が確認されている。
- 有害・有毒藻類では、発生北限の北上、寒冷地における暖水種の発生、発生の早期化が生じている。そのほか、食中毒のシガテラ中毒の原因となる毒化した魚を含む熱帯性有毒種の分布域が広がっている可能性がある。

● 沿岸性魚介類

海水温の上昇によるものと考えられる、漁獲量や生産量、地理的生息範囲の変化などが各地で報告されている。九州では、南方系種の漁獲量¹³⁰³⁰⁰¹や採取魚種数^{1303002, 1303003}の増加が認められる。若狭湾では南方系魚種の増加と北方系魚種の減少が認められている¹³⁰³⁰⁰⁴。瀬戸内海では、これまで越冬が難しかった低水温耐性が低い魚種の漁獲量の増加が著しい¹³⁰³⁰⁰⁵。

アワビ漁では、漁獲対象が熱帯・亜熱帯地域に多くみられる暖海性小型アワビに移行する事例がある¹³⁰³⁰⁰⁶。北海道沿岸南部のエゾアワビでは、冬季の水温上昇による磯焼けの進行が新規加入量を減少させているとする研究がある¹³⁰³⁰⁰⁷。また、近年温暖化が進んだことにより、アワビ類の養殖に適した海域が限られてきているという報告もある¹³⁰³⁰⁰⁸。

アサリ等の二枚貝類については、高水温によるへい死や漁獲量の減少が、第2次評価時から報告されていた。瀬戸内海の周防灘では冬季の水温上昇がアサリの資源減少に関係している可能性があり¹³⁰³⁰⁰⁹、大分県の中津干潟では、夏季の高温とアサリの大量死が関係しており^{1303010, 1303011}、干潟の地温の上昇がアサリの越冬を困難にしていた¹³⁰³⁰¹²。一方で、有明海では温暖化による気温上昇が進むと、底層の貧酸素水塊の発達を助長することが分かっている（準3次元流動モデルと3次元低次生態系モデルによる疑似温暖化実験）¹³⁰³⁰¹³が、この貧酸素は有明海における秋季のタイラギ大量へい死の要因の一つに挙げられている¹³⁰³⁰¹⁴。

また、植食性魚類（ノトリスズミなど）の摂食行動の活発化と分布域の拡大により藻場が減少し、イセエビ¹³⁰³⁰¹⁵、アワビ¹³⁰³⁰¹⁶等の漁獲量減少が報告されている。さらに、南方系エイ（ナルトビエイ）の瀬

戸内海への分布拡大¹³⁰³⁰¹⁷⁾と、それに伴う同種の食害によりアサリ資源再生を妨げている可能性¹³⁰³⁰¹⁸⁾が報告されている。

● 海藻・藻場

海藻類については、大分県の天然ワカメの高水温による不漁¹³⁰³⁰¹⁹⁾となっていること、青森県下北半島の大間岬における海水温上昇によるマコンブのバイオマス量が減少¹³⁰³⁰²⁰⁾していることが、第2次評価時から報告されていた。ノリ養殖では、秋季の高水温による採苗開始遅れ、高水温による採苗不良（その影響による収量の減少）^{1303021, 1303022, 1303023, 1303024, 1303025, 1303026)}、ワカメ養殖では、鳴門海域における水温上昇による養殖開始時期の遅れや収穫盛期の生長や品質への影響¹³⁰³⁰²⁷⁾が報告されていた。その他の収量減少の要因として、ワカメ養殖では高気温や豪雨による種苗生産の不調やアイゴやクロダイ等による食害があった^{1303028, 1303029)}。それ以降の新たな知見として、瀬戸内海のノリ養殖において、水温上昇によるものと思われる生育不良等の発生が目立つようになってきている¹³⁰³⁰³⁰⁾。

藻場については、全国的な藻場面積の減少¹³⁰³⁰³¹⁾が第2次評価時から報告されていた。主な原因として、海水温の上昇による生長や分布域への直接的な影響と、植食性魚類の摂食活動の活発化¹³⁰³⁰²⁵⁾による間接的な影響が挙げられていた。また九州西岸域、高知県では、カジメの大規模な衰退^{1303032, 1303033)}、鹿児島湾、長崎県野母半島、土佐湾の暖海性藻類の種数増加と温帯性種の減少^{1303034, 1303035, 1303031, 1303036)}、高知県や静岡県沿岸のカジメ群落の個体の小型化と現存量の低下¹³⁰³⁰³⁷⁾、九州のカジメ科藻類の分布南限の北上があった¹³⁰³⁰³⁸⁾。植食性魚類の摂食行動の活発化による影響として、徳島県のヒジキの生育不良^{1303039, 1303040)}、和歌山県及び長崎県ではクロメ群落の減少^{1303031, 1303041)}、さらに神奈川県では海藻類の食害¹³⁰³⁰⁴²⁾、徳島県では大規模な磯焼け¹³⁰³⁰⁴³⁾があった。それ以降の新たな知見として、室内培養実験データと現場調査でのモニタリング、将来的な分布変化予測から、水温上昇の影響がホンダワラ類よりもアラメ・カジメ類及びコンブ類において現れやすいことが明らかになっている¹³⁰³⁰⁴⁴⁾。

● 内水面漁業

内水面漁業については、水温上昇によると思われる漁獲量の減少やへい死が、第2次評価時から報告されていた。なおこれまで、中国地方の江の川では水温上昇によると推測されるアユの漁獲量の減少¹³⁰³⁰⁴⁵⁾、茨城県霞ヶ浦では高温によるワカサギのへい死が確認されていた¹³⁰³⁰⁴⁵⁾。それ以降の新たな知見として、中部地方の能生川、三面川はアユ仔魚が降下した先の沿岸水温が高くなっていることから、餌環境が良くない場合に、早期に流下した仔魚が生存しにくい状態になっている可能性が指摘されている¹³⁰³⁰⁴⁷⁾。

● 有害・有毒藻類、有毒魚類

有害・有毒藻類・有毒魚類の分布域の拡大については、第2次評価時から確認されていた。新潟県ではそれまで福井県が発生北限であった有害渦鞭毛藻のヘテロカプサ (*H.circularisquama*)^{1303048, 1303049)}、北海道函館湾では暖水種である有害渦鞭毛藻のカレニア (*K. mikimotoi*) による赤潮が発生していた^{1303050, 1303049)}。瀬戸内海ではシャットネラ赤潮の発生が早期化¹³⁰³⁰⁴⁹⁾し、東京湾の谷津干潟では1990年代の気温の上昇により、アオサ類の異常増殖（グリーンタイド）が発生・拡大した¹³⁰³⁰⁵¹⁾。それ以降の新たな知見として、*K. mikimotoi*に関してはより高密度で、より長期間、そしてより早い時期に発生するようになってきている¹³⁰³⁰⁵²⁾。同じく暖水種である有毒渦鞭毛藻 *Alexandrium pacificum* は、1988年に噴火湾で

報告されて以来、長らく北海道では確認されていなかったが、近年（2018-2019 年）に函館湾及び噴火湾で再び出現が確認されている。これは、気温上昇、日照時間の延長、降水量の増加による表層水温の上昇や塩分の低下が生じ、本種の増加に好適な環境となった可能性がある¹³⁰³⁰⁵³⁾。その他、赤潮の長期化傾向により^{1303054, 1303055)} 真珠貝（アコヤガイ）の大量へい死¹³⁰³⁰⁵⁵⁾ や熱帯性有毒プランクトンによる貝類の毒化¹³⁰³⁰¹⁹⁾、さらに食中毒のシガテラ中毒の原因となる毒化した魚¹³⁰³⁰⁵⁶⁾ が分布する海域が広がっている可能性が指摘されている。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 沿岸性魚介類では、多くの漁獲対象種の分布域の北上が予測されている。東北太平洋岸と瀬戸内海は、RCP8.5 において、アラメをはじめとする多くの藻場構成種が大きく衰退することから、アワビ類資源量が減少することが予測されている。
- 食用利用する天然海藻及び海藻養殖は、生産量と養殖期間への影響が予測されている。
 - 三陸沿岸のコンブは、RCP2.6 シナリオの今世紀末において生育適域がやや減少し、RCP8.5 の場合は生育適域が減少すると予測されている。
 - ノリ養殖では、RCP2.6 シナリオの場合、2050 年代には育苗開始時期が現在と比べて 20 日程度遅れると予測され、RCP8.5 シナリオの場合、2050 年代、2090 年代になるにつれて育苗開始時期が後退し、摘採回数の減少や収量低下が懸念される。
 - ワカメ養殖は、三陸沿岸では RCP8.5 シナリオの 2090 年代では収穫量はほぼ現状と同程度が見込まれるものの、養殖終了日の早期化により作業や販売スケジュールの前倒しが必要と予測されている。瀬戸内海西部では RCP8.5 シナリオの 2090 年代では全長が約 40%減少し、収量が減少すると予測されている。瀬戸内海東部の鳴門海域では RCP2.6 シナリオを除き 2090 年代には 3 月末時点のワカメ全長が 1990 年代より大幅に減少すると予測されている。
- 藻場は、分布域の縮小又は消失、植食性魚類の北上による影響が予測されている。
 - 日本沿岸のカジメの分布は、RCP8.5 シナリオの 2090 年代において、これまで分布適域であった海域で生育が困難になると予測されている。
 - 植食性魚類のアイゴの将来の分布は、RCP2.6 シナリオにおいて 2091～2100 年までに太平洋沿岸に沿ってわずかに北方へ移動し、RCP8.5 シナリオでは 2091～2100 年までに最大 500～600 km 北上するほか、半閉鎖海域では瀬戸内海、伊勢三河湾、東京湾に拡大し、日本海側でも 200～400km 北方へ移動すると予測されている。
- 内水面漁業では、湖沼におけるワカサギの高水温による漁獲量減少、アユの気温上昇による生息域の上流移動や遡上時期の変化が予測されている。

● 沿岸性魚介類

沿岸性魚介類については、多くの沿岸性の漁獲対象種の分布域の北上¹³⁰³⁰⁵⁷⁾が、第2次評価時から報告されていた。具体的には、イカナゴが高水温時に加入量が減少する傾向と¹³⁰³⁰⁵⁸⁾、イカナゴ資源の減少により食用だけでなく養殖用餌料の確保にも懸念が示めされていた。また、海水温上昇による漁期の短縮や夏眠期のへい死リスクの増加等が予測されていた（RCP2.6 シナリオ、RCP8.5 シナリオを前提とした MRI-CGCM3 モデルによる気候予測情報を使用）¹³⁰³⁰⁵⁹⁾。一方、広島湾のカタクチイワシは、生息水深を変えることで水温上昇に対応できるため、21 世紀末においても高温によるへい死リスクは低いと予測されていた（RCP2.6 シナリオ、RCP8.5 シナリオを前提とした MRI-CGCM3 モデルによる気候予測情報を使用）¹³⁰³⁰⁶⁰⁾。それ以降の新しい知見として、磯焼けがアワビ資源量を減少させる可能性が指摘されている。海藻の分布が寒海性から暖海性へ移行する過程で磯焼けが進行することから、藻場周辺の資源崩壊につながると考えられている。東北太平洋岸と瀬戸内海を対象に、気候変動に伴う藻場分布変化がアワビ類に及ぼす影響を予測したところ、RCP8.5 シナリオではアラメをはじめ多くの藻場構成種が大きく衰退するため、アワビ類資源量がさらに減少する推計値が得られている¹³⁰³⁰⁶¹⁾。

● 海藻・藻類

海藻については、北日本沿岸域の主要コンブの分布域が北上又は生育適地の将来消失が第2次評価時から予測されていた¹³⁰³⁰⁶²⁾。それ以降の新たな知見として、三陸沿岸のコンブは、RCP2.6 シナリオの今世紀末（2090 年代）において生育適域がやや減少し、RCP8.5 の場合は生育適域が減少すると予測されている（MRI-CGCM3 と MIROC5 の2つのアンサンブルモデルを使用）¹³⁰³⁰⁶³⁾。海藻養殖については、瀬戸内海のノリ養殖における育苗の開始時期の遅れ（RCP2.6 シナリオでは育苗の開始に好適な水温まで下がる時期が現在と比べて2050年代では20日程度遅れるが、それ以降2090年代までには大きな変化は生じない。RCP8.5 シナリオでは2050年代、2090年代になるにつれて育苗開始時期が大幅に遅れ、摘採回数の減少や収量低下が懸念される）¹³⁰³⁰⁶⁴⁾、瀬戸内海におけるノリ養殖及びワカメ養殖の漁期の短縮や収穫困難となる年の発生¹³⁰³⁰⁶⁰⁾、有明海の養殖ノリでは採苗開始時期の遅れと収量低下の可能性や、養殖ワカメの漁期の短縮の可能性¹³⁰³⁰⁶⁵⁾が予測されていた。それ以降の新たな知見として、養殖ワカメの三陸沿岸と瀬戸内海・鳴門海域における将来予測が実施されている。三陸沿岸では、岩手県大槌町船越湾においてワカメの生育環境と成長過程をモニタリングし、得られたデータに基づいてワカメの成長モデルを構築し、将来予測を行ったところ、RCP2.6 シナリオでは養殖スケジュールに大きな変化はなく、生産量増大の可能性があり、ワカメ養殖業にとってプラスの効果が期待されている。RCP8.5 シナリオの2090年代では、収穫量は現在と同程度が見込まれるものの、養殖終了日が早期化し、収穫作業や販売等のスケジュールの大幅な前倒しが必要となると予測されている¹³⁰³⁰⁶⁶⁾。一方でワカメの胞子体の成長を予測したところ、RCP8.5 シナリオの2090年代では三陸沿岸の北緯39°以南で全長が約50%減少し、瀬戸内海西部では全長が約40%減少することから将来的に収量が大幅に減少することが予測されている¹³⁰³⁰⁶⁷⁾。鳴門海域では、水温上昇に伴う養殖開始時期の遅れや栄養素となる溶存無機窒素濃度の低下により、RCP2.6 シナリオを除いて2090年代には1990年代に比べて3月末時点の全長が大きく減少すると予測されている。なお、感度解析の結果、瀬戸内海でも冬季水温の低い海域では、水温上昇はワカメの成長にプラスの影響（生育最適温度に近づくことによる生育の促進）があり、海域によって水温上昇の影響の度合いが異なることが示唆されている¹³⁰³⁰⁶⁸⁾。

藻場については、ホンダワラ属アカモクの分布が北上し、2100年には本州の広い海域で消失すること

¹³⁰³⁰⁶⁹⁾、カジメは RCP2.6 シナリオでは食害の影響のみ顕在化するが、RCP8.5 シナリオではこれまでの分布適地において生育が困難になること ¹³⁰³⁰⁷⁰⁾、さらに亜熱帯ホンダワラ属等の暖海性種の分布域増加も、第 2 次評価時から予測されていた ¹³⁰³⁰⁶⁴⁾。それ以降の新たな知見として、東北地方の三陸沿岸及び瀬戸内海における 2 つの海域において、気候シナリオ別に海藻分布の将来予測を行った調査によると、瀬戸内海に比べ東北地方沿岸域では温度変化が大きく、藻場生態系が大きく変わることが予測されている。さらに、海藻は分散速度が遅いことから、寒海性から暖海性の種への置換が起こるまでの間、植食性魚類による磯焼けが発生する可能性が示唆されている。なお東北地方では暖流の影響により暖海性の海藻は南からのみではなく、津軽海峡を通じて日本海側から拡大する可能性がある ¹³⁰³⁰⁷¹⁾。また植食性魚類として摂餌圧が強いアイゴの将来分布が予測されている。アイゴの発生データと環境データの関係に基づく予測によると、その分布域は RCP2.6 シナリオにおいて 2091～2100 年までに太平洋沿岸に沿ってわずかに北方へ移動し、RCP8.5 シナリオでは、2046～2055 年にわずかに北上、2091～2100 年までには海岸に沿って 500～600 km 北方へ移動すると予測されている。太平洋側の半閉鎖海域では RCP8.5 で 2091～2100 年までに瀬戸内海、伊勢三河湾、東京湾に分布が拡大すると予測されている。一方、日本海側沿岸では RCP2.6 シナリオで 2091～2100 年までに 100～300km 北方へ移動し、RCP8.5 シナリオでは 2046～2055 年に北上し、2091～2100 年は 200～400km 北方へ移動すると予測されている ¹³⁰³⁰⁷²⁾。

● 内水面漁業

内水面漁業については、諏訪湖の高水温によるワカサギの漁獲量減少 ¹³⁰³⁰⁷³⁾、アユの遡上数の減少 ¹³⁰³⁰⁷⁴⁾ が、第 2 次評価時から予測されていた。それ以降の新たな知見として、長良川のアユは水温 14～20℃で遡上・産卵すると考えられることから、ダムや堰などの障害物によってアユが冷涼な上流や支流に回遊・分布できない場合、高水温を避けられず産卵期が短縮することが予測されている ¹³⁰³⁰⁷⁵⁾。気象庁の地球温暖化予測情報の予測値を用いた計算では、近畿地方の加古川の将来水温は現在より約 2.0℃上昇すると推定され、アユの生息域はより上流側に移動し、遡上時期が早まる可能性が示唆されている ¹³⁰³⁰⁷⁶⁾。中国地方の高津川における将来の水温上昇に伴い、アユの摂食量が増加することでその生物量が増加する可能性があり、現状生物量が少ない地点でも増加が見込まれる。また、産卵期が後ろ倒しになることで、河川で成長できる期間が延び、降下・産卵期における生物量の増加も期待される。ただしアユは 28℃以上で摂食を停止するとされており、水温上昇に伴い単調に生物量が増えるわけではないとも指摘されている ¹³⁰³⁰⁷⁷⁾。夏季の高津川においては、将来気候下で 28℃以上の日平均水温を記録する日数が現在の 9.1 倍に増加すると予測されおり、摂餌停止期間が長くなる可能性があることから、アユにとって生育環境が悪化する可能性も指摘されている（d4PDF の 4℃上昇実験の将来気温を使用） ¹³⁰³⁰⁷⁸⁾。

● 有害・有毒藻類、有毒魚類

温暖化の進行によりシガテラ食中毒の発生リスクが増加する可能性が示唆されており ¹³⁰³⁰⁷⁹⁾、シガテラ毒による魚の毒化を介して人間の健康への影響が生じ、漁業にも波及することが懸念される。また、貝毒も同様に人間への影響が懸念される。さらに、高水温化により赤潮発生の頻度が増加し ^{1303054, 1303055)}、二枚貝等のへい死リスクの上昇も懸念される。有明海及び八代海では、21 世紀末（RCP2.6 シナリオ）において夏季にシャットネラ赤潮が増殖しやすい水温となることが予測されている（MRI-NHRCM02, MRI-CGCM3 モデルによる気候予測情報を使用） ¹³⁰³⁰⁶⁵⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

瀬戸内海に比べ東北地方沿岸域では温度変化が大きいことから、藻場生態系が大きく変わることが予測されている。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、新しく獲れるようになった種の付加価値向上に関する取組¹³⁰³⁰⁸⁰⁾、ノリ・ワカメ等の海藻養殖に関しては収穫スケジュールの変化と出荷・流通体制の構築、高温耐性品種の開発¹³⁰³⁰⁸¹⁾、防護ネット等による食害対策の実施などが挙げられる。また藻場造成に関しては、地方公共団体による藻場等の造成、漁業者や地域住人等で構成される活動組織による藻場保全活動の実施、防波堤等の漁港施設に藻場造成機能を付与した整備といった一体的な取組等が挙げられる¹³⁰³⁰⁸⁰⁾。

適応策の効果については、次の知見が報告されている。ワカメ養殖においては、気象条件の影響を受けやすい従来の屋外での種苗生産に代わり、保存培養が可能なフリー配偶体を活用して、室内で短期間で効率的に種苗生産を行う方法が徳島県で開発された。その結果、種苗の生残が80%程度と、従来法(0-60%)と比較して大幅に向上した¹³⁰³⁰²⁹⁾。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状(約1℃上昇)	約1.5～2℃上昇時	約3～4℃上昇時	
重大性：レベル3 確信度：レベル2	重大性：レベル3 確信度：レベル2	重大性：レベル3 確信度：レベル2	緊急性：レベル3 確信度：レベル2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル3

- ◇ 【社会】【経済】海水温の上昇による魚介類の分布域の北上と、アサリ等の二枚貝の生存率への影響、海藻・藻場のバイオマス量の減少や構成種の変化、海藻養殖への影響、内水面におけるワカサギのへい死が確認されており、それら水産物に依存している漁業・養殖業・加工業・流通業及びそれらを主産業とする地域社会への影響は特に深刻である。
- ◇ 【環境】藻場面積の減少や大規模な磯焼け、有害・有毒藻類の発生北限の北上が既に発生しており、生物種・生息地及び生態系機能への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。ただし沿岸性魚介類、有害・有毒藻類、有毒魚類に関しては少数である。なお養殖海藻の生産量については、栄養塩環境等の様々な要因で変動することから、必ずしも気候変動によるものとは断定できない場合もある。
- ◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル3

- ◇ 【社会】【経済】海水温の上昇が進行し、現状の影響に加えて、コンブの生育適地の減少、ノリやワカメ養殖の育苗開始時期の後退等が予測されており、これら水産物に依存してい

る漁業・養殖業・加工業・流通業及びそれらを主産業とする地域社会への影響は特に深刻である。

- ◇ 【環境】海水温の上昇が進行し、現在の影響に加えて、植食性魚類であるアイゴの北上、シャットネラ赤潮が増殖しやすくなることが予測されており、生物種・生息地及び生態系機能への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。ただし沿岸性魚介類、有害・有毒藻類、有毒魚類に関しては少数である。なお養殖海藻の生産量については栄養塩環境等の様々な要因で変動することから、必ずしも気候変動によるものとは断定できない場合もある。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3~4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】【経済】海水温の上昇がさらに進行し、1.5~2℃上昇時までの影響に加えて、エゾアワビ資源の減少、三陸沿岸のコンブの生育適域の減少、ノリ養殖の育苗開始時期のさらなる後退と摘採回数の減少及び収量低下、ワカメ養殖漁期の短縮と収量低下が予測されており、これら水産物に依存している漁業・養殖業・加工業・流通業及びそれらを主産業とする地域社会への影響は特に深刻である。
- ◇ 【環境】海水温の上昇がさらに進行し、1.5~2℃上昇時までの影響に加えて、一部地域におけるアラメやカジメの生育困難化と植食性魚類のアイゴの大幅な北上及び半閉鎖海域への拡大が予測されており、生物種・生息地及び生態系機能への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。ただし沿岸性魚介類、有害・有毒藻類、有害魚類に関しては少数である。なお養殖海藻の生産量については様々な要因で変化することから、必ずしも気候変動によるものとは断定できない場合もある。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、新しく獲れるようになった魚種の付加価値向上に関する取組、海藻養殖に関しては収穫スケジュールの変化と出荷・流通体制の構築、高温耐性品種の開発、ノリ・ワカメ等海藻養殖の食害対策の実施、藻場造成に関しては、地方公共団体による藻場等の造成、漁業者や地域住人等で構成される活動組織による藻場保全活動の実施、防波堤等の漁港施設に藻場造成機能を付与した整備といった一体的な取組等の適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル2

- ☆ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術文献・官公庁報告書等で示されている。
ただし沿岸性魚介類、有害・有毒藻類、有害魚類に関しては少数である。
- ☆ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

3.2. 水環境・水資源分野

【気候変動により想定される影響の概略】

水環境・水資源分野における気候変動による影響の概略は、図 3-2 に示すとおりである。

水環境分野については、気候変動による気温の上昇は、湖沼やダム貯水池、河川、沿岸域や閉鎖性海域の水温を上昇させ、植物プランクトン・藻類の増殖や鉛直循環の抑制を通じて、水質にも影響を及ぼす恐れがある。また、気候変動による平均風速の低下も、湖沼や閉鎖性海域の鉛直循環を抑制する可能性がある。さらに、気候変動による降水パターンの変化（大雨の強度・頻度の増加）がダム貯水池や河川への土砂流入量を増加させ、沿岸域や閉鎖性海域では、河川からの濁質の流入増加も懸念される。

水資源分野については、気候変動による降水パターンの変化は、無降水日数の増加等、積雪量の減少・融雪の早期化、蒸発散量の増加による河川流量の減少、地下水位の低下を引き起こす。気温の上昇により、農業用水・都市用水等の水需要量や、人々の水使用量は増加することが想定されるが、冬季の降雨事象の増加とともに積雪量が減少することや融雪時期の早期化などにより、需要期に水を供給することができない可能性も懸念される。また、気温の上昇は渇水時の河川流量の低下や地下水利用量の増加を引き起こすと同時に、海面水位の上昇は河川河口部や地下水において塩水遡上範囲を拡大させ、塩水化を引き起こす。

これらの影響は、農業生産基盤や自然生態系、国民生活等の他分野にも影響を及ぼす。

【文献数・構成等の変化】

今回の影響評価において、水環境・水資源分野全体では、合計 191 件の文献を引用しており、このうち、前回の影響評価から新たに追加された文献は 96 件である。項目別に見ると、「湖沼・ダム湖」、「河川」、「水供給（地表水）」等において、文献数が特に増加している。

なお、前回の影響評価からの構成上の変更はない。

水環境・水資源分野

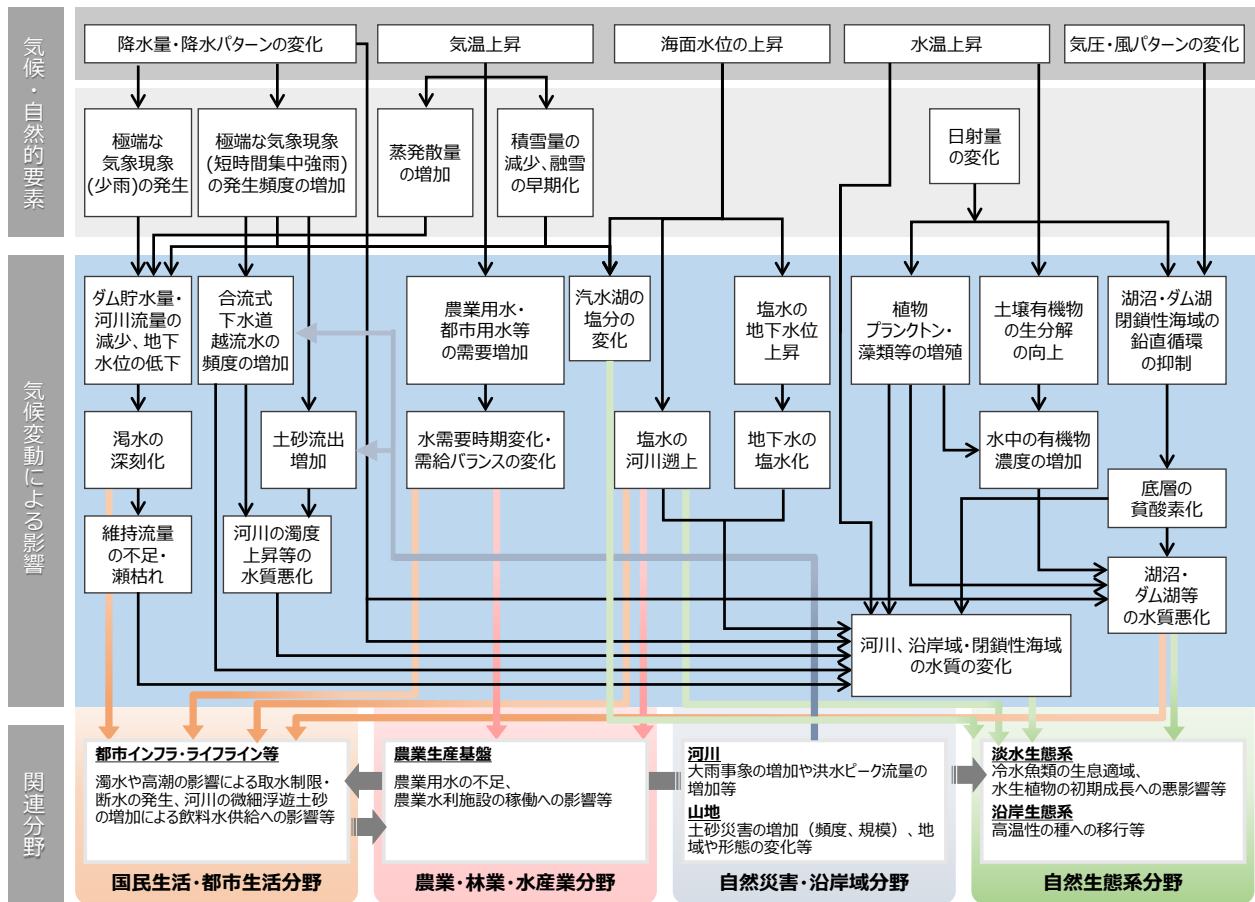


図 3-2 気候変動により想定される影響の概略図（水環境・水資源分野）⁶

⁶ 本図は、本報告書において引用された科学的知見の中から、国内において想定される水産業分野の代表的な影響を選定し、想定される気候・自然的要素（外力）との関係や他分野への影響を概略的に図化したものである。したがって、各分野の影響や項目間の関係性を完全に網羅しているわけではないことに留意が必要である。図の「気候・自然的要素」（上段）は、気候変動の直接的な影響（濃い灰色部分）と、そのほか水産業分野に直接的な影響を及ぼす外力（薄い灰色部分）の2段に分けている。図が複雑になりすぎるのを避けるため、気候変動の直接的な影響（濃い灰色部分）のボックス間の因果関係は表示していない。

【水環境】

(1) 湖沼・ダム湖

ここでは、気候変動に伴う湖沼・ダム貯水池の水温の変化、水温上昇や降水条件の変化に伴う水質の変化等について、主に利水の観点から扱う。なお、生態系自体への影響は自然生態系分野の「湖沼」において、ため池の水害は自然災害・沿岸域分野の「内水」において、水質の変化に伴う人の健康被害は健康分野の「水系・食品媒介性感染症」において、それぞれ扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 全国の湖沼・ダム貯水池 265 観測点における 1981～2007 年の水温が、気温上昇に伴い、夏季については 76%の観測点で、冬季については 94%の観測点で、それぞれ上昇傾向が確認されている。
- 湖沼において、水温の上昇に伴い水質の変化や大雨による濁度の上昇が確認されている。
- 汽水湖において、融雪出水の弱まりや海面上昇による塩水化、逆に極端な大雨による低塩分が発生している。
- ダム貯水池において、カビ臭産生植物プランクトンの異常増殖による異臭味被害等の発生・北上が報告されている一方、全国で共通して水温上昇・富栄養化が進んでいるといった長期的な変動傾向は見られていないとする報告もある。
- 全国 74 の水道事業者等において、2012 年 10 月～2018 年 3 月の期間の異臭味の発生件数は 145.5 件/年であり、過去（2001 年 4 月～2003 年 3 月の期間では 46.5 件、2010 年 10 月～2012 年 9 月の期間では 97.0 件）と比較して著しく増加している。

水温の上昇の事例については、次の報告がある。

全国の湖沼・ダム貯水池 265 観測点における 1981～2007 年度の水温については、夏季は 76%、冬季は 94%で上昇傾向が確認されている²¹⁰¹⁰⁰¹。また、全国 9 つのダム貯水池（桂沢、釜房、五十里、岩屋、一庫、土師、早明浦、松原、安波）における 1993～2006 年の表層及び底層の水温を比較した研究では、最表層では気温上昇が要因と思われる水温上昇が全てのダム貯水池で確認されている一方、最下層では堆砂による湖底上昇・冬季鉛直循環の弱まり・水温躍層⁷の強まりなどの影響により上昇傾向を示すダム貯水池と下降傾向のダム貯水池の両方が確認されている²¹⁰¹⁰⁰²。

北海道の火山性カルデラ湖である倶多楽湖において、2013 年～2016 年間に計 4 回の冬季結氷状態を調べた研究によると、アメダス登別地点データの 1978～2018 年間の年平均気温と 1～3 月平均気温の変動とトレンドは、両気温とも、97%以上の信頼度水準で上昇傾向にあり、1～3 月平均気温が上昇することは、今後、12 月下旬の湖水全層循環後に続く結氷の進行を遅らせ、結氷しても融解が早く、結果として、結氷期間の短縮と薄氷化を招くことが推察されている。また、1989～2019 年間に於ける 2～3 月総降雪量と 1 月降雪量の変動とトレンドは、両者とも、97%の高い信頼度水準で降雪量は減少傾向にある。1 月は、12 月下旬の全層循環期と 1 月下旬～2 月上旬の全面結氷開始時の間の結氷進行時期に当たるた

⁷ 表面付近の暖められた水と、その下層の冷たい水の間に形成される水温が急激に変化する層のこと。水温躍層が形成されると、鉛直混合が妨げられ貯水池全体の循環が抑制され、富栄養化を促進させる要因の一つとなる。

め、1月降雪量の減少は、水面への降雪で起こる融解熱放出が抑えられ、より結氷が進行しにくい条件を与えることが示されている。さらに、氷厚に対する数値実験の感度を調べるため、10年後に気温が一樣に0.28℃上昇とした場合の氷厚計算を行った結果、2013年、2014年、2016年で平均氷厚がそれぞれ、9.1%、57.0%、83.3%減少し、暖冬ほど薄氷化が強いことが報告されている²¹⁰¹⁰⁰³⁾。

八郎湖（秋田県）では、1989年～2018年の30年間で、大潟村の気温が0.020℃/年で上昇しており、気温上昇により湖心水温も0.015℃/年で上昇していたと報告されている²¹⁰¹⁰⁰⁴⁾。

霞ヶ浦（茨城県）では、1992年～2019年にかけてのモニタリング調査により、水温が6月に顕著（0.40℃/10年）に上昇していることが示されており、主な要因は日射量の増加であると指摘されている²¹⁰¹⁰⁰⁵⁾。

池田湖（鹿児島県）では、1976～2005年の30年間で気温が約1.5℃上昇したことにより、湖の各層ごとの水温もわずかずつではあるが上昇傾向にあり、特に水深15m付近での水温の上昇が他の層よりも顕著であることが示されている。また、気温の上昇に伴って、鉛直混合の規模が縮小することも指摘されている²¹⁰¹⁰⁰⁶⁾。

水質の変化の事例については、次の報告がある。

尾瀬沼（群馬県・福島県）では、1976～2021年の46年間のデータ解析によると、気温・水温はそれぞれ0.093℃/年・0.071℃/年の上昇、透明度は2.5 cm/年の低下が起こっているとの報告がある。一般的には透明度が高いと良好な水質であるため、水質は悪化傾向にあることになる²¹⁰¹⁰⁰⁷⁾。

湯ノ湖（栃木県）を対象とした研究では、表層では平均気温と水温に正の相関関係が認められる一方、深層では平均気温が高いほど水温との関係性が低い傾向にあること、及び、DO（溶存酸素量）は、平均気温が高いと、水深が深くなるほど低下傾向が認められると指摘されている²¹⁰¹⁰⁰⁸⁾。

霞ヶ浦（茨城県）と琵琶湖（滋賀県）における既存の水質調査結果をもとに、約30年間の気温と水質変化の傾向を隣接年比較法（隣接年で気象差と水質差を比較する方法）により解析した結果によれば、水温の上昇に対して、霞ヶ浦ではCOD（化学的酸素要求量）が増加傾向、DOが減少傾向を示した²¹⁰¹⁰⁰⁹⁾。一般的に、浅い湖沼では、風による混合によって貧酸素が起りにくいとされてきたが、2022年6月から7月に発生した猛暑の際は風が弱かったことで、霞ヶ浦のような浅い湖でも底層溶存酸素濃度が低下したとの報告もある²¹⁰¹⁰⁰⁵⁾。琵琶湖（滋賀県）では、表層のpHが上昇傾向、DOとNO₃-N（硝酸態窒素）濃度が低下傾向を示していることが報告されている²¹⁰¹⁰⁰⁹⁾。また、全層循環の遅れや循環期の短期化²¹⁰¹⁰¹⁰⁾による低酸素化²¹⁰¹⁰¹¹⁾の進行も懸念されている。極端な暖冬であった2018～2019年冬には、琵琶湖の深層の溶存酸素は通常の前年の平均値と比較して顕著な減少を示している²¹⁰¹⁰¹²⁾。なお、琵琶湖の全層循環には、水温だけでなく風力による寄与も大きいとの指摘がある^{2101013, 2101014)}。

諏訪湖（長野県）では、2021年の8月中旬に水温低下と濁度の上昇が見られたが、その原因として、3日間で300mmを超える豪雨に伴う湖水の入れ替わり・濁水の流入が挙げられている。また、例年であれば7月下旬から8月中旬にかけて底層が貧酸素状態になることが多い中、2021年は7月下旬と8月下旬の2回に分けて短期間の貧酸素状態が生じたことが報告されており、その原因として、湖水温の低下の後に表層が日射により暖められて水温成層が生じたため、湖水の循環が妨げられたことが挙げられている²¹⁰¹⁰¹⁵⁾。

汽水湖である厚岸湖（北海道）を対象とした研究では、比較的大きな集水域と浅い盆地を持つため、数年に一度の大雨の際にカキの死亡につながる可能性がある極端な低塩分が発生しており、将来において

はそのような状況が増えることが示唆されている ²¹⁰¹⁰¹⁶⁾。

融雪出水の減少による水質変化については、網走湖（北海道）を対象とした研究において、融雪出水の弱まりにより塩分が排出されず、塩水化が進んでいるとの報告がある ²¹⁰¹⁰¹⁷⁾。

海面上昇による水質変化については、南大東島内の地下水や湖水の性質と化学的成分を分析し、海水の地下水への侵入を調査した研究において、湖と北岸を結ぶ亀裂が海水の浸入を促し、湖水の塩分に影響を及ぼしており、近い将来に海面上昇が進行すれば、内陸への海水の浸入が促進される可能性が指摘されている ²¹⁰¹⁰¹⁸⁾。

一方で、水温上昇、水質悪化等の事象は、現時点において必ずしも気候変動の影響と断定できるわけではないとの報告もある ²¹⁰¹⁰¹⁹⁾。また、水温変化と気温変化やその他要因との関連性を分析した結果では、水温と気温、水温と人口密度、市街化率とも、明確な相関関係は示されていないとの報告もある ²¹⁰¹⁰⁰¹⁾。この理由として、水温の変化は、気温変化や流量の増減、温排水流入、都市排熱など、様々な要因が複雑に影響した結果であり、それらは対象地域によって大きく異なるため、特定要因との相関関係が抽出できなかった可能性がある。全国の 20 ダム貯水池においては、気温、水温（表層水温、底層水温）、富栄養化関連項目（植物プランクトン濃度、総リン濃度、総窒素濃度）について、個々では上昇や低下の傾向は見られるものの、全国で共通して水温上昇・富栄養化が進んでいるといった長期的な変動傾向は見られていないとする報告もある ²¹⁰¹⁰²⁰⁾。

しかし、年平均気温が 20℃を超えるとアオコの発生確率が高くなる傾向 ²¹⁰¹⁰²¹⁾や、水道水源のダム貯水池において、カビ臭産生植物プランクトンの異常増殖により異臭味被害が発生しているなど ^{2101022, 2101023)}、水道水源の生物障害が近年北上しているとの事例も報告されている ^{2101024, 2101025)}。全国 74 の水道事業者等を対象としたアンケート調査結果では、2012 年 10 月～2018 年 3 月の期間の異臭味の発生件数は 145.5 件/年であり、過去（2001 年 4 月～2003 年 3 月の期間では 46.5 件、2010 年 10 月～2012 年 9 月の期間では 97.0 件）と比較して著しく増加していることが報告されている ²¹⁰¹⁰²⁶⁾。

なお、湖沼の水質に関する生活環境項目の環境基準の達成率は、令和 5 年度（2023 年度）において、COD⁸⁾については 52.6%、全窒素及び全リンについては 50.8%となっている ²¹⁰¹⁰²⁷⁾。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 湖沼において、冬季の気温上昇等による全層循環の抑制・底層水の貧酸素化が、気温上昇幅の大きなシナリオほど進行することが予測されている。
- 汽水湖において、海面水位の上昇に伴う塩分の上昇（宍道湖において RCP4.5 シナリオの 21 世紀末に現状の約 1.8 倍）、アオコの発生頻度の増加（宍道湖において RCP8.5 シナリオの 21 世紀末に現状の約 2.2 倍）が予測されている。
- 全国のダム貯水池において、富栄養湖の数が現状（東日本で 19 か所中 3 か所、西日本で 18 か所中 6 か所）から 21 世紀末には約 1.7 倍（RCP2.6 シナリオ）～約 2.6 倍（RCP8.5 シナリオ）に増加し、特に東日本で増加数が多いこと、水中の浮遊物質（SS）の放流負荷量が RCP8.5 シナリオの 21 世紀末に現状の 1.77 倍に増加することなどが予測されている。

⁸⁾ 化学的酸素要求量。：水中の有機物を酸化剤で酸化した際に消費される酸素の量であり、湖沼・海域の有機汚濁を測る代表的な指標である。

水温の上昇の予測については、次の報告がある。

東大雪湖（北海道、十勝ダムによって作られた湛水湖）を対象とした RCP8.5 シナリオを用いた研究では、将来気候（2005～2100 年）においては気温が月毎の平均値で 2～4℃上昇することに伴い、表層水温は月毎の平均値で 0～1℃上昇することが予測されている²¹⁰¹⁰²⁸。また、気温上昇に伴い、最高水温の発生が増加し、最低水温の発生が減少することが予測されている²¹⁰¹⁰²⁹。

一方で、小河内流域（東京都・山梨県）の貯水池を対象とした研究では、気候変動そのものよりも、操業の変化が貯水池の温度と熱構造に強い影響を与えることが示唆されている²¹⁰¹⁰³⁰。

水質の変化の予測については、次の報告がある。

全国 37 のダム貯水池を対象とした研究では、現状では、東日本よりも西日本で植物プランクトン濃度が高く、富栄養湖数も多い（東日本で 19 か所中 3 か所、西日本で 18 か所中 6 か所）。植物プランクトン濃度については、RCP2.6 シナリオでは、適応策（曝気循環施設⁹の設置）の有無にかかわらず、2010 年代～2050 年代にかけて、東日本で 1.2 倍～1.3 倍程度、西日本でおおよそ 1.1 倍～1.2 倍程度に増加することが予測されている。これに対し、2050 年代～2100 年代にかけては、東日本、西日本ともに 1 倍～1.1 倍程度の緩やかな増加傾向と予測されている。RCP8.5 シナリオで適応策が未導入の場合、東日本では、2010 年代～2050 年代にかけて植物プランクトン濃度が 1.3 倍に増加するが、2050 年代～2100 年代では 1.4 倍程度増加することが予測されている。富栄養湖数については、2100 年代において、RCP2.6 シナリオで 6 か所、RCP8.5 シナリオで 12 か所にまで増加し、西日本の増加数（18 か所中、RCP2.6 シナリオで 9 か所、RCP8.5 シナリオで 11 か所）より多いことが予測されている^{2101031, 2101032}。

釜房ダム（北海道）・寒河江ダム（山形県）・早明浦ダム（高知県）・耶馬溪ダム（大分県）を対象とした RCP2.6・4.5・6.0・8.5 シナリオを用いた研究では、水温や濁度の上昇、底層水質の悪化や植物プランクトン増殖（ダム貯水池の表層植物プランクトン濃度及び表層植物プランクトンの 25 µg/L 超過日数）が予測されている²¹⁰¹⁰³³。

小川原湖（青森県）では、窒素濃度の変動の 49%を春季の河川流入量変動が占めるとされており、気候変動によって融雪水の流入量の変化が起こると窒素濃度も変化することが示唆されている²¹⁰¹⁰³⁴。

御所ダム（岩手県）を対象とした RCP4.5・6.0・8.5 シナリオを用いた研究では、気温上昇幅が大きいほど、5～6 月の表層植物プランクトン濃度の上昇傾向が明確に見られ、気温上昇の影響により高濃度の植物プランクトンが発生する時期が早期化することが予測されている。一方、7～8 月には短期的な降雨量の増加により濃度が低下することが予測されている²¹⁰¹⁰³⁵。また、RCP2.6・4.5・6.0・8.5 シナリオを用いた別の研究では、気温上昇幅が高いシナリオほど貧酸素化が進行する傾向が予測されているが、流況の比較的良い場合は RCP6.0 シナリオでも現在気候と同程度の変化であることも予測されている²¹⁰¹⁰³⁶。

霞ヶ浦（茨城県）では、春の気温上昇により堆積物からのリン酸イオンの放出が加速される可能性が示唆されている²¹⁰¹⁰⁰⁵。

印旛沼（千葉県）を対象とした研究では、RCP8.5 シナリオにおいて、水温の上昇に伴い、アオコ発生の原因となる藍藻類の優占する期間が、現在から 21 世紀末にかけて、約 2 ヶ月長くなる可能性があり、

⁹ ダム貯水池内で植物プランクトンが異常増殖することによる富栄養化現象に伴って発生する水質障害の軽減を目的として設置されている水質保全施設。

アオコが問題となる期間が長期化する可能性があることが示唆されている²¹⁰¹⁰³⁷⁾。

浦山ダム（埼玉県）を対象とした RCP4.5 シナリオを用いた研究では、気候予測モデルと流出モデルを用いて、将来のダムへの土砂流入量の増加、DO の低下、SS（浮遊物質）濃度の上昇などが予測されている^{2101038, 2101039)}。東北地方にある月山ダム、七ヶ宿ダム、皆瀬ダム、御所ダムを対象とした RCP8.5 シナリオを用いた研究では、将来の流入量の増加に伴う SS の増加によって、濁水の放流が長期化することが予測されている。ただし、気温上昇及び日射量増加が貯水池内濁水現象に与える影響は、年間湖水回転率¹⁰⁾の大小によって異なる可能性も示唆されている²¹⁰¹⁰⁴⁰⁾。

琵琶湖を対象とした RCP2.6・8.5 シナリオを用いた研究では、冬季の気温上昇等により全層循環が生じなくなる年が生じ、また底層水が貧酸素化する年が増えることで底層利用魚の生息適水域の面積が減少する年が生じることが予測されている²¹⁰¹⁰⁴¹⁾。また、気候変動によって全層循環のタイミングが変化すると、水質に悪影響を及ぼす可能性があるとの予測もある²¹⁰¹⁰¹⁴⁾。別の研究では、気温が 5℃上昇すると、表層から底層にかけて DO 濃度が 1～2 mg/L 低下することが予測されている²¹⁰¹⁰⁴²⁾。また、将来において日本の南海上で非常に強い熱帯低気圧の発生頻度が増加する可能性が高いと予測されており、仮に風速が 2 倍になると表層の酸素濃度は上昇するものの深層では酸素濃度は低下すること、風の影響には季節変動が見られ夏から秋にかけて表層の酸素濃度は 0.4～0.8 mg/L と大幅に上昇すること、降水量の変化は他の気象学的要因に比べて DO 濃度への影響が小さいことも示唆されている²¹⁰¹⁰⁴²⁾。

宍道湖・中海（島根県）を対象とした研究では、RCP8.5 シナリオにおいて、21 世紀末の水温上昇については、表層水温は宍道湖・中海とも年平均で約 4.0℃と同程度であったが、底層水温については、水深の浅い宍道湖の上昇幅（+3.9℃）が中海（+3.0℃）よりも大きいと予測されている。また、21 世紀末の塩分も、水温同様に高くなる可能性がある。日本海の海面水位が上昇することで、宍道湖・中海に流入する塩水が増加し、塩分が上昇する可能性が予測されている。現在の塩分が比較的低い宍道湖の上昇幅（表層+2.7PSU、底層+5.4PSU）の方が、中海（表層+1.4PSU、底層+1.0PSU）よりも上昇幅が大きいと予測されている。なお、中海よりも宍道湖の方が塩分の上昇幅が大きいのは、中海の方が宍道湖よりも平均水深が深く、湖内の水量が多いため、海水と同程度の濃い塩水が同量程度入ってきた場合であっても、そのインパクトが異なるからと考えられる。さらに、現在に比べ、21 世紀末は塩分躍層¹¹⁾が発生している時間が長くなり、発生ピークが 9 月であり、現在よりも 2 ヶ月ほど早まると予測されている。宍道湖におけるアオコの発生予測式を用いて、現在と 21 世紀末のアオコの発生有無を 1 日単位で予測し、その頻度を比較したところ、21 世紀末は、現在よりも約 2.2 倍発生頻度が高まると予測されている²¹⁰¹⁰⁴³⁾。また、RCP4.5 シナリオを用いた別の研究では、21 世紀末に気温上昇を主要因とした水温の上昇（表層で 0.7～2.5℃、底層で 0.5～2.5℃）、塩分上昇（宍道湖で約 1.8 倍、中海では底層より表層で大きな上昇）が予測されている²¹⁰¹⁰⁴⁴⁾。

池田湖（鹿児島県）を対象とした RCP2.6、RCP8.5 シナリオを用いた研究では、湖面積に比べて流域が狭いため、降水量より気温上昇による影響が大きく、これまでも冬季全循環の停止が見られたがこれが継続するとともに、夏季の表層水温上昇等により、表層の有機物濃度が現在より高くなると予測されている²¹⁰¹⁰⁰⁶⁾。

¹⁰⁾ 年間総流入量(m³)／総貯水容量(m³)で算出される。

¹¹⁾ 淡水（あるいは塩分のうすい水）と海水（塩分の濃い水）では、海水の方が重い（密度が大きい）ため、淡水は上層、海水は下層と層をなし、その境界がはっきりと分かれ、二つの層の境界では塩分が急激に変化することから、この境界のことを塩分躍層という。

また、海外では植物プランクトンの繁殖期の長期化、湖沼・貯水池における物理化学的な水質変化により、浄水施設の凝集処理等で取り除けない溶存態有機物濃度が上昇するといったことや、消毒副生成物前駆物質の増加が懸念されている²¹⁰¹⁰⁴⁵⁾。

日本全国 30 のダム貯水池を対象として、RCP8.5 シナリオを用いて気候変動下における貯水池内濁水現象に関する将来予測を行った研究では、水温成層に直接的に影響がある気象要因（気温・日射）のみの変化では、SS の放流負荷量の増加率は 1.04 倍と小さいが、降水変化にともなう流量の変化を加味すると 1.77 倍と増加すると予測されている。また、気温の変化にともなう、貯水池内の水温構造の季節変化に影響を及ぼし、融雪期に放流 SS の増加につながる可能性が示唆されている²¹⁰¹⁰⁴⁶⁾。全国 125 のダム貯水池のうち、底層貧酸素化対策を実施していない 29 か所を対象とした研究では、気温上昇によって底層 DO が低下する傾向が見られ、4℃上昇下では底層貧酸素化の長期化が懸念されると指摘している²¹⁰¹⁰⁴⁷⁾。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

現状では、西日本において、植物プランクトン濃度が高く、富栄養湖が多い傾向が見られている。また、将来は、東日本において植物プランクトン濃度・富栄養湖数の増加幅が大きくなることが予測されている。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、水温上昇の抑制を目的とした湖面遮光（浮島・河畔林等）及び低温の湧水・渓流水の導入、水温成層形成の抑制を目的とした水温成層の破壊（全層曝気・鉛直流動促進等）、底層水の貧酸素化の抑制を目的とした低層への酸素吸入や底質改善による酸素消費抑制、流入栄養塩増加の抑制・削減を目的とした河川での直接浄化（沈殿・ろ過等）や生活排水処理、栄養塩の溶出の抑制を目的とした底質改善による溶出の抑制、土砂流出増加の抑制を目的とした土砂流出防止（森林の適正管理、砂防ダム・治山ダムの整備、未舗装道路の侵食抑制・耕地の耕し方や土づくりの工夫）、良好な水質の水道水の確保を目的とした代替水源の確保、脱臭処理・浄水施設の浄化能力強化、局所的な清澄水域の確保、水面利用方法の変更検討などが挙げられる²¹⁰¹⁰⁴⁸⁾。

適応策による効果については、次の報告がある。

様々な水質悪化（植物プランクトンの増殖、冷・温水放流、湖内の堆砂問題と濁水放流）に対する適応策の一つとして、選択取水設備がある。RCP4.5 シナリオを前提とした研究では、植物プランクトンは取水水深が深いほど表層水温が上昇し、成長最適水温範囲を超えるため、増殖が防げることが予測されている。また、表層近くで取水するほど冷水放流期間は短くなるが、温水放流期間が長くなる。濁水については取水水深が深いほど出水時に濁度層が広がると予測されている²¹⁰¹⁰³⁸⁾。

出水時に上流から流入する微細粒子による濁水長期化への適応策の一つとして、濁水を捕捉し沈降させる機能を持つ繊維素材を導入することで、濁水長期化軽減対策として有効であるとされている²¹⁰¹⁰⁴⁹⁾。

植物プランクトンの異常増殖に対する適応策の一つとして、曝気循環施設を導入すると、RCP8.5 シナリオを用いた予測においても濃度の低下が確認できており、台数を増やすことで現在気候と同程度まで下がる時期が存在するとされている²¹⁰¹⁰³⁵⁾。

貧酸素化水質への適応策の一つとして、酸素を透過する機能を持った膜を導入することで、溶存酸素濃度を高め水槽内を好氣的な状態に改善でき、底泥からの窒素・リンの溶出も抑制できるとされている²¹⁰¹⁰⁵⁰⁾。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性と その確信度の評価
現状 (約 1°C 上昇)	約 1.5~2°C 上昇時	約 3~4°C 上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 2	重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 2 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

- ◇ 【社会】水温の上昇は日本各地の湖沼・ダム湖で、水質の変化は一部の湖沼・ダム湖で、それぞれ既に発生しており、それに伴う水道の異臭味の発生件数も既に増加しているものの、生活の質・様式への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。
- ◇ 【環境】水温の上昇・水質の変化に伴う水環境の変化が既に発生しているものの、利水に関する生態系機能の低下が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響が必ずしも気候変動によるものとは断定できないとの文献もある。

<1.5~2°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ 【社会】水温の上昇及びそれに伴う水質の変化が日本各地の湖沼・ダム湖で進行し、富栄養湖の数が現状（東日本で 19 か所中 3 か所、西日本で 18 か所中 6 か所）から約 1.7 倍に増加するなど、生活の質・様式への影響は深刻である。
- ◇ 【環境】冬季の気温上昇等による全層循環の抑制・底層水の貧酸素化に伴う水環境の変化が予測されているものの、利水に関する生態系機能の低下が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の全国的な予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3~4°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ 【社会】水温の上昇やそれに伴う水質の変化が日本各地の湖沼・ダム湖でさらに進行し、富栄養湖の数が現状（東日本で 19 か所中 3 か所、西日本で 18 か所中 6 か所）から約 2.6 倍に増加するなど、生活の質・様式への影響は深刻である。
- ◇ 【環境】冬季の気温上昇等による全層循環の抑制・底層水の貧酸素化に伴う水環境の変化が予測されているものの、利水に関する生態系機能の低下が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の全国的な予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示さ

れている。

◇ 【知見の一致度】 影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 2

◇ 【影響の発現時期】 重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が高い。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 —

➤ 確信度：レベル 2

◇ 【知見の種類・量等】 影響の発現時期が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】 影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(2) 河川

ここでは、主に気候変動に伴う河川や帯水層における水温の変化及び、水温上昇や降水条件の変化に伴う水質の変化について、主に利水の観点から扱う。なお、生態系自体への影響は自然生態系分野の「河川」において、水害は自然災害・沿岸域分野の「洪水」において、水質の変化に伴う人の健康被害は健康分野の「水系・食品媒介性感染症」において、それぞれ扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 全国の河川 3121 観測点における 1981～2015 年の水温が、全国・季節平均で $0.03^{\circ}\text{C}/\text{年}$ の変化率で上昇していたことや、水温変化率は関東地方で高く、北海道・東北・九州地方で低い傾向にあったという報告がある。一方で人為的影響による水温の上昇度合いが気温の上昇度合いを上回るとする報告もある。
- 河川の水質に関する環境基準（BOD）の達成率は、令和 5 年度（2023 年度）において、93.8% となっている。
- 大雨による土砂流出量の増加、記録的な高潮又は渇水による流量低下に伴う塩水遡上が発生している。

水温の上昇の事例については、次の報告がある。

全国の河川の水温変化については、1981～2007 年度調査において、3,121 観測点のうち、夏季は 73%、冬季は 77% で水温の上昇傾向が確認されている ²¹⁰²⁰⁰¹⁾。1981～2015 年の季節を通じた水温変化率は、全国平均で $0.03^{\circ}\text{C}/\text{年}$ であり、上昇傾向が確認されている。水温変化率の地方ごとの違いとしては、関東地方で高い場合が多く、北海道、東北地方及び九州地方で低い傾向が見られている。また、水温変化率の月ごとの違いとしては、日本全国の平均的には 10 月が最も水温の上昇が高かった ²¹⁰²⁰⁰²⁾。

愛知県内の河川では、1981 年～2018 年の間に、10 年あたり約 0.2°C の水温上昇が確認されており、年平均水温は年平均気温の推移と同様の変動傾向を示している ²¹⁰²⁰⁰³⁾。

鹿児島県内の 36 河川 51 地点を対象とした研究では、1980～2021 年頃の約 40 年間に於いて、半分以上の地点で有意に水温が上昇している傾向が見られた。鹿児島市内河川では 8 地点中 7 地点で上昇傾向が見られ、都市化の影響と示唆されている ²¹⁰²⁰⁰⁴⁾。

また、湧水水温の上昇に関する報告もあり、真姿の池（東京都）では、1980 年代の終わりから、気温上昇に伴う湧水水温の上昇が確認されている ²¹⁰²⁰⁰⁵⁾。

水質の変化の事例については、次の報告がある。

雨天時に大量の雨水と共に汚水が未処理のまま公共用水域に放流される合流式下水道越流水が発生すること ^{2102006, 2102007)} が問題となり、放流先水域の公衆衛生、生態系、景観への影響が懸念されている。東京湾の隅田川河口域において合流式下水道越流による糞便汚染の影響を調べた研究では、2017 年 10 月～2018 年 7 月の 3 回の長時間降雨後の隅田川上流から河口までの表層水質をモニタリングした結果、3 回とも 30 時間以上の CSO 放流により、広範囲で高濃度の汚水マーカーが確認されている ²¹⁰²⁰⁰⁸⁾。

長良川においては、短期集中降雨の増加、大雨間隔の短期化等により土砂流出量が増加することも報告されている ²¹⁰²⁰⁰⁹⁾。

紀の川流域（奈良県・和歌山県）からの水質汚濁負荷量を定量的に評価した研究では、窒素負荷量の

65%、リン負荷量の 80%が、5%の流量超過確率に含まれる数回の大洪水時に発生することが示されている²¹⁰²⁰¹⁰⁾。

芦田川支流の高屋川流域（広島県・岡山県）では、近年の河川流出の傾向として、流量と応答して非常に多くの栄養塩が流出する洪水期と流出量が減少する渇水期の二極化の進行が指摘されている²¹⁰²⁰¹¹⁾。

小丸川流域（宮崎県）では、過去 40 年間に於いて、上流～中流での日最大流量に有意な正の改変が確認されており、上流域で出水に伴う底生動物の受動的流下の促進等、河川生態系が広範囲で影響を受けている可能性がある²¹⁰²⁰¹²⁾。

塩水遡上については、大阪湾において平成 30 年台風第 21 号に伴い記録的な高潮が発生し、淀川で塩水遡上が起こった結果、浄水場の原水に塩水が混入したことが報告されている^{2102013, 2102014)}。また、信濃川では、夏季の渇水により流量が減少し塩水遡上が発生するため、水門の一部が閉鎖されたことが報告されており²¹⁰²⁰¹⁵⁾、阿賀野川では、夏季の河川流量の低下により塩水遡上が発生し、予備取水口からの取水に切り替えを行ったことが報告されている²¹⁰²⁰¹⁶⁾。

こうした水質変化の一方で、河川の水質に関する生活環境項目の環境基準の達成率は、令和5年度(2023年度)において、BOD¹²⁾については 93.8%となっている²¹⁰²⁰¹⁷⁾。

なお、河川の水温上昇・水質変化は、湖沼・ダム貯水池と同様に、都市活動（人工排熱や排水）や河川流量の低下などにも影響されることに留意が必要である。

全国を対象とした研究では、1982～2007 年の全期間平均水温とその近似直線の傾きによってクラスター分析を行い、抽出地点を 8 つに類型区分した結果、自然的要因により水温が低下・上昇傾向を示している類型もあるものの、人口集中による流域の開発（下水道の流入等）といった人為的影響により水温の上昇度合いが気温の上昇度合いを大きく上回る要因となった類型が存在することも示唆されている。なお、水温の上昇度合いについて、取水による河川水量の減少及び下水処理場からの処理排水の流入のある地点においては、河川流量に占める処理水量の増加が水温上昇の原因となっていることが考えられ、河川によっては水温も人為的影響によるものと見られる変化が現れているところもある²¹⁰²⁰¹⁸⁾。また、特に都市河川においては、水質項目によって現在も悪化を続けている地点があることも示されている²¹⁰²⁰¹⁹⁾。

中国地方における 10 の一級水系における気温と河川水温との関係を解析した研究では、河川水温への気温の影響の受け方が水系間で大きく異なっていること、気温に対する河川水温の増加率は水田・農地割合及び建物用地割合に正の相関、森林割合との間に負の相関がみられ、土地利用の影響を強く受けることが示唆されている²¹⁰²⁰²⁰⁾。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 全国の河川において、水温・濁度の上昇や、それに伴う水質変化・貧酸素化・異臭味の増加が予測されている。
- 浮遊物質量については、3～4℃上昇時で 8～24%増加することが予測されている。
- 塩水遡上については、特に 3～4℃上昇時で遡上距離が現状よりもさらに延びるとともに、取水場付近の高塩分が長時間継続するようになることが予測されている。

¹²⁾ 生物化学的酸素要求量。水中の有機物が微生物の働きによって分解されるときに消費される酸素の量であり、河川の有機汚濁を測る代表的な指標。

水温の変化及びそれに伴う水質の変化の予測については、次の報告がある。

雄物川（秋田県）において、琵琶湖流域の将来予測に用いた分布型流出・水温解析モデルを適用し将来の水温変化を予測した調査（A1B シナリオ前提とした MRI-AGCM3.2S による気候予測情報を使用）では、現在気候（1994～2003 年）の 11.9℃に対して近未来気候（2030～2039 年）では 12.4℃であり、0.5℃上昇すること、特に冬季に影響が大きくなることが予測されている²¹⁰²⁰⁰¹⁾。

大和川（奈良県・大阪府）において、RCP8.5 シナリオを用いて、将来の気温上昇と下水放流量の減少を考慮した将来の水温への影響を評価した研究では、気温上昇量のほとんどが水温上昇に寄与すると予測され、下水放流量の減少による水温上昇抑制効果は気温上昇の影響を相殺できない程度であることが示されている²¹⁰²⁰²¹⁾。

加古川（兵庫県）において、SRES A1B シナリオを用いて水温を予測した研究では、現在期間と比較して約 2.0℃ 上昇すると予測され、アユの生息域がより上流側に移動し遡上時期も現在より早まる可能性が示されている²¹⁰²⁰²²⁾。

高津川（島根県）において、d4PDF の 4℃上昇実験を用いて水温を予測した研究では、夏季における河川水温の将来変化量は他の季節と比較して小さかったが、流域全体として見ると最高で 6.0℃の昇温が予測され、冬季と夏季の日平均水温の将来変化から魚類の生息環境の変化や外来沈水植物の異常繁茂をもたらす可能性が示唆されている²¹⁰²⁰²³⁾。

矢部川（福岡県）において、d4PDF の 4℃上昇実験を用いて水温を予測した研究では、現在気候に比べて夏季は約 3℃、冬季は 5℃程度上昇することが示唆されている²¹⁰²⁰²⁴⁾。

さらに、水温の上昇による DO の低下、DO の消費を伴った微生物による有機物分解反応や硝化反応の促進²¹⁰²⁰²⁵⁾、植物プランクトンの増加による異臭味の増加²¹⁰²⁰²⁶⁾等も予測されている。

大雨の頻度・強度の増加や海面水位の上昇による水質の変化の予測については、次の報告がある。

気候予測モデルを用いて将来の浮遊砂量や土砂生産量を予測した研究では、2090 年までに日本全国で浮遊砂量が 8～24%増加することや強い台風の発生割合の増加等により 9 月に最も浮遊砂量が増加すること（A1B シナリオを前提とした MIROC3.2-hires・MRI-CGCM2.3.2 の両気候モデルによる気候予測情報を使用）²¹⁰²⁰²⁷⁾、8 月の降水量が 5～75%増加すると河川流量が 1～20%変化し、1～30%土砂生産量が増加すること（A1B シナリオを前提とした MRI-AGCM3.2S による気候予測情報を使用）²¹⁰²⁰²⁸⁾、などが予測されている。

降水量の変動幅が大きくなることから、異常洪水や異常渇水が発生し、流量の変動幅が大きくなるとともに、積雪量や雪解け時期の変化により流量パターンが変化する。また、異常洪水の発生や大規模な洪水の発生頻度の増加により、土砂・物質の流出量が増加し、水質（濁度）や河床の環境に影響を及ぼすことが予想される^{2102029, 2102030, 2102031, 2102032)}。

海面水位の上昇を踏まえた河川での塩水遡上を予測した研究では、将来は遡上距離がさらに延びるとともに、取水場付近の高塩分が長時間継続する可能性が示唆されている。特に 21 世紀末においては、流量が比較的多いケースにおいても、各取水場付近の塩分は現在よりも高くなり、遡上距離も延びることが予測されている²¹⁰²⁰³³⁾。

また、大雨により、大気汚染物質かつ森林土壌に蓄積されている硫酸塩（ SO_4^{2-} ）が現在よりも河川に流出し、生態系の物質循環が乱れる可能性が指摘されている²¹⁰²⁰³⁴⁾。

地下水の水温・水質の変化については、埼玉大学キャンパスを対象に実験を行った研究では、浅層の地下水の温度上昇に伴う水質への影響も示唆されている²¹⁰²⁰³⁵⁾。また、仙台平野における帯水層に関する研究において、地表面から8mの深さの帯水層温度は、2006年に観測された値と比較して、2080年までに1.2～3.3℃上昇することが予測されている(A2、A1B、B1 ナリオ前提とした HADCM3、MRI、ECHAM5 による気候予測情報を使用)²¹⁰²⁰⁰¹⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

現状では、地域別では関東地方で、月別では10月に、水温上昇率が最も大きい。また、将来は、夏季よりも冬季において、大きな水温上昇が予測されている。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、水質変化については、浄化導水、底質改善、植生浄化²¹⁰²⁰³⁶⁾、農地からの流出対策として土砂かん止林の整備・堆肥施用からスラリー施用への変更²¹⁰²⁰³⁷⁾、塩水遡上については、取水高さの変更・取水口の移設・貯水池の設置などがある²¹⁰²⁰³³⁾。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状(約1℃上昇)	約1.5～2℃上昇時	約3～4℃上昇時	
重大性：レベル1 確信度：レベル2	重大性：レベル1 確信度：レベル2	重大性：レベル1 確信度：レベル2	緊急性：レベル1 確信度：レベル2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル1

- ✧ 【社会】水温の上昇、大雨による土砂流出量の増加、高潮又は渇水に伴う塩水遡上等が日本各地で既に発生しているものの、水質については環境基準(BOD)の達成率は約94%となっており、生活の質・様式への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。
- ✧ 【環境】水温の上昇、大雨による土砂流出量の増加、高潮又は渇水に伴う塩水遡上等が日本各地で既に発生しているものの、利水に関する生態系機能の低下が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル2

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響が必ずしも気候変動によるものとは断定できないとの文献もある。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル1

- ✧ 【社会】水温の上昇に伴う異臭味の増加、濁度の増加、塩水遡上の距離の増加等が日本各地で予測されているものの、生活の質・様式への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

- ◇ 【環境】水温の上昇等に伴う水環境の変化が日本各地で予測されているものの、利水に関する生態系機能の低下が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の全国的な予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3~4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 1

- ◇ 【社会】水温のさらなる上昇に伴う異臭味のさらなる増加、濁度のさらなる増加、塩水遡上の距離のさらなる増加及び取水の高塩分の長期化等が日本各地で予測されているものの、生活の質・様式への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。
- ◇ 【環境】水温のさらなる上昇等に伴う水環境の変化が日本各地で予測されているものの、利水に関する生態系機能の低下が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の全国的な予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 1

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が低い。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】—

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(3) 沿岸域及び閉鎖性海域

ここでは、主に気温上昇に伴う沿岸域及び閉鎖性海域における水温の変化及び、水温上昇の変化に伴う水質の変化を扱う。生態系自体への影響は自然生態系分野の大項目「沿岸生態系」において、海面水位の上昇・高潮・高波・海岸侵食は自然災害・沿岸域分野の大項目「沿岸域」において、それぞれ扱う。本報告書における用語の扱いとして、伊勢湾には狭義（三河湾を除く）と広義（三河湾を含む）の2つの定義があるが、本文中では逐一注記しない。特に断りの無い限り、「伊勢湾」は狭義を指す。また「三大湾」や「東京湾・大阪湾・伊勢湾」という表現はいずれも広義の範囲を指す。

（現在の状況）

〔概要〕

- 日本近海の平均海面水温は、長期的に上昇しており、2024 年までの上昇率は 100 年当たり +1.33°Cの割合となっている。一方で、経年的な水温上昇が見られない沿岸域の報告もある。
- 日本近海の pH は、1998 年から 2024 年までの期間で 10 年当たり 0.022 の割合で低下しており、世界平均と同程度の割合で海洋酸性化が進んでいる。
- 海域の水質に関する生活環境項目の環境基準の達成率は、令和 5 年度（2023 年度）において、COD については 80.5%、全窒素及び全磷については 88.2%となっている。
- 一部の海域において、平均風速の減少・河川流量の増加に伴う夏季底層貧酸素水塊が拡大している。

水温の上昇の事例については、次の報告がある。

日本近海において、年平均海面水温は長期的に上昇しており、2024 年までの上昇率は 100 年当たり +1.33°Cの割合となっており、世界平均の上昇率（100 年当たり+0.62°C）の 2 倍を超えている。これは、日本近海が温まりやすい陸地や暖流である黒潮の影響を地理的に受けやすく、上昇率が高くなったためと考えられている。海域別に見ると、日本海北東部、三陸沖、関東の東、関東の南、沖縄の東及び先島諸島周辺における海面水温の上昇率は、日本の気温の上昇率（1.40°C/100 年）よりも低く、その反対に、日本海中部及び釧路沖では高くなっている。季節別に見ると、おおむね秋季・冬季の上昇率が高い ²¹⁰³⁰⁰¹。

一方、大阪湾においては、1990～2019 年には経年的な水温上昇はほとんど見られなかったとの報告がある ²¹⁰³⁰⁰²。また、沖縄島沿岸域の 5 地点における公共用水域でも、有意な水温上昇あるいは下降傾向は見られなかったとの報告がある ²¹⁰³⁰⁰³。

水質の変化の事例については、次の報告がある。

日本近海において、pH は 1998 年から 2024 年までの期間で 10 年当たり 0.022 の割合で低下しており、世界平均と同程度の割合で海洋酸性化が進んでいる ²¹⁰³⁰⁰¹。

伊勢湾では、2006 年以降底層の底層貧酸素水塊が著しく拡大しており、2004 年以降に 8～9 月の平均風速が弱くなり河川流量が減少したこと、それにより 8 月以降の底層への外洋水の侵入が減少したことが原因と示唆されている ²¹⁰³⁰⁰⁴。

有明海では、1992 年から 2021 年にかけて底層 DO が大幅に低下し、低酸素域の増加率は 8 km²/年、無酸素域はほとんど存在しない状態から 100 km² まで増加したことが報告されており、その要因として河川流量の増加による成層の強化が重要であることが示唆されている ²¹⁰³⁰⁰⁵。

なお、海域の水質に関する生活環境項目の環境基準の達成率は、令和 5 年度（2023 年度）において、COD については 80.5%、全窒素及び全磷については 88.2%となっている²¹⁰³⁰⁰⁶。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 日本近海の平均海面水温は、21 世紀末には 20 世紀末と比較して、2℃上昇シナリオでは 1.13℃、4℃上昇シナリオでは 3.45℃上昇すると予測されている。
- 日本近海の pH は、21 世紀末には 20 世紀末と比較して、2℃上昇シナリオ（RCP2.6）では、0.06～0.09、4℃上昇シナリオ（RCP8.5）では 0.29～0.36 低下する。
- 複数の海域において、冬～春の水温上昇による一次生産の増加・強風の継続時間の減少に伴う貧酸素水塊の早期拡大が予測されている。
- 瀬戸内海において、RCP8.5 シナリオで日平均流量・流況が二極化することに伴い、集水域からの浮遊物質の長期平均流出量が現状の 1.2～1.7 倍に増加することが予測されている。

日本近海の水温の上昇及び水質の変化の予測については、次の報告がある。

平均海面水温については、21 世紀末には 20 世紀末と比較して、2℃上昇シナリオ（RCP2.6）では 1.13℃、4℃上昇シナリオ（RCP8.5）では 3.45℃上昇すると予測されている。また、その上昇は一律ではなく、上昇幅は、2℃上昇シナリオ（RCP2.6）では黄海で、4℃上昇シナリオ（RCP8.5）では釧路沖や三陸沖で大きい²¹⁰³⁰⁰¹。

pH については、2℃上昇シナリオ（RCP2.6）では、2060 年頃までに海洋酸性化の進行が止まり（確信度が中程度）、20 世紀末と比較して 0.06～0.09 の低下にとどまる。一方、4℃上昇シナリオ（RCP8.5）では、21 世紀を通じて海洋酸性化が進行し（確信度が高い）、21 世紀末には 20 世紀末と比較して 0.29～0.36 低下する。これらは世界平均とほぼ同様の進行度合いである（確信度が中程度）²¹⁰³⁰⁰¹。

東京湾・伊勢湾・三河湾を対象として RCP8.5 シナリオの中でも昇温傾向が強い将来気候を用いて貧酸素水塊の発生を予測した研究では、東京湾内湾部については DO < 4 mg/L、2 mg/L の貧酸素水塊ともに発達・衰退の時期が 1～2 か月程度早くなり、夏季において体積も増加する傾向が予測されている。一方、伊勢湾については夏季にかけて DO < 4 mg/L の貧酸素水塊の体積は増加するが、DO < 2 mg/L の貧酸素水塊の体積の変化は比較的小さく、三河湾については貧酸素水塊の体積は春～夏にかけて増加が見られるものの、夏～秋では減少する傾向が予測されている²¹⁰³⁰⁰⁷。これらの予測結果から、気候変動による影響としては(1) 飽和溶存酸素量の減少と(2) 一次生産の変化が考えられ、気候変動・水温上昇によって一次生産が増加する冬～春は DO が低下し、一次生産が低下する夏～秋は DO が増加すると考えられる。

東京湾を対象とした研究では、2046～2065 年における強風（AMeDAS 観測値における南西の風速 10m/s 以上）の継続時間は減少する可能性が示唆されており、DO の回復が困難となる恐れもあることが予測されている（A1B シナリオを前提とした CMIP3 より提供された気候予測モデルの情報を使用）²¹⁰³⁰⁰⁸。

伊勢湾（三河湾を含む）全体の将来（100 年後）の水温について予測した研究では、将来 2℃以上上昇し、特に沿岸部での上昇が顕著であることが予測されている。水深の浅い沿岸部では、気温上昇や日射による水温上昇が効果的に行われることに起因するものと考えられている（A1B シナリオ前提とした

CMIP3 に登録されている 15 種類の GCM による気候予測情報を使用) ²¹⁰³⁰⁰⁹⁾。

大阪湾では、RCP8.5 シナリオを用いた大阪湾の貧酸素水塊の消長及び酸素循環構造に与える影響を検討した研究において、水温上昇が春から夏季にかけて貧酸素水塊の早期拡大を引き起こし、6 月の月間累計体積は現況に比べて 63%増加すること、現況と比べて鉛直方向への発達ペースが速く、その要因は一次生産の増加、及び水温上昇に伴う無機化による DO 消費量の増加であると示唆されている ²¹⁰³⁰¹⁰⁾。

瀬戸内海では、RCP8.5 シナリオを前提として月平均の将来変化を予測した研究によると（現在気候を 1996～2005 年、将来気候を 2084～2093 年と定義し、それぞれ 10 年間の月平均を求め、将来気候と現在気候の差を将来変化と見なした）、夏季における昇温傾向が強く最大で 6 月の 3.58℃、最小昇温は 12 月の 2.84℃の海面温度が上昇することが予測されている（CMIP5 に登録されている全 61 種類の GCM による気候予測情報を使用）²¹⁰³⁰¹¹⁾。水質への影響については、RCP8.5 シナリオを前提とした将来予測では、水温の上昇により、夏季での表層植物プランクトン濃度が低下し、それに伴い栄養塩類の消費が減少し、表層の栄養塩類濃度が上昇する傾向が予測されている。一方、冬季の将来気候は現在気候よりも水温が高く、表層植物プランクトン濃度が上昇し、栄養塩類濃度が低下する傾向が予測されている（RCP8.5 シナリオを前提とした MRI-NHRCM20 による気候予測情報を使用）²¹⁰³⁰¹²⁾。RCP8.5 シナリオの中でも最も昇温傾向が強い条件を用いて将来の表層溶存無機態窒素濃度を予測した研究では、夏～秋では水温上昇がもたらす一次生産の高温阻害により現在気候より大きく増加、冬～春では水温上昇に伴う一次生産の増加のため現在気候よりも減少することが予測されている ²¹⁰³⁰¹³⁾。RCP8.5 シナリオを用いて将来の集水域からの湾灘への淡水・汚濁負荷流出量を予測した研究では、将来気候の日平均流量・流況の二極化により、長期平均 SS 流出量が現在気候の 1.2～1.7 倍に増加する一方、COD、TN、TP の長期平均流出量にはほとんど差が見られなかったことが予測されている ²¹⁰³⁰¹⁴⁾。RCP8.5 シナリオでは、21 世紀末には現在気候と比べて瀬戸内海の表層水温が 3～4℃程度上昇し、表層塩分もわずかながら増加すると示唆されている。塩分上昇の原因の一つとして、瀬戸内海の通過流の増加が示唆されている（NHRCM を用いた地域気候変動予測データを使用）²¹⁰³⁰¹⁵⁾。RCP2.6・RCP4.5・RCP6.0・RCP8.5 シナリオを用いて養殖ワカメの生育を予測した研究では、溶存無機態窒素濃度の低下と海洋温暖化に伴う栽培開始時期の遅れにより、RCP2.6 シナリオの東部地域を除き、大半の地域で 1990 年代と比較して 2090 年代の胞子体の成長が減少するとされている ²¹⁰³⁰¹⁶⁾。

大阪湾の底層 DO については、表層植物プランクトン濃度の低下によって増加傾向がみられ、夏～秋の貧酸素化が弱まる傾向が見られたが、貧酸素水塊の発生期間は長期化する可能性が示唆されている（RCP8.5 シナリオを前提とした MRI-NHRCM20 による気候予測情報を使用）²¹⁰³⁰¹²⁾。

播磨灘では、現在気候（20 世紀末）と RCP8.5 シナリオの将来気候（21 世紀末）のそれぞれで水及び窒素のフロー解析を実施した研究において、水のフローには現在気候と将来気候で顕著な違いが見られなかったが、全窒素及び溶存無機態窒素については、夏～秋の高温化によって一次生産が低下するため、将来気候の海域間フローが全体的に現在気候より増加し、播磨灘から流出しやすくなると予測されている。一方、冬～春では、水温上昇に伴う一次生産の活性化によって将来気候の溶存無機態窒素の消費量は現在気候の約 2 倍に増え、季節変動として見られる海水中の溶存無機態窒素の減少が気候変動によって加速すると予測されている ²¹⁰³⁰¹⁷⁾。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、貧酸素水塊の発生については表層水の底層への送水、鉛直混合の誘起・促進、

高濃度酸素水の送水・曝気による酸素供給²¹⁰³⁰¹⁸⁾、陸域負荷管理²¹⁰³⁰⁰⁷⁾などがある。

適応策の効果については、陸域負荷管理として生活系等の汚濁負荷流出量を削減することで、RCP8.5シナリオにおいても東京湾内湾部の DO < 3 mg/L 及び、DO < 2 mg/L の貧酸素水塊は抑制が可能であること、DO < 4 mg/L の貧酸素水塊については東京湾内湾部、伊勢湾ともにそれだけでは抑制が難しい海域が存在することが示唆されている²¹⁰³⁰⁰⁷⁾。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状 (約 1°C 上昇)	約 1.5~2°C 上昇時	約 3~4°C 上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 1	重大性：レベル 1 確信度：レベル 1	重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 1 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

✧ 【環境】水温の上昇、酸性化は日本各地で、貧酸素化も一部の海域で既に発生しているが、利水に関する生態系機能の低下が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 1

✧ 【知見の種類・量等】影響の全国的な調査結果がごく少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<1.5~2°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 1

✧ 【環境】水温の上昇（日本近海の平均海面温度が 1.13°C 上昇）、酸性化の進行（日本近海の pH が 0.06~0.09 低下）、東京湾における強風の継続時間の減少に伴う貧酸素化の進行が予測されているが、利水に関する生態系機能の低下が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 1

✧ 【知見の種類・量等】影響の全国的な予測結果がごく少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<3~4°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

✧ 【環境】水温の上昇（日本近海の平均海面温度が 3.45°C 上昇）、酸性化のさらなる進行（日本近海の pH が 0.29~0.36 低下）、複数の海域における貧酸素水塊の早期拡大、浮遊物質の流出量の増加等が予測されており、利水に関する生態系機能の低下は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

✧ 【知見の種類・量等】影響の全国的な予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 1

◇ 【影響の発現時期】 重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が低い。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 —

➤ 確信度：レベル 2

◇ 【知見の種類・量等】 影響の発現時期が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】 影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

【水資源】

(1) 水供給（地表水）

ここでは、主に降水条件等の変化による地表水への水供給量の変化及び、水資源量の変化や融雪の早期化が水供給全般（農業用水、工業用水等）に与える影響について扱う。

（現在の状況）

〔概要〕

- 全国において、多雨年と渇水年が頻繁にかつ大きな強度で発生しており、毎年のように取水が制限されている。
- 積雪の減少・融雪の早期化により、農業の代かき期を含む春季の河川流量が減少している。
- 東北・中国・九州地方において、水ストレス（水需要量に対する取水可能量の比）が高くなっている。また、都市用水の不安定取水量（河川水が豊富なときだけしか取水できない不安定な取水量）が関東臨海で約 9%、関東内陸で約 4%と高くなっている。

降水の変化の事例については、次の報告がある。

日本の年降水量については、過去約 130 年間では変化傾向は確認されていない。極端な大雨の発生頻度や強度は増加している一方、無降水日数（ここでは 1.0 mm 以上の降水が観測されない日数）は増加（気象庁の全国 51 観測地点における増加率は 100 年当たり 9.2 日）している²²⁰¹⁰⁰¹）。1875 年以降の年降水量データを用いて、北海道から沖縄まで 12 地域に分け、年降水量の 10 年移動変動係数をとると、移動平均は年々大きくなり、南に向かうほど増加傾向は大きくなった。このことは、多雨年と渇水年が頻繁にかつ大きな強度で起こることを意味している²²⁰¹⁰⁰²）。こうした変化により、毎年のように取水が制限されている²²⁰¹⁰⁰³）。

千葉演習林清澄観測所における長期変化傾向を解析した研究では、日降水量 50mm 以上の降水日の総降水量が年降水量に占める割合は統計的に有意な増加傾向にあり、増加率は 100 年間で 6.6%となっている。一方、日降水量 1.0mm 以上の降水日数は統計的に有意な減少傾向にあり、減少率は 100 年間で 9.4 日となっている²²⁰¹⁰⁰⁴）。

岡山県の森林流域における 1937 年からの長期観測では、1987 年頃から蒸発散量の増加が顕著になり、基底流出量¹³が減少している²²⁰¹⁰⁰⁵）。

積雪・融雪の変化の事例については、次の報告がある。

高山帯の 1980～2009 年を対象とした分析では、融雪時期は時期が早くなる傾向が見られたが、流域によっては年変動が大きいことが報告されている²²⁰¹⁰⁰⁶）。

2019～2020 年の記録的な少雪について、その背景と考えられる気温と降水量の傾向は地域で異なり、北海道では記録的少雨、本州では記録的高温の年であり、これは各地域の気温及び降水量と最深積雪の相関の傾向と一致している²²⁰¹⁰⁰⁷）。なお、この少雪による信濃川流域での渇水リスクへの影響については、2020 年 4～6 月の降水量が十分多かったため、夏季の渇水リスクはさほど高くはなかったと推測した報告もある²²⁰¹⁰⁰⁸）。

¹³ 降った雨が地下水となって日単位あるいは、数ヶ月かけて河川に流出する量。

北海道では、1954～2018 年にかけて、天塩川、石狩川、沙流川、武川にて融雪促進とそれに伴う河川水位上昇の加速が観測されている ²²⁰¹⁰⁰⁹⁾。

北陸では、流域の標高が高い河川ほど長期的な温暖化に伴う融雪流出の早期化トレンドが顕著であることが報告されている ²²⁰¹⁰¹⁰⁾。阿賀野川流域（新潟県・福島県・群馬県）では、冬季の融雪量が増加したことにより 4 月の積雪水当量が減少したことも報告されている ²²⁰¹⁰¹¹⁾。

日野川流域（鳥取県）では、1940～2019 年にかけて、多雪期である 1～2 月の平均気温は有意な上昇傾向を示しており、代かきが始まる 5 月 1 日の積雪水量と 5 月の最少流量は有意な減少傾向であることが報告されている ²²⁰¹⁰¹²⁾。

小丸川流域（宮崎県）では、1981～2020 年にかけて、融雪促進に加え、雪成分よりも降雨成分の比率が上昇したことから、冬季の流量が増加し、春季の流量が減少したことが報告されている ²²⁰¹⁰¹³⁾。

各種用水への影響の事例については、次の報告がある。

現在気候下における日本流域の水需要量に対する取水可能量の比を、水ストレスとして評価した研究では（水利用量について、蒸発量を基に河川流量の季節性を考慮して水ストレスを評価した場合）、東北・中国・九州地方で水ストレスが検出されており、離島や小流域など、流出が速く水資源管理の難しいとされる流域での水ストレスも高くなっている ²²⁰¹⁰¹⁴⁾。

都市用水については、令和 3 年（2021 年）12 月末における都市用水の不安定取水量（河川水が豊富なときだけしか取水できない不安定な取水量）は全国で約 6 億 m³/年であり、不安定取水量の都市用水使用量に対する割合を地域別にみると、関東臨海が約 9%と高く、これに続き関東内陸で約 4%となっている ²²⁰¹⁰⁰³⁾。

近年、豪雨や台風による水害で数多くの水道施設等が大きな被害を受けている。2018 年 7 月豪雨では、広島県、岡山県、愛媛県等、18 道府県 80 市町村の 111 水道事業体で 26 万 4 千戸に断水被害が発生、この断水は、最大 8 月 13 日まで続いた ²²⁰¹⁰¹⁵⁾。令和元年東日本台風（台風第 19 号）では、関東甲信越、東北地方を中心に最大 16.8 万戸が断水した ²²⁰¹⁰¹⁶⁾。台風等の災害は、水道施設への直接的な被害だけでなく、水道システムを含むインフラ・ライフラインの途絶によって、国民生活や事業活動に甚大な影響をおよぼす ²²⁰¹⁰¹⁵⁾とされる。

また、気温上昇に伴う水温上昇によって、ダム湖などでは藻類等の増殖が促進されており ^{2201017, 2201018)}、水道原水中の藻類は、消毒副生成物前駆物質汚染、異臭味障害の発生、凝集沈殿不良、ろ過漏出・閉塞など、さまざまな生物障害を引き起こす ²²⁰¹⁰¹⁹⁾。毎年実施される水道の異臭味被害状況の調べ ²²⁰¹⁰²⁰⁾では、2023 年時点で、異臭味被害人口約 213 万人、123 の水道事業体で被害が生じている。浄水における異臭味被害の種類別内訳は、カビ臭、土臭が 92%を占める。また同年、取水・給水の制限・停止や特殊薬品（粉末活性炭等）の使用等を行った水質汚染事故により被害を受けた水道事業者等の延べ数は 151 であった。

豪雨時の高濁水により取水が停止し、断水被害が発生した事例も報告されている。平成 25 年梅雨期の豪雨では、山形県村山広域水道の西川浄水場において、薬品注入量の上限を超える濁度が発生し、受水団体 11 のうち 6 市町で、9 日間にわたって断水被害が発生した。ピーク時には、約 5 万 6 千戸が断水した ²²⁰¹⁰²¹⁾。断水の長期化は、住民生活に大きな混乱をもたらし、地域産業や経済にも大きな損失を与える ²²⁰¹⁰²²⁾。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 全国において、無降雨日数の増加、積雪量の減少・融雪の早期化、蒸発散量の増加により、渇水が増加することが予測されている。一方、6～10月においては、大雨の増加に伴い、水資源の増加も予測されている。
 - 全国の109の一級水系において、現状で10年に1回発生する少雨年・渇水流量の発生頻度は、2℃上昇時で1.3倍・2.1倍に、4℃上昇時で1.6倍・3.8倍に、それぞれ増加すると予測されている。
- 全国を対象に、1980～2014年を基準期間として2015～2050年の灌漑期間の水需給を評価した研究において、RCP2.6では渇水基準値を下回る水資源量の累積値に明確な増減傾向がみられなかったが、RCP4.5とRCP8.5では多くの流域で累積値の増加傾向が予測されている。地域的な傾向としては、東北南部、関東、近畿、中国の太平洋岸において灌漑期間における水需給バランスが悪化する傾向にある。
- 全国336流域を対象とした農業用水に関する研究において、21世紀末の農業の代かき期の利用可能水量は、RCP2.6シナリオでは北日本（東北、北陸地域）において、RCP8.5シナリオではさらに西日本（近畿、中国地域）・北海道においても、減少することが予測されている。
- 塩水遡上については、特に3～4℃上昇時で遡上距離が現状よりもさらに延びるとともに、取水場付近の高塩分が長時間継続するようになることが予測されている。

降水の変化の予測については、次の報告がある。

日本全国を対象に渇水リスクの変化を分析した研究（A1Bシナリオを前提としたAGCM20モデルによる気候予測情報を使用）によれば、近未来（2015～2039年）及び21世紀末（2075～2099年）共に、無降雨日数の増加や積雪量の減少により河川流量が減少し、渇水が増加することが予測されている²²⁰¹⁰²³）。日本全国の109の一級水系を対象に、全国版d4PDFダウンスケーリングデータを用いた計算では、現状で非超過確率1/10の（10年に1回発生する）少雨年の発生頻度は、2℃・4℃上昇時の気候条件において、それぞれ1.3倍・1.6倍に増加すると予測されている。また、これらを用いた流出解析では、現状で非超過確率1/10の（10年に1回発生する）渇水流量の発生頻度は、2℃・4℃上昇時の気候条件において、それぞれ2.1倍・3.8倍に増加すると予測されている²²⁰¹⁰²⁴）。

日本全国を対象として、20世紀後半から21世紀末にかけての土地利用変化を考慮し、RCP8.5シナリオを用いて水文諸量の150年連続の変化を推定した研究では、特に今世紀末に中部山岳地域で大幅に水資源量が減少することが予測されている。また、土地利用の違いにより、関東や近畿の大都市圏においては蒸発散量の差は今世紀末に500mm程度にもなることが予測されている²²⁰¹⁰²⁵）。

石狩川流域では、暑く乾燥した気候により、SSP5-8.5シナリオでは水資源が減少することが示唆されている²²⁰¹⁰²⁶）。

淀川水系（近畿地方）において琵琶湖の水位を渇水リスクの評価指標とした研究（アンサンブル気候予測データ（d4PDFの4℃上昇実験）360年分の計算結果における、琵琶湖の年最低水位から確率を評価）

では、1/10、1/20 渇水年¹⁴の水位は現況・過去実験から大幅に低下すること、琵琶湖の利用低水位¹⁵（B.S.L.-1.5m）を下回らない利水安全度¹⁶については、現況で 1/10 に対し、将来予測では 1/2 未満へ低下することが予測されている²²⁰¹⁰²⁷。

兵庫県を対象地域とし、d4PDF を用いて渇水頻度の変化や時期・規模の傾向について考察した研究では、21 世紀末（2080 年～2111 年）には、年間降水量 1000mm 未満の発生確率は将来増加傾向にあり、月間雨量で見た場合、冬季は減少、夏季は増加し、渇水の発生回数、規模、期間のいずれも増大する傾向となることが予測されている²²⁰¹⁰²⁸。

一方、小丸川（宮崎県）を対象としたダム放流データを用いた研究では、気候変動による影響よりも、ダムによる流量特性変化の方が大きいとの指摘もある（RCP2.6・RCP 4.5・RCP8.5 シナリオ、分布型水文モデルを使用）²²⁰¹⁰²⁹。

河川では、河川環境や河川管理等に支障が生じないように、渇水時にも維持すべき流量（維持用水）が定められているが、渇水の深刻化によってこの流量を確保できず維持用水の枯渇が生じれば、自然生態系や水産業、水利用等への影響が生じる。

加えて、短時間降雨の降雨規模が増加することによる水供給への影響として、土砂生産が増加し、ダムに土砂が堆積することで、利水容量へ影響を及ぼすことが想定される。特に土砂生産の大きい地域において考慮すべき影響となり得る（降雨規模と土砂災害の発生件数の関係、及び降雨規模と土砂災害の規模の関係について、詳細は自然災害・沿岸域分野の小項目「土石流・地すべり・土砂流出等」を参照）。

一方、大雨の頻度・強度の増加に伴う水資源の増加も予測されている。

日本全国 336 流域の影響評価では、6～10 月にかけて大雨の発生する可能性が増加し、各地で洪水流量の増加も予測されている（RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5 シナリオを前提とした複数の気候予測情報を使用）²²⁰¹⁰³⁰。また、同じく全国を対象として、20 世紀後半から 21 世紀末にかけての土地利用変化を考慮し、水文諸量の 150 年連続の変化を推定した研究（RCP8.5 シナリオを前提とした MRI-AGCM3.2S の気候予測情報を使用）では、降水量変化の地域的な分布に対応して、北海道、東北地方日本海側、九州西部などで水資源量が大きく増加することが予測されている²²⁰¹⁰²⁵。

相模ダム流域では、RCP4.5 シナリオにおいても 6、7 月の洪水リスクの増加が示唆されている（RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5 シナリオを前提とした MIROC5 の気候予測情報を使用）。^{2201031, 2201032}。

吉見浄水場（埼玉県）を対象とし、2081～2100 年の月平均降水量を用いて各月の河川流量を予測した研究では、洪水による水道施設被害や高濁度化のリスクが増加することが想定されており、過去と比較して洪水リスク発生の閾値が増加する傾向が見られ、特に 6、9 月の増加が顕著となることが予測されている（RCP2.6、8.5 シナリオを前提とした MIROC5、MRI-CGCM3.0 の気候予測情報を使用）²²⁰¹⁰³³。

また、佐用川流域を対象とし、d4PDF を用いて 2050～2111 年の降雨及び流量の将来変化の分析を行った研究では、将来に向けて降雨量、流量ともに増加することが予測されている²²⁰¹⁰³⁴。

積雪・融雪の変化の予測については、次の報告がある。

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、2°C 上昇時には、一部の融雪に依存する河川流域に

¹⁴ 10 年に 1 回、20 年に 1 回程度。

¹⁵ 利水のための最低水位。

¹⁶ 河川水を利用する場合における渇水に対する取水の安全性を示す指標。

において、灌漑に利用できる融雪水が最大 20%減少すると予測され、中長期には世界全体の氷河の質量が $18 \pm 13\%$ の質量減少することによって、農業、水力発電及び人間の居住地で利用できる水を減少させること、 4°C 上昇時にはこれらの変化は倍増すること、が予測されている（確信度が中程度）²²⁰¹⁰³⁵）。

日本各地の河川においては、冬季の降雪が降雨に変わることで河川流量が増加し、春季の融雪量の減少により河川流量が減少する傾向が示されている^{2201036, 2201037, 2201038, 2201039}）。また、SRES A2 シナリオを前提とした RCM20 による気候予測情報を用いた研究では、流域によっては、融雪期の早期化や融雪流出後期の流量減少が、近未来(2031～2050 年)に引き起こされるとする予測結果も報告されている²²⁰¹⁰⁴⁰）。日本海側の積雪・融雪が発生するダムと発生しないダムを対象に、RCP8.5 シナリオを前提として、2080 年 9 月～2100 年 8 月のダムの貯水位を比較した研究では、積雪・融雪が発生しないダムの方が、現在と比較して渇水の頻度、期間ともに深刻化することが予測されている（MRI-AGCM3.2H 及び MRI-NHRCM20 の気候予測情報を使用）²²⁰¹⁰⁴¹）。

網走川においては融雪期とその直後の河川流量の顕著な減少に加えて、ピーク流量の発生の早期シフトが起こり、将来の地域の農業用水への影響が懸念されている。河川流量は、晩夏と秋に増加するが、冬季にはわずかに減少すること、RCP2.6 シナリオでは、降水量と気温の両方が局所的な河川流量に大きな影響を与えるが、RCP8.5 シナリオでは気温の変化がより大きな影響を与えると指摘されている²²⁰¹⁰⁴²）。

庄川流域（北陸地方）を対象に、d4PDF を用いて現在・ 2°C 上昇時・ 4°C 上昇時の河川流量の将来予測を行った研究では、融雪出水時期が春季から冬季へ変化し、ピーク流量が現象することや、冬季の融雪洪水が将来的に増加することが予測されている²²⁰¹⁰⁴³）。また、d4PDF を用い、庄川流域の大部分を占める大門川流域における気候変動が河川流量に及ぼす影響を検討した研究では、冬季の融雪流量が増加し、春季の流量が減少することが予測されている。さらに、将来の融雪量の増加により、水資源が全般的に減少し、冬季の年間最大日流量頻度が増加することが予測されている²²⁰¹⁰⁴⁴）。

手取川流域手取川ダム（石川県）を対象に、RCP8.5 シナリオを用いて 1950～2099 年のダムの発電・利水運用の将来変化を評価した研究では、21 世紀後半以降において降雪・積雪・融雪期や夏季以降の流況の変化が大きくなるとともに、21 世紀後半では貯水量や年間発電量が極端に小さくなる頻度が増加するなど、ダムの季節運用への影響が懸念されるような変化が可能性の 1 つとして示されている。30 年平均貯水量の経年変化の計算結果からは、気候変動による貯水池運用への影響が、21 世紀中頃から急速に現れ始める可能性が示唆されている²²⁰¹⁰⁴⁵）。また、同流域では、地球温暖化により降雪現象が減少した場合、特に早春における灌漑用水が不足することが示唆されている²²⁰¹⁰⁴⁶）。

米国や欧州では、Rain-on-Snow（雪が積もった状態で雨が降る現象）に起因する融雪洪水被害が確認されている。庄川流域を対象として、d4PDF を用いて Rain-on-Snow 起因の融雪出水の将来変化を予測した研究では、平均的な融雪出水量は減少する傾向が確認されたものの、これまでよりも大きい融雪出水ピーク流量が出現することが示唆されている。また、Rain-on-Snow 起因のピーク流量も同様に極端化することが予測されている。現在気候では Rain-on-Snow 起因の極端なピーク流量は 12～3 月においてほとんど出現しなかったが、将来気候では頻出することが示唆されている²²⁰¹⁰⁴⁷）。

なお、将来の降雪に関する予測として、d4PDF を用いた研究では、気温 2°C 上昇時にも 2020 年のような少雪事例が 1～2 年に 1 度という高頻度で出現することが予測されている²²⁰¹⁰⁴⁸）。一方で、一部の地域では将来的な豪雪も予測されている。d4PDF を用いて、北海道南端から九州にかけての積雪水資源量を予測した研究（MRI-AGCM3.2 の気候予測情報を使用）では、 2°C 上昇・ 4°C 上昇時において、372 年中約 10 年と可能性は低い、現在気候下よりも豪雪となる可能性のある地域があることが示唆されている。

また、上位 10 位に注目すると、2°C 上昇実験より 4°C 上昇実験の方が広い地域で大雪となる可能性がある
と予測されている ²²⁰¹⁰⁴⁸⁾。

日本における水需給ギャップ（水需要量と水供給可能量の関係）を推計した研究では、2050 年において
関東圏や大阪府で水需給ギャップが著しく、水需要量が水供給可能量を超過することが予測されている
（MRI-AGCM3.2S の気候予測情報を使用）²²⁰¹⁰⁴⁹⁾。その一方で、水需要量を将来推定値とした場合で
は、2081～2100 年における全国の 88 水共同域で渇水リスクが増大する地域の数が半減することを示唆
している報告もある（SRES A2 シナリオを前提とした RCM20 の気候予測情報を使用）²²⁰¹⁰⁵⁰⁾。

また、代かき期など水の需要期に河川流量が減少し、従来の水利用パターンとのミスマッチが発生する
との報告もある ²²⁰¹⁰⁵¹⁾。全国を対象に、1980～2014 年を基準期間として 2015～2050 年の灌漑期間の水
需給を評価した研究において、RCP2.6 では渇水基準値（河川流量の 3%タイル値（下位 3%に相当する
値））を下回る水資源量の累積値に明確な増減傾向がみられなかったが、RCP4.5 と RCP8.5 では多くの
流域で累積値の増加傾向が予測されている。地域的な傾向としては、東北南部、関東、近畿、中国の太平
洋岸において灌漑期間における水需給バランスが悪化する傾向にあることが確認されている ²²⁰¹⁰⁵²⁾。日
本全国 336 流域を対象とした農業水利用への影響評価により、2081～2100 年の代かき期では、北日本
（東北、北陸地域）において RCP2.6 シナリオでも利用可能な水量が減少し、RCP8.5 シナリオでは西日
本（近畿、中国地域）や北海道でも減少することが予測されている（RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5 シナリ
オを前提とした複数の気候予測情報を使用）²²⁰¹⁰³⁰⁾。また、同じく全国を対象として、20 世紀後半から 21
世紀末にかけての土地利用変化を考慮し、水文諸量の 150 年連続の変化を推定した研究（RCP8.5 シナリ
オを前提とした MRI-AGCM3.2S の気候予測情報を使用）では、多雪地帯での積雪水量の大幅な減少が
予測されており、コメ生産に必要な水を融雪水に依存している地域での影響が懸念されている ²²⁰¹⁰²⁵⁾。木
曽川牧尾ダムでは温暖化による降雪量減少・降雨量増加のため、1～3 月の流入量が増加する一方、4～6
月の流入量が減少し、渇水被害に関しては、気候変動のみで約 1.5 倍（10 億円/年）に、これに堆砂進行
が加わることにより最大約 2～3.5 倍（12.3～23.5 億円/年）に増大する可能性がある（RCP8.5 シナリオ
を前提とした MRI-AGCM3.2S による気候予測情報を使用）²²⁰¹⁰⁵³⁾。早明浦ダム流域（高知県）の貯水率
を調査した研究では、2091～2100 年の灌漑期に低い貯水率の発生頻度が上昇し、非灌漑期に低い貯水率
の発生回数が減少することも予測されている（RCP4.5 シナリオを前提とした MIROC5 の気候予測情報
を使用）²²⁰¹⁰⁵⁴⁾。このような河川流量の減少による渇水の増加や水の需要期と供給可能な時期とのミスマ
ッチなどは、水道水、農業用水、工業用水等の多くの分野に影響を与える可能性があり、社会経済的影響
が大きい。

代かき期以外について、相模ダム貯水池では、2 月と 4 月には干ばつの増加が予測されている（RCP2.6、
RCP4.5、RCP8.5 シナリオを使用）²²⁰¹⁰³²⁾。

ダムの利水運用や管理に関する知見も確認されている。

定山溪ダム流域（北海道）において、RCP8.5 シナリオを前提に現在気候と将来気候における水資源量
の定量化及び比較を行った研究によると（MRI-NHRCM20 による気候予測情報を使用）、降雨量と蒸発
散量は増加傾向にあるのに対し、降雪水量、融雪量、年最大積雪水量が約 5 割減少しており、その影響が
大きい。水資源賦存量が約 400mm 減少することが予測されている。さらに年最大積雪水量は平均で約
250mm 減少しており、天然のダムを失うことが示されている ²²⁰¹⁰⁵⁵⁾。

阿賀野川水系只見川(福島県)を対象として、RCP8.5 シナリオを用いて流量推移を予測した研究では、21 世紀末の水力発電ダムの冬季(1~3 月)の流量が増加、融雪による流出(4~6 月)が減少・早期化し、特に夏期の発電量が大きく減少することが予測されている(前提とした MRI-AGCM3.2S の気候予測情報を使用)²²⁰¹⁰⁵³⁾。

2075~2099 年の吉野川流域(徳島県・香川県・高知県・愛媛県)、最上川流域(山形県・宮城県)において、RCP8.5 シナリオを前提とした河川流量の変化がダム貯水池の利水運用に及ぼす影響を予測した研究によると、夏季以降のダム貯水量が低下する傾向が示されており、最上川流域白川ダム(山形県)では、融雪時期の早期化の影響により、初夏に貯水量が減少する傾向が予測されている。ただし、夏季の水位制限の存在により、多くの年では融雪時期の早期化の影響は限定的である可能性も示唆されている(MRI-AGCM3.2S の気候予測情報を使用)²²⁰¹⁰⁵⁶⁾。

また、堆砂量の増加に伴う有効貯水容量の見直しの必要性も指摘されている。緑川ダム貯水池(熊本県)を対象とした研究では、21 世紀末の降雨及び流量倍率の推定値から推定される堆砂量は、RCP2.6 シナリオにおいて 1.9 倍、RCP8.5 シナリオにおいて 3.2 倍になることが予測されている。今後の治水計画及びダム運用計画においては、堆砂量の増加に伴う有効貯水容量の見直しを行う必要があると指摘されている²²⁰¹⁰⁵⁷⁾。

さらに、海面水位の上昇に伴う水供給への影響として、河川の河口部における海水(塩水)の遡上範囲が拡大することが挙げられる(塩水くさびの発生)。上流側からの淡水の流入量が多くなければ、塩水くさびを押し戻すことができない。海面水位の上昇による新釧路川の塩水遡上形態の変化を調査した研究では、海面水位の上昇量を 0.59 m 及び 1 m と想定した場合、どちらにおいても下流付近では高濃度の塩水が恒常的に侵入する可能性があることが予測されている²²⁰¹⁰⁵⁸⁾。また、新釧路川では、将来、河川への塩水遡上範囲が延伸した場合に、河川水の利用に対して影響が生じる恐れがあることも予測されている²²⁰¹⁰⁵⁹⁾。また、由良川において海面水位上昇を踏まえた河川内の塩水遡上のシミュレーションを行ったところ(RCP2.6、RCP8.5 シナリオを前提とした MIROC5 による気候予測情報の現在と将来の差分に、全球平均海面水位上昇分を加えた値を使用)、将来は塩水遡上距離がさらに延びるとともに、取水場付近の高塩分が長時間継続する恐れがある。特に 21 世紀末においては、流量が比較的多いケースにおいても、各取水場付近の塩分は現在よりも高くなり、遡上距離も延びることが予測されている²²⁰¹⁰³³⁾。

さらに、気候変動の影響により、水道原水の水質が悪化し、カビ臭の原因物質の濃度が増加している。水道原水中の藻類は、消毒副生成物前駆物質汚染、異臭味障害の発生、凝集沈殿不良、ろ過漏出・閉塞など、さまざまな生物障害を引き起こすことが知られている²²⁰¹⁰¹⁹⁾。また、豪雨などによる高濁度の原水は、浄水処理の機能障害を引き起こし、断水をもたらすことがある²²⁰¹⁰²²⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

現状では、東北・中国・九州地方において水ストレスが検出されている。また、将来は、2050 年には関東圏や大阪府で水需給ギャップが著しくなること、コメ生産に必要な水を融雪水に依存している地域での積雪水量の大幅な減少による影響、河川の河口部における塩水遡上の拡大・長期化が懸念されている。

(適応策とその効果)

渇水への代表的な適応策として、ハード対策ではダム等の水資源開発施設の整備、施設の改良による利

水機能の強化、管路のネットワーク化、水源の多様化、施設更新時対応等の施設整備等²²⁰¹⁰⁶⁰⁾のほか、雨水の貯留及びその水洗便所・清掃用水・雑用水・防火用水等での利用²²⁰¹⁰⁶¹⁾などがある。ソフト対策では、渇水対応タイムラインの活用²²⁰¹⁰⁶⁰⁾、連絡体制や協定等の体制整備、複数ダムの統合運用など異常渇水時のダムの運用ルール設定、渇水対策に用いる資材・機材の調達可能量の把握・備蓄、渇水時の資材・機材の配備・運用計画、要援護者の移転・疎開計画、渇水対応訓練の実施、緊急時の水源としての地下水の適切な利用、地表水と地下水が一体となったマネジメントの推進²²⁰¹⁰⁶²⁾などがある。

適応策の効果に関する知見としては、堆砂による貯水容量の減少、及び融雪出水期の流入量増加により、貯水できずに無効放流が発生する現象に対しては、無効放流分を小規模な導水トンネルにより近傍の既設電力ダムに送水してストックすることにより、ダム群の利水安全度低下を防ぐことができるとされている²²⁰¹⁰⁶³⁾。また、大雨の増加による水資源量の増加に対しては、水力発電ダムを利水ダムとして運用し、適切に事前放流によって水位低下を行うという適応策があり、糠平ダム（北海道）を対象とした検証では、d4PDF 過去実験値 3,000 年分の中で上位 4 位に相当する規模の出水において大雨時の放流量の低減効果が期待できるとされている²²⁰¹⁰⁶⁴⁾。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1°C 上昇）	約 1.5～2°C 上昇時	約 3～4°C 上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 3	重大性：レベル 2 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

- ✧ 【社会】 渇水に伴う取水の制限が既に毎年のように発生しており、その影響の範囲は日本各地に及び、生活の質・様式への影響は深刻である。
- ✧ 【経済】 積雪の減少・融雪の早期化に伴う農業の代かき期における河川流量の減少が既に発生しており、その影響は北海道、北日本（東北、北陸地域）等を中心に生じており、農業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ✧ 【知見の種類・量等】 影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】 影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ✧ 【社会】 無降雨日数の増加や蒸発散量の増加に伴う渇水の増加が予測されており、その影響の範囲は日本各地に及び、生活の質・様式への影響は深刻である。
- ✧ 【経済】 積雪の減少・融雪の早期化に伴う農業の代かき期における河川流量の減少が予測されており、その影響の範囲は北日本（東北、北陸地域）に広がり、農業への影響は深刻である。また、河川流量の増加により、洪水による水道施設被害や高濁度化のリスクが高まると予測されている。これにより浄水処理に機能障害が生じて断水が発生することで、住民生活に大きな混乱をもたらすため、地域産業や経済への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3~4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】無降雨日数の増加や蒸発散量の増加に伴う渇水のさらなる増加が予測されており、その影響の範囲は日本全国に及び、生活の質・様式への影響は特に深刻である。
- ◇ 【経済】積雪の減少・融雪の早期化に伴う農業の代かき期における河川流量のさらなる減少が予測されており、その影響の範囲は北日本（東北、北陸地域）に加えて西日本（近畿、中国地域）や北海道にも広がり、農業への影響は特に深刻である。また、河川流量の増加により、洪水による水道施設被害や高濁度化のリスクが高まると予測されている。これにより浄水処理に機能障害が生じて断水が発生することで、住民生活に大きな混乱をもたらすため、地域産業や経済への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、大雨時のダムの事前放流などの適応策が一部で進められているが、ダムの運用ルールの設定、渇水対策に用いる資材・機材の備蓄、水資源開発施設の整備等インフラ整備などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(2) 水供給（地下水）

ここでは、主に降水条件等の変化による地下水への水供給量の変化及び、水資源量の変化や融雪の早期化が水供給全般（生活用水、工業用水、農業用水）に与える影響について扱う。

（現在の状況）

〔概要〕

- 日降水量や降水の時間推移の変化に伴う地下水位の変化の現状については、現時点で具体的な研究事例は確認されていない。
- 渇水時における地下水の揚水量の増加による地盤沈下の進行や臨海部での海水の浸入・塩水化に伴い、水道・工業・農業への被害が生じている。
- 島しょ部では、高波による井戸水への海水流入、過剰揚水による淡水レンズ¹⁷の縮小が起きている。

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、回避できない海面水位上昇は、連鎖的及び複合的な影響をもたらし、地下水の塩水化、洪水及び沿岸域のインフラへの損害などをもたらし、短期から長期にわたり、生活、居住地、健康、福祉、食料と水の安全保障、及び文化的価値観に対するリスクをもたらす（確信度が高い）とされている²²⁰²⁰⁰¹）。また、灌漑は、多くの地域で干ばつリスクと気候影響を低減するのに効果的であり、いくつかの生計上の便益があるものの、地下水その他水源の枯渇の加速や土壌の塩害の増大といった潜在的な悪影響を回避するための適切な管理が必要である（確信度が中程度）としている²²⁰²⁰⁰²）。

日本における 2019 年の都市用水の取水量約 252 億 m³/年の水源は、河川水が約 195 億 m³/年（構成比約 77%）、地下水が約 57 億 m³/年（同約 23%）となっている。また、地域別、用途別の地下水依存率についてみると、都市用水は関東内陸、東海、北陸、中国山陰、南九州で、農業用水は関東内陸でそれぞれ高くなっており、両者を合わせると関東内陸、東海、四国、南九州において高くなっている。特に関東内陸では全国平均の 2 倍程度の高い依存率となっている²²⁰²⁰⁰³）。

気候変動による日降水量や降水の時間推移の変化に伴う日本国内の地下水位の変化の現状については、現時点で具体的な研究事例は確認されていないが、過剰な地下水の採取を行えば地盤沈下が進行することなどが指摘されている²²⁰²⁰⁰³）。

地下水の過剰な採取による地盤沈下が、東京都江東地区では大正の初期から、大阪市西部では昭和初期から認められ、昭和 30 年以降は全国に拡大し、昭和 40 年代には、全国各地で年間 20 cm を超える沈下が認められている。こうした広域的な地盤沈下は、その後の地盤沈下対策により概ね収束傾向にあるが、現在においても一部地域で地盤沈下が収束していない地域がある。また、渇水年においては、表流水の不足から地下水の揚水量が大きくなることにより地盤沈下が進行する場合があります。今後も地下水の適正な保全及び利用を図っていく必要がある。特に臨海部では、地下水の過剰採取によって帯水層に海水が浸入して塩水化が生じ、水道用水や工業用水、農作物への被害等が生じている地域があることも報告されてい

¹⁷ 透水性の土質の地下で地下水（淡水）が海水（塩水）の上にレンズ上の形で浮いている状態のこと。

る ²²⁰²⁰⁰³⁾。

関東平野北部でも、地盤沈下は沈静化傾向にあるが、過去、地下水揚水量の多かった年には沈下面積が増加している。これだけでは渇水との関係性に言及はできないが、将来気候変動により渇水が生じ、地下水揚水量の増加が生じれば、地盤沈下面積の増加という影響につながる可能性が示唆される ²²⁰²⁰⁰⁴⁾。

利根川・荒川流域を対象として渇水時の灌漑水の不足ポテンシャルを算出し、実測の地下水位及び地盤変動量との比較検討を実施した研究では、推計した灌漑水不足ポテンシャルの時系列変動が月別の地下水位情報から読み取れる水位低下時期や年々の地盤変動量の推移とも整合し、また既往の渇水イベント時に地下水の汲み上げが多くなり、地盤沈下が進行したこととも整合する結果が得られている ²²⁰²⁰⁰⁵⁾。

海面水位の上昇による地下水の塩水化については、南大東島内の地下水や湖水の性質と化学的成分を分析し、海水の地下水への侵入を調査した研究において、湖と北岸を結ぶ亀裂が海水の浸入を促し、湖水の塩分に影響を及ぼしており、近い将来、海面水位の上昇が進行すれば、内陸への海水の浸入が促進されることは確実であるとしている ²²⁰²⁰⁰⁶⁾。また、高波の発生により飲用利用されている井戸水に海水が流入する塩水被害も報告されている ²²⁰²⁰⁰⁷⁾。

近年では、地球温暖化に伴う海面水位の上昇や高潮氾濫、渇水の頻発化・長期化によって、小規模な島の淡水レンズが縮小する可能性が指摘され、また過剰揚水によって既に縮小した事例も報告されている ²²⁰²⁰⁰⁸⁾。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 地下水位については、複数の地域において低下することが予測されている。一方、一部の地域においては涵養に適度な強度の降水の増加により上昇することも予測もされている。
- 海面水位の上昇によって、地下水の塩水化、島しょ部における淡水レンズの縮小が進行し、地下水を利用している地域において生活・工業・農業の各用水への影響が大きくなる可能性が予測されている。

降水・積雪・融雪の変化による地下水への影響の予測については、次の報告がある。

仙台平野では、気温の上昇や涵養率の変化による帯水層温度の上昇が予測されており、地下の温度上昇による水環境へも影響も示唆されている（SRESB1、A1B、A2 シナリオ前提とした複数の気候予測モデルによる情報を使用） ²²⁰²⁰⁰⁹⁾。

胆沢川扇状地を対象にした研究では、2081～2100 年にかけて稲作の灌漑期における地下水位の低下が予測されている（RCM20 による気候予測情報を使用） ²²⁰²⁰¹⁰⁾。

黒部川流域（富山県）において、融雪時期の変化を反映して地下水資源に影響を与える指標（流域毎の降雨量（降水量の内、雨として降った量）及び融雪量の和、地下浸透量）は、11～4 月は現在より増加、5～6 月は現在より減少する可能性が示されている。調査対象地域では地下水資源を産業用途や消雪等の日常用途に活用しているため、地下水環境の安定化への影響が懸念される（RCP2.6、8.5 シナリオを前提とした MIROC5、MRI-CGCM3 による気候予測情報を使用） ²²⁰²⁰¹¹⁾。また、富山湾片貝川扇状地においては、月降雨量の増加による地下水位の上昇に伴い、海底地下水の湧出量の増加も予測されている ²²⁰²⁰¹²⁾。

武蔵野台地（関東地方）を対象に RCP4.5 シナリオを用いた研究では、2013～2050 年において、適度

な強度の日降水量の増加が地下水位の上昇に大きく影響していることが示されている²²⁰²⁰¹³⁾。

京都盆地を対象にした研究によると、2075～2099 年にかけて地下水位が低下する可能性が高い地域がある（SRESA1B シナリオ前提とした MRI-AGC3.2H による気候予測情報を使用）ことが予測されている²²⁰²⁰¹⁴⁾。

大雨や融雪による地下水供給の増加は地すべり等の斜面災害の発生に大きく関係することから、降雨・降雪は重要な誘因の一つである。大規模な深層崩壊は、月あるいは季節的な降水量の影響とそれによる地下水の変動の影響を受ける²²⁰²⁰¹⁵⁾。また、斜面災害の多発、これまで想定していなかった場所での災害の発生、雨の降り始めから災害発生までの時間の短縮、災害規模の拡大、発生タイミングの変化による被害の拡大等が懸念される²²⁰²⁰¹⁶⁾。

海面水位の上昇による地下水の塩水化により、地下水の取水への影響が懸念される²²⁰²⁰¹⁷⁾。沖積平野の沿岸域において観察される塩水化現象をもとにした考察によると、淡水レンズが存在する島嶼地域において、海面水位の上昇による淡水レンズの縮小を予想している。また、淡水レンズの縮小に伴って塩分が上昇する可能性もあること、特にこの縮小の規模は尖った地形の島嶼あるいは半島部で大きくなるとしている。このほか、感潮域が上流に移動することで、塩水侵入の促進が想像されるとしている。さらに、河道及び帯水層の構造にも依存するが、長期的に高い海面水位が継続すれば、地下水の塩水化は河川からも進むとしている²²⁰²⁰¹⁸⁾。わが国の沖積平野にある大都市では、表流水を主水源としており、灌漑用水としても河川水利用が多いことから、地下水塩水化による水源への影響はさほど大きくないと想定している。ただし、地下水を利用している小規模自治体では、水道、工場、個人事業、農・水産業への塩水化の影響は大きくなる可能性があり²²⁰²⁰¹⁸⁾、北海道利尻島西部では、積雪の減少による地下水涵養の減少から沿岸域において海水の侵入が起き始め、将来、より大量の海水が侵入した場合は、飲料水質に影響を及ぼす恐れがあることも示唆されている²²⁰²⁰¹⁹⁾。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

現状では、地盤沈下については、概ね収束傾向にあるが、一部の地域ではまだ収束していない。また、塩水化については、沿岸部・島しょ部において影響が生じている。将来は、塩水化の影響が地下水を利用している小規模自治体において大きくなる可能性がある。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、地下水保全対策としては、上流域の森林を保全して降雨時の流出を抑制し、水田や池、河川からの涵養機能を保全して流域の健全な水循環を確保する自然涵養や、涵養量の減少を補う地下貯留を目的とする水田法（冬期湛水、転作田など）や浸透池、注入法などの人工涵養がある。ただし、注入法は目詰まりの技術的問題の解決が難しく一部地域のみ導入されている²²⁰²⁰²⁰⁾。塩水化対策としては川の瀬掘りやダムの水利用や地表・河川からの地下水涵養促進によって、地下水位の上昇や淡水圧の強化により塩水の侵入を押し戻そうとする対策などがある²²⁰²⁰²¹⁾。渇水対策としては節水強化、農業用水の利用効率化、再生水の利用促進等がある²²⁰²⁰²²⁾。

適応策の効果に関する知見として、地下水涵養の観点では、転作田に水を張ることによる人工涵養があり、長野県安曇野市では 2016 年度の試算において 97.0 万 m³ が地下に涵養された。また、塩水化対策としては川の瀬掘りやダムの水利用による涵養促進、渇水時の節水強化、農業用水の利用効率化等がある²²⁰²⁰²²⁾。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性と その確信度の評価
現状 (約 1°C上昇)	約 1.5~2°C上昇時	約 3~4°C上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 1	重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

- ✧ 【社会】地下水位の低下に伴う地盤沈下、海面水位の上昇による地下水の塩水化による生活用水への影響が一部の地域で既に発生しているが、生活の質・様式への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。
- ✧ 【経済】海面水位の上昇による地下水の塩水化による農業用水・工業用水への影響が一部の地域で既に発生しているが、産業への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 1

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の全国的な調査結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響が必ずしも気候変動によるものとは断定できないとの文献もある。

<1.5~2°C上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ✧ 【社会】海面水位の上昇による地下水の塩水化による生活用水への影響が大きくなることが予測されており、地下水を利用している地域において、生活の質・様式への影響は深刻である。
- ✧ 【経済】稲作の灌漑期における地下水位の低下、海面水位の上昇による地下水の塩水化による農業用水・工業用水への影響が大きくなることが予測されており、地下水を利用している地域において、産業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の全国的な予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3~4°C上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ✧ 【社会】海面水位の上昇による地下水の塩水化による生活用水への影響がさらに大きくなることが予測されており、地下水を利用している地域において、生活の質・様式への影響は深刻である。
- ✧ 【経済】稲作の灌漑期における地下水位の低下、海面水位の上昇による地下水の塩水化による農業用水・工業用水への影響がさらに大きくなることが予測されており、地下水を利用している地域において、産業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の全国的な予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が高い。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が高く、人工的な地下水涵養などの適応策が一部で進められているが、川の瀬掘りなどの追加的な適応策は、十分な効果が発揮されるまでに長時間を要することから、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(3) 水需要

ここでは、主に気温上昇や降水条件の変化による生活用水、工業用水、農業用水等の水需要量の変化について扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 生活・工業用水については、都市において気温上昇に応じて水使用量が増加している（東京では、最高気温が1℃上昇すると水使用量が0.7%増加）。
- 農業用水については、高温障害への対応として、田植え時期や用水時期の変更、掛け流し灌漑の実施等に伴う水使用量の増加等の影響が見られる。

生活・工業用水の需要については、実績に基づく気温上昇程度に応じた水使用量の増加に関する研究によれば、東京では最高気温が1℃上昇すると水の使用量が0.7%増加すること、小口径では影響が少なく中口径・大口径の契約者で影響が大きいことが示されている²²⁰³⁰⁰¹⁾。

農業用水の需要については、高温障害による掛け流し灌漑の実施に伴う需要増加などが報告されているほか、営農実態調査から、高温時の営農対策として取水量を増やす等、一時的に用水需要が高まる傾向がみられる²²⁰³⁰⁰²⁾。

鳥取県北栄町にある調査圃場（芝畑）を対象とし、土壌のタンクモデルを用いて、1979～2019年の41年間における毎年の灌漑必要水量を推定した研究では、灌漑必要水量は有意な増加傾向であり、41年間における灌漑必要水量の増加率は15%であることが示されている。灌漑必要水量の増加要因としての割合は、「平均気温の上昇」と「最大連続干天日数の増加」をあわせると81.1%にのぼり、増加要因のほとんどを占めていたことが示唆されている²²⁰³⁰⁰³⁾。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 生活・工業用水については、気温の上昇による需要の増加が予測される一方、人口減少も考慮すると21世紀中頃の必要量は確保されることが予測されている。
- 農業用水については、平均気温の上昇や降水パターンの変化に加えて、田植え日の変更によっても水需要が変化することが予測されている。収量が最多となる田植え日を選択した場合の21世紀中頃の水需給バランスは、融雪出水により3～5月の水供給量が大きい北海道・東北・北陸・近畿・中国日本海側で改善、6～8月の水供給量が大きい関東・中部・近畿・中国瀬戸内海側・四国・九州で悪化することが予測されている。

生活・工業用水の需要については、気温の上昇による飲料水・冷却水等都市用水の需要の増大を予測する報告がある²²⁰³⁰⁰⁴⁾。その一方で、気候変動・将来の人口・経済発展を考慮して2050年の水供給・水需要を推定した研究においては、国内の人口の減少傾向も関係し、生活用水・工業用水の必要量が将来的に確保される²²⁰³⁰⁰⁵⁾ことが予測されている。また、松山市では将来人口の減少及び世帯構成変化により、総家庭用水需要が減少し、2007年同様の渇水期ではダム貯水量が増加する²²⁰³⁰⁰⁶⁾ことも予測されている。

農業用水の需要については、田植え日の変更や平均日降水量の減少、平均気温の上昇などによる水需要の変化が予測されている。

全国の 77 地点の利水基準点と作柄表示地帯（水稻の作柄を表示する区域として、都道府県を水稻の生産力により分割したもの）において、21 世紀中頃までを対象に、収量が最多となる田植え日を選択した場合の水需給バランスを計算した研究では、融雪出水があり 3～5 月の流量が大きい豪雪地帯を中心とした地域（北海道・東北・北陸・近畿・中国日本海側）では水需給バランスが改善し、灌漑期後半にあたる 6 月下旬～8 月の流量が大きい西日本を中心とした地域（関東・中部・近畿・中国瀬戸内海側・四国・九州）では悪化する傾向が予測されている（RCP2.6・RCP4.5・RCP8.5 シナリオを前提として複数の気候予測情報を使用）²²⁰³⁰⁰⁷）。

三重県の土地改良区を対象に、RCP8.5 シナリオに基づく 150 年連続実験データを用いて、水稻生育日数と収量、そしてダム貯水率と水ストレスの経年変化を分析した研究では、収量の増加傾向は 2070 年ごろから停滞に転じ、年を経るにつれてダムの渇水時期が早まるとともに水ストレスは増大することが予測されている²²⁰³⁰⁰⁸）。

松山市を対象とした研究において、2071～2100 年における平均日降水量の減少により、灌漑水量を現在と比較して 30%程度増やさないで水ストレスによる水稻の生育阻害要因を除去できない可能性があることが予測されている（SRESA1B、A2 シナリオを前提とした CGCM3 の気候予測情報を使用）²²⁰³⁰⁰⁹）。

九州では 2030 年代に水田の蒸発散量増加による潜在的水資源量の減少が予測されていることから、その他の地域も含め、気温の上昇によって農業用水の需要が増加することが想定されとしている²²⁰³⁰¹⁰）。

鳥取県北栄町にある調査圃場（芝畑）を対象とした研究では、再現期間 10 年の計画灌漑水量を決定しても、平均気温の上昇や最大連続干天日数の増加によって灌漑必要水量が増加していくため、計画決定時よりも早い年から既に 10 年より短い再現期間で灌漑必要水量が計画灌漑水量を超えてしまい、利水安全度は年々低下していく可能性が示されている²²⁰³⁰⁰³）。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

現状では、特に強い影響を受けている地域・対象についての知見は確認できていない。将来は、農業用水について、収量が最多となる田植え日を選択した場合、豪雪地帯を中心とした地域では水供給バランスが改善し、灌漑期後半にあたる 6 月下旬～8 月の流量が大きい西日本を中心とした地域では水供給バランスが悪化する傾向にあるとの報告がある。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、飲料水・冷却水等都市用水の需要については、生活用水の漏水防止対策、再生水の利用促進、節水などがある²²⁰³⁰¹¹）。農業用水の需要については、既存の水利ストックを活かすための農業水利施設の補修・補強工事²²⁰³⁰¹²）、農業用水の取水口の更新や遠方監視・制御システムの導入²²⁰³⁰¹¹）、田植え日の変更²²⁰³⁰⁰⁸）などがある。また実際に渇水が起きた際には、段階的な節水・水道水の汲み置き・渇水弱者の自主避難等の呼びかけなどの対策がある²²⁰³⁰¹³）。

適応策の効果に関する知見として、漏水防止対策の進展によって、上水道事業における有効率は 92.3%（令和 4 年度水道統計）と極めて高い水準にある。農業用水については、取水口の更新や遠方監視・制御システムの導入により、施設の管理労力の大幅な削減を図るとともに、安定的な水供給と地域全体への

公平な用水配分を実現している。

田植日の変更については、平均収量の最大化という観点では田植日を早めることが望ましく、安定した灌漑補給という観点では田植日を遅らせることが望ましいことが予測されている²²⁰³⁰⁰⁸⁾。

カリフォルニア州では、ウォーターバンク（地下水バンク）を活用して、湿潤な年に余剰水を地下に蓄え、乾燥した年に取り出すことで、水供給の安定化を図っている²²⁰³⁰¹⁴⁾。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性と その確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 1	重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 2 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

- ✧ 【社会】生活用水の使用量の増加が既に発生しているが、生活の質・様式への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。
- ✧ 【経済】工業・農業用水の使用量の増加が既に発生しているが、産業への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 1

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の事例がごく少数の学術文献・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ✧ 【社会】生活用水については、気温の上昇による需要の増加が予測される一方、人口減少も考慮すると 21 世紀中頃の必要量は確保されることが予測されており、生活の質・様式への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。
- ✧ 【経済】農業用水については、平均気温の上昇や降水パターンの変化に加えて、田植え日の変更によっても水需要が変化することが予測されており、収量が最多となる田植え日を選択した場合、西日本を中心とした地域で水需給バランスが悪化するとされており、農業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ✧ 【社会】生活用水については、気温の上昇による需要のさらなる増加が予測される一方、人口減少も考慮すると 21 世紀中頃の必要量は確保されることが予測されており、生活の質・様式への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。
- ✧ 【経済】農業用水については、平均気温の上昇や降水パターンの変化に加えて、田植え日の

変更によっても水需要が変化することが予測されており、収量が最多となる田植え日を選択した場合、西日本を中心とした地域で水需給バランスが悪化するとされており、農業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 2

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が高い。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】—

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

3.3. 自然生態系分野

【気候変動により想定される影響の概略】

自然生態系分野における気候変動による影響の概略は、図 3-3 に示すとおりである。気候変動は、分布適域の変化や生物季節の変化及びこれらの相互作用の変化を通し、生態系の構造やプロセスに影響を及ぼす。加えて、自然生態系分野における気候変動影響は、生態系から人間が得ている恵み、すなわち生態系サービス¹⁸を通して、農業・林業・水産業分野や国民生活、産業経済分野へも影響が波及することが特徴である。人間社会は食料や原材料、極端な気候現象による被害の緩和、水質や大気質の向上、文化的・美的価値等の生態系が提供する様々な生態系サービスに依存している。気候変動等の影響によりこれらを提供する生態系が変容すると、提供される生態系サービスが劣化したり、喪失したりするおそれがある。

【文献数・構成等の変化】

今回の影響評価において、自然生態系分野全体では、合計 511 件の文献を引用しており、このうち、前回の影響評価から新たに追加された文献は 235 件である。項目別に見ると、「高山・亜高山帯」、「温帯・亜寒帯」、「生態系サービス」等において、文献数が特に増加している。

前回の影響評価からの構成上の変更点としては、小項目「物質収支」を大項目とし、森林生態系等における炭素・水フラックスや土壌への影響に加えて海洋生態系等における海洋酸性化や貧酸素化を含め、陸域だけでなく淡水や沿岸、海洋生態系に関する影響を取扱うこととした。

¹⁸ 生態系サービス：食料や水、気候の安定など、多様な生物が関わりあう生態系から、人間が得ることのできる恵み。

「国連の主導で行われたミレニアム生態系評価（2005 年）」では、食料や水、木材、繊維、医薬品の開発等の資源を提供する「供給サービス」、水質浄化や気候の調節、自然災害の防止や被害の軽減、天敵の存在による病害虫の抑制などの「調整サービス」、精神的・宗教的な価値や自然景観などの審美的な価値、レクリエーションの場の提供などの「文化的サービス」、栄養塩の循環、土壌形成、光合成による酸素の供給などの「基盤サービス」の 4 つに分類している。

自然生態系分野

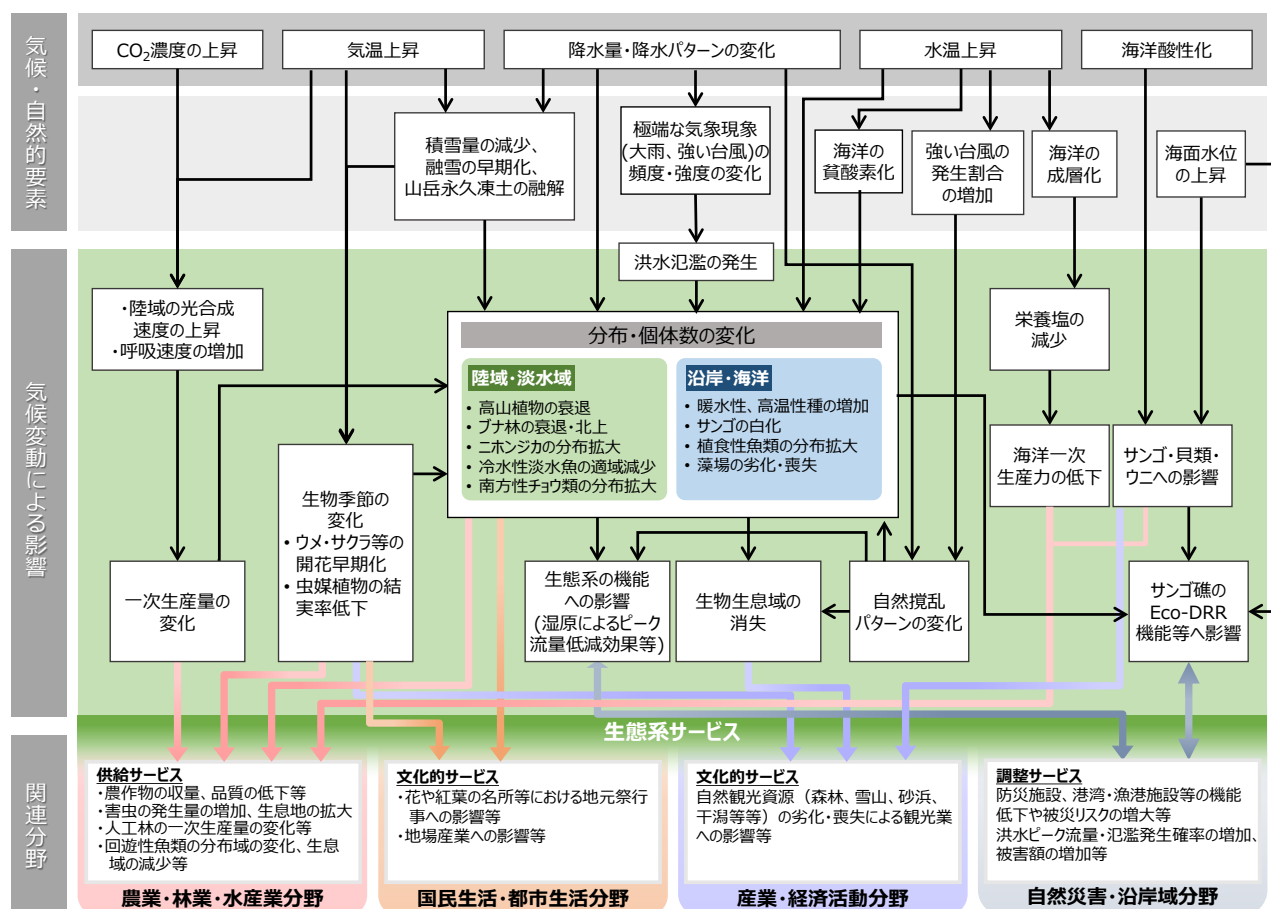


図 3-3 気候変動により想定される影響の概略図（自然生態系分野）¹⁹

¹⁹ 本図は、本報告書において引用された科学的知見の中から、国内において想定される自然生態系分野の代表的な影響を選定し、想定される気候・自然的要素（外力）との関係や他分野への影響を概略的に図化したものである。したがって、各分野の影響や項目間の関係性を完全に網羅しているわけではないことに留意が必要である。図の「気候・自然的要素」（上段）は、気候変動の直接的な影響（濃い灰色部分）と、そのほか自然生態系分野に直接的な影響を及ぼす外力（薄い灰色部分）の2段に分けている。図が複雑になりすぎるのを避けるため、気候変動の直接的な影響（濃い灰色部分）のボックス間の因果関係は表示していない。

【陸域生態系】

(1) 高山・亜高山帯

ここでは、高山・亜高山生態系における動植物や植生等の分布の変化、生物季節の変化、種構成や現存量等の生態系の構造の変化等について扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 気温上昇や融雪時期の早期化等の環境変化に伴い、高山帯・亜高山帯の植生分布、群落タイプ、種構成の変化が起きている。大規模な生態系変化としては、森林限界の急速な上昇、高山帯へのイノシシやニホンジカの侵入、高山湿生植物群落の衰退が確認されている。
- ササ類については、日本の高山帯において分布の拡大が確認されている。
 - 大雪山国立公園の高山帯全域では、過去 40 年間にチシマザサの優占面積が 31% 拡大した。
 - 立山室堂平では、1977 年から 2015 年の 38 年間にササ群落の面積は 44~260% 増加した。
 - 白山では、ササ群落やササを含む低木林やナナカマド類、ハイマツ林が増加した。
- 絶滅危惧種のライチョウの営巣環境への影響も懸念されている。
- 高山植物群落の開花期の早期化と開花期間の短縮により、花粉媒介昆虫の活動時期と開花時期のずれが発生している。
- 気温の上昇により、高山性種の昆虫の種数や個体数の減少が確認されている。

気温上昇や融雪時期の早期化等の環境変化に伴い、日本各地の高山帯・亜高山帯で植生分布、群落タイプ、種構成の変化が報告されている。具体的には下記の事例がある。

日本各地の高山帯で、ハイマツの伸長量の増加と分布域の拡大が見られる ^{3101001, 3101002, 3101003, 3101004, 3101005}。ハイマツの年枝伸長量は、夏の気温の増大により促進される ^{3101005, 3101006, 3101007}。一方で、春の雪解けの早まりにより霜害のリスクが高まり、枝枯れもしばしば起きている ^{3101003, 3101008}。

北海道大雪山五色ヶ原（高山湿生草原）では、融雪時期の早期化に伴う無雪期間の延長や土壌乾燥化により、過去 20~30 年の間にチシマザサの分布拡大 ^{3101009, 3101010} とエゾノハクサンイチゲ個体群の衰退 ^{3101011, 3101012} が進行している。大雪山国立公園の高山帯全域（203 km²）では、過去 40 年間にチシマザサの優占面積が 31% 拡大し、高山帯の 11.3% を占めるに至っていることが判明した ³¹⁰¹⁰¹³。その他、立山連峰の室堂平では 1977 年から 2015 年の 38 年間でササ群落の面積が 44~260% 増加していたこと ³¹⁰¹⁰¹⁴ や、白山の弥陀ヶ原ではササ群落・ササを含む低木林やナナカマド類・ハイマツ林の増加 ³¹⁰¹⁰¹⁵ が明らかになった。また、同期間に雪田群落における高茎草本の減少、低木種の増加、群落タイプ間の種構成の類似化等の変化が起きている ³¹⁰¹⁰¹⁶。

北海道アポイ岳では、ヒダカソウの開花日が過去 30 年間で 7.6 日早まったと推定されている ³¹⁰¹⁰¹⁷。青森県八甲田山の亜高山帯では、過去 30 年間でオオシラビソの分布域が高標高へシフトしている ^{3101018, 3101019}。また、過去 90 年間の植物群落の変化に着目した調査では、木本植物及び非高山植物の出現頻度が増加しており、これが高山及び亜高山の植物群落に与える影響が確認されている。特に、温暖化により成長期が延長され、泥炭の乾燥が進行し、これが植物群落の変化を引き起こしていると指摘されている ³¹⁰¹⁰²⁰。

北海道から日本アルプスまでの 29 の山岳を対象に、空中写真判読により森林限界の上昇速度を推定し

た研究によれば、平均の上昇速度は年間約 0.3m とされている ^{3101021, 3101022}。

ライチョウ生息地の北限に当たる妙高戸隠連山の火打山では、大型イネ科草本植物が高山草原で急速に分布拡大しており、ライチョウの営巣環境への影響が懸念されている ^{3101023, 3101024}。

富士山山頂付近においては、ヤノウエノアカゴケ群落が衰退し、維管束植物のイワノガリヤスと蘚苔類のミヤマスナゴケの侵入が拡大している ^{3101001, 3101005}。樹林帯植生のトランセクト調査を行った研究では、調査の 40 年間（1978～2018 年）で森林限界は急速に上昇し、森林限界以上の植生被覆の程度の著しい増加も確認された ³¹⁰¹⁰²⁵。

石川県白山では、越年雪溪の縮小が観察されている ³¹⁰¹⁰⁰⁶。また、2009 年から白山の植生や標高の異なる 4 地点で地表徘徊性甲虫の調査を実施した結果、高山性種の種数、個体数は減少傾向であり、近年確認されなくなった種の多くは高山性種で、新たに確認された種には低標高地に生息する種が含まれていた。特に、標高の低い雪田植生群落の調査地点では、湿潤環境を好む優占種の一部が顕著に減少していた ³¹⁰¹⁰⁰⁵。

富山県立山連峰では、県内のミヤマモンキチョウの生息地で最も標高の低いとされる弥陀ヶ原の標高 1600m 付近では本種が確認されず、森林化による草原の縮小が要因となっている可能性がある ³¹⁰¹⁰²⁶。

後立山連峰において 2007 年から実施されている赤外線センサーカメラによるモニタリング調査によれば、2015 年にイノシシが確認されており、これは同山域で初めての記録であるとされている。また、翌年の 2016 年にも 2 年連続でイノシシが確認された他、高茎草本群落でイノシシによる高山植物の掘り返し跡も確認された ³¹⁰¹⁰²⁷。また、立山アルペンルート沿いでは、2018 年には標高 1600 m 付近の地点を含む広い範囲で幼獣の記録が確認されるなど、繁殖個体が調査地域の広い範囲で生息していることが確認された ³¹⁰¹⁰²⁸。同じく立山連峰の高山帯においては、ニホンジカの侵入も確認されている ³¹⁰¹⁰²⁹。特にオスジカに関しては、6～10 月の期間において広い範囲で撮影記録があることから、恒常的な生息地となっている可能性が高いとされている ³¹⁰¹⁰²⁸。

高山帯では、春の温暖化により植物群集の開花期の早期化と開花期間の短縮が起こり、花粉媒介昆虫（マルハナバチ）とのフェノロジカルミスマッチ（生物季節間の相互関係の変化）が生じている ^{3101030, 3101004}。

本州中部の南アルプス国立公園の高山帯（標高 2700m 以上）では、1990 年代に初めてニホンジカが確認され、2000 年代以降、植生に顕著な変化が見られるようになった。南アルプスにおけるニホンジカの標高移動パターンや生息環境を調査した研究では、夏季の生息圏の平均標高は $2635 \pm 135\text{m}$ とされ、ニホンジカは高山草原を最も好み、次いでシラカンバ林や背の高い草地を好む傾向があった ³¹⁰¹⁰³¹。北岳の標高 2200m～2800m において 2010 年と 2018 年に維管束植物の構成とニホンジカによる採食状況を調査した研究では、シラカンバ林と背の高い草地群落はニホンジカの採食強度の増加を受けて、 α 多様性²⁰の有意な減少、シラカンバ林は β 多様性²¹の減少、草地は β 多様性の増加がみられ、それぞれ植物相の均質化や分化が進行したと考えられる ³¹⁰¹⁰³²。北岳の標高 2196m～2727m において 2021 年にモミ属の樹皮剥ぎを調査した研究では、ニホンジカによる樹皮剥ぎと、種内・種間競争の両方がモミ属の死亡に寄与しており、樹皮を剥ぐ草食動物が、モミ属の高標高への分布拡大を妨げる重要な要因となり得ること

²⁰ α 多様性は 1 つの場所に存在する生物の種類の豊かさを示す指標で、増加するとその場所の生態系がより多様で安定しやすくなる。

²¹ β 多様性は異なる場所間で生物の種類がどれだけ違うかを示す指標で、増加すると地域ごとの生態系の違いが大きくなり、環境の多様性が高くなる。

が示唆されている ³¹⁰¹⁰³³⁾。

気温の上昇により、高山性種の昆虫の種数や個体数の減少が報告されている。

乗鞍岳では、2019 年 7 月～9 月の調査で気温上昇によるものと考えられる鱗翅目昆虫の高山性種の種数や個体数の減少や平地と山地帯から飛来する種の増加が確認された。サザナミナミシヤクは 2016 年 8 月上旬に 342 個体、2018 年の同時期に 173 個体が飛来したが、2019 年の同時期には 8 個体しか飛来しなかった。また、2019 年はアルプスヤガの飛来がなかった ³¹⁰¹⁰³⁴⁾。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 高山帯・亜高山帯の植物種・植生及び動物について、生物の分布適域の変化や縮小が予測されている。
 - 高山帯・亜高山帯植生の分布適域が 21 世紀末にかけて全国的に減少することが予測されており、RCP2.6 シナリオで概ね現在の 30～50%程度となる地域や、RCP8.5 シナリオで分布適域が現在の 10～15%程度になる地域やほぼ消失する地域があることが予測されている。一方、一部の山岳地域等では、分布適域が拡大する樹種があることも予測されている。
 - 絶滅危惧種のライチョウの分布適域は 1.5～2℃上昇時に現在の約半分、3～4℃上昇時に現在の 0.4%になると予測されている。
 - 大雪山地域では、気候変動に脆弱な高山植生において寒冷地に特化した植生が大きく減少し、より低標高域に分布する植生に置き換わっていくことが予測されている。
- 融雪時期の早期化による高山植物の地域個体群の衰退や消滅が予測されている。
- 生育期の気温上昇と融雪時期の早期化による、高山植物群落の開花時期の早期化と開花期間の短縮化により、花粉媒介昆虫の発生時期とのミスマッチのリスクが高まると予測されている。
- 山岳の永久凍土の融解は斜面の不安定化を引き起こし、高山生態系に影響を与える可能性が予測されている。

植物種・植生、及び動物(ライチョウ)について、以下の通り分布適域の変化や縮小が予測されている。

ハイマツの分布適域を全国スケールで予測した研究によれば、現在と比較して 2081～2100 年までに分布適域は 14.7(A1B シナリオを前提とした MIROC モデルによる気候予測情報を使用)～25.0%(SRSA2 シナリオを前提とした RCM20 モデルによる気候予測情報を使用)に減少する ³¹⁰¹⁰³⁵⁾。同様にハイマツを対象として RCP2.6 シナリオ、RCP8.5 シナリオ下における将来の分布適域を推定した研究においても、21 世紀中頃から 21 世紀末にかけて全国的な適域の減少傾向が予測され、特に東北地方の山塊に孤立的に分布する個体群において適域の顕著な減少が予測されている ³¹⁰¹⁰³⁶⁾。なお、高山植物群落の被覆率の低下度合いは地形への依存度によって異なり、例えば雪田群落はハイマツ群落に比べてより顕著に低下すると指摘されている ³¹⁰¹⁰³⁷⁾。大雪山系では、温暖な夏がハイマツの分布域の拡大と成長量に正の影響を与えるが、春の気温が高いと寒さへの耐性が早く失われることにより風衝地での霜害リスクから成長に負の影響を与える可能性がある ^{3101003, 3101009)}。飛騨山脈の標高 2000m 以上の山岳地では、今世紀末までに、多雪年では 4 月下旬の積雪深が約 6 m から 4 m に、少雪年では同時期の積雪深が約 2.5 m から 1 m 未満にまで減少することが予測されており ³¹⁰¹⁰³⁸⁾、ハイマツとササの分布確率が 50%以上を示す地域が増加することが予測されている ³¹⁰¹⁰³⁹⁾。なお、ハイマツでは現在の分布域を中心にその周辺域に分布適地が拡

大する傾向が見られたのに対し、ササでは分布適地が現在の雪田植物群落へ大きく移動することが示されている。

亜高山帯の針葉樹種であるコメツガ及びシラビソの分布適域を全国スケールで予測した研究によれば、現状の分布適域のうちコメツガで 88%、シラビソで 97%が分布不適地になると予測されている(A1B シナリオを前提とした BCCR-BCM2.0 等 20 のモデルによる気候予測情報を使用) ³¹⁰¹⁰⁴⁰。

シラビソの分布適域を予測した他の研究においても、気候変動の進行に伴う分布適域の減少が予測されている。シラビソの分布南限域に当たる四国山地や紀伊半島の大峰山系では、RCP2.6 において潜在生育域がわずかに残存するが、RCP8.5 では 21 世紀末に消失すると予測された。同様に、東北地方の山地においても、潜在生育域の縮小が予測された。一方、中部山岳域では、RCP8.5 の 21 世紀末においても潜在生育域は残存すると予測された ³¹⁰¹⁰³⁶。

青森県八甲田山では、1~2℃上昇シナリオではオオシラビソの生育適地はより高所に移動するとともに生育適地が 2 つに分断されることが予測され、4℃上昇シナリオでは生育適地がほぼ消失すると予測されている ³¹⁰¹⁰¹⁹。他の予測モデルにおいても、亜高山帯林は温暖化に伴い分布域の縮小と高標高・高緯度へのシフトが予測されている ^{3101041, 3101042}。一方、北海道東部におけるアカエゾマツの年輪幅と気象要因の解析及び炭素安定同位体比による乾燥ストレスの評価では、夏の温暖化により乾燥ストレスが助長される場合には、高標高域で肥大生長（樹木の幹が成長するにつれて太くなる現象）が抑制され、森林限界が現在よりも下降する可能性も示唆されている ³¹⁰¹⁰⁴³。また、格子モデルを用いて森林限界の分布を予測した研究によれば、気候変動に伴う気温上昇により森林限界下部のオオシラビソの成長が促進されるものの、高標高帯においては強風等による枯死率が卓越することから、必ずしも森林限界が高標高へ拡大しないことも示唆されている ³¹⁰¹⁰⁴⁴。以上のように、森林帯の分布変遷予測についての見解は地域により様々であり、統一した予測は得られていない。各山域の地域性を踏まえた予測が重要である。

北海道大雪山の国立公園における高山植生(雪田草原・高山ハイデ・亜高山帯低木群落)の分布適域を予測した研究によれば、RCP2.6 シナリオを前提とした 2096~2100 年時点における予測では、分布適域面積が現在より大きく減少するものの比較的広い範囲に生育可能な条件が残存する事に対し、RCP8.5 シナリオを前提とした予測では、いずれの群落においても生育可能な条件が存在しないことが示唆されている(MIROC5、MRI-CGCM3、IPSL-CMA5A-LR モデルによる気候予測情報を使用) ³¹⁰¹⁰⁴⁵。

妙高戸隠連山国立公園の高山生態系を対象に、観光資源及びライチョウの生息環境として重要な高山植生について気候変動下における分布適域を予測した研究によれば、雪田群落の分布適域は 21 世紀末において現状の約半分程度へ減少すること (RCP8.5 シナリオ及び RCP2.6 シナリオを仮定)、ハイマツを含む高山低木群落の適域は RCP2.6 シナリオを仮定した今世紀中頃 (2040~2060 年) であってもほとんど消失することが予測されている。加えて、RCP8.5 シナリオを前提とした 21 世紀末 (2080~2100 年) においては、競合植生である亜高山帯針葉樹林の分布適域が高標高域へ拡大し、高山帯への顕著な侵入が予測されている (MIROC-5 及び MRI-CGCM3 による気候予測情報を使用) ³¹⁰¹⁰⁴⁶。大雪山における植生被覆面積を応答変数として使用した高山植生の分布確率とその将来変化を予測した結果、大雪山地域の高山植生は、気候変動によって温暖化が進むと、特に RCP8.5 シナリオ下で、亜寒帯針葉樹林に置き換わる可能性が高いことが示された。ミヤマキンポウゲやミヤマクロスゲ、ツルコケモモなどを含む雪田植生や、コマクサ、コメバツガザクラ、エゾマメヤナギなどを含む高山荒原は特に脆弱であり、RCP2.6 シナリオでも大きく減少し、少数の生育地を残すのみとなることが予測されている ³¹⁰¹⁰⁴⁷。

北アルプス中南部においては、高山植生帯の成立する環境は今世紀末に現在の 0.7%まで減少すると予

測されている³¹⁰¹⁰³⁷⁾。この結果から、ライチョウの生息に不可欠な高山植物群落の被覆率が減少することにより、ライチョウの分布適域が、2081～2100 年までに現在と比較して 0.4%に減少することが予測されている(SRESA1B シナリオを前提とした、CMIP3 に含まれる 24 の気候モデルによる気候予測値に基づく分布適域予測の中央値)^{3101037, 3101048, 3101049)}

同様に、群馬県周辺や中国・四国地方の高山帯や亜高山帯の植生を対象として、分布予測モデルと気候シナリオを用いて将来の分布適域の予測を行った研究においても、気候変動の進行に伴う分布適域の減少が予測されている。群馬県周辺の高山・亜高山帯植生（高山低木群落・高山ハイデ・雪田群落・亜高山帯針葉樹林・山地湿原等の 10 区分の植生を対象）を対象とした分布適域の予測結果によれば、各群落により変化量に違いはあるものの、すべての群落において将来における分布適域の減少が予測され、RCP2.6 シナリオを前提とした 21 世紀末（2080～2100 年）においては概ね現在の 30～50%程度に、RCP8.5 シナリオを前提とした場合には現在の 10～15%へ適域が減少すること予測されている（MIROC-5 及び MRI-CGCM3 による気候予測情報を使用）³¹⁰¹⁰⁵⁰⁾。また、中国・四国地方における亜高山帯及び冷温帯に分布する自然林の分布適域の予測結果によれば、21 世紀末には、落葉広葉樹林や冷温帯針葉樹林の分布適域が四国地域からほぼ消失し、中国地域でも高い山の山頂周辺にわずかに残る状態となる可能性が指摘されている（RCP8.5 シナリオを仮定）。これに伴い、これらの自然林を分布域とする希少植物の生育地の多くが消失することが予測されている³¹⁰¹⁰⁵¹⁾。

北海道大雪山のエゾノハクサンイチゲについて個体群動態を解析した研究によれば、融雪時期の早期化により、50 年以内に局所的な個体群消滅が起こる立地もあれば、分布変遷により個体群が維持される立地もあると予測されている^{3101011, 3101012)}。

高山植物群落の開花時期と花を利用する花粉媒介昆虫の発生時期とのミスマッチ（フェノロジカルミスマッチ）のリスクや、紅葉最盛期が遅くなることが指摘されている。具体的には下記の予測がある。

高山植物群落の開花シーズンは、気温上昇と雪解け時期の早期化により季節進行が促進される。過去 9 年間の開花フェノロジー調査と気温変動の解析により、1℃の気温上昇と 10 日間の雪解けの早期化により、高山植物群落全体の開花期間は 5 日間短縮されると予測されている。それによって、花粉媒介昆虫との種間相互作用にも影響が及ぶ可能性が指摘されている³¹⁰¹⁰⁵²⁾。

妙高戸隠連山国立公園の高山・亜高山帯における紅葉時期の変化について、衛星データから観測した紅葉における色の変化と、気温との対応関係をモデル化し、気候変動下における紅葉時期の変化を予測した研究がある。これによれば、現在気候下では 11 月中旬頃と予測されている紅葉最盛日が、RCP8.5 シナリオを前提とした 21 世紀末（2080～2100 年）においては 12 月上旬頃（MRI-CGCM3 による気候予測情報を使用）～12 月中旬頃（MIROC5 による気候予測情報を使用）へとずれ込むことが予測されている³¹⁰¹⁰⁴⁶⁾。

山岳永久凍土の劣化は、斜面の変位によりトレッキングトレイル（山道）の安定性に影響を与える可能性があり、現在の高山生態系にも悪影響を与える可能性がある。大雪山におけるシミュレーションの結果、RCP2.6 シナリオでは 2100 年までに高度下限が約 1900m まで上昇（面積としては 20km²まで縮小）すると予測され、RCP8.6 シナリオでは 2070 年頃までに大雪山系から完全に消滅すると予測された（GFDL-CM3、MIROC5、HadGEM2-ES、MRI-CGCM3、Nor-ESM による予測情報を使用）³¹⁰¹⁰⁵³⁾。

気候変動に伴う月平均気温と月降水量の増加により、亜高山帯のオオシラビソ、ダケカンバの肥大成長が促進されることが予測されている（SRESB1、A1B、A2 シナリオを前提とした BCCR-BCM2.0、CGCM3.1 等 6 つの気候モデルによる気候予測情報を使用した年輪年代学的手法による予測）³¹⁰¹⁰⁵⁴）。

ある地域に存在する生物や生産活動が、将来気候下で同様の気候条件へと移動する場合に必要な速度は、Velocity of Climate Change（以下、VoCC）と呼ばれ、その場所の気候の安定性を表す指標として用いられる。VoCC を用いて全国レベルで気候条件の安定性の評価を行った研究では、VoCC は山頂付近で極大²²となることが予測され、これは周辺により涼しい環境が残存しないことを意味している。特に北海道の大雪山や日高山脈においては、気候変動が進行すると周辺に同様の気候条件を持つ移動先が存在せず、高山帯に生息・生育する生物が気候変動に追従できない可能性が懸念されている³¹⁰¹⁰⁵⁰）。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

妙高戸隠連山や北アルプス中南部では、高山植生やそれらを生息適地としているライチョウなどの減少が特に大きいと予測されている。なお、高山植物群落の被覆率の低下度合いは地形への依存度によって異なり、例えば雪田群落はハイマツ群落に比べてより顕著に低下すると想定される。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、妙高戸隠連山国立公園において、雪田植生残存域の入山規制や、高山植生（特にハイマツ）の代替検討、侵入植生の駆除などの適応策により、ライチョウの域内保全の効果が見込まれるが、効果発現までの時間は数十年程度とされている³¹⁰¹⁰⁴⁶）。

適応策の効果に関する知見として、ライチョウへの捕食者対策（キツネ・テン）³¹⁰¹⁰⁵⁵）や比較的標高が高い植物園における高山植物の栽培³¹⁰¹⁰⁵⁶）は効果があるとの報告がある。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 3

- ✧ 【環境】ササ類の分布拡大による既存植物種の衰退が既に発生しており、その影響の範囲としてササ群落の面積が部分的に 44～260%増加した高山があることや、影響の対象として絶滅危惧種のライチョウの営巣環境への影響が出ているなど、生物種・生息地への影響は特に深刻である。

²² VoCC が大きくなると、生物はより多くの距離を移動する必要があるため、脆弱性が高まる事を示している。

- 確信度：レベル 3
 - ✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文で示されている。
 - ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

- 重大性：レベル 3
 - ✧ 【環境】一部の山岳地域等を除き、高山・亜高山帯植生の分布適域の全国的な減少が予測されており、概ね現在の 30～50%程度に減少する地域があることや、絶滅危惧種のライチョウの生息域が現在と比較して 21 世紀末までに半分に減少すると予測されており、生物種・生息地への影響は特に深刻である。
- 確信度：レベル 2
 - ✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文で示されている。
 - ✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で定量的に概ね一致している。ただし、対象種が様々であることや気候モデルを用いた種や群集の分布適地の予測については、用いる気候モデルや予測手法による不確実性に関して留意が必要である。

<3～4℃上昇時>

- 重大性：レベル 3
 - ✧ 【環境】一部の山岳地域等を除き、高山・亜高山帯植生の分布適域の全国的な減少が予測されており、概ね現在の 10～15%程度に減少する地域やほぼ消失する地域があることや、絶滅危惧種のライチョウの生息域が現在と比較して 21 世紀末までに 0.4%に減少すると予測されており、生物種・生息地への影響は特に深刻である。
- 確信度：レベル 2
 - ✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文で示されている。
 - ✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で定量的に概ね一致している。ただし、対象種が様々であることや気候モデルを用いた種や群集の分布適地の予測については、用いる気候モデルや予測手法による不確実性に関して留意が必要である。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

- 緊急性：レベル 3
 - ✧ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
 - ✧ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、ライチョウへの捕食者対策などの適応策が一部で進められているが、雪田植生残存域への入山規制といった制度整備や侵入植生の駆除などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。
- 確信度：レベル 3
 - ✧ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文で示されている。
 - ✧ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で定量的に概ね一致している。

(2) 自然林・二次林

ここでは、自然林・二次林生態系における樹木や植生等の分布の変化、生物季節の変化、種構成や現存量等の生態系の構造の変化等について扱う。なお、コメツガやシラビソ等の亜高山帯にみられる森林については、「高山・亜高山帯」で取り上げる。

(現在の状況)

〔概要〕

- 過去の気候変動に伴って、森林樹木種の多くがその分布域を北上・高標高化させている可能性がある。また、種による特徴の違いや地理的分布、攪乱や競争の影響などにより、森林タイプや場所によって分布移動の程度や方向性は異なる。
- ブナの更新について、標高が下がるとブナの実生数が大幅に減少することが報告されており、低標高域での更新の減少が示唆されている。
- 気温上昇によって、過去から現在にかけて落葉広葉樹が常緑広葉樹に置き換わった可能性が国内複数地域において確認されている。また、樹木の肥大成長について、早材成長の急速化が報告されている樹種がある。

北海道北部の天然生針広混交林においては、針葉樹の成長量の経年的な減少傾向、及び広葉樹の成長量の増加傾向が約 40 年間のモニタリング調査データの解析から確認され、針葉樹の衰退が進行している。この原因として、近年の夏季における気温及び降水量の増加、積雪量の減少によるものと結論付けられている。また、台風等に伴う風倒攪乱による優勢木の枯死が、この傾向を増強させる可能性を指摘している³¹⁰²⁰⁰¹⁾。

全国 39 地点の長期モニタリング調査地点において、2004～2012 年における樹木の生活型別の現存量の変化を解析した研究から、相対的に急速な変化とは言えないものの、各植生帯の南限・北限や上限・下限付近における現存量の変化（常緑広葉樹の分布北限付近における相対現存量の増加及び落葉広葉樹の減少、落葉広葉樹の分布北限付近における相対現存量の増加及び冷温帯性針葉樹の減少）が検知されており、気候変動に伴うとみられる樹種構成の変化が推察されている。一方、特に二次林における変化については過去の人為攪乱に基づく植生変化に起因する部分も多く、温帯林における遷移の影響を無視すると、気候変動の影響を過大評価する可能性があることに留意する必要がある³¹⁰²⁰⁰²⁾。環境省の自然環境保全基礎調査における全国の植生調査データを用い、302 種の樹木について稚樹と母樹の分布温度差を指標とした分析を行った結果、稚樹の分布が母樹に比べて寒冷方向にシフトしていることが広範に確認された。これは温暖化が進む中で、種子の発芽や稚樹の生長場所が、より寒冷な場所に進行していることを示唆している。一方で、常緑広葉樹種においては、特に島嶼地域において稚樹が暖かい方向にシフトする逆のパターンも観察された³¹⁰²⁰⁰³⁾。この現象は、島嶼地域における台風などの攪乱の増加や競合種への分散制限などにより、競争圧力の減少が寄与している可能性が考えられている³¹⁰²⁰⁰⁴⁾。

2004～2022 年において、全国の成熟林及び高齢二次林で構成される 25 調査区を対象とし、各調査区の森林を構成する生活形ごとの樹木の幹数の相対変化速度に変化が生じているかどうか、また、その相対変化速度の変化と気温の間に関係があるかを解析した。その結果、年平均気温が 6℃までの森林では、落葉広葉樹の個体数割合が増加し、亜寒帯・亜高山帯性針葉樹の割合が減少する傾向にあり、年平均気温が 8～13℃の森林では、常緑広葉樹と温帯性針葉樹の割合が増加し、落葉広葉樹の割合が減少する傾向にあ

った。さらに、2005 年を基準とした、樹木の生活形ごとの個体数と現存量の年次変動を解析した。その結果、亜寒帯・亜高山帯と冷温帯の境界付近では、亜寒帯・亜高山帯性針葉樹の個体数の緩やかな減少と、落葉広葉樹の個体数の増加が見られた。また、冷温帯と暖温帯の境界付近では、落葉広葉樹の個体数の減少と、常緑広葉樹の現存量の増加が見られた。これらより、全国的により暖かい気候を好む樹木が増加し、寒い気候を好む樹木が減少していることが示された³¹⁰²⁰⁰⁵⁾。

常緑広葉樹の分布拡大・定着については、関東甲信越周辺において地域的な報告が見られる。1961 年と 2008 年の筑波山の空中写真を用いて常緑広葉樹の分布図を作成・比較した研究によれば、すべての標高で常緑広葉樹の本数及び合計樹冠面積率の増加が認められ、その増加速度は 1961 年から 2008 年で 0.18 本/年 (1ha あたりの本数)、0.21%/年 (合計樹冠面積率) であった。筑波山の南斜面の森林は極相林であると考えられるため、この森林変化は、遷移後期種への置換ではなく気温上昇の影響である可能性が高いと考えられている^{3102006, 3102007)}。同様に、静岡県函南原生林³¹⁰²⁰⁰⁸⁾、鹿児島県柴尾山³¹⁰²⁰⁰⁹⁾の落葉広葉樹-常緑広葉樹の分布境界付近においても、過去 30~40 年間に於ける常緑広葉樹の樹冠面積率の増加が報告されている。

白神山地において、ブナの更新量を標高間で比較した研究によると、ブナの更新は中標高域と比較して低標高域で制限されており、標高が下がるとブナの実生数が大幅に減少することが報告されている。また、高標高域では低標高域よりも樹木密度が高く、胸高直径の低下に伴い密度が増加していることが示されており、低標高域での更新が減少していることが示唆されている。主な原因を特定することは困難だが、温暖化が続くと更新がさらに悪化する可能性があるとして予測されている³¹⁰²⁰¹⁰⁾。

長野県の北東部において、本来自然分布はしないシラカシの逸出・定着が確認されており、その原因の一つとして気候変動の影響が示唆されている³¹⁰²⁰¹¹⁾。

また、1970 年から 2004 年の 35 年間に於いて、ミズナラの早材成長の急速化が報告されており、春季の気温の長期的な上昇傾向との関係が示唆されている³¹⁰²⁰¹²⁾。

シダ植物の分布について、ナガバノイタチシダとマツザカシダの分布は千葉県以西とされていたが、茨城県では筑波山塊南部において確認された。また、ナガバノイタチシダは茨城県まで、マツザカシダは宮城県まで分布が北上している。これらのシダ植物の分布の変化は温暖化の影響を受けていると考えられる³¹⁰²⁰¹³⁾。

自然林における生物季節の変化としては、ダケカンバの開葉日の早期化及び黄葉日の晩期化³¹⁰²⁰¹⁴⁾が報告されている他、北海道における 19 年間のモニタリング結果と除雪実験から、春の雪解けが早い年には開花日がハチの出現日よりも早まり、エゾエンゴサクの結実率が低下する傾向が確認されている。この原因として、開花と送粉者の同調性に変化が生じ、季節的なミスマッチが発生したことが挙げられている³¹⁰²⁰¹⁵⁾。

地上部バイオマスの変化について、気候要因に起因していることが示唆されており、夏の気温が高いと地上部バイオマス増加量に正の影響があったのに対し、前年の秋の気温が高いと地上部バイオマス増加量に負の影響があったと報告されている³¹⁰²⁰¹⁶⁾。また、シカ個体数の増加に伴う下層植生の食害の増加により下層植生が劣化した森林において、下層植生としてアセビが存在する環境下では、下層植生のない環境と比較して、リターの分解速度が速くなることが報告されている。4 か月間の初期分解のみの結果だが、下層植生が単一樹種でもリター分解に正の効果が得られることが示唆されている³¹⁰²⁰¹⁷⁾。

また、森林樹木の重要な共生体である外生菌根菌には、特に夏の気温上昇が影響を与えていることが明らかにされている。夏の気温上昇が、地上部の植生の顕著な変化を伴わず、外生菌根菌群集を変化させて

いることから、温暖化による地下の微生物層の変化は目に見えないところで既に進んでおり、それらが地上部の植生の回復力に寄与している可能性が示唆されている³¹⁰²⁰¹⁸⁾。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 冷温帯林の構成種の多くは、分布適域がより高緯度、高標高域へ移動し、複数の種において 21 世紀末までに現在の分布適域が縮小・消失することが予測されている。特に本州中部以西の地域では、冷温帯構成種の分布適域の縮小、消失の可能性が高い。
 - ブナの全国の生育適域面積は、1.5～2℃上昇時には現在の 97.5%、3～4℃上昇時には 22% となることが予測されている。
 - アカガシの 21 世紀末における潜在生育域は、現在の面積の 1.09～1.20 倍となることが予測されている。
 - イチイガシの分布は SSP1-2.6、SSP5-8.5 シナリオを仮定した 21 世紀中頃に潜在生息域の総面積が現在よりも 12.24～45.21%減少すると予測されている。
- 暖温帯林の構成種の多くは、分布適域が高緯度、高標高域へ移動することが予測されており、分布適域の変化が予測されている。
- 大気中の二酸化炭素 (CO₂) 濃度の上昇は光合成速度や気孔反応等、樹木の生理過程に影響を与えると予測されている。

ブナ、アカガシなど冷温帯及び暖温帯林の主要構成種については、現在の分布を説明するモデルをもとに、温暖化シナリオに沿った将来の分布適域の変化が予測されている。これによると、高緯度、高標高域への移動にともない、冷温帯林の構成種の多くで分布適域の減少が予測され、他方、暖温帯林の構成種の多くで分布適域の移動と拡大が予測されている。ただし、実際の分布については、地形要因や土地利用の変更等による分布拡大の制限などにより縮小するという予測もあり、不確定要素が大きい^{3102019, 3102020, 3102021)}。

東アジアにおけるアカマツの分布について将来予測を行った研究 (CCSM4 による気候予測情報を使用) によれば、RCP2.6 シナリオでは、2050 年の総適地面積は現在の分布面積より 30.19%少ない約 $2.52 \times 10^6 \text{km}^2$ となり、高適地面積は 4.13%、中適地面積は 22.10%、低適地面積は 38.90%減少すると予測されている。また、2070 年の総適地面積は現在の分布面積より 36.18%少ない約 $2.31 \times 10^6 \text{km}^2$ となり、高適地面積は 12.18%増加し、中適地面積は 33.24%、低適地面積は 48.48%減少すると予測されている。RCP8.5 シナリオでは、2050 年の総適地面積は現在の分布面積より 32.73%少ない約 $2.43 \times 10^6 \text{km}^2$ となり、高適地面積は 1.50%増加し、中適地面積は 21.46%、低適地面積は 43.67%減少すると予測されている。また、2070 年の総適地面積は現在の分布面積より 36.61%少ない約 $2.30 \times 10^6 \text{km}^2$ となり、高適地面積は 2.53%、中適地面積は 38.41%、低適地面積は 45.21%減少すると予測されている³¹⁰²⁰²²⁾。

SRES A1B シナリオを前提とした CMIP3 の 20 の気候モデルによる気候予測情報を使用して常緑樹の分布を予測した研究によれば、2081～2100 年までに常緑樹 10 種 (スダジイ、ツバキ、イスノキ、コバンモチ、ホルトノキ、ガジュマル、アカメイヌビワ、タブノキ、イチイガシ、アラカシ) の潜在分布域 (種が分布する可能性がある地域) が、北部、冷温帯へと拡大すると予測されている。一方で、沖縄ではスダジイとコバンモチの潜在分布域が 23.6～38.1%減少すると予測されている³¹⁰²⁰²³⁾。

ブナ林、及びブナ個体の生育適域を予測した研究では、使用したいずれの気候シナリオにおいても生育適域面積の縮小が予測されている。全国の生育適域の面積は、現在気候では 31,374km² であったが、RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5 に基づく 2080～2100 年の気候シナリオではそれぞれ現在の 97.5%、76.3%、22.0%に減少すると予測された（MIROC5、MRICGCM3、GFDL-CM3、HADGEM2-ES の 4 つの気候予測モデルに基づく分布確率の各シナリオの中央値）。本州太平洋側では主に夏季の高温と冬季の乾燥がブナ林の分布を制限しているが、温暖化に伴い、北海道の生育適域は拡大するものの、本州太平洋側から西日本ではほとんど消滅することが予測されるため、この地域のブナ個体群は脆弱であると推定されている³¹⁰²⁰²⁴⁾。同様に、ブナを対象に将来における分布適域の予測を行った研究では、西日本の分布適域の顕著な減少が予測されている。特に、現在でも山頂部に孤立的に分布する脊振山地（福岡県と佐賀県の県境）やブナ分布南限の高隈山（鹿児島県）の適地は、RCP2.6 で大幅に縮小し、RCP8.5 ではいずれの気候モデルでも地域内から潜在生育域が消失する。一方、西日本地域においても、九州山地、中国山地、四国山地の主稜線部が潜在生育域として残る可能性があるため、各地域におけるブナの逃避地として重要な場所となり得ることが示されている（MIROC5 及び MRI-CGCM による気候予測情報を使用）³¹⁰²⁰²⁵⁾。

また、ブナとその競合種を対象に生育適域の予測を行うことで、気候変動によるブナの生育適域の減少に加えて、競合種が優占する森林への移行といった、森林タイプの変化について予測した研究がある。これによれば、現在気候下におけるブナ優占林は、気候変動に伴い 59%がミズナラ優占型、22%がコナラ優占型、8%がウラジロガシ優占型へ移行することが予測され、将来においてもブナ優占型のまま残存する森林は、現在の 11.4%となることが示された（SRES A1B シナリオを仮定した 24 の気候予測モデルによる予測情報を使用）³¹⁰²⁰²⁶⁾。ブナの稚樹と母樹の生育環境予測モデルの比較を行った研究からは、今後の気候変動に伴い、積雪量の少ない地域で稚樹の定着阻害を通した個体群の縮小が進行することが予想されている³¹⁰²⁰²⁷⁾。ブナ稚樹について、同様のモデルを用いて白神山地における将来の分布適域を予測した研究によれば、RCP8.5 シナリオにおける 21 世紀末（2080～2100 年）においては、ブナ稚樹の分布適域は現在と比較して大きく減少し、白神山地世界遺産地域においても高標高域においてのみ残存することが予測されている³¹⁰²⁰²⁸⁾。ただし、林冠にまで達したブナ高木の寿命は 200～300 年あり温暖化によりブナがすぐに枯死することはない。さらに植物の場合は種子散布によってしか移動できないため、ブナの老齢木の枯死に伴い、樹種の交替はゆっくりと進むと考えられる³¹⁰²⁰²⁹⁾。

アカガシの気候的な潜在生育域の面積を予測した研究では、現在の潜在生育域面積が 147,126km² であるところ、気候変動を考慮した今世紀末 2081～2100 年における潜在生育域は、現在の面積の 1.09～1.20 倍である 159,758～176,551km² に増加すると予測されている（RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5 シナリオを前提とした MIROC5、MRICGCM3、GFDL-CM3、HADGEM2-ES の 4 つの気候予測モデルに基づく分布確率の各シナリオの中央値）。一方、これらの結果は各個体の移動分散プロセス（ドングリが動物によって運ばれる距離や速度）や、都市等による分断化の影響を考慮できておらず、実際の分布速度を過大推定している可能性もある³¹⁰²⁰²⁴⁾。また、土地利用等の分布拡大の制限を考慮すると、現実の分布面積は縮小するという予測もある³¹⁰²⁰¹⁹⁾。

イチイガシの分布について、SSP1-2.6、SSP5-8.5 シナリオを仮定した 21 世紀中頃（2040 年代及び 2060 年代）の将来分布を予測した研究によると、将来の気候条件下では、異常気象の程度が大きくなるにつれて、イチイガシの潜在生育域の総面積は現在よりも縮小傾向（12.24%～45.21%減少）を示しており、分布域は高標高及び高緯度に移動すると予測された。また、現在の気候条件下では、気温よりも降水量がイチイガシの分布に影響していた一方、将来の分布変化に対しては、気温が主に影響を与えていることが示

唆された ³¹⁰²⁰³⁰)。

スギ天然林の将来気候下における潜在生育域は、九州や四国の低標高域、瀬戸内沿岸域で縮小が見られたのに対し、北限域以北への潜在生育域の拡大が予測されている (RCP2.6、RCP8.5 のシナリオを前提とした MIROC5 及び MRI-CGCM3 による気候予測情報を使用)。同様に、西日本の個体群では、潜在生育適域の縮小とそれに伴う山域ごとの孤立化の進行が予測されている。また、現在気候下におけるスギ天然林の潜在生育域と道南地域におけるスギ人工林分布とはよく対応しており、温暖化により潜在的にはスギ生育に適した地域が北海道に拡大する可能性が示唆されている ³¹⁰²⁰³¹)。

ブナをはじめ、冷温帯林から亜高山帯林にかけての構成種については、特に本州中部以西の地域での分布適域の減少や消失が予測されている。25 種の針葉樹種の分布適域について将来予測を行った研究 (SRESA2 シナリオを前提とした RCM20 モデルによる気候予測情報を使用) によれば、80%の樹種が 2100 年までに、現在の分布適域を失い、標高が低い地域では、分布適域の限界が平均して 293m 上昇すると予測されている ³¹⁰²⁰³²)。また、日本全域の現在と温暖化後の 3 次メッシュ気候データ (SRES A2 シナリオを使用) を当てはめ、チマキザサ節の潜在分布域を予測した結果では、2081~2100 年の潜在分布域は、本州の低地を中心に減少し、その面積は現在の 67.9%になると予測されている。特に、九州では、分布適域が完全に消滅し、四国でも石鎚山の 1 セル (約 1km²) を除いて消滅すると予測されている ³¹⁰²⁰³³)。

筑波山に生育するシダ植物の垂直分布を調査した結果から、今後の温暖化による分布の変化が推定された。温暖化による気温の上昇に伴い、それぞれの種の分布が上方に移動し、山頂付近に分布するナンタイシダ、コケシノブなどが、逃避地を失い消滅する可能性がある。低標高に分布するテリハヤブソテツやオオイタチシダ、ハチジョウベニシダ、イワガネソウなどは、低標高で個体数が増加したり、高標高へ分布を広げたりする可能性がある。また、これまで筑波山では見られなかったナガバノイタチシダやマツザカシダなどが新たに侵入してくる可能性がある ³¹⁰²⁰¹³)。

また、極端現象の変化に伴う森林の攪乱体制の変化について、日本を含む全球の天然生の温帯林・北方林を対象に、2001~2014 年の期間において、衛星リモートセンシングによる攪乱規模の定量化と気候への感度の分析を行った研究がある。これによれば、北方林・温帯林ともに自然攪乱の規模と年間平均気温・平均年降水量の間には強い関係が確認され、平年よりも暖かく乾燥している年において自然攪乱が激化することが明らかになった。このことから、将来の気候変動が温帯林・北方林における自然攪乱を大幅に増加させる可能性が示唆されている ³¹⁰²⁰³⁴)。北方林への影響に関する研究では、気候変動により台風の強度が増加した場合、大型台風による大攪乱で北方林に明るい大ギャップが形成され、土壌の乾燥、光合成系に対する強光ストレス、林床の草本の繁茂 (北海道では主にササ) などにより樹木の新規定着が阻害されることにより北方林の衰退と樹種多様性の低下が起こる可能性が示唆されている ³¹⁰²⁰³⁵)。一方、国内においては、過去に発生した台風の擬似温暖化実験に基づく予測から、温暖化条件下では北海道において森林の風倒発生確率が低下するという結果が得られているが、単一の台風の再現実験に基づく予測に限られており、一般性の高い知見は得られていない ³¹⁰²⁰³⁶)。

CO₂ の濃度上昇に伴う樹木の生理生態的特性の変化について、人工気象室や開放系大気 CO₂ 増加装置 (FACE) 等を用いた野外環境下における実験によって研究が進められている。CO₂ は光合成の基質であることから、CO₂ 濃度の上昇により光合成速度は一時的に上昇するものの、時間の経過とともに上昇した光合成速度が低下する「光合成のダウンレギュレーション」が認められる場合がある。ミズナラ・ホオノキ・シウリザクラ・サワシバを対象に自然光型の人工気象室を用いた CO₂ 濃度上昇試験を行った結果

からは、上記 4 種の全てで光合成のダウンレギュレーションが発生したことが確認されており、この原因としては個葉における窒素濃度の低下が作用したものとされている（CO₂ 濃度 720ppm を実験条件として設定）³¹⁰²⁰³⁷）。また、窒素固定能力を持つケヤマハンノキを対象とした FACE 実験では、これらの樹種に見られたようなダウンレギュレーションは確認されず、高 CO₂ 条件下においても光合成能力の上昇が持続した一方、個葉の窒素含有率の上昇によるものと見られる大規模な虫害の発生も確認された³¹⁰²⁰³⁸）。また、FACE による高 CO₂ 実験において、他の樹木の樹冠下で被陰されていたブナの苗木を対象とし、被陰していた樹木の伐採に伴う、ブナの葉の光合成特性の変化を調査した報告がある³¹⁰²⁰³⁹）。この実験において光合成のダウンレギュレーションは起こらなかったが、高 CO₂ 環境で生育したブナでは被陰が解除された後の強光環境への順化が遅れることが認められており、将来の環境において台風などによって引き起こされる倒木に伴う攪乱の後の森林動態に高 CO₂ が影響する可能性も考えられる。高 CO₂ によって葉の気孔閉鎖が起こり、蒸散速度が低下することがしばしば報告されている。そのような樹木の水分利用の変化が葉柄や幹の通水組織（道管の太さなど）にも影響するという報告もある^{3102040, 3102041}）。このような高 CO₂ 環境に対する植物の反応は、種間の生態的特性や立地条件等の違いにより大きく異なることに加え、対流圏オゾンの増加や窒素沈着等の CO₂ 以外の環境条件の変化にも影響を受けることにも留意が必要である^{3102042, 3102043}）。

北海道大学札幌実験林において北日本の冷温帯森林から採取された 11 種の落葉樹の 2 年生苗木（シラカバ、ウダイカンバ、ケヤマハンノキ、カラマツ、ミズナラ、ヤチダモ、ハルニレ、ハリギリ、ブナ、シナノキ、イタヤカエデ）を用いた 21 世紀中頃を想定した高 CO₂ 濃度下における実験³¹⁰²⁰⁴⁴）では、低窒素条件では、CO₂ 濃度の上昇により光障害のリスクが増加する可能性があるとされている³¹⁰²⁰⁴³）。4 種の落葉広葉樹（ミズナラ、ウワミズザクラ、ダケカンバ、イタヤカエデ）の苗木を対象に、3 年間の高 CO₂ 燻蒸を行った研究では高 CO₂ は、ウワミズザクラの導管解剖学、生理学的特性、樹高、形成層活動に顕著な変化をもたらし、イタヤカエデでは大きな導管の割合が増加したとされている。これらの種特異的な反応は森林動態に影響を与え、特に環孔材は気候変動による干ばつに対して高い感受性を示す可能性がある³¹⁰²⁰⁴¹）。

着葉期間等のフェノロジーについては、中分解能の衛星画像より取得した森林の着葉期間の時空間分布のデータから、落葉樹の着葉期間の日本のほぼ全域における早期化（着葉期間が 2030～39 年で 7～12 日、2090～99 年で 15～20 日早期化（SRES A1B シナリオを仮定した AGCM 3.1S モデルによる気候予測情報を使用））³¹⁰²⁰⁴⁵）、岐阜県における落葉樹の開葉日の早期化（開葉日が 2040 年代で 14 日、2090 年代で 28 日早期化（SRES A1B シナリオを仮定した MIROC による気候予測情報を使用））等についての予測が得られている。同様に、白神山地のブナ林を対象に、衛星データから観測した紅葉における色の変化と、気温との対応関係をモデル化し、将来における紅葉時期の変化を予測した研究によれば、紅葉が寒冷な高標高側から始まり徐々に麓に降りてくるという空間的な変化は変わらないものの、紅葉最盛日は 11 月下旬～12 月上旬と、現在よりも遅くなることが予測されている（MIROC5 及び MRI-CGCM3 による気候予測情報を使用）³¹⁰²⁰²⁸）。陸域生態系モデル（VISIT モデル）を用いて着葉期間を予測した研究からは、今世紀末には展葉日と落葉日がそれぞれ約 10 日早期化・晩期化するとの予測がある（領域気候モデルと SRES A1B シナリオを仮定した CMIP3 アンサンブル気候予測値による気候予測情報を使用。CO₂ 濃度は 627～641ppm を仮定）³¹⁰²⁰⁴⁶）。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

ブナ林は本州太平洋側から西日本ではほとんど消滅することが予測される。特に、現在でも山頂部に孤立的に分布する脊振山地（福岡県と佐賀県の県境）やブナ分布南限の高隈山（鹿児島県）の適地は、大幅な縮小や消失が予測されている。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、更新施工によるブナ個体群維持や紅葉予測システムの導入が挙げられる。現状ブナの更新は天然状態でも十分とされているが、更新施工によるブナ個体群維持を実施した場合、効果発現までの時間は数十年程度とされている。紅葉予測システムの導入については、効果発現までの時間は短期的であるが、現在ある全国スケールの予測は認知度が低いとされている³¹⁰²⁰²⁸⁾。

適応策の効果に関する十分な知見は集まっていない。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 3	重大性：レベル 1 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	緊急性：レベル 2 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

◇ 【環境】各植生帯の南限・北限や上限・下限付近における現存量の変化や複数地域において落葉広葉樹から常緑広葉樹への転換が既に発生しているが、その影響の範囲は樹木の現存量の変化を全国 39 地点のモニタリング調査した結果からは相対的に急速な変化とは言えず、生物種・生息地への影響は深刻ではない。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 1

◇ 【環境】ブナやアカガシなど冷温帯及び暖温帯林の主要構成種の生育適域面積の増減が定量的に予測されているが、その影響の範囲は現在と概ね変化がなく、生物種・生息地への影響は深刻ではない。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】気候モデルなどによる影響の予測結果が多数の学術論文で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

◇ 【環境】 全国の生育適域面積の減少が予測されており、その影響の範囲はブナの生育適域面積が 21 世紀末に現在の 22%となることや、複数の樹種において 21 世紀末までに現在の分布適域が縮小・消失することなど、生物種・生息地への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】 気候モデルなどによる影響の予測結果が多数の学術論文で示されている。

◇ 【知見の一致度】 影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 2

◇ 【影響の発現時期】 重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が低い。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性は低いですが、更新施行による個体群維持などの適応策は、十分な効果が発揮されるまでに長時間を要することから、概ね 10 年以内に意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】 影響の発現時期が多数の学術論文で示されている。

◇ 【知見の一致度】 影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(3) 里地・里山生態系

ここでは、里地・里山生態系における動植物や植生等の分布の変化、生物季節の変化、種構成や現存量等の生態系の構造の変化等について扱う。シカやイノシシ等の野生鳥獣による影響については、「自然生態系分野-野生鳥獣による影響」において扱う。また、紅葉など季節を感じる暮らしの影響は別途設けている「国民生活・都市生活分野-自然環境」の項目で扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 気温の上昇による、モウソウチク・マダケの分布上限及び北限付近における分布拡大が発生している。
- モウソウチク・マダケ以外の里地・里山の構成種の変化の現状について、一部の地域で、雑草の分布域や現存量の拡大等への影響や、南方系チョウ類・ガ類の増加、昆虫の分布及び生活史の変化等が起きている。
- 竹林の拡大は、森林の生物多様性の低下や生態系サービスの喪失に対する懸念を引き起こしており、竹林の稈密度が高いと光量の減少及び光質の変化により植物の発芽と成長に不利となり、植物種の多様性が低下するとされている。

植生の変化について、温暖な気候に適応したタケ類（マダケとモウソウチク）では、過去 30 年間における分布域の拡大が空中写真の分析により明らかになっており、特に両種の分布上限及び北限付近での拡大が顕著であることから、温暖化による気温の上昇が原因の一つである可能性が高い³¹⁰³⁰⁰¹⁾。竹林の拡大は、森林の生物多様性の低下や生態系サービスの喪失に対する懸念を引き起こしている。福岡市近郊の竹林における竹林拡大の特徴と植生構造に与える影響について調査した研究によると、竹林の稈密度が高いと光量の減少及び光質の変化により植物の発芽と成長に不利となり、植物種の多様性が低下することが示されている。その結果、下層植生は耐陰性が強い特定の植物のみが分布し、階層構造が単純化することが示されている³¹⁰³⁰⁰²⁾。

雑草の分布域や現存量の拡大等への温暖化の影響としては、水田雑草の発生への影響³¹⁰³⁰⁰³⁾や、熱帯・亜熱帯の水田雑草種の侵入³¹⁰³⁰⁰⁴⁾、イネ科多年生雑草チガヤの分布拡大³¹⁰³⁰⁰⁵⁾への影響が示唆されている。また、農村部及び都市部における、街路樹の成長量の急速化が、日本（札幌）を含む世界各地を対象にした研究から明らかになっており、ヒートアイランド現象及び気候変動との関連性が示唆されている³¹⁰³⁰⁰⁶⁾。また、里山構成種であるコナラやシイノキ属に対するカシノナガキクイムシの加害によるナラ枯れについて、温暖化の影響が示唆されている。ナラ枯れ発生拡大の要因としては、ナラ枯れの原因であるカシノナガキクイムシの活動が、気温上昇により梅雨時期（6 月）や秋雨時期（9 月）に活発になったことや、温暖化によってカシノナガキクイムシの脱出開始時期が早まり、樹木の感受性が高い（抵抗力が弱い）時期にカシノナガキクイムシが穿入するようになったことが示唆されている³¹⁰³⁰⁰⁷⁾。

南方系の昆虫の分布について、全国の里地のモニタリング調査において、南方系チョウ類 8 種の分布域の変化をみたところ、クロコノマチョウ、ムラサキツバメの 2 種は出現した調査サイトの割合が年々増加して 1999 年～2022 年の約 20 年間で北に拡大し、分布北限が南にある種ほど 1 年あたりの個体数増加率が高くなる傾向が見られている。また、クロコノマチョウ、ムラサキツバメを含む南方系チョウ類 19 種では記録個体数が増加したのに対し、非南方系チョウ類 44 種では記録個体数の増減は確認されてい

い ³¹⁰³⁰⁰⁸。南西諸島に関連する昆虫の分布拡大も確認されている。アギトアリは比較的近年まで鹿児島以南にしか生息していなかったが、2005 年以降、10 都府県から新たな生息地が報告された。この要因として、人為的に移入された可能性に加え、地球温暖化の影響を受けて生育適地が拡大し、分布を北上させている可能性が考えられている ³¹⁰³⁰⁰⁹。また、リュウキュウベニイトトンボはかつて鹿児島県以南に分布する種と考えられていたが、その後九州各地に分布を拡大し、近年の温暖化影響を強く受けていると考えられる。本種は東南アジアなどからの園芸用の水草の輸入に伴って移入されるが、初夏以降、亜熱帯域のような気候が維持される地域が急速に増加していることも分布の拡大に影響していると推測されている ³¹⁰³⁰¹⁰。京都市北郊の里山景観において 1930 年代からのチョウ類相の長期変化を分析した研究からは、2000 年代以降に南方系のチョウ類が確認されるようになったことが明らかになっており、温暖化傾向との関係が推察されている ³¹⁰³⁰¹¹。2020 年に実施された奈良県飛鳥地域における昆虫相調査においては、オガタマヒメハマキ、シマケンモン、アサケンモンなどの南方系の種が新たに確認され、気候変動との関連が示唆されている ³¹⁰³⁰¹²。

日本の主要なマルハナバチ 6 種の分布変化を調査した研究によると、トラマルハナバチ、オオマルハナバチ、クロマルハナバチ、ミヤママルハナバチ、ヒメマルハナバチの 5 種の推定生息域は縮小した一方、コマルハナバチの生息域は拡大した。推定された生息域の高度下限は、気温の上昇とともに高くなっており、気温上昇の影響が示唆されている。また、特に北海道で生息域の縮小が深刻であると示唆されている ³¹⁰³⁰¹³。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- モウソウチク・マダケについて、分布適域の高緯度・高標高への拡大が予測されており、東日本における生育適地の面積割合は、現在の約 35%から、1.5～2℃上昇時には 46～54%への上昇、3～4℃上昇時には 61～83%への上昇することや、北海道南端まで広がることが予測されている。
- より温暖な南方の低標高域の一部で分布可能域が縮小する傾向もみられ、九州南部などでは、RCP8.5 を仮定した 2070 年代などで現在よりも生育確率が低下する可能性が予測されている。
- トンボ類への影響も予測されており、21 世紀中頃には日本の本州南部などのベッコウトンボの生息に非常に適した地域は、平均 35.1%減少することが予測されている。一方、ベッコウトンボの分布パターンは大幅に変化しないと予測されており、現在の分布を維持すると推定されている。
- 標高が低い山間部や日本西南部での、アカシデ、イヌシデ等の里山を構成する二次林種の分布適域は、縮小する可能性が予測されている。

里地・里山生態系を構成する景観要素の一つである二次草原の植生帯の分布は、暖温帯域以南では温暖化の影響は小さいと予測されている ³¹⁰³⁰¹⁴。標高が低い山間部や日本西南部での、アカシデ、イヌシデなど里山を構成する二次林種の分布適域の縮小が指摘されている ³¹⁰³⁰¹⁴。野生食用植物のうち、感受性の高い一部の種の生育適地の減少が報告されている ³¹⁰³⁰¹⁵。

モウソウチク・マダケについて、東日本における生育適地の将来変化を予測した研究によれば、現在の生育適地の面積割合は東日本の約 35%であるのに対し、将来の生育適地の割合が 46～48% (1.5℃上昇を仮定)、51～54% (2.0℃上昇を仮定)、61～67% (3.0℃上昇を仮定)、77～83% (4.0℃上昇を仮定) に増

加すると推定されている。また、4°Cの昇温を仮定した場合、分布北限が現在より約500km北上するとしている(RCP8.5シナリオとMRI-AGCMによる気候予測値をもとに算出したパターンスケーリングによる気候シナリオを使用)^{3103001,3103016}。また、同様にマダケ類を対象として、RCPシナリオ下における分布確率²³を推定した研究においても、分布確率の高い地域がより高緯度、高標高地域に広がることが予測されている^{3103017,3103018}。東北地方や本州中部の山岳域では、現在の気候条件下では分布確率が0.4を超える地域は広がらないが、RCP2.6を仮定した21世紀末では、低標高域を中心に分布確率が0.4を超える地域が広がることが予測されており、特にMIROC5のRCP8.5を前提とした21世紀末の予測では、北海道の低地にまで分布確率の高い地域として判定されている³¹⁰³⁰¹⁷。別の研究においても、RCP2.6を仮定した2050年代には、東北地方の沿岸域を中心に、現在竹林の拡大が問題になっている関東以西の低地と同程度の生育確率²⁴(0.5以上)である地域が広い範囲で拡大することが予測されており、RCP8.5を仮定した2070年代には、生育確率0.5以上の地域が北海道の南端にまで広がると予測されている。西日本でも、多くの地域で将来気候下ではマダケ属の生育確率が上昇する傾向が見られた(MIROC5、MRI-CGCM3モデルによる気候予測情報)³¹⁰³⁰¹⁸。一方、将来気候下ではより温暖な南方の低標高域の一部で分布可能域が縮小する傾向もみられ³¹⁰³⁰¹⁷、九州南部などでは、RCP8.5を仮定した2070年代などで現在よりも生育確率が低下する地域が見られた³¹⁰³⁰¹⁸。

富山県において、RCP8.5を仮定した2090年代には、2020年代よりも3.8°C高くなると予測されており、長期的には気温がトンボ類(アキアカネ・ノシメトンボ)の個体数減少を促進する可能性が示唆された。しかし、気温の影響を定量化するためには、様々な地域におけるトンボ個体群のモニタリングと、生息域に対応する他の環境要因を考慮した統計解析が必要とされる³¹⁰³⁰¹⁹。

世界のベッコウトンボの21世紀中頃(2050年代と2070年代)の潜在的分布を予測した研究によると、日本の本州南部などの非常に生息に適した地域は継続的に減少し、平均35.1%減少することが予測されている(RCP4.5、RCP8.5を仮定したCCSM4による気候予測情報を使用)。一方、将来の気候変動下においても、ベッコウトンボの分布パターンは大幅に変化しないことが予測されていることから、将来の気候変動で適地が失われる可能性があるとしても、ベッコウトンボは現在の分布を維持すると推定される。また、現在と将来の気候シナリオ間のニッチ比較では、ニッチ重複値は68%(現在とRCP8.5における2070年代)から92%(現在とRCP4.5における2050年代)の範囲であることが予測されており、ベッコウトンボのニッチは異なる気候条件下でも類似していることが示されている³¹⁰³⁰²⁰。

水ストレスが稲の成長に与える影響を実験した研究では、植物の成長に与える影響が主に土壌の水分量の変化によるものであると報告されている。干ばつによって土壌の水分が減ると、植物の気孔は閉じがちになり、これにより植物が水分を失うのを防ぐと同時に二酸化炭素の取り込みが減少し、光合成の効率が低下すると考えられている³¹⁰³⁰²¹。

人為の影響下で形成されている里地・里山生態系を構成する生物群について温暖化の将来影響についての検証事例は乏しく、今後の研究が望まれる。

²³ 分布確率は0から1の連続値で示される。値が1に近いほど気候条件的に分布可能性が高く、0に近いほど気候条件的に分布可能性が低くなる。

²⁴ 生育確率はある場所で、ある植物が育つ可能性の高さを表す数字。0に近いほどその植物がほとんど育たない可能性が高くなる。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

里地・里山生態系の構成種の分布適域が縮小する可能性があり、特にアカシデやイヌシデなどの二次林種が影響を受けるとされている。

竹林の稈密度が高い地域では、光量の減少や光質の変化により植物の発芽と成長が不利になり、植物種の多様性が低下している。また、マダケ属の分布について、本州中部以北の高標高域や高緯度地域を中心に、広い範囲で生育確率が上昇すると予測される。

昆虫の分布変化について、リュウキュウベニイトトンボが九州各地に分布を拡大し、近年の温暖化影響を強く受けていると考えられている。北海道ではトラマルハナバチ、オオマルハナバチ、クロマルハナバチ、ミヤママルハナバチ、ヒメマルハナバチの生息域の縮小が深刻である。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、生物が移動・分散できる経路の確保等による生態系ネットワークの構築が挙げられる。樹林の連続性確保による生態系ネットワーク形成を想定した、樹木の植栽と天然下種更新補助作業は適応策となり得るとされている³¹⁰³⁰²²⁾。また、竹をパルプやバイオマス燃料などに工業的に利用していくことも竹林の拡大防止やそれにかかる費用の低減として各地で取り組みが進められている³¹⁰³⁰²³⁾。

適応の効果に関する十分な知見は集まっていない。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状 (約 1°C 上昇)	約 1.5~2°C 上昇時	約 3~4°C 上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 2	重大性：レベル 1 確信度：レベル 2	重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 2 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

◇ 【環境】モウソウチク、マダケの過去 30 年間における分布上限及び北限付近における分布域の拡大や、南方性の昆虫の分布変化が既に発生しているが、その影響の範囲はモウソウチク、マダケ以外については一部の地域に限定され、生物種・生息地への影響は深刻ではない。

➤ 確信度：レベル 2

◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で異なっている。

<1.5~2°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 1

◇ 【環境】東日本におけるモウソウチク、マダケの生育適地の面積割合の上昇が予測されているが、その影響の範囲は東日本で現在の 35% から 46~56% への小幅な上昇と予測されており、生物種・生息地への影響は深刻ではない。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】気候モデルなどによる影響の予測結果が多数の学術論文で示されている。ただし、人為の影響下で形成されている里地・里山生態系を構成する生物群について温暖化の将来影響についての検証事例は乏しい。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3~4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ 【環境】東日本におけるモウソウチク、マダケの生育適地の面積割合の上昇が予測されており、その影響の範囲は現在の約 35%から 61~83%へ上昇することや、生育適地が北海道の南端まで広がるなど、生物種・生息地への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】気候モデルなどによる影響の予測結果が多数の学術論文で示されている。ただし、人為の影響下で形成されている里地・里山生態系を構成する生物群について温暖化の将来影響についての検証事例は乏しい。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 2

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が低い。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性は低いが、生態系ネットワーク形成に資する樹木の植栽や天然下種更新補助作業等の生態系回復措置などの適応策は、十分な効果が発揮されるまでに長時間を要することから、概ね 10 年以内に意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で異なっている。

(4) 人工林

ここでは、スギやヒノキ等の人工林生態系における成長量の変化や生育適地の変化を扱う。なお、人工林における病虫害や風害などの産業としての林業と関係が深い影響は、「農業・林業・水産業-木材生産（人工林等）」において取り上げる。

（現在の状況）

〔概要〕

- 一部の地域で、気温上昇と降水パターンの変化による水ストレスの増大により、スギ林の衰退が指摘されている。

1960 年代以降は、九州地方を中心とする西南日本においてスギ壮齢林の乾燥被害が報告されている。関東、関西、瀬戸内地域の平野部では、1970 年代からスギ衰退現象が報告されている。スギは生理的適地が湿潤で肥沃な立地であることから、大気乾燥化による水ストレスの増大がこうした衰退の原因と指摘されている。また、近年、宮崎県ではスギ造林木の干害が増加する傾向にあり、気温上昇と降水の時空間分布の変化が関係していることが示唆されている³¹⁰⁴⁰⁰¹。

北海道十勝地方のカラマツ林においては、土壌凍結深と年輪指数²⁵に負の相関関係が確認され、凍結深が深くなるほど年輪指数が低下する傾向が、32 年間の長期観測データより得られている³¹⁰⁴⁰⁰²。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 現在より 3℃気温が上昇すると、年間の蒸散量が増加し、特に年降水量が少ない地域で、スギ人工林の脆弱性が増加することが予測されているが、生育が不適となる面積の割合は小さい。
- 2050 年までの影響予測では、九州や四国で人工林率が高いこと、高蓄積で呼吸量の多い 40～50 年生の林分が多いことから、炭素蓄積量及び吸収量に対してマイナスに作用すると予測されている。
- 温暖化の進行に伴い、全国でマツ枯れ危険域が拡大すると予測されているが、21 世紀末頃にはシナリオ間で危険域に大きな差が生じ、450s シナリオで約 27%、550s シナリオで約 37%、BaU シナリオで約 51%に達すると予測されている。

現在の気候下では、スギの年間蒸散量は、日本北部で 450mm/年、南部で 850mm/年であるが、3℃の気温上昇下では、年間 65mm/年～100mm/年増加し、特に年降水量が少ない地域で、スギ人工林の脆弱性が増加する³¹⁰⁴⁰⁰³。さらに、有効保水容量含水率（土壌保水力）及び、年蒸散量と年降水量の比（蒸散降水比）を水分環境の指標として、2081～2100 年にスギの生育が不適となる閾値以上の値を示す地域は、現在の環境下では全スギ人工林 4,500,000ha 中の約 24,000ha であるが、温暖化シナリオでは約 43,000ha に増加する³¹⁰⁴⁰⁰¹。実際のスギ林で土壌を乾燥させる実験を行い、スギ成木の水利用の仕方と成長を調べた研究では、土壌が強く乾燥すると、特に夏において日中の葉への水の供給が不足するため、気孔が閉じて光合成速度が低下することがわかり、土壌の乾燥が長期間続くと、スギの成長が低下する可

²⁵ 年輪指数は、樹幹木部の相対的な成長度合いを表す指標。1.0 を基準に、値がそれより大きくなると年輪幅は広く、小さくなると狭くなることを示す。

能性が示された [3104004](#))。

また、気温が上昇すると光合成の面で有利になるが、同時に呼吸量も増加することから、正味での生産量に気候変動が与える影響を予測した報告からは、生産量の増加 [3104005](#), [3104006](#), [3104007](#)) 及び減少 [3104008](#), [3104009](#), [3104006](#), [3104007](#)) のいずれの結果も確認されている。SRES A1B シナリオを前提とした MIROC-3.2hi モデルによる気候予測情報を用い、2050 年までの影響を予測した場合、気温が高く、森林呼吸量が多い九州や四国で人工林率が高いこと、高蓄積で呼吸量の多い 40 から 50 年生の林分が多いことから、呼吸量増加の影響が大きく、日本全体で見ると、気温上昇の影響が炭素蓄積量及び吸収量に対してマイナスに作用するため、呼吸の増大による炭素の損失の影響が、卓越する結果となった [3104008](#))。同様の傾向を示した報告として、プロセスモデルを用いて 2050 年の九州(高山帯を除く)のスギ一次生産を算出した研究からは、気温上昇に伴う呼吸量の増加によりスギ一次生産力は低下することが示唆されている(2050 年までに対象地域において年平均 0.9°C の気温上昇を想定した MIROC-h3.2 モデルによる気候予測情報、3PG プロセスモデルを使用) [3104009](#))。一方、九州地方のスギ人工林について、プロセスモデルを用いて 2071~2100 年における純一次生産を地図化した研究では、純一次生産は広範囲で上昇する一方、現時点で純一次生産が高い水準にある地域では必ずしも温暖化による純一次生産の上昇は見込めないとする報告もある(2100 年までに世界平均で 4.5°C の気温上昇を想定した MIROC5 モデルによる気候予測情報、Biome-BGC プロセスモデルを使用) [3104005](#))。さらに、Biome-BGC モデルを改良してスギの生産力(純一次生産量、NPP)の変化を推定した研究では、スギ林の純一次生産量の変化量を全国の平均で見ると、RCP2.6 でも RCP8.5 でも生産力は増加した。しかし、RCP2.6 では生産力が低下する地域も多く見られた。RCP8.5 では高二酸化炭素濃度の影響によりスギの光合成が促進され、全国的に生産力が現在よりも増加する可能性が示唆された。生産力の変化量の地域分布を見ると、東日本よりも西日本でスギ林の生産力が低下する可能性がある。また、冬と夏の季節別に見ると、冬では全国的に生産力が増加する傾向にあったが、夏では特に西日本で生産力が低下する [3104006](#))。また、5 つの気候モデル(HadGEM2-ES、MRI-CGCM3、CSIRO-Mk3-6-0、MIROC5、GFDL-CM3)の将来の気候変動予測値(2096~2100 年、PCP2.6 の気候シナリオ)及び現在の気象条件(1996~2000)を利用し、全国 12 地点の将来気候における生態系モデルを用いた純一次生産量を予測した研究では、いずれの気候モデルでも、寒冷な地域ほど純一次生産量が増加する傾向にあり、温暖な地域では純一次生産量が減少する可能性がある。特に気温上昇の大きい気候モデル GFDL-CM3 では、多くの地点で純一次生産量が減少する結果となった [3104007](#))。

スギ・ヒノキ木材生産量の 2050 年までの変化を見ると、どのような将来シナリオ(自然資本を利用する社会・人工資本を利用する社会という軸、人口が都市に集中する社会・人口が分散する社会という軸の 2 つを組み合わせた 4 つのシナリオ)でも生産量は減少する場所が多いと予測されている。さらに、自然資本利用・人口分散シナリオでは減少量が少なく、生産量の減少をもたらす主要因はスギ林・ヒノキ林面積の減少であると予測されている [3104010](#))。

冬期の高温がスギに与える影響として、冬期に高温に曝されたスギの挿し木苗の成長期の成長量が増大することや、冬期が温暖な環境で生育した沖縄のスギの晩材率が高い傾向にあることが示唆されている。しかし、冬期の高温がどの程度の影響をスギの成長に及ぼしているかは不明な点が多く、また、成長量の増大や晩材率の増加は、温暖化によるスギの収量や品質の向上に繋がる可能性がある一方で、温暖化に伴う悪影響については十分な理解が出来ていないことから、今後も継続して影響評価を行う必要がある [3104011](#))。

グイマツとカラマツを交配して作られたグイマツ雑種 F₁ による実験では、細胞壁への窒素の配分増加

や、細胞間隙から葉緑体ストロマへの CO₂ 拡散抵抗の増加が、新たな光合成抑制の要因と考えられている。また、リン (P) やカリウム (K) などの他の栄養素の欠乏も、光合成抑制に関与している可能性がある ^{3104012, 3104013}。北海道大学札幌実験林におけるグイマツ雑種 F₁ による実験では、高 CO₂ が苗木の植物器官間の乾物配分を変化させ、小さな根、細長い茎をもたらしたとされ、これらが台風や大雪による被害のリスクを高める可能性があるとされている ³¹⁰⁴⁰¹⁴。つくば市の森林総合研究所におけるスギの高 CO₂ に対する特性及び種内変異を調べた実験では、高 CO₂ はスギの光合成速度の増加と植物成長の促進に寄与したとされている ³¹⁰⁴⁰¹⁵。

温暖化は主に大気 CO₂ 濃度の上昇によるものであるが、大気 CO₂ 濃度の上昇は光合成速度や気孔反応など樹木の生理過程に影響を与えると考えられる。スギやグイマツ雑種 F₁ (カラマツとグイマツの交雑種) の苗木を対象とした FACE による高 CO₂ 実験 (スギは 550 ppm、グイマツ雑種 F₁ は 500 ppm の CO₂ 濃度設定) では光合成のダウンレギュレーションが認められず、光合成速度の増加が認められているが ^{3104014, 3104015}、人工気象室を用いたより高い CO₂ 濃度設定 (720 ppm) の実験では、グイマツ雑種 F₁ において光合成のダウンレギュレーションが認められており、その原因として葉における窒素含量の低下や光合成系への窒素の分配率の低下などが要因であると指摘されている ³¹⁰⁴⁰¹²。

マツに与える影響として、農林水産省の平成 30 年度気候変動への影響への適応に向けた将来展望 (農林水産省 (2019)) においては、温暖化の進行に伴いマツ枯れ危険域が拡大し、安定化レベルに関わらず、将来にわたりマツ枯れ危険域は拡大するという予測 (450s シナリオ、550s シナリオ、BaU シナリオを前提とした MIROC3.2-hires による気候予測情報を使用) が紹介されている。しかし、GHG 安定化濃度が最も低い 450s シナリオでは、21 世紀末頃にその拡大傾向が止まる可能性が見込まれている。450s、550s、BaU シナリオにおける全国のマツ枯れ危険域は、21 世紀中頃 (2050 年代) には、約 22%、約 26%、約 28% とシナリオ間でやや差が現れるが、21 世紀末頃 (2090 年代) にはシナリオ間で危険域に大きな差が生じ、それぞれ、約 27%、約 37%、約 51% に達すると予測されている ³¹⁰⁴⁰¹⁶。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

スギ人工林において、純一次生産の変化量の地域分布を見ると、東日本よりも西日本でスギ林の純一次生産量が低下する可能性がある。また、寒冷な地域ほど純一次生産量が増加する傾向にあり、温暖な地域では純一次生産量が減少する可能性がある。

(適応策とその効果)

代表的な適応策としてスギの施業方法の見直しと適切な苗木の選定が挙げられ、より長期的な視点から、高温や乾燥ストレスに耐性を持つスギの品種改良が進められている ³¹⁰⁴⁰¹⁷。

適応策の効果に関する十分な知見は集まっていない。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状 (約 1°C 上昇)	約 1.5~2°C 上昇時	約 3~4°C 上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 1	重大性：レベル 1 確信度：レベル 2	重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 2 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

- ◇ 【環境】 気温上昇と降水の時空間分布の変化による水ストレスの増大により、スギ林が衰退する影響が既に発生しているが、その影響の範囲は一部の地域に限定され、生物種・生息地への影響は深刻ではない。

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】 影響の事例がごく少数の学術論文で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 1

- ◇ 【環境】 マツ枯れ危険域の拡大が予測されており、その影響の範囲は 21 世紀中頃までに約 22%～28%拡大と限定的であり、生物種・生息地への影響は深刻ではない。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】 影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 影響の予測結果が文献間で異なっている。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ 【環境】 マツ枯れの危険域の拡大が予測されており、その影響の範囲は 21 世紀末頃に最大約 51%と予測され、生物種・生息地への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】 影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 影響の予測結果が文献間で異なっている。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 2

- ◇ 【影響の発現時期】 重大な影響が 21 世紀中頃に生じる可能性が低い。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性は低い、スギの施業方法の見直しと適切な苗木の選定等の技術開発は、十分な効果が発揮されるまでに長時間を要することから、概ね 10 年以内に意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】 影響の発現時期が多数の学術論文で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 影響の発現時期が文献間で異なっている。

(5) 野生鳥獣による影響

ここでは、シカ等、食害等を通して森林生態系等に大きく影響を与えられとされる野生鳥獣の分布等の変化について扱う。その他の動物種については、関係する自然生態系分野の各小項目又は小項目「分布・個体群の変動」において扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- ニホンジカやイノシシの分布を経年比較した調査から、日本全国で分布が拡大している。
- ニホンジカの生息適地が 1978～2020 年の 42 年間で約 2.7 倍に拡大し、既に国土の約 7 割に及ぶという推定結果が得られ、この要因としては、積雪量、積雪期間の減少が大きい可能性が指摘されている。また、積雪深の低下に伴い、ニホンジカの越冬地が高標高に拡大したことが観測により確認されており、豪雪地帯に生息するニホンジカが冬の間に安全な場所へ移動せず、現地に留まることで冬期に常緑多年草を集中的に採食する可能性が指摘されている。
- ニホンジカの分布拡大に伴う複数の国立公園内での植生へ食害・剥皮被害や、農作物の食害、造林木への剥皮被害及びヤマビルの分布拡大等の影響が発生している。

ニホンジカについて 1978 年と 2020 年の日本全国の分布を比較した調査によれば、1978 年に分布していた地域を中心にニホンジカの分布は大きく拡大しており、新潟県、福井県などの北陸地方や、青森県、秋田県といった東北地方などこれまで分布が見られなかった地域にも広がっている。イノシシも同様に 1978 年から 2020 年にかけて増加し、北陸地方ではほぼ全域、東北地方も青森県まで分布が拡大している ³¹⁰⁵⁰⁰¹。日光地域では、1980～82 年から 1992～93 年の 10 年間の間に、積雪量の減少に伴い、越冬地が高標高域に拡大した ^{3105002, 3105003}。また、立山連峰の高山帯においてもニホンジカの侵入が確認されている ³¹⁰⁵⁰⁰⁴。

ニホンジカの増加は狩猟による捕獲圧の低下 ³¹⁰⁵⁰⁰⁵ や、土地利用の変化・積雪深の減少 ³¹⁰⁵⁰⁰⁶ など、複合的な要因が指摘されている。土地利用、気候条件（積雪量及び積雪期間）、地形条件をもとにニホンジカの生息適地を全国的に推定した研究によると、ニホンジカの生息適地は 1978 年時点で国土の 27.7% だったのに対し、2020 年では国土の約 7 割へと約 2.7 倍に増加したことが明らかになっている ³¹⁰⁵⁰⁰¹。加えて、この増加に対する土地利用変化及び気候変動の寄与度の比較から、増加した生息適地のほとんどにおいて、気候変動による寄与のほうが土地利用変化よりも大きかったことが確認されている ³¹⁰⁵⁰⁰⁶。同様に、1978 年から 2003 年までの 25 年間で、人の居住域が拡大した都市周辺地域はシカにとって棲みにくい環境になった一方で、積雪期間が減少した地域はニホンジカにとって棲みやすい環境になったことが示唆されている ³¹⁰⁵⁰⁰⁷。また、豪雪地帯に生息するニホンジカは冬の間は安全な場所に移動し、融雪後に元の生息地に戻るため、地球温暖化による降雪量の減少は、ニホンジカの冬期の移動を減速させる可能性があり、その結果、現地に留まったニホンジカが冬期に常緑多年草を集中的に採食する可能性がある ³¹⁰⁵⁰⁰⁸。

ニホンジカの分布拡大に伴う植生への食害・剥皮被害等の影響が南アルプス国立公園や尾瀬国立公園、日光国立公園、吉野熊野国立公園、秩父多摩甲斐国立公園等で確認されている ^{3105009, 3105010, 3105011, 3105012}。加えて、ニホンジカの分布拡大に伴い、ニホンヤマビルの分布域が拡大したことが示唆されている。岩手県における報告によれば、これまで県内では確認されていなかったニホンヤマビルが県北部まで拡大し

ていることが明らかになっており、その原因としてニホンジカの分布拡大及び気温上昇に伴うニホンヤマビルの活動可能期間の長期化の可能性が指摘されている³¹⁰⁵⁰¹³⁾。

また、野生鳥獣の分布拡大による農作物や造林木への被害や、土壌の流出など社会・経済的な影響についても報告されているが、気候変動との直接の因果関係や、気候変動の寄与度については、評価されておらず、さらなる調査が必要である^{3105014, 3105015, 3105016, 3105017)}。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- RCP2.6 及び RCP8.5 シナリオにおいて、ニホンジカの生息分布確率が 50%以上の地域は 2025 年に全国の約 7 割、21 世紀中頃には 9 割を超えると予測されている。分布拡大によって植栽された苗木に対する被害や、成木に対する樹皮剥ぎ被害も全国に拡大することが予測されている。

エゾシカについて CART（データの分類ルールを偏在性等を測る指標により作成し、回帰式を作成する統計処理方法）により分布を拡大する地域と拡大しない地域を分類し、1997 年の分布から個体群圧を再計算して分布拡大予測を実施した研究によれば、2020 年ごろには、石狩・胆振支庁ではほぼ全域にエゾシカが拡大する可能性が示唆されている³¹⁰⁵⁰¹⁸⁾。

ニホンジカについて、気候変動による積雪の減少に加え、人口減少による耕作放棄地の増加を仮定し、将来の生息適地の変化を予測した研究によれば、2103 年におけるニホンジカの生息適地は、国土の 9 割以上となる $340.4 \times 103 \text{ km}^2$ に増加することが予測されている（SRES A1B を仮定した、CMIP3 に含まれる 4 つの気候モデル（CSIRO-Mk3.0、MRI-CGCM2.3.2a、GFDL-CM2.1、及び MIROC3.2 (high)）による気候予測値を使用）³¹⁰⁵⁰⁰⁶⁾。今後 100 年間、現在と同じ環境が維持された場合（現状維持シナリオ）であっても、2103 年にはニホンジカの生息域が国土の 8 割以上にまで拡大すると予測されている。さらに、人口減少にともなう居住域の縮小が進み、温暖化の進行により積雪期間が減少した場合、現在ニホンジカがほとんど生息していない多雪地域や過疎地域でもニホンジカが生息するようになり、21 世紀末にはシカの生息域が国土の 9 割以上にまで拡大すると予測されている³¹⁰⁵⁰⁰⁷⁾。また、RCP2.6 及び RCP8.5 シナリオにおいてニホンジカ（エゾシカ等亜種も含む）の生息分布を予測した研究によれば、RCP8.5 シナリオ下のほうが拡大速度が少し早いものの、どちらのシナリオでもニホンジカの生息分布確率が 50%以上の地域は 2025 年に全国の約 7 割、2050 年には 9 割を超えると予測されている。さらに、分布拡大によって植栽された苗木に対する被害や、成木に対する樹皮剥ぎ被害も全国に拡大することが予測されている³¹⁰⁵⁰¹⁹⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

豪雪地帯に生息するニホンジカは冬の間は安全な場所に移動し、融雪後に元の生息地に戻るため、地球温暖化による降雪量の減少は、ニホンジカの冬期の移動を減速させる可能性があり、その結果、常緑多年草が現地に留まったニホンジカによって冬期に集中的に採食される可能性がある。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、ニホンジカの駆除や防鹿柵の設置が挙げられる。防鹿柵の設置は、保全優先性や実現可能性が高く、ニホンジカの影響の強い場所に対して対策を行うことで、ニホンジカによる植生へ

の被害抑制の効果が期待される ³¹⁰⁵⁰²⁰⁾。

適応策の効果に関する十分な知見は集まっていない。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性と その確信度の評価
現状 (約 1°C 上昇)	約 1.5~2°C 上昇時	約 3~4°C 上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

◇ 【環境】ニホンジカの生息適地拡大による植生への食害等が既に発生しており、その影響の範囲は複数の国立公園で見られるなど、生物種・生息地への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5~2°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

◇ 【経済】及び【環境】ニホンジカの分布拡大によって植栽された苗木に対する被害や、成木に対する樹皮剥ぎ被害が予測されており、その影響の範囲は全国に拡大し、農林業、土地・水・生態系機能への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3~4°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

◇ 【経済】及び【環境】ニホンジカの分布拡大によって植栽された苗木に対する被害や、成木に対する樹皮剥ぎ被害が予測されており、その影響の範囲は全国に拡大し、農林業、土地・水・生態系機能への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、防鹿柵の設置、ニホンジカの駆除等の生態系回復措置などの適応策の実施について、できるだけ早く

意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル3

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

【淡水生態系】

(1) 湖沼

ここでは、湖沼生態系における生物季節の変化、種構成や現存量等の生態系の構造の変化等について扱う。なお、水温や水質等といった、生物以外への影響については、「水環境・水資源分野-湖沼・ダム湖」において取り上げる。

(現在の状況)

〔概要〕

- 滋賀県の琵琶湖や鹿児島県の池田湖において、暖冬により循環期の遅れや衰退、消失が発生し、湖底の溶存酸素が低下して貧酸素化する傾向が確認されている。これらの影響を1つの要因として湖沼の生物種の個体数の減少などが報告されている。
 - 琵琶湖におけるホンモロコ・ニゴロブナの個体数が激減している。
 - 琵琶湖北湖におけるアナンデールヨコエビの個体群密度が北に偏っていることが推定されている。
- 北海道の湖沼では、結氷期間の短縮や、それに伴う植物プランクトンブルームの早期化が発生している。
- 1900年代から2000年代にかけて、全国の湖沼においてオニバス、ヒシモドキ等絶滅危惧種を含む水草の種構成が変化しており、この変化には気温及び降水パターンの変動が影響している。

国内の248の湖沼を対象に、1900年代初頭から2000年代にかけての水草の種構成の変化と、気候条件を含む環境条件の関係を解析した研究によれば、対象とした58種の水草のうち3分の2に相当する種（ヒンジモ、イトクズモ、オニバス、デンジソウ、ヒシモドキ等）において、分布の変化に対する気候変動（温度上昇・降水パターンの変化）の影響が検知されている³²⁰¹⁰⁰¹）。

北海道の湖沼では、湖水フェノロジーの短縮が報告されている。サロマ湖では、観測が開始された1964年以降、湖面が完全に結氷する（全面結氷）期間は短縮傾向にあり、1990年代以降は湖面が完全に氷に覆われない年も頻繁に観察されている。全面結氷が起こらなかった2009年において行われた調査から、通常は春季に発生する植物プランクトンのブルームが2月より発生し、4月まで継続したことが明らかになっている³²⁰¹⁰⁰²）。網走湖においても、1961-2015年の55年間における解氷日と結氷期間が、それぞれ1.7日/10年、2.4日/10年程短縮しており、北半球における報告(1.9日/10年、4.3日/10年)と同様の傾向を示していることが明らかになっている³²⁰¹⁰⁰³）。湖沼生態系は、流域土地利用からの栄養塩負荷などにより、既に大きな変貌を遂げてきた。このため、温暖化のみの影響を検出しにくい状況にあり、直接的に温暖化影響を明らかにした研究は限られている。

秋田県八郎湖の水温による貧酸素化の状況を分析した研究では、水深が深い場所は、2020年8月上旬まで底層水の酸素が不足することが多く、湖底から栄養塩が溶出して水質の悪化につながる可能性がある³²⁰¹⁰⁰⁴）と報告されている。

尾瀬沼では、湖底水温が2010年から2017年までに5℃も上昇し、以前はイトミミズが優占していた深底部で、2018年にはユリミミズが優占するようになるなど、底生動物の種組成に影響を与えたと報告されている。この変化の原因として、気候変動による湖底の温度上昇が関係している可能性があるが、確かめるには、モニタリング調査と両者の温度特性の比較が必要である³²⁰¹⁰⁰⁵）。

茨城県霞ヶ浦では、衛星センサ ASTER の熱赤外（TIR）画像を用いた研究で 2011 年 7 月頃に水温がアオコ増殖に適した 25℃に達し、例年より高温だったことが要因で、8 月にアオコ量が増加したことが報告されている³²⁰¹⁰⁰⁶。また、2022 年の熱波中に低酸素が発生した原因として、弱い風による対流不足と高温・高放射による底層水の酸素消費の増加が報告されている³²⁰¹⁰⁰⁷。霞ヶ浦の湖畔の水温は、防波堤や河口にも影響されるが、湖の中心部の水温よりも昼間は高く夜間は低いという特徴があり、2022 年 7 月から 9 月にかけての湖畔水温に関する研究では最高湖畔水温が 37.4℃に達し、ワカサギやナミコハゼなどの個体数が減少したと報告されている³²⁰¹⁰⁰⁸。また、霞ヶ浦の 1979 年～2016 年までのモニタリングデータの分析によると、大雨イベントが急激な藻類変化を起こした最も可能性の高い要因であるとされ、湖水の滞留時間の関係で大雨と急激な藻類の変化の時間差は北浦湖で 0.9 ± 0.5 年、西浦湖で 2.4 ± 0.3 年と示された。このことから、水の滞留時間が数年以上の湖が、10 年以上前に発生した大雨に反応する可能性があることを示唆している³²⁰¹⁰⁰⁹。

滋賀県琵琶湖では、固有種であるホンモロコ及びニゴロブナ の個体数が大きく減少しており、その原因の一つに、富栄養化による酸素消費量の増加と、暖冬に伴う冬季の上下循環の遅れや衰退による、深層水の酸素量の低下³²⁰¹⁰¹⁰が挙げられている。一方、これらの魚類の減少要因については、気候変動に関連するもののみならず、人為的な水位操作や産卵場である内湖やヨシ帯の減少、外来生物による捕食圧の増加や過剰な漁獲圧等の影響も要因として挙げられており、複合的な影響によるものとされている³²⁰¹⁰¹¹。琵琶湖北湖における生物モニタリングによる貧酸素の影響評価を調査した研究では、アナンデールヨコエビの個体群密度を解析した結果、分布が北に偏っていると推定されている。2018、2019 年度ともに全循環が未完了で、2020 年度には 8 月～12 月まで貧酸素塊が見られており底生生物にとって深刻な状況であると報告されている³²⁰¹⁰¹²。

鹿児島県池田湖では、1977 年以降は暖冬になり、1 年を通して循環期がなくなり、湖底の溶存酸素が年を越えて次第に低下し、貧酸素層が生まれていることが明らかになっている³²⁰¹⁰¹³。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 富栄養化が進行している深い湖沼では、水温の上昇による湖沼の鉛直循環の停止・貧酸素化と、これに伴う貝類等の底生生物への影響、富栄養化の加速が懸念されている。
- 水温上昇によるプランクトンや水生生物への影響が予測されている。
 - 佐潟では湖面水温が 30℃を超える頻度が RCP2.6 の 21 世紀中頃で 20 年辺り 4 回、RCP8.5 の 21 世紀末で 20 年辺り 18 回に増加し、アオコ発生が見られるようになり、絶滅危惧種のオニバスなどの発芽後の初期成長への悪影響が予測されている。
 - 琵琶湖において 21 世紀中頃に 1℃程度の水温上昇が予測され、淡水シジミの生育への悪影響が予測されている。
- 北海道東部の厚岸湖と能取湖といった汽水湖では 21 世紀中頃及び 21 世紀末にかけて大雨の強度増加に伴い、低塩分水の流入が増加し、貝類の成長や生存への悪影響が予測されている。
- 気温や水温、降水パターンの変化によって重点対策外来種の越冬や繁殖助長が発生し、在来種の生息地減少や生態系バランスの崩壊が懸念されている。
 - 宮城県伊豆沼において、21 世紀末の 3～4℃上昇時にホテイアオイが越冬可能になると予測されている。

➤ 琵琶湖において、オオバナミズキンバイの繁殖が促進されると予測されている。

深い湖沼では、季節的な水温変化によって循環期と成層期が交互に訪れる。しかし、温暖化によりこの鉛直方向の循環が弱まると、成層期の時期が早まったり、期間が長くなったり、最悪 1 年を通して循環しなくなる可能性がある。その結果、表層水から湖底に酸素が供給されなくなり、貧酸素層が発達するため、貝類等の底生生物に多大な影響を与えると予測される。同時に、底泥からの栄養塩の溶出を促進し、富栄養化を加速することが予想される ³²⁰¹⁰¹⁴。

気候モデルから提供される気温と降水量の将来データを用いて、水質予測モデルによる水質変化を予測した結果から、国内の特定の湖沼生態系における気候変動影響を評価した研究が確認されている。これによれば、八郎湖においては、主に降水量の変化により流入負荷量が増加し、それによる湖内の夏季での植物プランクトン量が増加する傾向が見られた。また、琵琶湖においては、気温上昇等により冬季全循環が生じなくなる年が生じ、また底層水が貧酸素化する年が増えることで底層利用魚であるイサザの生息適水域の面積が減少する年が生じることが予測されている。池田湖では、湖面積に比べて流域が狭いため、降水量より気温の変化影響が大きく、現状でも確認されている冬季全循環の停止が継続するとともに、表層の植物プランクトン量が増加する傾向が見られている（RCP2.6、RCP8.5 シナリオを前提とした MRI-NHRCM20、RCP8.5 シナリオを前提とした MIROC5mid、GFDL-3CM による気候予測情報を使用） ³²⁰¹⁰¹⁵。

北海道東部の厚岸湖と能取湖の河川流入による低塩分水流入に伴うアマモ、カキ、ホタテガイ、アサリに対する影響の研究では、21 世紀中頃及び 21 世紀末に気候変動により大雨の強度が増加し、厚岸湖では低塩分水の流入が増加し、アマモや養殖二枚貝に対するリスクが高まることが示されている。特にカキは塩分が 20‰未満になると成長に悪影響が、ホタテガイは塩分が 18‰未満になると生存が難しくなるとされている ³²⁰¹⁰¹⁶。

八郎湖・琵琶湖・池田湖における気候変動の影響を分析した研究では、モデルによって大きく異なるため、各湖の特性を考慮したダウンスケーリングが必要であるとされているが、21 世紀末までに水温や降雨量の変化がそれぞれの湖の生物に与える影響が異なることが報告されている。八郎湖では冬季の氷結が減少し、底層水の貧酸素化が進行する可能性がある。琵琶湖では高温化や豪雨により固有種の減少や底生生物の分布変化が起こる可能性がある。池田湖では年間を通して循環がなくなり、酸素不足が深刻化する可能性がある（RCP8.5 シナリオを前提とした MRI-NHRCM20、MIROC5mid、GFDL-3CM による気候予測情報を使用） ³²⁰¹⁰¹⁷。

岩手県御所ダムにおける気候シナリオによるダム貯水池の 21 世紀末までの水質計算を行った研究では、将来の気温上昇や流入条件の変化によって、植物プランクトンの発生時期や濃度が変化することが示されている。また、曝気循環施設の適応によって植物プランクトンの増加傾向を低減することができるが、発生時期の早期化を防ぐのは難しいと報告されている（RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5 を前提とした WEP(Water and Energy transfer Process)モデルによる分布流出予測情報を使用） ³²⁰¹⁰¹⁸。

宮城県伊豆沼における重点対策外来種のホテイアオイの生息予測に関する研究では、RCP8.5 の 21 世紀末までに将来的な気温上昇によって本種が越冬可能になり、定着する可能性が報告されている ³²⁰¹⁰¹⁹。

琵琶湖において、植物プランクトンの成長率と環境条件の関係性をモデル化したところ、特に気温が与える影響が大きいことが明らかとなった。このモデルと、気候シナリオによる将来の気候予測情報を用いて気候変動下における植物プランクトンの成長率を予測した結果によると、現在と比較して 21 世紀中頃

及び 21 世紀末では、比較的気温上昇の小さい RCP2.6 では植物プランクトンの大きな増減は見られないが、気温上昇の大きい RCP8.5 ではアオコ形成種及びカビ臭原因種が増加することが予測されている³²⁰¹⁰²⁰。また、気候変動による侵入種に関する研究では、オオバナミズキンバイが在来生物群集に対して影響を与え、在来種の生息地減少や、生態系のバランスが崩れる可能性が指摘されており、水温の上昇や降水パターンの変化によってオオバナミズキンバイの繁殖を助長すると指摘されている³²⁰¹⁰²¹。淡水シジミのろ水速度及び生育可能条件に関する調査では、琵琶湖の水温上昇が淡水シジミの生育に与える影響が調査され、水温が 1℃上昇すると、年間成長量が 0.005～0.01 g-C y 個体⁻¹ 減少することが示されている。なお、琵琶湖の水温上昇率は 0.033～0.052℃/年とされており、このペースで進行すると 21 世紀中頃には 1℃程度の上昇が見込まれ、上記で指摘されている減少が生じる可能性がある。また、DO 濃度が低下するとろ水速度が低下し、シジミの生育に悪影響を与え、限界 DO 濃度は 2.6～4.0 mg L⁻¹ の範囲内とされている³²⁰¹⁰²²。

新潟県の佐潟において、気候シナリオによる将来の気候情報の予測値と、三次元水循環解析モデルによる解析から、水温及び湧水量の変化が水生植物に与える影響を予測した研究がある。これによれば、アオコ発生が見られるようになる湖面水温が 30℃を超える頻度が現在よりも増加し、RCP2.6 の 21 世紀中頃で 20 年辺り 4 回、RCP8.5 の 21 世紀末では 20 年辺り 18 回に上ることが予測された。これにより、水中光量の減少と、それに伴う水質悪化・底質悪化の進行、ハスやオニバス等の発芽後の初期成長に悪影響を及ぼす可能性が示されている。一方、湧水量については、いずれのシナリオでも変化は小さく、佐潟においては水収支よりも水温変化による影響が大きいことが示唆されている³²⁰¹⁰²³。

室内で 3 種のミジンコを異なった水温で飼育し、体成長を調べた実験結果において、水温の上昇に伴い、成熟サイズが小さくなることが示されており、湖沼生態系が温暖化の影響を受けると、動物プランクトンが全体的に小型化し、エネルギー転換効率が低下する可能性が示唆されている³²⁰¹⁰¹³。

さらに、湖沼では、温度上昇や CO₂ 増加により、植物プランクトン生産が上がるが、栄養塩供給が乏しい生態系では、植物プランクトンの栄養塩含量が低下し、それを餌とする動物プランクトン（ミジンコ）の成長量が低下することが室内実験により明らかになっている³²⁰¹⁰²⁴。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

湖沼の上下循環の衰退や停止などによる貧酸素化や水温上昇に起因したミミズや貝類といった底生生物への影響が特に大きいとされている。また、池田湖のような深度の大きな湖沼で、特に温暖化が鉛直混合に与える影響が大きく、現状で既に確認されている冬季全循環の停止が継続すると予測されている。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、水質改善や陸地化の防止、沈水植物の復元など³²⁰¹⁰²⁵が挙げられる。その他、豪雨による影響で激減した抽水植物・浮葉植物の復元を目的とした、それらの植物の生育を阻害するハスやヨシの刈取り作業³²⁰¹⁰²⁵も適応策となり得るとされている。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	重大性：レベル 3 確信度：レベル 1	重大性：レベル 3 確信度：レベル 1	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

- 重大性：レベル 3
 - ◇ 【環境】水生植物の分布への影響が既に出ており、その影響の対象がオニバス、ヒシモドキ等の絶滅危惧種に及び、生物種・生息地への影響は特に深刻である。
- 確信度：レベル 2
 - ◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文で示されている。
 - ◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で異なっている。

<1.5～2℃上昇時>

- 重大性：レベル 3
 - ◇ 【環境】湖面水温の上昇に伴うアオコ発生により水生植物の初期成長への影響が予測されており、その影響の対象がオニバス等の絶滅危惧種に及び、生物種・生息地への影響は特に深刻である。
- 確信度：レベル 1
 - ◇ 【知見の種類・量等】気候モデルなどによる影響の予測結果が多数の学術論文で示されている。ただし、将来予測の対象種や対象地域は限定的である。
 - ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で異なっている。

<3～4℃上昇時>

- 重大性：レベル 3
 - ◇ 【環境】湖面水温の上昇に伴うアオコ発生により水生植物の初期成長への影響が予測されており、その影響の対象がオニバス等の絶滅危惧種に及び、生物種・生息地への影響は特に深刻である。
- 確信度：レベル 1
 - ◇ 【知見の種類・量等】気候モデルなどによる影響の予測結果が多数の学術論文で示されている。ただし、将来予測の対象種や対象地域は限定的である。
 - ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で異なっている。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

- 緊急性：レベル 3
 - ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
 - ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、沈水植物の復元、水質改善や陸地化の防止等の生態系回復措置、豪雨による影響で激減した抽水植物・浮葉植物の復元を目的とした、それらの植物の生育を阻害するハスやヨシの刈取り作業などの適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。
- 確信度：レベル 2
 - ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文で示されている。
 - ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で異なっている。

(2) 河川

ここでは、河川生態系における動植物や植生等の分布の変化、生物季節の変化、種構成や現存量等の生態系の構造の変化等について扱う。なお、水温や水質等の、生物以外への影響については、「水環境・水資源分野-河川」において取り上げる。

(現在の状況)

〔概要〕

- 河川水温の上昇が生物の生育・生息適地や個体数を変化させていると報告されている。
 - 多摩川ではトビケラ類各種の標高分布平均は、平均で 30 年間に 49m 上昇していた。
 - 大阪府の淀川では冬場の海水温が 10°C を上回るとアユの遡上数が減少する傾向にある。
 - 福岡県の多々良川ではオサワイゴカイの繁殖群れのピークが変化し、繁殖成功率や個体数に影響を与えている可能性がある。
- 洪水の増加が生物の生育・生息適地や個体数を変化させていると報告されている。
 - 洪水の増加による個体（アユ等）の受動的流下と死亡率が増加している。
 - 静岡県 の狩野川では 1990 年から 2019 年にかけて河口沿岸の間隙性生物が洪水による大きな影響を受けた。
 - 宮崎県小丸川では上流域において洪水に伴う底生生物の受動的流下の促進が予想され、河川生態系が広範囲で影響を受けている可能性がある。

日本のほとんどの河川は、堰やダム構造物により取水や流量調節が行われており、本来の流況とは大きく異なっている。このため、気候変動による河川の生態系への影響を検出しにくく、温暖化の直接的影響を捉えた研究成果は少ない。一方で、淡水性魚類の繁殖時期の早期化・長期化や暖温帯性・熱帯性の水生生物の分布北上等、気候変動に伴う水温等の変化に起因する可能性がある事象についての報告が見られる。

全国の河川におけるモニタリング調査結果から、温水性の淡水魚類の確認地点の北進・東進傾向が見られる。栃木・茨城県以南（太平洋側）及び福井県以西（日本海側）に分布するカワアナゴについては、太平洋側での分布に大きな変化が確認できなかったものの、日本海側の北陸地方において分布の拡大傾向が確認されている。また、福島県以南（太平洋側）・新潟県以南（日本海側）に分布するウロハゼも、分布北端であった関東地方での確認河川数が経年的に増加している^{3202001, 3202002}。また、伊豆半島及び神奈川県 の複数の河川での調査において、神奈川県内初確認種を含む 5 種の熱帯性のコエビ類が確認されたとの報告があるが、越冬個体については温泉排水の流入がある河川等の特殊な環境以外では確認されておらず、現状ではこれらの種は無効分散であると結論づけている³²⁰²⁰⁰³。

日本の河川における放流されたアユの分布と洪水イベントの影響に関する研究では、2021 年 8 月中旬に発生した記録的な洪水イベント（過去 20 年間で 2 番目に大きな 1 日あたりの流量）により、アユの環境 DNA（eDNA）濃度がほとんどの調査地点で減少し、一部の小さな支流では増加したとされ、気候変動による洪水の増加がアユの個体を下流に移動させる可能性がある。特に放流されたアユは自然の流れに適応していないため、洪水イベントに対して脆弱であると考えられている³²⁰²⁰⁰⁴。

北海道の千歳川では、婚姻色が現れたウグイの個体の写真とその撮影時期を分析することにより、繁殖期が過去 80 年間で 3 週間ほど早期化していることが推定されており、気候変動による影響が示唆されて

いる ³²⁰²⁰⁰⁵⁾。

多摩川における河川水温と水系内の分布変化を調査した研究では、過去とくに 2009 年以降の水温上昇が認められ、トビケラ類各種の標高分布平均は、平均で 30 年間に 49m 上昇していたことが報告されている ³²⁰²⁰⁰⁶⁾。

下呂支所における調査では、アマゴ卵への影響が特に懸念されるのは 10 月の井戸水の高水温であると考えられており、要因は不明としつつも、アマゴの採卵時期である 10 月の井戸水温が 1968 年から 1972 年の測定開始当初に 14.7℃ であったのに対して 2016 年から 2020 年では 17.2℃ まで高くなっていることが報告されている ³²⁰²⁰⁰⁷⁾。

静岡県狩野川における 1990 年から 2019 年にかけての水質変化、豪雨イベントの直接影響評価、及び間隙性貝形虫類の個体数密度の変化を調査した研究では、河川水中での生態系の変化とその要因については周囲環境とも合わせ考察を進める必要があるとしつつ、河口沿岸の間隙性生物が出水イベントに大きな影響を受けたと報告されている ³²⁰²⁰⁰⁸⁾。

高知県四万十川河口域周辺では、1990 年代以降アユ仔稚魚の孵化ピークが遅くなる傾向が見られており、その原因として海水温の上昇が指摘されている ³²⁰²⁰⁰⁹⁾。また、大阪府淀川においても、大阪湾の冬場の海水温が 10℃ を上回ると、アユ遡上数が減少する傾向にあることが確認されている ³²⁰²⁰¹⁰⁾。

福岡県の多々良川におけるオサワイゴカイの繁殖時の群れ形成に関する研究では、水温上昇により、繁殖群れのピークが従来の 10 月から 12 月の期間から、12 月から翌年 1 月にシフトすることが観察されている。この変化は、オサワイゴカイの繁殖成功率や個体数に影響を与え、繁殖群れのピークが遅れることで、繁殖期に適した環境条件が変わり、繁殖成功率の低下、次世代の個体数や成長への影響の可能性があると報告されている ³²⁰²⁰¹¹⁾。

宮崎県小丸川では、気温上昇に伴い冬季における降雪が降雨に変化し、積雪量が減少したことで冬季の流量増加と春季の流量減少が確認され、上流～中流において日最大流量に有意な正の改変が確認されている。上流域において、出水に伴う底生生物の受動的流下の促進が予想され、河川生態系が広範囲で影響を受けている可能性があると報告されている ³²⁰²⁰¹²⁾。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 気温や水温が生物の生育・生息適地や個体数を変化させると予測されている。
 - 平均気温が現状より 3℃ 上昇すると、冷水魚であるアメマス及び本州イワナ（ニッコウイワナ・ヤマトイワナ・ゴギ）の分布適域が現在の約 7 割に減少することが予測されている。
 - 中国・近畿地方では平均気温の 1℃ の上昇でも、分布適域が現状の約半分に減少することが予測されている。
 - 高水温がイワナ卵の生残率を大幅に低下させることが懸念されている。
 - 21 世紀中頃から 21 世紀末にかけて、3～4℃ 上昇時に関東や中部の流水性カジカ類生息適地がほぼ消失、1.5～2℃ 上昇時には 25% 未満になると予測されている。
- 源流域のカワゲラ目の分布適域の減少、サクラマス（ヤマメ）の越夏環境の縮小や消失、アユ遡上量の減少が予測される河川がある。
- 降水パターンの変化に起因する大規模な洪水の頻度増加による、カラフトマスの産卵床の破壊・受精卵の流出による生産性の低下が予測されている。

冷水性の魚種であるアメマス及び本州イワナ（ニッコウイワナ・ヤマトイワナ・ゴギ）について、分布予測モデルを用いて生息適域の変化を評価した研究によれば、年平均気温が1℃・2℃・3℃と上昇するに従い、生息適地がそれぞれ7.3%、15.5%、28.4%減少すると予測している。特に現在の生息適域が少ない地域ほど減少率が大きく、中国・近畿地方では1℃の上昇で生息適域が現在の50%以上減少することが予測されている。一方で、北海道においては多くの流域で気温の上昇に伴い生息適域が上流方向に拡大することが予測されている。これにより、同地域のより上流側に生息する近縁種であるオショロコマとの競争が増加し、競争的に劣位であるオショロコマの生息に負の影響を与えることも示唆されている³²⁰²⁰¹³）。また、イワナ卵の発眼期及びふ化期の上限水温を推定した研究によると、発眼期の卵を80%以上生残させるために必要な水温は12.53℃以下、90%以上生残させるために必要な水温は11.93℃以下と推定された。また、ふ化期の卵を80%以上生残させるために必要な水温は11.06℃以下、90%以上生残させるために必要な水温は10.32℃以下と推定された。サケ科魚類は冷水性かつ狭温性であり、気候変動に伴う水温上昇の影響は分布南限域のサケ科魚類で顕在化しやすいと考えられており、高水温はイワナ卵の生残率を大幅に低下させることが懸念されている³²⁰²⁰¹⁴）。

また、IPCC 第6次評価報告書第1作業部会報告書によると、大雨、及びいくつかの地域における生態学的干ばつの頻度と強度の増加が予想されている³²⁰²⁰¹⁵）。異常出水等により大規模洪水の頻度が増加し、濁度成分（細粒土砂）が河床環境に影響を与えることが予想されている³²⁰²⁰¹⁶）。その結果、魚類の産卵床や底生動物、付着藻類等に影響を及ぼすと考えられる^{3202017, 3202018}）。また、渇水は、水温を上昇させ、溶存酸素量を減少させるため、少なからず河川生物相に影響を与えることは容易に想像できる。

一方で、止水環境の室内実験で確かめられたCO₂増加による藻類生産の上昇そして質の低下から高次生産量は減少するという現象は、流水環境の室内実験では異なる結果を得ている。藻類生産の質の低下は起こるが、生産量の増加とともに底生動物の密度、サイズ、生物量は増加することが明らかになっている³²⁰²⁰¹⁹）。

オホーツク、空知、渡島、中部、関東の火山溪流・非火山溪流におけるカジカ類の生息適温地を予測した研究では、現代の気候条件ではどの地質タイプもカジカ類にとって熱的に適した場所を適度に維持しているが、非火山性溪流における熱的生息適地は、すべての排出シナリオにおいて減少するとしている。北日本の火山性河川は、非火山性河川よりも低温状態を維持できるため、2061～2080年ではカジカ類にとって熱的に適した状態を維持する地点の割合はるかに高くなる（RCP2.6・RCP4.5では、それぞれ83.9%・74.2%）一方、RCP8.5では、火山性河川に位置する場所でも、生息適地は61.3%にまで下がると指摘されている³²⁰²⁰²⁰）。

北海道や東北地方では積雪量や融雪出水の時期・規模が大きく変化する可能性がある。これらの地域では、融雪出水時に合わせて、遡上や降下、繁殖などを行う生物種が存在するため、季節的流況の変化は河川生物相に大きな影響を与えることが予想される。たとえば、融雪出水に合わせて種子散布するヤナギ科木本種の更新動態を維持することは難しくなると考えられる³²⁰²⁰²¹）。さらに、融雪洪水の減少は、ブラウントラウトなどの外来種の侵入を容易にし、在来種の生息域が縮小する可能性もある³²⁰²⁰²²）。

北海道の知床半島におけるカラフトマスの生産性（繁殖成功率、成長率、個体数）を予測した研究では、洪水の影響が強い流域ではカラフトマス産卵床の破壊や受精卵の流出によって繁殖が難しくなり、生産性の低下が指摘されており、21世紀末にはRCP2.6シナリオにおいて生産性が1980～1999年と比較して低くなることが予測されている。RCP8.5シナリオでは、より生産性の低下が進み、多くの流域で生産

性が 10 匹（1 匹の親魚（産卵魚）から生まれて海に移動する稚魚の数が 10 匹）以下になると予測されている ³²⁰²⁰²³）。

北海道空知川上流域の冷水適応型ハナカジカを対象とした研究では、遺伝子流動（gene flow）は 21 世紀末には劇的に減少すること、景観抵抗性 ²⁶が増加することが予測されている。特に、北部地域では現在の南部地域と同じレベルの遺伝子流動が見られると予測されており、将来的には各支流で遺伝的断片化が進む可能性がある（RCP8.5 シナリオを前提） ³²⁰²⁰²⁴）。また、北日本や関東、中部地方の火山河川におけるカジカの生息適地を予測した研究では、21 世紀中頃から 21 世紀末にかけて、関東や中部のカジカ生息適地がほぼ消失（RCP4.5、RCP8.5 シナリオを前提）又は 25%未満（RCP2.6 シナリオを前提）になると予測されている ³²⁰²⁰²⁰）。

宮城県名取川流域において、気候シナリオと分布型流出モデルにより得られた水温変化から、源流域におけるカワゲラ目の個体数密度を予測した研究によれば、カワゲラ目の個体数密度は近未来（2031～2050 年）においては現状の 64%（RCP2.6 シナリオを仮定）～94%（RCP8.5 シナリオを仮定）の減少、遠未来（2081～2100 年）においては 69%（RCP2.6 シナリオを仮定）の減少、あるいは消失（RCP8.5 シナリオを仮定）することが予測されている（MIROC5、MRI-CGCM3 等の 8 つの気候予測モデルと分布流出モデルによる水温予測の各シナリオにおける平均値を用いた予測） ³²⁰²⁰²⁵）。

山形県五十川において、現在の気温及び水温の実測値から構築した日最高水温予測式と、気候シナリオによる日最高気温の予測値を用いて、サクラマス（ヤマメ）の越夏環境への気候変動の影響を調査した研究によれば、21 世紀末における五十川の水温は、特に生息域の下流側の地点においてサクラマスが選好しないと考えられる 25℃を超える日が現在よりも増加し、地点によってはその日数が現在の約 5 倍に増加するとの予測も得られている。また、いずれの地点においても、遡上時における適水温の上限（20℃）を超える日数が現在の 2～3 倍に増加することが予測されている。これらのことから、21 世紀末の五十川では、上流域においては将来も越夏適地が残存するものの、下流域を中心に越夏適地が縮小することが予想される。（RCP8.5 シナリオを前提とした MRI-NHRCM02 による気候予測情報を使用） ³²⁰²⁰²⁶）。

淀川流域のアユ遡上量について、気候シナリオと分布型流出モデルにより、将来気候下における流量と水温を予測し、将来におけるアユ遡上数を予測した研究によれば、淀川河口水温は 21 世紀末に 1.43～1.99℃上昇（SRESA1B 及び B1 シナリオを仮定した、CMIP3 マルチモデルアンサンブルによる気候予測値を使用）し、遡上数が減少することが予測されている ³²⁰²⁰²⁷）。

兵庫県加古川では、21 世紀末に約 2.0℃上昇すると推定され、アユの生息域はより上流側に移動し、遡上時期は現在より早まり、アユの体長や遡上量にも影響を及ぼす可能性があるとして予測されている（SRESA1B シナリオを仮定した、NHRCM による気候予測） ³²⁰²⁰²⁸）。

島根県高津川を対象とした研究では、3～4℃シナリオで 21 世紀末に夏季の水温が 28℃を上回る日数が 30 日を超えるケースで好適水温を上回るアユやカジカといった種で摂食量が減少することによる生物量の減少、ヒゲナガカワトビケラの羽化時期が前倒しになり、羽化までの成長にかかる時間が短くなることで、生物量が減少するほか、年間の羽化回数が増加する可能性があるとして予測されている。（GFDL-CM31 における 4℃上昇温実験を仮定した、d4PDF の領域モデル実験データを用いた予測） ³²⁰²⁰²⁹）。また、夏季において冷水を好む冷水性魚類の生息場の大幅な減少、冬季に水温 10℃以下の時間数が少なくなることによるオオカナダモなどの外来沈水植物の繁茂を促進する可能性が予測されている（4℃上昇温実験を仮

²⁶ 景観抵抗性は生物がある場所から別の場所へ移動する際に、地形・土地利用・環境条件などがどれだけ移動を妨げるかを示す指標。

定した、d4PDF の領域モデル実験データをもとに深層学習の LSTM を用いた水温予測) ³²⁰²⁰³⁰⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

河川水温の上昇により、特に冷水魚生息域の縮小が発生すると予測されている。また、アユやカジカ、トビケラといった種についても生息域の移動や個体数の減少、生物季節の変化が指摘されている。

(適応策とその効果)

ダムのスリット化や魚道改良によって、冷水温の上流域に移動させることを適応策として世界遺産地域管理計画において位置づけている。また、貯水ダムの選択的放流によって水温調節はある程度、可能になっている ³²⁰²⁰³¹⁾。その他、水辺林の造成による日射遮断によって河川水温を低温に保つこと ³²⁰²⁰³²⁾ も適応策となる可能性がある。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性と その確信度の評価
現状 (約 1°C 上昇)	約 1.5~2°C 上昇時	約 3~4°C 上昇時	
重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 3

◇ 【環境】河川水温の上昇によるトビケラ類各種の標高分布の上昇や洪水の増加による河川生態系への影響の可能性があり、その影響の範囲は日本各地で見られ、特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で異なっている。

<1.5~2°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

◇ 【環境】気温や水温による生息適域への影響が予測されており、その影響の範囲は冷水性の魚種の生息適域が現在の 25~70%になるとされ、生物種・生息地への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

◇ 【知見の種類・量等】気候モデルなどによる影響の予測結果が多数の学術論文で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で異なっている。

<3~4°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

◇ 【環境】気温や水温による生息適域への影響が予測されており、その影響の範囲は、1.5°C ~2°C 上昇時の影響に加え、関東や中部、北日本の流水性カジカ類の生息適域が 21 世紀末

までにほぼ消失とされ、生物種・生息地への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】気候モデルなどによる影響の予測結果が多数の学術論文で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で異なっている。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、貯水ダムの選択的放流、ダムのスリット化や魚道改良等のインフラ整備、水辺林の造成による日射遮断機能の活用などの適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の発現時時期が文献間で異なっている。

(3) 湿原

ここでは、湿原生態系における動植物や植生等の分布の変化、生物季節の変化、種構成や現存量等の生態系の構造の変化等について扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 一部の湿原で、湿度低下や蒸発散量の増加、積雪深の減少等が乾燥化をもたらした可能性が指摘されている。
- 尾瀬湿原では洪水による氾濫水が池塘の岸辺を攪乱し、池塘底質や動物そのものの流失や動物の付着した枯葉や藻類、菌類の流失を引き起こし、岸辺水生無脊椎動物の個体数を低下させた可能性がある。

日本の湿地生態系は、1950～60年代の高度成長期に、農地開発など多くの人為的影響を直接的、間接的に強く受けており、温暖化の影響を検出しづらくなっている。そのため、現状では直接的に影響を論じた研究は少ない。なお、IPCC 第6次評価報告書第2作業部会報告書では、既に発生している一部の極端現象は、2100年までの予測結果を超えており、海洋及び陸域の生態系に急激な変化をもたらしている（高い確信度）。極端な事象、長期的な気候変動傾向、その他の人為的圧力の相互作用により、気候変動に対して敏感な一部の生態系は、その自然な再生能力を超える閾値に追い込まれている（確信度が中程度から高い）ことが指摘されている³²⁰³⁰⁰¹。

一方、国内のいくつかの山地湿原においては、乾燥化の進行やそれに伴う樹木等の非湿原植物の侵入が報告されている。八島ヶ原高層湿原ドーム地形の亀裂から乾燥化を指摘した研究では、気候変動による湿度低下や蒸発散量の増加等が大きな影響を与えている可能性を指摘している³²⁰³⁰⁰²。また、上越山地平ヶ岳上部の湿原において乾燥化に伴う非湿原植物の侵入の過程を明らかにした研究では、高層湿原の乾燥化の原因の一つとして積雪深の減少との関連性を指摘している³²⁰³⁰⁰³。秋田県八幡平山系の山地湿原群において、1950年代後半から2004年までの湿原の面積変化を空中写真判読により比較した研究では、特に風衝と積雪を成因とする湿原において減少の速度が大きかったことから、その要因として近年の積雪量減少による環境変化の可能性を挙げている³²⁰³⁰⁰⁴。

尾瀬湿原では降雨量データと湿原の洪水現象とを対比させた結果、湿原における河川氾濫は従来考えられていたよりも少ない降水量で発生する可能性が指摘されており^{3203005, 3203006}、洪水による氾濫水が池塘の岸辺を攪乱し、池塘底質³²⁰³⁰⁰⁶や動物そのものの流失や動物の付着した枯葉や藻類、菌類の流失を引き起こし、サラダニ類、ミズダニ類、トンボ目、ハエ目、ハエ目の中のヌカカ科、ユスリカ科³²⁰³⁰⁰⁷といった岸辺水生無脊椎動物の個体数を低下させた³²⁰³⁰⁰⁸可能性が報告されている。ヒツジグサとオゼコウホネは増減が異なり、その原因の一つは気候変動による洪水の多少が関係している事が考えられ、洪水に有利に分布するヒツジグサと不利なオゼコウホネという生態的性質の違いが推測されている³²⁰³⁰⁰⁹。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 日本全体の湿地面積の約 8 割を占める北海道の湿地への影響や気候変動に起因する流域負荷（土砂や栄養塩）に伴う低層湿原における湿地性草本群落から木本群落への遷移、蒸発散量の更なる増加が予測されている。
- 釧路湿原において、極端な降水の強度の増大に伴う流域からの土砂及び栄養塩の負荷量の増大が予測されている。加えて、海面水位の上昇に伴い塩水遡上距離が拡大し、湿原生態系の構成種等に影響を及ぼすことが予測されている。
- 降水量の変化や地下水位の低下により、雨水滋養型の高層湿原における植物群落への影響が予測されている。
 - 京都市の深泥池では 21 世紀末において深泥池の水位低下が起こる頻度が著しく増加し、水位低下の程度も現在では起こらないような程度にまで達する可能性が予測されている。

世界の土地面積の 6%を占める湿地生態系は、世界の陸域炭素量の約 3 割程度を貯留していると言われている³²⁰³⁰¹⁰。このため、気候変動によって引き起こされる水循環の変化（蒸発散の増加、降水量とその分布の変化、地下水の涵養、洪水や河川流量の変化など）は、陸域、淡水、汽水域、沿岸の生態系及び物質の生物地球化学的循環に影響を与える（確信度が中程度）可能性が示されていること³²⁰³⁰¹¹を考慮すると、日本全体の湿地面積の約 8 割を占める北海道の湿地では大きな影響を受けると予想される。特に地下水位の低下に伴い好気的な環境が形成されると蓄積した有機物が分解され、炭素が大気中に放出される可能性が強まる。

温暖化が湿原に与える影響としては、降水量の変化、霧日数の低下に伴う湿度低下、蒸発散量の上昇などが考えられる。雨水滋養型の高層湿原の植物群落（ミズゴケ類）では、無降水日数の増加等や地下水位の低下の影響を直接受けるであろうし、低層湿原でも流域負荷（土砂や栄養塩）に伴い草本から木本群落に遷移し³²⁰³⁰¹²、蒸発散量がさらに増えることが予想される。

京都市の深泥池は、近畿地方以南では貴重な高層湿原であるが、気候変動に伴う水位変化による湿地生態系への影響が予測されている。気候シナリオと水位モデルを用いた影響予測事例では、今世紀末において、深泥池の水位低下が起こる頻度が著しく増加し、水位低下の程度も現在では起こらないような程度にまで達する可能性が予測されている。このような水位の低下に伴い、浮島地下水内の溶存酸素濃度の低下に加え、シュレンケの減少、ビュルテの乾燥化・陸地化等の湿原内の微地形の環境変化が生じ、水生生物にも影響が及ぶことが予測されている。（RCP8.5 シナリオを前提とした MRI-NHRCM02 モデルによる気候予測情報を使用）³²⁰³⁰¹³。

一方、低層湧水湿原である佐賀県の壱原湿原において、気候シナリオ及び水収支モデル（タンクモデル）、水域変化モデルを用いて気候変動による水位変化が湿原内の植生に与える影響を調査した事例によれば、いずれの気候モデル・濃度シナリオ・予測期間においても地下水位の大きな変化は確認されず、また降水量による水質流入濃度の差異も小さいことが実測調査にて確認されたことから、植生等へ与える影響は小さいとする事例もある（RCP2.6/8.5 シナリオ及び MIROC-5/MRI-CGCM3 モデルによる気候予測情報を使用）³²⁰³⁰¹⁴。

また、北海道釧路湿原においては、将来の極端な降水の強度の増大に伴う土砂及び栄養塩の負荷量の増大が懸念されている。21 世紀末（RCP8.5 シナリオ）の気象条件を仮定して、水循環モデルと L-Q 式に

よる湿原への土砂・栄養塩負荷量を予測した研究によれば、大雨時の流量の増大に伴い、釧路湿原に流入する3河川（久著呂川、雪裡川、幌呂川）におけるSS（浮遊土砂）・全窒素・全リン負荷量が大幅に増大（SS:4.3～8.3倍、全窒素:2.3～3.3倍、全リン:2.6～4.2倍）することが予測されている（MRI-NHRCM02による気候予測情報を使用）³²⁰³⁰¹⁵。

同じく釧路湿原においては、海面水位の上昇により湿原中央部を流れる新釧路川の塩水遡上距離が現在よりも上流側に拡大し、耐塩性の低いミクリ等の水生植物の消失や耐塩性の高いヨシ・クサヨシ群落への遷移、及び地下水への塩水侵入に伴う両生類の生息環境の悪化等が予測されている（IPCCAR4における100年後の最大海面水位の上昇量0.59mと気象偏差(+0.93m)を仮定した環境流体モデル(Fantom3D)による塩水遡上解析結果に基づく予測）³²⁰³⁰¹⁶。

幾つかの研究では、湿地性のC3植物はC4植物よりも高CO₂下で増加すると指摘されているが、温度や降水量など、様々な要因を考慮すると複雑で単純化することは難しい。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

現状では特に強い影響を受ける地域・対象に関する十分な知見が集まっていない。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、流入負荷低減を目的とした水位の手動又は自動制御の維持管理³²⁰³⁰¹⁷、土砂流出抑制を目的とした河道の安定化又は土砂調整地の整備³²⁰³⁰¹⁵などが挙げられた。

適応策の効果に関する十分な知見は集まっていない。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約1℃上昇）	約1.5～2℃上昇時	約3～4℃上昇時	
重大性：レベル3 確信度：レベル1	重大性：レベル3 確信度：レベル1	重大性：レベル3 確信度：レベル1	緊急性：レベル3 確信度：レベル1

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル3

- ✧ 【環境】一部の湿原において洪水によって生物そのものの流失や生物の付着した枯葉や藻類、菌類の流失が既に発生しており、湿原特有の生物相や閉鎖性による分布域の変更が困難であるという影響の不可逆性を考慮すると、生物種・生息地への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル1

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が少数の学術論文で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で異なっている。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル3

- ✧ 【環境】降水量の変化、蒸発散量の上昇などにより雨水滋養型の高層湿原の植物群落への影響が予想されており、湿原特有の生物相や閉鎖性による分布域の変更が困難であるとい

う影響の不可逆性を考慮すると、生物種・生息地への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で異なっている。

<3~4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

◇ 【環境】釧路湿原に流入する 3 河川（久著呂川、雪裡川、幌呂川）における浮遊土砂・全窒素・全リン負荷量が大幅に増大することや、京都市の深泥池では 21 世紀末において深泥池の水位低下が起こる頻度が著しく増加し、水位低下の程度も現在では起こらないような程度にまで達する可能性が予測されている。湿原特有の生物相や閉鎖性による分布域の変更が困難であるという影響の不可逆性を考慮すると、生物種・生息地への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で異なっている。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、流入負荷低減を目的とした水位の手動又は自動制御の維持管理等のインフラ整備、土砂流出抑制を目的とした河道の安定化又は土砂調整地の整備などの適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が少数の学術論文で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で異なっている。

【沿岸生態系】

(1) 亜熱帯

ここでは、サンゴ礁やマングローブ等の亜熱帯域の沿岸生態系における、動植物等の分布の変化、生物季節の変化、種構成や現存量等の生態系の構造の変化等について扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 海水温の上昇により、沖縄地域で亜熱帯性サンゴの白化現象の頻度が増大している。2016 年には、石垣島の石西礁湖内及び崎山湾（西表島西部）周辺の各サイトでいずれも平均白化率が 90% 以上と夏季の高水温によるものと考えられる大規模な白化現象が発生している。さらに、2016 年度からの 4 年間で、底質上の芝状藻類被度が有意に増加し、その後は大型藻類の繁茂が見られる地点が顕著に増加している。
- 太平洋房総半島以南と九州西岸北岸において亜熱帯性サンゴの分布が北上している。
- 西表島のマングローブについて、海面水位の上昇に伴う冠水頻度の増加によるものと考えられる立ち枯れが確認されている。
- 海洋酸性化により、以下の影響の可能性が報告されている。
 - 室内実験により、造礁サンゴ種の一部において石灰化量の低下が生じている。
 - サンゴの成長速度は低下する一方で、海藻・海草類の成長速度が増加する。

沖縄地域で、亜熱帯性サンゴの白化現象の頻度が増大している ^{3301001, 3301002, 3301003, 3301005, 3301006}。2016 年夏季には、石西礁湖内及び崎山湾（西表島西部）周辺の各サイトで、いずれも平均白化率が 90% 以上と大規模な白化が確認されており、また、2024 年にも平均白化率が 89.0% の白化が確認された。これらは夏季の高水温によるものとされている ^{3301007, 3301008, 3301009, 3301010, 3301011}。また、白化現象からの回復はサンゴ群集間で異なり、白化後年数が経過しても以前の水準まで回復しない種類もあることが明らかになっている ³³⁰¹⁰¹²。そのほか、2016 年度からの 4 年間で、底質上の芝状藻類被度が有意に増加し、その後は大型藻類の繁茂が見られる地点が顕著に増加していたと報告されている ³³⁰¹⁰¹⁰。室内飼育実験によると、造礁サンゴ種で石灰化量の低下が特定種で海洋酸性化により既に低下している可能性があり ^{3301013, 3301014, 3301015}、ココビミドリイシとナガエダコモンサンゴを対象にした海洋温暖化の実験では内部共生密度や最大光合成効率の有意な低下も報告されている ³³⁰¹⁰¹⁵。中琉球における衛星画像とドローン撮影による礁池のサンゴ群集の調査と地元ダイビングショップなどの聞き取り調査では、1998 年以降度重なる白化被害はミドリイシ類に集中しており、伊平屋島礁池では白化への耐性が高いとされるユビエダハマサンゴ群落やエダコモンサンゴ群落に置換されていると報告されている ³³⁰¹⁰¹⁶。日本の太平洋岸房総半島以南と、九州西岸北岸の双方において、温帯性サンゴの分布が北上中と確認された ³³⁰¹⁰¹⁷。

また、沖縄地域では、土壌流出が一部のサンゴの熱ストレスに対する回復力低下を引き起こしていることが最近報告されている ³³⁰¹⁰⁰²。水温上昇以外に土砂流出もサンゴ礁に影響を与えている実態はあるが、気候変動による降水の変化と土砂流出との関係や地域性については現時点で明確でなく、将来気候下での予測はなされていない。

サンゴ以外にもウニのプルテウス幼生が低 pH 環境下に晒されると、幼生の骨格形成が阻害され、幼生の体サイズが低下することや実際に海草を酸性化した海水中で飼育した結果、海水中の CO₂ を利用して

光合成を行う一次生産者の藻類は光合成速度が増加し、生産量が増加したとの結果もある。サンゴの成長速度は低下する一方で、海藻・海草類の成長速度が増加する可能性があるとの報告されている³³⁰¹⁰¹⁸⁾。

マングローブ生態系については、西表島における植生調査の結果から、通常は殆ど潮位の届かない環境に生育するシマシラキの立ち枯れが観察されており、近年の海面水位の上昇により冠水頻度が増加し、枯死につながった可能性が指摘されている³³⁰¹⁰¹⁹⁾。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 4°C上昇の気候予測シナリオでは、21世紀末までに水温上昇と海洋酸性化により、熱帯・亜熱帯の造礁サンゴの生育に適する海域が日本近海から消滅すると予測されている。
- マングローブについては、海面水位の上昇による分布域の縮小や内陸側への移動が予測されている。特に、後背地が構造物等で分断されている場合は、土砂の利用可能性や移動分散が妨げられ、より影響が悪化するとされている。
- その他の種でも生息適地の変化や個体数の減少が予測されている。シナウスイロイルカは21世紀中頃の1.5~2°C上昇時に75%以上、21世紀末の3~4°C上昇時に95%以上の生息適域が失われ、八方サンゴ類とスナギンチャク類といった種も海面温度の上昇によりこれらの種が熱帯から温帯の高緯度地域に移動するものの、新しい環境に適応できず、絶滅や海洋生態系の劣化が進行することが指摘されている。

IPCC 第6次評価報告書第2作業部会報告書では、サンゴ礁、藻場などの生息地を形成する沿岸生態系は、1.5°Cを超える海洋熱波によって不可逆的な変化（生態系の構造的変化）を受けるとされており、1.5°C未満のシナリオであっても、一時的に温度が1.5°Cを超える期間が含まれる場合には、今世紀中に高いリスクにさらされる可能性（高い確信度）が指摘されている。SSP1-2.6シナリオにおいても、海洋熱波の強度と頻度の増加により、サンゴ礁は広範な衰退、構造的健全性を喪失するリスク等（確信度が非常に高い）が示されている³³⁰¹⁰²⁰⁾。また、1.5°C特別報告書によれば、暖水性のサンゴは2°C上昇で99%が、1.5°C上昇でも70~90%が消滅のリスクに晒されるとしている³³⁰¹⁰²¹⁾。国内の国立公園を対象としたFORP-JPN02に基づく将来の水温変化の予測では、2000年前後と比較して今世紀末にはRCP2.6シナリオで1~2°C程度、RCP8.5シナリオでは3~5°C程度の水温上昇が予測されているため、亜熱帯域のサンゴ群集にとっては白化・死亡の頻度や規模が著しく増加し、サンゴ礁生態系の劣化が一層進行することが想定されており³³⁰¹⁰²²⁾、今世紀末には沖縄県八重山諸島周辺海域のサンゴ礁ではほぼ毎年白化が起こって、造礁サンゴ類は絶滅してしまうとも予測されている（RCP8.5シナリオを仮定したGJAMによる予測）³³⁰¹⁰²³⁾。

造礁サンゴの生育に至適と考えられる海域について、白化を招く水温及び造礁サンゴにとっての最適二酸化炭素濃度条件を設定する予測モデルを用いた研究（SRESA2シナリオを前提としたIPSL-CM4-LOOPmodel、MPIM、NCARCSM1.4、NCARCCSM3の各気候モデルによる気候予測情報を使用）では、SRESA2シナリオ下における熱帯・亜熱帯性サンゴの生育適域は、海洋酸性化に伴う低アラゴナイト飽和

度²⁷域の低緯度側への拡大と、高水温による白化域の高緯度側への拡大に挟まれ、日本近海から適域が消滅することが予測されている。SRES B2 シナリオにおいては、海洋酸性化に伴うアラゴナイト飽和度の低緯度側への拡大が予測される一方、高水温による白化域の高緯度側への拡大はほぼ確認されず、サンゴの分布は海洋酸性化のみに影響を受けることが予測された。また、B2 シナリオ下では、SRES A2 シナリオと同様経年的にアラゴナイト飽和度が低下するものの、21 世紀末においてもサンゴの生育下限とされるアラゴナイト飽和度 2.3 を上回る海域が残存し、熱帯・亜熱帯性サンゴの生育適域が残存すると予測している^{3301024, 3301025}。

至適海域から外れた海域では、白化等のストレスの増加や、石灰化量の低下が発生する事が予測されているが³³⁰¹⁰²⁶、その結果至適海域から外れた既存のサンゴ礁が完全に消失するか否かについては予測がなされていない。

また、石垣島の白保サンゴ礁域を対象に、海面水位の上昇と海洋酸性化がサンゴ礁の石灰化率に与える影響を生態系モデルにより予測した研究によれば、今世紀後半においては海面水位の上昇による石灰化率への正の影響を考慮したとしても、海洋酸性化による負の影響により、正味での石灰化率は減少する傾向にあることが予測されている（RCP4.0、RCP6.0、RCP8.0 の各シナリオにおいて、2100 年次点では石灰化率が現状の 96.9%、91.1%、80.7%に減少）³³⁰¹⁰²⁷。なお、飼育実験では、サンゴと共生する褐虫藻の栄養状態により海洋酸性化に対するサンゴの石灰化応答が異なっており、貧栄養では骨格成長速度が酸性化により有意に低下した一方、栄養塩添加区で飼育した場合は共生する褐虫藻の光合成速度が増加したことにより石灰化に対する酸性化の影響が緩和されたことが報告されている³³⁰¹⁰²⁸。

一方で、造礁サンゴの CO₂ 分圧増加に対する反応について、生息環境による違いを指摘する報告もある。沿岸域に近く環境条件の変動を受けやすい場所で採集した造礁サンゴ(コユビミドリイシ)集団と、より安定的な環境で採集した集団について、CO₂ 分圧の上昇に伴う石灰化率の変化を実験的に検証した研究によれば、CO₂ 分圧の上昇に伴う石灰化率の減少傾向は、より安定的な環境で採集した集団にのみ確認され、その原因として集団間の遺伝子発現の違いを指摘している³³⁰¹⁰²⁹。

また、マングローブ生態系・藻場生態系・サンゴ礁生態系の底質環境に対する、温度及び CO₂ 分圧の上昇による影響を実験的に検証した研究から、温度上昇と CO₂ 濃度上昇の複合作用による生態系機能の変化（総一次生産量の増加・底質の Chl.a 量の増加）が確認されている。（現状+4℃及び、高 CO₂ 環境として CO₂ 濃度 936ppm を仮定）³³⁰¹⁰³⁰

IPCC 海洋・雪氷圏特別報告書（2019 年）においては、海面水位の上昇によりマングローブを始めとする沿岸生態系の縮小や内陸側への移動が予測されている³³⁰¹⁰³¹。マングローブは 10mm/年程度の速い上昇速度にも追従できる可能性があるが、この追従能力は、局所的な波浪への暴露、潮位、土砂動態により大きく異なると予測されている。特に、後背地が構造物等で分断されている場合は、土砂の利用可能性や移動分散を妨げ、より影響が悪化すると予測されている³³⁰¹⁰³²。マングローブの分布規定要因を全球的に解析した研究からは、東アジア地域におけるマングローブの分布は年最低気温に大きく規定されていることが明らかになっており、冬季の平均気温の上昇により極方向へ分布域が拡大する可能性が示唆さ

²⁷ アラゴナイト飽和度は、海水中に多く含まれるカルシウムイオン(Ca²⁺)と炭酸イオン(CO₃²⁻)の濃度に基づいて、アラゴナイト（炭酸カルシウムを主成分とする鉱物）が安定して存在できるかどうかを示す値。サンゴのように、主にアラゴナイトで形成されている骨格を持つ生物に対する海洋酸性化の影響の指標には pH よりアラゴナイト飽和度が用いられることが多い。アラゴナイト飽和度が 1 を下回るとアラゴナイトは化学的に溶解するため、生物がアラゴナイトの骨格を形成するのが困難になる。また、1 以上であっても、アラゴナイト飽和度が低下すると成長速度に悪影響が出る。

れている³³⁰¹⁰³³⁾。また、マングローブを構成する樹種の一つであるヤエヤマヒルギの実生について、生育状況の温度環境による違いを実験室において比較した研究によれば、中程度（平均気温 30℃）の温暖化環境においては、生理特性の温度順化のために生育阻害は確認されず、生育に正の影響を及ぼすことが示唆されている³³⁰¹⁰³⁴⁾。一方、夜間でも 35℃を下回らないような環境において、ヤエヤマヒルギやオヒルギが枯死する可能性についての指摘もある³³⁰¹⁰³⁵⁾。ヤエヤマヒルギについては室内実験において、35℃の室温内では 1 週間ほどですべての実験個体が枯死した結果が出ており、今後温暖化が進行して、夜間でも気温が下がらないようなことになれば、生育に影響が及ぶ可能性があることが報告されている³³⁰¹⁰³⁶⁾。

西太平洋・インド洋に分布するシナウスイロイルカを対象とし、21 世紀中頃・21 世紀末の生息地を予測した研究では、すべての RCP シナリオにおいて生息地は減少するとされている。21 世紀中頃の RCP2.6 シナリオの下では 75%以上、2100 年代の RCP8.5 シナリオの下では 95%以上の生息適域が失われ、2100 年代の将来予測では、シナウスイロイルカに適した環境条件は東シナ海や日本の南岸へと北上し、赤道直下の海域とオーストラリア北部の沿岸域は、この種に適さなくなると予測されている（RCP2.6・4.5・6.5・8.5 を前提とし、複数の気候予測モデルを使用）³³⁰¹⁰³⁷⁾。

日本南部やインド太平洋地域において八放サンゴ類やスナギンチャク類を対象とした研究では、海面温度の上昇によりこれらの種が熱帯から温帯の高緯度地域に移動するものの、新しい環境に適応できず、絶滅や海洋生態系の劣化が進行することが指摘されている³³⁰¹⁰³⁸⁾。

海面水位の上昇による砂浜の侵食が予測されている³³¹⁰²⁶⁾が、その生物への影響について予測した文献は確認できていない。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

沖縄地域では、亜熱帯性サンゴの白化現象が頻発しており、石垣島で大規模な白化が確認された。白化後の回復が遅れ、土壌流出もサンゴの回復力を低下させている。

西表島のマングローブは、海面水位の上昇により立ち枯れが発生し、高温環境での枯死のリスクもある。造礁サンゴ種では石灰化量や共生密度、光合成効率の低下が見られる。

将来予測では、RCP8.5 シナリオで日本近海からサンゴの生育適域が消滅し、マングローブの分布も縮小する可能性がある。

（適応策とその効果）

適応策として、気候変動の影響を受けにくい海域を抽出することが挙げられる。保全優先海域として、水温が上がりにくく将来サンゴが生残しやすい海域に加えて、現在保全や利活用が行われている海域を重ねた例³³⁰¹⁰³⁹⁾や、サンゴの卵の供給源となっている海域を重ねた例³³⁰¹⁰⁴⁰⁾などの検討が進んでいる。また、代表的な適応策として、サンゴ群集の保全を目的としたオニヒトデの駆除作業がある。竜串における観光資源の中核を担う海域公園地区内での駆除作業では、複数回の駆除を実施したロウコウ、爪白、弁天島、大碇のうち、大碇を除く 3 地点では、1 人あたりのオニヒトデ駆除個体数が減少傾向を示し、継続的に実施した駆除活動の効果がみられている³³⁰¹⁰⁴¹⁾。また、効果の発現時期は数十年程度とされているが、生物適応補助（分布北上・温度耐性）の取組もサンゴを対象として沖縄県事業などで進行している³³⁰¹⁰⁰⁹⁾。沖縄県久米島のサンゴ養殖に適した場所を選定することを目的としたシミュレーション（淡水及び赤土流出モデル、沿岸水動力学モデル、赤土分散及び蓄積モデルを使用）の研究では、水温や塩分、赤土含有量、水深、波の影響といった基準から養殖に適した場所を選定している。適切な場所での養殖によ

り、サンゴの成長と生存率の向上、持続可能なサンゴ養殖が、赤土流出の影響を受けにくい場所を選ぶことでサンゴの白化や死亡リスクを低減することが期待される³³⁰¹⁰⁴²⁾。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1°C 上昇）	約 1.5～2°C 上昇時	約 3～4°C 上昇時	
重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 3

- ✧ 【環境】サンゴの白化現象やマングローブの立ち枯れといった影響が既に発生しており、その影響の対象が亜熱帯生態系における重要な役割を果たしている種へ及び、生物種・生息地への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ✧ 【環境】国内の国立公園のサンゴの消滅リスクが予測されており、その影響の範囲は亜熱帯のサンゴ群集の白化や死亡の頻度増加やサンゴ礁生態系の劣化が進行するとされ、生物種・生息地への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ✧ 【知見の種類・量等】気候モデルや生態系モデルなどによる影響の予測結果が多数の学術論文で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3～4°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ✧ 【環境】熱帯・亜熱帯の造礁サンゴの生育に適する海域の縮小が予測されており、その影響の範囲は 4°C 上昇で日本近海から消滅するとされ、生物種・生息地への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ✧ 【知見の種類・量等】気候モデルや生態系モデルなどによる影響の予測結果が多数の学術論文で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】 重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 重大な影響が既に生じており、サンゴ群集の保全を目的としたオニヒトデの駆除作業などの適応策が一部で進められているが、生物適応補助（分布北上・温度耐性）の取組等の生態系回復措置などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】 影響の発現時期が多数の学術論文で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(2) 温帯・亜寒帯

ここでは、温帯域以北の海藻藻場等の沿岸生態系における、動植物等の分布の変化、生物季節の変化、種構成や現存量等の生態系の構造の変化等について扱う。なお、水産資源として重要な種の影響等、沿岸漁業に与える影響については、「農業・林業・水産業分野-水産業」の各小項目においても取り上げる。

(現在の状況)

〔概要〕

- 日本沿岸の各所において、海水温の上昇に伴い、植食性魚類の北上に伴う藻場生態系の分布適域の縮小や、熱帯性のサンゴ群集への置き換わりといった、生態系の遷移が進行しており、特に瀬戸内海では冷水系起源のサケ目が絶滅や絶滅危惧になっている。
- 餌不足により、日本周辺に生息する一部の海鳥の個体数は長期的な減少傾向にある。

北太平洋の海洋生態系 2009~2016 年総合報告書では、2014~2016 年に北東太平洋で発生した海洋熱波は、規模、地理的範囲、期間、下位栄養段階から上位の捕食者までの生態系への影響という点で、前例のない極端な現象であり、海鳥と哺乳類の繁殖不良・広範な死亡現象を引き起こし、北太平洋西部でも局地的な生殖不全が見られたと報告されている³³⁰²⁰⁰¹⁾。

気候変動による水温上昇が藻類の分布や藻場の構造に与える影響は大きく、日本においても西日本を中心に各所で藻場の減少や種構成の変化が報告されている。広島県廿日市市丸石海岸における水温も、夏季に多くの海藻類の生育限界である 30℃を越える日があり、また気温も夏季に最高で 36℃を越える日もあった。特に潮間帯に生育する海藻は気温の影響も強く受けていると考えられる。2011 年からの 10 年間に於いて、高水温期である夏季の平均水温は低下傾向が見られたが、低水温期である冬季の平均水温は上昇傾向にあり、年平均水温も上昇傾向にあったことから、本調査地の海藻類は冬季に水温が下がらないことによる生理的な悪影響を受けていると考えられる³³⁰²⁰⁰²⁾。

日本沿岸の各所において、コンブ³³⁰²⁰⁰³⁾やヤマトシジミ³³⁰²⁰⁰⁴⁾等の水産資源の生産量の減少や植食性魚類（アイゴ等）の北上による藻場の構成種の変化³³⁰²⁰⁰⁵⁾、衰退^{3302006, 3302007, 3302008, 3302009, 3302010, 3302011)}、魚類や底生動植物の種構成の変化^{3302012, 3302013, 3302014, 3302015)}、ウニ類の群集種組成の変化やムラサキウニの発生異常率の上昇³³⁰²⁰¹⁶⁾等が報告されている。また、バフンウニ³³⁰²⁰¹⁷⁾、暖水性サンゴとその共生種であるサンゴガニ³³⁰²⁰¹⁸⁾、ヤシャベラ³³⁰²⁰¹⁹⁾、テンジクタチ³³⁰²⁰²⁰⁾、等について、本来の分布域より北側の海域における初確認や個体数の増加等の分布北上傾向が報告されている。

国内の温帯域において、1950~2010 年代における海藻及び植食性魚類、造礁サンゴの分布変化（海藻の分布南限における分布域の縮小、サンゴ及び植食性魚類の分布北限の拡大）が検知されている。温帯域における造礁サンゴ群集の分布拡大と海藻藻場の減少のメカニズムとしては、サンゴと海藻に対する温度による直接的な影響に加え、アイゴ類などの魚類が迅速に分布を拡大し、海藻への捕食圧が高まることでサンゴへの置き換わりが促進されることが示唆されている^{3302021, 3302022, 3302023)}。また、足摺宇和海国立公園周辺海域の調査研究では、イシサンゴ類を主とするサンゴ群集及びホンダワラ類で構成されるガラモ場などが広範囲で見られたが、イシサンゴ類の分布北上が起こることや、温帯性種から熱帯性種へと大型海藻が変化することで現存量の低下や、繁茂期間の縮小が生じるとともに、これまでホンダワラ類を利用していた生物が生息できなくなることとも考えられている³³⁰²⁰²⁴⁾。

分布域を拡大した種の定着については、水温の変化に加えて、定着場所の環境（藻場・岩場等）の違い

にも影響されると考えられる。高知県において新たに分布を拡大した熱帯性魚類を対象に、生息環境の選好性の違いを調査した研究によれば、熱帯性魚類は岩場よりも海藻藻場をより選好して定着する傾向が確認されている³³⁰²⁰²⁵⁾。

また、日本周辺に生息する海鳥について、全国の繁殖地における経年観察データの解析から、対象とした10種の内4種（エトピリカ、ウミガラス、ウミネコ、オオセグロカモメ）の個体数が長期的に減少していることが示されており、その原因について気候変動による餌不足の可能性も示唆されている³³⁰²⁰²⁶⁾。

日本沿岸の海水のpHは全体的には低下傾向にあるが、人為起源炭素の吸収以外の要因（陸域栄養塩負荷量の変化による生物生産力の変化、河川改修に伴う淡水流入量の変化、地形の改変による潮通しの変化など）によるpH変動の影響により、海域ごとのpHの変動傾向には大きなばらつきがあり、場所によってはpHが上昇傾向にある海域も存在する³³⁰²⁰²⁷⁾。日本沿岸の溶存酸素濃度も同様に、全体としては減少傾向にあるが、海域によるばらつきも大きく、場所によっては溶存酸素濃度が上昇傾向にある海域も存在する³³⁰²⁰²⁸⁾。このような沿岸域の酸性化傾向と貧酸素傾向が沿岸生物に与える影響については未だ不明な点が多いが、天然のCO₂噴出泉（CO₂シープ）周辺のpHの低下した海域では、CO₂分圧の勾配に沿った石灰藻・石灰質生物の減少、多肉藻類の増加が確認されている³³⁰²⁰²⁹⁾。また、下田海洋研究センター（静岡県下田市）における通常のCO₂濃度（約410 ppmv）と高CO₂濃度（1000 ppmv）の2つの条件による海洋酸性化の実験（メソコスム実験）では、高CO₂条件下で10日目にサルコモナスの相対的な豊富さ（ある生物種の個体数を全体の個体数で割った値）が72.89%減少し、アルファプロテオバクテリアの相対的な豊富さが29.54%減少し、海洋酸性化の影響が示されている³³⁰²⁰³⁰⁾。

北海道石狩市の古潭海岸では、2019年8月5日に海岸に漂着したハネマツカゼが確認されており、生息域が北方に更新され、近年の海面水温上昇との関連が示唆された³³⁰²⁰³¹⁾。また、石狩湾のサケの回帰に関する研究では、サケが回帰する秋季においても石狩湾及びその沖合が暖水で覆われていれば、サケの正常な回帰が制限されたり産卵前の魚体の健康に影響が及んだりする可能性があることが報告されている³³⁰²⁰³²⁾。

北海道函館湾で2015年秋季にミキモトヒラオビムシを原因生物とする有害赤潮が北日本で初めて発生し、サケ、スルメイカ、エゾアワビの斃死が記録されていたが、温暖化が進む日本海において、ミキモトヒラオビムシが暖流に運ばれて北海道沿岸に來遊していることが明らかとなっている³³⁰²⁰³³⁾。

有明海、八代海、東京湾においては、干潟面積が減少している³³⁰²⁰³⁴⁾。また、貧酸素水塊の発生、陸上からの砂の供給の低下や円滑な物質循環の滞り等により、干潟における二枚貝類の生産力が低下している。ただし、これらは、必ずしも気候変動だけが要因ではなく、他の要因も絡んだ複合影響であることが推定されている³³⁰²⁰³⁵⁾。

房総半島における2017年8月から2019年9月までの550の海水サンプルを用いた魚類の環境DNA（eDNA）メタバーコーディングを実施した研究では、水温が上昇するとホンベラとカゴカキダイは相互作用強度が強くなり、カタクチイワシとメジナは相互作用強度が弱くなるといった傾向が確認されている³³⁰²⁰³⁶⁾。

千葉県勝浦市の志村海岸では、日平均水温が熱帯海域の平均的な海水温の28℃以上になる日はまだみられておらず、温帯性魚類のイサキやヒラメの高温側100%生残温度（それぞれ33℃、31℃）には達していないものの、高水温により繁殖を休止する例もあることから、注視する必要があるとしている³³⁰²⁰³⁷⁾。

相模湾では、オニボラ、カマヒレマツゲハゼ、ヒトミハゼ、ニセクロホシフエダイ、オオクチユゴイ、カスミフグが2017年9月から2018年8月の採集調査の結果、その種の最北と最東の初記録となった

3302038)。また、冬季水温の上昇により、ガンガゼやアイゴのカジメ摂餌量が増えたことによるカジメ類の成長や食害への影響、造礁サンゴの群落形成がみられ 3302039)、三浦半島では近年、オニカマスの子魚出現の急増が報告されている 3302040)。これらの熱帯亜熱帯種の出現は気候変動に起因する海面水温の上昇による可能性があると考えられている。トビハタの増加も確認されており、夏季の高水温期における黒潮による南方海域からの分散に加えて、近年の海水温の上昇傾向に起因している可能性が考えられている 3302041)。

神奈川県三浦市諸磯地先における 2019 年と 2020 年のカジメ群落の調査では、カジメが温暖化や植食性魚類（アイゴやブダイ）による摂食の影響を受けていると指摘されている。高水温はカジメの成長を阻害し、植食性魚類の摂食活動を活発化させる要因となっており、この調査では過去 40 年間で最も高い水温が記録され、カジメ群落が完全に消失したとされている 3302042)。

伊豆半島や式根島では、大型藻類とサンゴが優占する生態系の移行帯において、海洋温暖化のみ、海洋温暖化と酸性化の両方の条件下で、現在と将来の自然類似生態系における現地調査と人工移植を実施した結果、海洋酸性化と温暖化の複合的な影響が強まるにつれて、海洋沿岸生態系は大型藻類林を失うが、サンゴは増えないことが報告されている 3302043)。

瀬戸内海では、冬季の暖化傾向がみられ、冷水系起源のサケ目が絶滅あるいは絶滅危惧種となっている一方で、暖海魚のチダイの急増と分布域の拡大、温帯・暖海性魚類であるナルトビエイの大量出現、同じく暖海魚であるアイゴによるアマモの食害などがすでに報告されている 3302044)。

瀬戸内海東部では、1980 年代後半からの内海域における冬期の高水温化によるマダイの越冬場の拡大とその後の産卵場の拡大（産卵量の増加）、内海域化（稚魚の生残率向上）に大きく貢献していると報告されている 3302045)。また、1980 年代以降に得られた広域総合水質調査結果（環境省）を用いた解析の結果、底層水温は多くの海域で上昇傾向がみられるとともに、1 月、5 月、7 月及び 10 月を比較すると、水温上昇速度は 10 月が最大で、夏～秋の高水温化が広域で生じている。この海域では 1990 年代から 2010 年代の期間に底生生物の密度の広範囲での増加が見られたが、この要因としては底質 TOC の低下との関係性が報告されている 3302046)。

長崎県大村湾では、高水温だった 2016 年に前年と比べアマモの現存量が低く、9 月以降消失し、付着珪藻の細胞密度は低く、付着動物の個体数密度は顕著に高かったと報告されている 3302047)。

長崎県野母町南岸における調査ライン内の調査では、アントクメが水温の上昇や植食性魚類（アイゴ、ブダイ、フトイヌズミ）の摂食活動の活発化による幼体の食害によって 2016 年に急減し、2017 年に完全に消失したと観測されている。また、カジメ類が夏の高水温と植食性魚類の食害により減少し、特に、秋から冬の水温上昇が植食動物の摂餌活動期間を長期化させ、藻場の衰退に寄与していると指摘されている。さらに、コギリモクは植食性魚類の食害と台風による波浪の影響により減少し、特に、植食性魚類の摂餌活動が活発化することで、ノコギリモクの生存が脅かされていると指摘されている 3302048)。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- RCP8.5 シナリオでは、21 世紀末までに、日本沿岸域におけるアラゴナイト飽和度が、飼育実験上多くの生物に影響が現れると予測される閾値を長期間下回るようになると予測されている。
- 海水温の上昇に伴い、より高温性の種への移行が想定され、それに伴い生態系全体に影響が及ぶ可能性が予測されている。
 - アカモクやカジメなどの海藻の分布域が縮小し、北上する傾向がある。特にアカモクは、21

世紀末には 3～4℃上昇時に東シナ海や本州中部の沿岸から消失する可能性があり、アラメについても日本海域から消失すると予測されている。

- 熱帯化指標魚の分布の著しい増加が予測されており、21 世紀末には 3～4℃上昇時に分布域が現在の 1.2～1.9 倍に増加すると予測されている。
- 底層水温の影響を受ける種として、日本海、渤海、黄海、東シナ海の北部におけるクロソイの占有面積が 21 世紀末までに 2～3℃上昇時に 45%の減少が予測されている。
- 水温の上昇や植食性魚類の分布北上に伴い、21 世紀中頃までの近未来において、藻場生態系の劣化や、藻場生態系から熱帯性サンゴ群集への置き換えが予測されている。沿岸域の生態系の変化は沿岸水産資源となる種に影響を与えるおそれがある。
- 海面水位上昇による塩性湿地への影響が想定されている。

IPCC 海洋・雪氷圏特別報告書によると、温帯域における温暖化に伴う藻場の減少は今後も継続し、地域的な絶滅のリスクを上昇させると予測されており、この傾向は特に海洋熱波の強化が予測される地域において顕著であるとしている（RCP8.5 シナリオ）³³⁰²⁰⁴⁹⁾。

国内の温帯域においても、水温の上昇や植食性魚類の北上に伴う藻場生態系の劣化や熱帯性のサンゴ群集への置き換えがいくつかの研究から予測されている。海面水温を閾値として将来気候条件下におけるアカモクの分布適域の変化を予測した研究からは、2100 年には東シナ海・本州中部の沿岸はアカモクの適域から外れ、本種の流れ藻を生育場として利用するブリの生態に影響をもたらすことが示唆されている（SRESA2 シナリオを仮定した BCCR-BCM2.0 等の CMIP3 の 12 の気候モデルによる予測情報の平均値を使用）³³⁰²⁰⁵⁰⁾カジメについては、水温の上昇による生理的影響と、植食性魚類の摂食活動の増大による種間的影響により、RCP8.5 シナリオ下においては日本近海の生育適地が消失すると予測されている。一方、RCP2.6 シナリオ下においては、水温上昇による生理的影響は受けないものの、植食性魚類の摂食活動による影響が増大すると予測されている（BCC-CSM1-1 等の CMIP5 の 17 の気候モデルによる予測情報の平均値を使用）³³⁰²⁰⁵¹⁾。日本の温帯沿岸海域において熱帯化指標魚（ソウシハギ、アオブダイ、ノトイヌズミ、アイゴ、ハマクマノミ、トゲチョウチョウウオ）の分布予測を行った研究では、日本の中部から北部（北緯 32～37°）での分布が著しく増加することや、分布域面積は RCP8.5 シナリオにおいて 2090 年代までに 2000～2018 年の 1.2～1.9 倍に増加するが、RCP2.6 シナリオでは分布域は大きく変化しないことが示された³³⁰²⁰⁵²⁾。

北日本沿岸域の主要コンブ 11 種について、分布予測モデルを用いて 21 世紀中ごろ、21 世紀末の分布を予測した研究によれば、海水温の上昇によりすべての種で分布域が大幅に北上する、又は生育適地が消失する可能性があるとして予測されている^{3302053, 3302054, 3302055)}。RCP8.5 シナリオでは全種を合わせた分布域が 21 世紀末では 1980 年代の 0～25%に縮小し、RCP4.5 シナリオでも 11 種中 4 種のコンブが日本海域から消失する可能性があるとして予測されている。（MIROC-ESM モデルによる気候予測情報を使用）³³⁰²⁰⁵⁶⁾。ハイタンアマノリとスサビノリの分布予測では、高緯度と沖合の分布域拡大が予測されており、21 世紀中ごろにハイタンアマノリの分布域が 10.75%～26.13%、スサビノリの分布域が 18.97%～26.48%増加することが示されている（RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5 シナリオを仮定した MaxEnt モデルによる予測情報を使用）。オゴノリについても現在の分布南限にあたる南シナ海では消滅の危険性が高く、特に 21 世紀末までに極方向への拡大が予測されている（RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5 シナリオを仮定した種分布モデルによる予測情報を使用）³³⁰²⁰⁵⁷⁾。

同様に、海水温の上昇と海流輸送による海藻・造礁サンゴの分布変化速度のモデリングにより、温帯における海藻藻場からサンゴ群集への移行のメカニズムを検証した研究から、食性魚類の北上に伴う食害の増加や、サンゴの北上による競争の発生等により、現在から近い将来(2009-2035)、海草藻場がサンゴ群集へ移行する可能性が現状よりも増加することが示されている(RCP4.5 シナリオを仮定したMIROC4h による予測情報を使用) ³³⁰²⁰²¹⁾。また、ホンダワラ類アカモクの生息可能沿岸域の推定では、2000 年に日本周辺の 25° N から 45° N の沿岸に分布していたアカモクは、8 月の水温が原因で今世紀末には 35° N から 45° N の沿岸に縮小すると予測されているほか(RCP8.5 シナリオを仮定した九州大学応用力学研究所開発の海況予測モデル DREAMS_B による予測情報を使用) ³³⁰²⁰⁵⁸⁾、北大西洋でも生息域の北上や生育適地が大幅に失われることが予測されている(RCP8.5 シナリオを仮定した種分布モデルによる予測) ³³⁰²⁰³⁰⁾。他にもヤツマタモクは今世紀末に太平洋岸中・南部、日本海南部及び瀬戸内海において減少傾向が予測されている ³³⁰²⁰⁵³⁾。

海水温上昇により、夏～秋に珪藻類の一種であるスケルトネマ²⁸とユーカンピア²⁹のクロロフィル a 濃度が低下し、一次生産が低下する傾向があると予測されている。なお、プロロケントルムのクロロフィル a 濃度はスケルトネマやユーカンピアに比べて、無視できるほど小さいことが確認されている(RCP8.5 シナリオを仮定した MRI-NHRCM20 モデルによる予測) ³³⁰²⁰⁴⁶⁾。また、アラメは 21 世紀末には日本海全域で生育が困難になり、ツルアラメは能登半島以西での生育が困難になると予測されている(2.8°C 上昇すると予測されている IPCC の温暖化シナリオ A1B に基づく温暖化予測計算の結果) ^{3302059, 3302060)}。カジメについても摂食する食植性魚類であるアイゴが高水温で摂食行動が活発になるとされ、21 世紀末に藻場が衰退・消失すると予測されている(RCP8.5 シナリオを仮定した CMIP5 による予測計算の結果) ³³⁰²⁰⁶⁰⁾。

RCP8.5 シナリオでは、海洋酸性化により 2100 年までに、日本沿岸域におけるアラゴナイト飽和度が、飼育実験上多くの生物に影響が現れると予測される閾値を長期間下回るようになると予測されており ^{3302061, 3302062)}、その結果として水産資源となる種にも悪影響がおよぶ可能性がある。また、酸性化は水温上昇や低酸素化のような同時に起こる要因と複雑に相互作用すると考えられているが ^{3302063, 3302064)}、我が国の水産種に対する複合影響の研究例はシロギスやバイ ³³⁰²⁰⁶⁵⁾などの一部の生物に限られている。

ただし、沿岸域の酸性化環境の将来予測は排出シナリオ以外の様々な海域開発選択によっても大きく変化することに留意する必要がある。例えば東京湾では、陸域からの栄養塩負荷量を現在の半分から 2 倍まで変動させる事で、湾内海水のアラゴナイト飽和度が 1 を下回るまでにかかる年数が±30 年程度変化するという試算がなされている ³³⁰²⁰⁶⁶⁾。同様に貧酸素化についても、東京湾への栄養塩負荷量を現在の 50%に減少させることで、2100 年において東京湾の底層溶存酸素濃度がシロギス卵・仔魚の貧酸素耐性閾値を下回る日数を大幅に削減できることが予測されている ³³⁰²⁰⁶⁵⁾。

水産資源となるシロギス(RCP4.5 シナリオを仮定した種分布モデルによる予測) ³³⁰²⁰⁶⁷⁾やホタテガイ、エゾバフンウニ(RCP8.5 を仮定した領域海洋モデルによる予測計算の結果) ^{3302068, 3302069)}といった種について海水温上昇や海洋酸性化による影響が予測されている。新潟県柏崎市と千葉県鴨川市沿岸で捕獲したシロギスを使用し、貧酸素化と酸性化の影響を調査した飼育実験では、酸性化と比較して貧酸素化が魚の胚の孵化成功率と幼生の生存率に影響を与えることが示されている ³³⁰²⁰⁷⁰⁾。また、シロギスの分布予測を行った研究では、現在のところ日本・中国・韓国の沿岸域の大部分が生息適域であるものの、将来にお

²⁸主に沿岸域に多く見られる細長い細胞が鎖のようにつながって群体を作る植物プランクトン。

²⁹海洋に生息する珪藻類の一種。細胞が連結して群体を形成し、沿岸の生態系で重要な役割を果たす植物プランクトン。

いて生息適域が渤海湾・黄海・北海道北部などの沿岸域を北上しつつ狭まり、2050 年代よりも今世紀末においてさらに生息適域の縮小が深刻化すると示されている（RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5 を前提とし、複数の大気海洋大循環モデルを使用）³³⁰²⁰⁷¹⁾。その他、底層水温の影響を受ける種として、日本海、渤海、黄海、東シナ海の北部におけるクロソイが 21 世紀末までに RCP4.5 シナリオで占有面積が 10%減少、RCP8.5 シナリオでは 45%の減少が予測されている（種分布モデルによる予測計算の結果）³³⁰²⁰⁷²⁾。

また、海岸域に分布する塩性湿地などは、海水面の上昇に伴い破壊されるおそれもある³³⁰²⁰⁷³⁾。

海面水位の上昇による砂浜と干潟の侵食が予測されている^{3302074, 3302034)}が、その生物への影響について予測した研究は確認されていない。一方、閉鎖性海域における水位変化が生物に与える影響については、八代海において現地調査により取得した潮間帯・潮上帯の希少種の生息範囲の情報と、気候モデルによる 21 世紀末（RCP2.6、RCP8.5）の水位の予測結果から、潮間帯・潮上帯の希少種生息可能域を推定した研究がある。これによれば、21 世紀末(RCP2.6)の八代湾では、平均水位が 0.3～0.4 m、21 世紀末(RCP8.5)で 0.7～0.8 m 高くなるため、低地盤域に分布する貝類・カニ類は、水位が上昇しても現在よりも高地盤域へ移動することができる一方、護岸沿いの高地盤域に分布する貝類・カニ類は、現在の分布域よりも高い場所が堤防等によって分断され、移動が困難になる可能性が示されている。また、水位上昇により海水の冠水時間が長くなり、干潟域の底泥中の塩分が上昇するため、生息場所となっている塩沼地植物群落が衰退し、これらの種は生息できなくなる可能性も指摘されている³³⁰²⁰⁷⁵⁾。

最寒月水温の年々変動とサンゴの斃死水温を考慮し、造礁サンゴ 2 種（スギノキミドリイシ・エンタクミドリイシ）の分布変化について予測した研究によれば、予測期間である 1950～2029 年の 80 年間で、東シナ海においては分布北限がそれぞれ 84km（スギノキミドリイシ）・42km（エンタクミドリイシ）北上し、太平洋においては 42km（スギノキミドリイシ）・63km（エンタクミドリイシ）北上し、北限が温帯域へ拡大することが予測されている（RCP4.5 シナリオを仮定した MIROC4h による気候予測情報を使用）³³⁰²⁰⁷⁶⁾。

西日本の潮間帯におけるアカテガニとバンザイガニの分布パターンと堆積物温度の関係に関する研究では、堆積物温度が分布パターンに影響を与えていると予測されている。RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5 シナリオいずれについても 21 世紀中頃にアカテガニの分布域が縮小、バンザイガニの分布域が拡大すると予測されており、RCP8.5 シナリオでは大幅な変化が予測されている。21 世紀末にはアカテガニの分布域の縮小とバンザイガニの分布域拡大がさらに進むと予測されている³³⁰²⁰⁷⁷⁾。

足摺宇和海国立公園において、気候モデルによる将来の月平均海水温から、将来気候下におけるアイゴの採食・コンブ類の高温生存・オニヒトデの繁殖・サンゴの高温生存について予測した研究によれば、RCP2.6 シナリオの将来水温を仮定した場合でも、アイゴの採食目安及びオニヒトデの生存可能域が約 50km 北上して瀬戸内海へ到達すること、さらにコンブ類の生存南限とオニヒトデ繁殖目安の限度は約 70km 北上する可能性があるとしている。さらに、RCP8.5 の将来水温のもとでは、足摺宇和海国立公園の全開域がアイゴの採食目安及びオニヒトデの生存可能域、オニヒトデの繁殖可能域となり、さらには同国立公園の全海域がサンゴの白化域となる予測が得られている³³⁰²⁰⁷⁸⁾。

アサリやウニ等の水産資源の生産力の変化については限られた海域での仮想的条件下でのモデル予測があるのみである^{3302079, 3302080)}。

黄海と東シナ海において種分布モデルを用いた棘皮動物の分布域を予測した研究では、21 世紀中頃や 21 世紀末に RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5 いずれにおいても海水温が上昇し、塩分が減少するこ

とが予測されている。これにより、棘皮動物の分布域が変動し、特定の種は南部の分布域が縮小し、北部に移動する傾向が予測されている。例えば、マダラクモヒトデやトゲイカリナマコは、将来的に分布域が拡大することが予測されている³³⁰²⁰⁸¹⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

低温性の種は、高温性の種への遷移が進行していることが確認されている。また、魚類や底生動植物の種構成が変化し、ウニ類の群集種組成が変わっている。サンゴの分布北限が拡大する一方で、水温の上昇や植食性魚類（アイゴなど）の北上により藻場は減少している。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、藻場に対しては、環境変化に注意し早めに磯焼けを感知することや、阻害要因を特定して対策を実施することが挙げられる。具体的な対策として、ウニ・魚類の除去や、フェンスの設置、海藻のタネの供給、基盤（ブロックや石材）の提供、栄養塩の供給などがある³³⁰²⁰⁸²⁾。

海藻被度とウニ密度の関係から、ウニ密度がある一定の値を下回ると海藻被度が劇的に回復するとされており、ウニ密度を一定量まで減少させることが藻場回復を目指す上で重要な考え方であるとされている³³⁰²⁰⁸³⁾。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約1℃上昇）	約1.5～2℃上昇時	約3～4℃上昇時	
重大性：レベル3 確信度：レベル3	重大性：レベル3 確信度：レベル3	重大性：レベル3 確信度：レベル3	緊急性：レベル3 確信度：レベル3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル3

✧ 【環境】植食性魚類の北上に伴う藻場生態系の分布適域の縮小や、熱帯性のサンゴ群集への置き換わりといった生態系の遷移が既に進行しており、その影響の範囲は瀬戸内海で冷水性のサケ目が絶滅や絶滅危惧種になるなど、生物種・生息地への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル3

✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル3

✧ 【環境】藻場生態系の劣化や熱帯性サンゴ群集への置き換わり、コンブやアカモクなどの分布域の縮小・北上が予測されており、その影響の範囲は温帯・亜寒帯の沿岸生態系全体に及び、生物種・生息地への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル3

✧ 【知見の種類・量等】種分布モデルや領域海洋モデルなどによる影響の予測結果が多数の

学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3~4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル3

◇ 【環境】藻場生態系の劣化や熱帯性サンゴ群集への置き換わり、海藻の分布域の縮小・北上が予測されており、その影響の範囲は一部の海藻が東シナ海や本州中部の沿岸から消失する可能性があるとして、生物種・生息地への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル3

◇ 【知見の種類・量等】種分布モデルや領域海洋モデルなどによる影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル3

◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、阻害要因を特定して対策を実施する（ウニ・魚類の除去や、フェンスの設置、海藻のタネの供給、基盤（ブロックや石材）の提供、栄養塩の供給など）などの適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル3

◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

【海洋生態系】

(1) 海洋生態系

ここでは、海洋生態系におけるプランクトン等の分布の変化、魚類の体サイズの変化など、生物群集（生物相）に強く影響する魚類の変化、生物季節の変化、種構成や現存量等の生態系の構造の変化等について扱う。なお、水産資源として重要な回遊性魚介類等に与える影響については、「農業・林業・水産業分野-水産業」の各小項目においても取り上げる。

（現在の状況）

〔概要〕

- 日本周辺海域では親潮域、黒潮域及び混合水域において、植物プランクトンの現存量と一次生産力の減少が始まっている可能性がある。
- 海洋の水深 100m～1000m の亜表層域では溶存酸素量（DO）が継続的に減少していることが判明しており、その傾向は日本周辺海域ほぼ全域で同様である。
- 日本の各海域において、水温上昇によると考えられる種への影響が報告されている。
 - 西部北太平洋亜寒帯域においては、近年の表層水温の上昇に伴い、暖水性のカイアシ類の分布が北上している。
 - 日本海においてスルメイカの体サイズが小さくなっているほか、東シナ海のサバの体サイズが小さくなり日本海北部の同種の体サイズが大きくなっている。

日本周辺で漁獲されるケンサキイカの回遊経路を調査した研究では、黒潮続流周辺が当該種の事実上の分布北限とされていたが、宮城県仙台湾で多くの小型個体が報告されており、黒潮続流から親潮との混合域を経て、仙台湾まで到達した可能性がある ³⁴⁰¹⁰⁰¹）。

北西太平洋の大規模海洋生態系に対する海面水温上昇の影響を調査した研究では、北西太平洋の各海域（オホーツク海・親潮・日本海・黒潮・黄海・東シナ海・南シナ海）にて、生態系の構造変化やヒステリシス（過去に加わった力に依存して変化すること）を伴う遷移が発生しており、レジリエンスが低下しているとされている ³⁴⁰¹⁰⁰²）。

北太平洋海域では、過去数十年の温暖化は、一部のロシアサケとアラスカサケにとってより良い環境を提供した可能性があるが、地球温暖化によるさらなる水温上昇は、それらにとっても有害になる可能性がある ³⁴⁰¹⁰⁰³）。

西部北太平洋亜寒帯域では、近年の表層水温の上昇にともなって、暖水性カイアシ類の生息域が北上していることが報告されている ³⁴⁰¹⁰⁰⁴）。また、2016 年 6 月 28 日から 7 月 4 日に実施された、北西太平洋における殻付翼足類の水平・垂直分布パターンの調査では、各水深域における現存量は、アラゴナイト飽和度と弱い相関があると報告されている ³⁴⁰¹⁰⁰⁵）。

日本周辺海域ではとくに親潮域、黒潮域、及び混合水域（本州東方で親潮と黒潮が混合する海域）において、温暖化に伴う植物現存量と一次生産力の低下が始まっている可能性がある ^{3401004, 3401006, 3401007, 3401008, 3401009}）。1997 年～2018 年の観測データを用いて海洋表層クロロフィルの傾向を調査した研究では、日本に接する北太平洋の大部分平均-0.91±0.13%/年という負の傾向が見られた ³⁴⁰¹⁰¹⁰）。一方、日本海及びオホーツク海においては、クロロフィル濃度が継続的に増加傾向であるとの報告がある ^{3401008, 3401011, 3401012}）。

春季ブルームに関しては、道東・千島列島沖において、開始時期が早まる傾向が確認されている ³⁴⁰¹⁰¹³）。

また、日本周辺における 2003～2012 年の衛星画像の観測結果から、オホーツク海においては海水温が高い年における春季ブルームの早期化と規模(期間内の平均クロロフィル量)の減少傾向が見られた一方、南シナ海の北側、黒潮域、日本海においてはそのような傾向は見られなかったとしている³⁴⁰¹⁰¹⁴⁾。なお、現状ではどの程度気候変動が影響しているかは不明だが、日本海でも、春季ブルームと秋季ブルームの大きさに変化があると報告がある³⁴⁰¹⁰¹⁵⁾。

動物プランクトン現存量の変化に関しても、親潮海域と混合水域の限定的な海域で研究がされているものの^{3401006, 3401007)}、海域間でその傾向が一致していない。また、親潮域では植物プランクトンの増減と動物プランクトンの経年変動には相関がない事も確認されている^{3401006, 3401007, 3401016)}。

体サイズの変化について、日本海沖の 1978 年から 2019 年の調査船による研究ではスルメイカの体サイズが 2000 年代から 2010 年代にかけて小さくなる傾向にあった報告されている。1980 年代末以降の長期的な水温上昇により、1990 年代以降、成体になる時期が遅れ、2000 年代以降に成長速度も低下し、成体になる時期の遅れと成長速度の低下が相まって、2000 年代以降、魚体の小型化が急速に進んだと考えられている³⁴⁰¹⁰¹⁷⁾。他には沖縄本島、久米島、先島諸島の海域でも水揚げされた漁獲物の体サイズが小さくなっていると報告されている³⁴⁰¹⁰¹⁸⁾。東シナ海と日本海北部におけるサバのサイズと年齢構造の時空間変動に関する研究では、東シナ海で長期的にサバのサイズと年齢が減少している一方で、日本海北部では逆にサイズと年齢が増加していることが観察されている。また、東シナ海での産卵期において、サイズと年齢の減少が見られ、若い産卵者が増加することで、個体群動態が不安定になる可能性が示唆されている³⁴⁰¹⁰¹⁹⁾。海洋の亜表層域(水深 100m～1000m)では溶存酸素量が継続的に減少していることが判明しており³⁴⁰¹⁰²⁰⁾、日本周辺海域でもほぼ全域で亜表層の溶存酸素濃度が減少している^{3401021, 3401022, 3401023, 3401024, 3401025)}。特に日本海では水深 2000m から底層までの全域で溶存酸素濃度の減少が進行している^{3401026, 3401027)}。全球規模でみて特に溶存酸素濃度が低下している東部北太平洋域では、溶存酸素濃度の低下に伴って底魚類の斃死や生息深度の上昇などの様々な影響が現れているが、日本周辺海域ではもとの溶存酸素濃度が比較的高いため、継続的な溶存酸素濃度の減少にもかかわらず、海洋生物への直接的な影響は、一部の底魚類³⁴⁰¹⁰²⁸⁾やカイアシ類と線虫³⁴⁰¹⁰²⁹⁾でその可能性が疑われている他は、未だ検出されていない。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 植物プランクトンの現存量に変動が生じる可能性が予測されている。
 - 全球では熱帯・亜熱帯海域で低下し、亜寒帯海域では増加すると予測されている。
 - 植物プランクトン(特に珪藻のような成長の早い種)は突然の変化を起こしやすく、緩やかな環境変化、特に栄養塩供給率比に反応して、急激な群集再編成が起こりうると指摘されている。
- 海洋酸性化が、中～高排出シナリオ(RCP4.5、6.0 及び 8.5)において、特に極域の生態系や有孔虫といった海洋生態系に相当のリスクをもたらすことが指摘されている。
- 日本周辺の海洋保護区について、気候変動への脆弱性を示唆する予測が確認されている。

海洋酸性化が、植物プランクトンから動物までの個々の種の生理学的、行動学的及び個体数変動学的な影響に伴い、中～高排出シナリオ(RCP4.5、6.0 及び 8.5)において、特に極域の生態系や有孔虫³⁴⁰¹⁰³⁰⁾

といった海洋生態系に相当のリスクをもたらすことが指摘されている。

IPCC 海洋・雪氷圏特別報告書では、海洋の貧酸素化も将来にわたり進行する事が予測されている³⁴⁰¹⁰³¹。文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」によると、日本周辺海域でも、日本南方の北西太平洋亜熱帯域の深度 0～1,000m において、観測結果と整合的な溶存酸素濃度の減少傾向が予測されている³⁴⁰¹⁰²⁵。しかし、貧酸素化の予測情報は十分でなく、日本周辺海域に関する貧酸素化とその生物影響の将来予測は現時点では困難である。

気候変動により予測される海洋の温暖化と海洋一次生産の変化は、海洋生態系のバイオマス量、生産力、群集構造を変化させる。これにより、RCP8.5 シナリオ下の 21 世紀末においては、1986～2005 年時点と比較して海洋生物の食物網全体のバイオマス量が $15 \pm 5.9\%$ 減少し、潜在的な漁獲量の最大値が 20.5～24.1% 減少するとしている。加えて、この変化は、RCP8.5 シナリオにおいて RCP2.6 の 3～4 倍になると予測されている³⁴⁰¹⁰³²。

世界の 21 世紀のプランクトン群集の変化について RCP8.5 シナリオを用いて予測した研究では、独自の資源を必要とする植物プランクトン（特に珪藻のような成長の早い種）は突然の変化を起こしやすく、緩やかな環境変化、特に栄養塩供給率比に反応して、急激な群集再編成が起こりうると指摘されている³⁴⁰¹⁰³³。

海洋酸性化による影響については、中～高位の排出シナリオ（RCP4.5、6.0 及び 8.5 シナリオ）の場合、特に極域の生態系やサンゴ礁といった脆弱性の高い海洋生態系に相当のリスクをもたらすと考えられる³⁴⁰¹⁰³⁴。炭酸カルシウム骨格・殻を有する軟体動物、棘皮動物、造礁サンゴに影響を受けやすい種が多く^{3401035, 3401036, 3401037, 3401038, 3401039, 3401040}、その結果として水産資源となる種に悪影響がおよぶ可能性がある。

気候変動に伴い、植物現存量と一次生産力に変動が生じる可能性がある^{3401041, 3401042, 3401043, 3401044, 3401045}。植物現存量と一次生産力は、全球でみれば熱帯・亜熱帯海域で低下し、亜寒帯海域では増加するという予測で多くのモデルが一致するので^{3401042, 3401043, 3401044, 3401045}、一定程度の確信度があるとされる。しかし、亜寒帯と亜熱帯の境界に位置する日本周辺海域の変化予測はモデル間の一致度が低い。また、これに伴い植物種組成や生物季節性にも変化が生じる可能性も指摘されているが^{3401041, 3401044, 3401045}、海域毎の変化予測は現状困難である。動物プランクトンの予測は、これら植物プランクトンと一次生産力の予測結果を用いるものであるため、日本周辺海域の予測の信頼性が高いとはいえない。

太平洋におけるマダラの分布変化の予測では、21 世紀中ごろから 21 世紀末にかけて東部で現在の生息地の大部分を維持しながら生息適地を北に拡大するとされているが、日本近海にあたる西部では日本海の沖合海域のごく一部に新たな生息域を形成するものの、生息適地の大部分を失うと予測されている（RCP2.6 シナリオ、RCP8.5 シナリオを仮定した EP(Ecosystem Process)モデル、種分布モデルによる予測）³⁴⁰¹⁰⁴⁶。

東シナ海では、2100 年時点において、水温の上昇と富栄養化により、現状優占している珪藻類のバイオマス量が約 60% 減少し、渦鞭毛藻が現状の約 70% 増加するとの予測がある。この変化により、生物ポンプ³⁰の効率低下等、海洋生態系の機能へも影響が生じる可能性が指摘されている（東シナ海における 2°C の水温上昇を仮定）³⁴⁰¹⁰⁴⁷。海洋の酸性化による銅の毒性増加と温暖化による銅の毒性減少に着目した研究では、21 世紀末に RCP8.5 シナリオにおいてサンゴの成長や生存、アサリやホタテガイの成長や

³⁰ 海洋生態系における、生物による海面から海底への炭素輸送の経路のこと。

繁殖能力、その他の海洋生物では生理機能の損失や細胞損傷、死亡リスクの高まりといった銅の生態リスクが現在の2倍になるなどが予測されている³⁴⁰¹⁰⁴⁸⁾。

日本周辺の海洋保護区(MPA)について、将来気候条件下における安定性や連結性の変化について評価を行った研究によれば、日本近海の88%が2035年までに予測される気候変動が、これまで経験されてきた変化の幅以上の変化にさらされることが予測されている。これにより、海洋保護区についても、将来においてもこれまでの気候の変動幅に収まる領域は4.1～13.9%に留まることが予測され、海洋保護区の気候変動に対する脆弱性が示唆されている(RCP4.5 シナリオを仮定したMIROC4hによる気候予測情報を使用)³⁴⁰¹⁰⁴⁹⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

日本周辺海域では、親潮域、黒潮域、混合水域において植物プランクトンの現存量と一次生産力が減少している。また、亜表層域(水深100m～1000m)では溶存酸素量が減少しており、西部北太平洋亜寒帯域では暖水性カイアシ類の分布が北上している。北太平洋海域では、ロシアサケとアラスカサケが温暖化による環境変化の影響を受けている。

日本海では、スルメイカの体サイズが小型化している。

東シナ海では、珪藻類と渦鞭毛藻のバイオマス量が変化している。さらに、日本近海の海洋保護区は気候変動に対する脆弱性が高いとされている。

(適応策とその効果)

代表的な適応策及び適応策の効果に関する十分な知見が集まっていない。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状(約1°C上昇)	約1.5～2°C上昇時	約3～4°C上昇時	
重大性：レベル2 確信度：レベル2	重大性：レベル3 確信度：レベル2	重大性：レベル3 確信度：レベル2	緊急性：レベル3 確信度：レベル2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル2

✧ 【環境】水温上昇による暖水性のカイアシ類の分布北上やスルメイカ、サバの体サイズの変化が既に発生しており、その影響の範囲は日本周辺の複数の海域(西部北太平洋亜寒帯域や日本海など)に及び、生物種・生息地への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル2

✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文で示されている。

✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で異なっている。

<1.5～2°C上昇時>

➤ 重大性：レベル3

✧ 【環境】植物プランクトンへの影響が予測されており、その影響の範囲は海洋生態系全体

に影響を与えるバイオマス量や生産力に及び、生物種・生息地への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で異なっている。

<3~4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

◇ 【環境】植物プランクトンへの影響が予測されており、その影響の範囲は海洋生態系全体に影響を与えるバイオマス量や生産力に及び、生物種・生息地への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で異なっている。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】－

➤ 確信度：レベル 2

◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で異なっている。

【物質収支】

(1) 物質収支

ここでは、森林生態系等における炭素・水フラックスや土壌への影響、海洋生態系等における海洋酸性化や貧酸素化を取り扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 1980～2009 年の日本の森林における土壌由来の温室効果ガス交換量を調査した結果、二酸化炭素・一酸化二窒素の放出、メタンの吸収の増加が示されている。
- 富士山麓のカラマツ林では、年平均地温の上昇に伴い、林床部からの年積算炭素排出量が増加する傾向にある。
- 海洋においては、溶存酸素量の減少による貧酸素化や、大気に放出された CO_2 が海洋に溶解することによる海洋酸性化が発生している。
 - 大和堆や若狭湾などの観測データから、浅海域での酸素減少は主として冬季の溶解度低下によるもので、すでに酸素濃度が 1960 年代の自然変動範囲を下回っていることが確認されている。
 - 海洋酸性化に伴い、海洋生物の殻や骨格の主要な構成成分であるアラゴナイト形成の指標であるアラゴナイト飽和度が低下している。
- 降水パターンの変化傾向が、森林の水収支や土砂動態に影響を与える可能性がある。
- 日本を含む世界の 393 湖沼のデータ分析から、湖沼の溶存酸素量の減少は海洋における現象より著しく大きく、集計した湖沼では 1980 年～2017 年の期間で表層水と深層水の溶存酸素濃度が 0.45 及び 0.42mg/L 減少した。

日本の森林における土壌 GHG フラックスは過去 30 年（1980～2009 年）にわたって、 CO_2 放出は 0.31TgCyr^{-2} （1980～2009 年の平均との比較では $0.23\%/年$ ）、 CH_4 吸収は 0.40GgCyr^{-2} （ $0.44\%/年$ ）、 N_2O 放出は 0.0052GgNyr^{-2} （ $0.27\%/年$ ）の割合で増加している³⁵⁰¹⁰⁰¹）。また、富士山麓のカラマツ林において 8 年間行われた林床部炭素フラックス（土壌呼吸、微生物呼吸、林床植生による光合成等）の観測調査では、年平均地温の上昇に伴い年積算炭素排出量が増加し、林床部の呼吸量には地温が強く影響することが示されている。また、林床植生による光合成量は、台風による林冠部の攪乱等の林床の光環境の変化により影響を受けることが示されている³⁵⁰¹⁰⁰²）。

気象観測データから、無降水期間の長期化と降水継続期間の短期化の傾向や、降水継続期間とイベント内総降水量との相関は弱まる傾向がみられる。こうした傾向は森林の水収支のみならず土砂動態にも影響を与えると考えられるが、現状では土砂流出の状況に関する長期間の変化を掴むことのできるデータは極めて乏しく、変化状況を把握するのは困難である³⁵⁰¹⁰⁰³）。

海洋における溶存酸素量について、大和堆、淡島地域、若狭湾、対馬海峡東部の海洋観測データを分析した研究では、浅海域における酸素の減少は冬季は表層水温の上昇に伴う溶解度の低下、夏季は鉛直成層の強化による亜表層域への酸素輸送量の低下によってそれぞれ引き起こされており、いずれも温暖化の影響であることが示唆されている。また、本研究で観察された貧酸素化の結果として、酸素濃度はすでに 1960 年代の自然変動範囲を下回っていることが、日本海沿岸のいくつかの深度範囲で確認されている

3501004)。

大気中の CO₂ 濃度が上昇するとその分圧に応じて海洋へ溶存する。海水に溶解した CO₂ は解離して水素イオンを生成し、水素イオン濃度が高くなると pH が低下する。海中の pH が変わると物質の溶解性が変わるため、自然生態系に大きな影響を及ぼす。すなわち、大気に放出された CO₂ が海洋に溶解することにより、海洋酸性化が問題として引き起こされる。海洋に吸収された CO₂ は、海洋の循環や生物活動により海洋内部を移動するため、海洋内部における海洋酸性化が懸念されている ³⁵⁰¹⁰⁰⁵⁾。気象庁が長期にわたり実施してきた海洋観測によると、北西太平洋域では長期的に pH が低下しており、その低下速度は 10 年あたり約 0.02 (1985～2024 年) と報告されている。また、観測データに基づき解析的に求めた日本近海の pH では、海域間で長期変化傾向に有意な差はなく、1998 年から 2024 年までの期間で 10 年あたり 0.022 の割合で低下している ³⁵⁰¹⁰⁰⁶⁾。また、1978 年～2009 年までの日本全国の現場公共用水域水質調査(海域)観測による観測結果から、pH データは非常に変動が大きいものの、日本沿岸域では上記の機構に加えて、部分的な日本の沿岸海水の冬の表層水の温暖化によって pH の低下が引き起こされたことが示唆されている ³⁵⁰¹⁰⁰⁷⁾。

北太平洋西部の亜熱帯から熱帯にかけての船舶による測定データの分析により、亜熱帯前線帯では海洋酸性化の進行速度が、大気中の二酸化炭素の増加ペースに追従していることが明らかとなった。特に、2008～2017 年の海洋酸性化の速度は、1983～2017 年の平均と比較して約 30%速く進行していた。また、黒潮再循環帯と熱帯地域では、海洋酸性化の傾向は明らかであったが、その傾向は地域海洋循環の 10 年規模の変動の影響も受けていた ³⁵⁰¹⁰⁰⁸⁾。

宮古湾、志津川湾、柏崎海岸、日生諸島、大野海峡においては、2020 年～2021 年のアラゴナイト飽和度が時折 1.5 を下回り、太平洋カキなどの海洋生物にとって潜在的に危険なレベルまで低下していたことが示されている ³⁵⁰¹⁰⁰⁹⁾。東京湾・岩手県宮古市・新潟県柏崎市において、pH・DO・アラゴナイト飽和度を観測し、酸性化・貧酸素による複合影響発現閾値との関係を調査した研究では、pH はすべての海域で年間最低値が酸性化・貧酸素による複合影響発現閾値を上回ったが、アラゴナイト飽和度は宮古地先と沖合で 1 日未満～10 日、東京湾では 87 日間閾値を下回っているほか、東京湾では DO についても日最低値が閾値を下回っている日が 1 日だけ存在しているとされており、すでに現在の沿岸域においても沿岸生物に酸性化や貧酸素化の影響が生じている可能性が示唆されている ³⁵⁰¹⁰¹⁰⁾。

日本の湖を含む世界の 393 の湖について 1941 年～2017 年のデータを分析した結果、溶存酸素量の減少は海洋と比較して著しく大きく、1980 年～2017 年にかけて湖沼の表層水と深層水の溶存酸素濃度は 0.45 及び 0.42mg/L 減少したことが示された。気候変動と水の透明度の低下が湖沼の物理的及び化学的環境を変化させると考えられている ³⁵⁰¹⁰¹¹⁾。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 年平均気温の上昇や無降水期間の長期化により、森林土壌の含水量低下、表層土壌の乾燥化が進行し、細粒土砂の流出と濁度回復の長期化、最終的に降雨流出応答の短期化をもたらす可能性があり、21 世紀末には表面流出量が 14～44%増加することが予測されている。
- 日本各地で行われている土壌温暖化実験では、地温の上昇に伴う土壌呼吸の上昇が各地で確認されており、1℃の地温上昇により CO₂ 排出量が 6.2～26%増加すると予測されている。
- 一方、地温の上昇に伴う土壌呼吸の上昇の程度が、土壌微生物等の気候への順化により経年的に

減少する傾向を示す知見も確認されている。

- 高濃度 CO₂環境下では、土壌のメタン吸収能力が低下することが報告されており、土壌の水分含量の増加により、メタン消費の減少とメタン生成の増加が引き起こされることが示されている。
- 海洋における溶存酸素量について、RCP8.5 シナリオでは、21 世紀末までに世界の海洋の 72%以上で溶存酸素量の低下が起これと予測されている。また、CO₂吸収量の増加によって海洋酸性化が進行し、海洋生態系に深刻な影響を与える懸念がある。特に、海水の pH 低下が海洋生物の殻や骨格の形成を困難にし、水産資源に悪影響を及ぼす恐れがある。

年平均気温の上昇により、蒸発散量が増大し、その傾向は森林域において顕著となる。これにより、有効降水量が減少するとともに、無降水期間の長期化とも相まって、森林土壌の含水量低下・表層土壌の乾燥化が進行し、細粒土砂の流出と濁度回復の長期化、最終的には降雨流出応答の短期化をもたらす可能性がある³⁵⁰¹⁰⁰³⁾。ただし、これらは状況証拠的に推察されたメカニズムであり、今後は現地観測や数値モデル解析などからさらに検討する必要がある。また、森林の遷移を考慮して、国土スケールで将来の地表面流出量を予測した研究からは、使用した気候モデル・シナリオにより結果に幅はあるものの、2090 年代における表面流出量の年変動は現在と比較して 14~44%増加すること、この変化は常緑広葉樹林の面積と相関があったことが明らかにされている³⁵⁰¹⁰¹²⁾。

CENTURY 生態系モデルを使用し、森林土壌の炭素ストック量を評価した研究では、気候変動シナリオ (SRES A1B シナリオを前提とした IPCC 第 4 次評価報告書に記載された 24 の GCM による気候予測情報を使用) の下では、純一次生産量 (NPP) は 14%増加し、土壌有機炭素量が 5%減少することが予測されている³⁵⁰¹⁰¹³⁾。岐阜県高山地域の山岳域を対象に陸域生態系モデル (VISIT モデル) を用いて炭素収支の将来変化を予測した研究によれば、将来気候条件下では展葉日と落葉日がそれぞれ約 10 日早期化・晩期化し、生態系純一次生産量 (NPP) が 27.45%増加することが予測されている。この増加の要因としては、気温の上昇よりも CO₂ 濃度の上昇による施肥効果によるものが大きかったとしている (領域気候モデルによる現況再現結果に、SRES A1B シナリオを仮定した CMIP3 アンサンブル気候予測値による今世紀後半の将来予測値と現況値との差分を加算。CO₂ 濃度は 627~641ppm を仮定。)³⁵⁰¹⁰¹⁴⁾。

気候変動に伴う土壌呼吸の上昇により二酸化炭素濃度が上昇し、気候変動をさらに加速させる効果 (正のフィードバック効果) が生じる可能性について、土壌温暖化実験による検証が国内の複数の森林サイトで行われている。北海道天塩地域の泥炭林においては、微生物呼吸³¹⁾により排出される CO₂ の量が、1°C の地温上昇により 26%増加することが明らかになっている (実験条件として 3°C の地温上昇を設定)³⁵⁰¹⁰¹⁵⁾。同様に、白神山地のミズナラ林において行われた 5 年間の土壌温暖化実験の結果からは、微生物呼吸により排出される CO₂ の量が、1°C の地温上昇により 6.2~17.7% (5 年平均で 10.9%) 増加することが明らかになった (実験条件として 2.5°C の地温上昇を設定)³⁵⁰¹⁰¹⁶⁾。また、九州の暖温帯性常緑広葉樹林における 6 年間の土壌加温実験の結果からは、微生物呼吸により排出される CO₂ の量が、1°C の地温上昇により 7.1%~17.8% (6 年平均で 9.4%) 増加し、増加の程度は夏季の降水量と正の相関関係にあったことが確認されている (実験条件として 2.5°C の地温上昇を設定)³⁵⁰¹⁰¹⁷⁾。乗鞍岳のシバ草原における土壌加温実験の結果からは、加温によりシバのバイオマス量の増加、土壌有機物の減少、土壌菌類のバイオマス量の減少及び群集構造の変化が見られたことが示されている (実験条件として 2°C の地温上昇を設定)

³¹⁾ 微生物が酸素を使って有機物を分解し、エネルギーを得る過程。

3501018)。

一方で、土壌呼吸の温暖化による上昇傾向が、土壌微生物の気象条件への順化等の理由により年数経過とともに低下していく可能性も指摘されている。岐阜県高山の冷温帯性落葉広葉樹林における土壌温暖化実験の結果からは、地温上昇による土壌呼吸量が 9.9～18.1%増加することが示されたが、実験の年次を経るごとに根呼吸が加温条件に順化し、温暖化の土壌呼吸への影響が低下傾向にあることが示されている（実験条件として 3.0℃の地温上昇を設定）³⁵⁰¹⁰¹⁹⁾。同様に、北海道苫小牧における 7 年間の土壌温暖化実験による報告でも、4.0℃の加温条件において土壌呼吸が 32～45%増加した一方、根呼吸及び微生物呼吸の温度俊敏性は年々減少し、この減少は特に根呼吸において大きかったことが明らかとなっている³⁵⁰¹⁰²⁰⁾。

地温の上昇は冷温帯林の冬季間の可溶性窒素を 17～25%減少させ、結果として可給態窒素量の減少を引き起こす可能性がある³⁵⁰¹⁰²¹⁾。

FACE 実験により大気中の CO₂ 濃度が土壌におけるメタンの吸収能力の低下を引き起こすことが報告されている。高 CO₂ 環境では樹木の葉の気孔閉鎖がおこるため、葉からの蒸散が低下する。その結果として土壌含水率が増加し、嫌氣的になったことが要因の一つと考えられている。シラカンバ、ウダイカンバ、ケヤマハンノキ、カラマツ、ミズナラ、ヤチダモ、ハルニレ、ハリギリ、ブナ、シナノキ、イタヤカエデといった落葉樹を対象とした実験では、高濃度 CO₂ 環境下では、土壌の水分含量が増加し、これがメタン消費の減少とメタン生成の増加を引き起こすことが示された³⁵⁰¹⁰²²⁾。このような土壌の温室効果ガスのフラックスの変化は大気からの窒素沈着によっても引き起こされることが、カラマツ若齢林の土壌への人為的な窒素添加実験によって認められている。この実験では土壌への窒素添加により、土壌のメタン吸収速度の低下と亜酸化窒素の放出速度の増加が認められている³⁵⁰¹⁰²³⁾。

海洋における溶存酸素量について、RCP8.5 シナリオを用いて予測した研究では、2080 年までに世界の海洋の 72%以上で溶存酸素量の低下が起こり、中深層（200～1,000m）の方が、表層（0～200m）や深層（1,000m 以上）よりも大きくなるとされている。地球温暖化の進行に伴う酸素濃度の急速な低下傾向は、漁業やその他の海洋資源に大きな影響を与える可能性があるとして示唆されている³⁵⁰¹⁰²⁴⁾。

一方、海洋 CO₂ 吸収量は、人間活動によって増え続ける大気中 CO₂ 濃度に呼応して増加の一途を辿っており、海洋酸性化の深刻化が想定される³⁵⁰¹⁰²⁵⁾。海洋酸性化は、多くの海洋の生態系に対して深刻な影響が懸念されている。植物プランクトンの円石藻、貝類、ウニなどの棘皮動物やサンゴなど、様々な海洋生物は、海水中に溶解しているカルシウムイオン (Ca²⁺) と炭酸イオン (CO₃²⁻) から、水に溶けにくい炭酸カルシウム (CaCO₃) の骨格や殻を作っている。現在の海面付近では、pH がおよそ 8.1 程度で弱アルカリ性であり炭酸カルシウムは溶け難い環境下にあるため、生物は骨格などを作ることができる。しかし、海洋酸性化が進んで海水中の pH が低くなり、水素イオンが増えると、炭酸イオンとの反応で炭酸水素イオンが生成して炭酸イオンの濃度が減少することで、炭酸カルシウムの殻の形成が困難になり、さらには、形成された炭酸カルシウムが溶解しやすい環境になる。海洋酸性化の進行によって植物プランクトンや小さな動物プランクトンが生息、繁殖しにくい環境になると、有用な水産資源にも大きな影響を及ぼすと懸念される³⁵⁰¹⁰⁰⁵⁾。

また、海水中の全 CO₂ 濃度が増加しても海洋 CO₂ 吸収が今後抑制される。そのため、温室効果ガス排出削減に伴う温暖化の緩和が期待通りには進まない場合の海洋の応答も今後詳細に検討する必要がある。一方で、カーボンニュートラル社会が実現し将来の大気 CO₂ 濃度が低下すると、それに呼応して海洋がこれまで蓄積してきた CO₂ を放出することも考えられる³⁵⁰¹⁰²⁵⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

現状では特に強い影響を受ける地域・対象に関する十分な知見が集まっていない。

(適応策とその効果)

現状では、代表的な適応策及び適応策の効果に関する十分な知見が集まっていない。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性と その確信度の評価
現状（約 1°C 上昇）	約 1.5～2°C 上昇時	約 3～4°C 上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

◇ 【環境】森林における土壌 GHG フラックスについて CO₂・N₂O の放出、CH₄ の吸収の増加や海洋における貧酸素化や海洋酸性化が既に発生しており、土壌や海洋への影響の不可逆性を考慮すると、生物種・生息地への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で異なっている。

<1.5～2°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

◇ 【環境】国内各地の土壌加温実験から、土壌呼吸の上昇が予測されており、その影響の範囲は 1°C の地温上昇により CO₂ 排出量が 6.2～26% 増加するとされ、土壌への影響の不可逆性を考慮すると、生物種・生息地への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で異なっている。

<3～4°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

◇ 【環境】国内各地の土壌加温実験から、土壌呼吸の上昇や海洋の溶存酸素濃度の低下が予測されており、その影響の範囲は 1°C の地温上昇により CO₂ 排出量が 6.2～26% 増加、海洋においては、2080 年までに世界の海洋の 72% 以上で溶存酸素量が低下するとされ、土壌への影響の不可逆性を考慮すると、生物種・生息地への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で異なっている。

- 緊急性とその確信度の評価の根拠：
 - 緊急性：レベル 3
 - ◇ 【影響の発現時期】 重大な影響が既に生じている。
 - ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 –
 - 確信度：レベル 2
 - ◇ 【知見の種類・量等】 影響の発現時期が多数の学術論文で示されている。
 - ◇ 【知見の一致度】 影響の発現時期が文献間で異なっている。

【生態系サービス】

(1) 生態系サービス

ここでは、生態系サービス（生物多様性を基盤とする生態系がもたらす恵み）の変化について扱う。なお、生態系サービスの区分のうち、水産資源の供給等の「供給サービス」に関する影響については農林水産分野と、水質等の「調整サービス」に関する影響については水環境・水資源分野と、レクリエーション機能等の「文化的サービス」については国民生活・都市生活分野と、それぞれ重複する影響も考えられるが、本小項目では収集した知見の中で特に生態系サービスとの関連が明記されている事象についてとりあげる。なお、生態系サービスが受ける影響に対する適応策や他の分野における影響を低減、補完する適応策を含む。

（現在の状況）

〔概要〕

- 主に供給サービスや文化的サービスへの影響について報告されている。
 - 2016 年に石西礁湖で発生したサンゴ礁の白化は、同地域のサンゴ礁がもたらす生態系サービス（漁業生産・水族館への魚の供給、レクリエーション・ダイビング、海藻の防除）の経済価値を減少させた。
 - 冷蔵、輸送、レクリエーション、文化的伝統にとって重要な湖の氷の持続期間が1世紀あたり2週間以上短くなっている。
- 平均気温の上昇、極端な気象現象の増加、海水面の上昇が、種の分布・生物季節・個体群動態・群集構造・生態系の機能等、生態系や生物多様性の多くの側面への影響が既に発生している。

自然生態系分野の各項目で挙げた通り、各生態系を構成する種の分布変化や、それに伴う種構成の変化、及び生物季節等の変化が観測されている。したがって、これらが直接的、あるいは生態系の構造やプロセスの変化を通して間接的に、調整サービス・文化的サービス等の生態系サービスに影響を及ぼしている可能性がある。また、IPBES の報告によれば、人為的な気候変動による平均気温の上昇、極端な気象現象の増加、海水面の上昇が、種の分布・生物季節・個体群動態・群集構造・生態系の機能等、生態系や生物多様性の多くの側面において広範囲に影響を与えており、結果として農業・養殖業・漁業、及び生態系サービスへの悪影響をもたらしていることが、観測事例により確認されているとしている³⁶⁰¹⁰⁰¹。

斑点米カメムシ類は全国で依然として水稻の最重要害虫である。斑点米カメムシ類による被害は玄米品質が低下することに加え、0.1%単位のごく少量の被害で玄米買い取り価格が下落するとされ、温暖化に伴う大型カメムシ類の分布拡大に加えて日本海側地域でのアカスジカスミカメの分布拡大があり、被害発生リスクは確実に高まっている³⁶⁰¹⁰⁰²。

湖の氷が張る時期と解ける時期は、冷蔵、輸送、レクリエーション、文化的伝統にとって重要である。北半球の60の湖水を調査した研究では、氷の持続期間が1世紀あたり2週間以上短くなっていることが報告されている。さらに、過去25年間（1992年～2016年）では、氷が張る時期と持続期間の傾向が前の四半世紀よりも6倍以上速くなっており、氷が張るのが非常に遅く、氷が解けるのが早い年や、全く凍らない年が増加したことも示唆された³⁶⁰¹⁰⁰³。

国内においては、サンゴ礁の白化現象に伴う生態系サービスの経済価値の現象が報告されている。2016年に発生した石西礁湖のサンゴ礁の大量白化現象の前後において、サンゴ礁に生息する魚類から得られ

る主要な生態系サービス（漁業生産・水族館への魚の供給、レクリエーション・ダイビング、海藻の防除）の潜在的な経済価値を推算した研究がある。これによれば、経済価値を算出することができた 3 つのサービスにおいて、石西礁湖全体での白化現象の前後で各サービスの経済価値を比較すると、漁業は 21 億円から 19.8 億円に、観賞魚は 150.3 億円から 120 億円に、ダイビングは 414.4 億円/年から 362.6 億円/年にそれぞれ減少したことが明らかとなった³⁶⁰¹⁰⁰⁴⁾。

気候変動が森林などの生態的レジリエンスを損なうおそれがあると報告されている。令和元年房総半島台風や同年東日本台風は同年 9～10 月の高い海面水温が広がる日本近海で急速強化を起こし、グリーンインフラとして機能していた森林や緑地などに大きな被害を与えた。こうした気候変動影響によって攪乱体制や生育条件が変わったり、外来種の侵入が起きたりすることでこれらの被害からの回復がこれまでの自然再生の考え方では成り立たなくなっている可能性がある^{3601005, 3601006)}。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 国内のサンゴ礁がもたらす生態系サービスについて、観光・レクリエーション価値として年間 2,399 億円、漁業価値として年間 107 億円、海岸防護機能として年間 75.2～839 億円とする試算があるが、これらの生態系サービスは減少あるいは消失する可能性が考えられる。
- 文化的サービスへの影響も予測されている。
 - 高山景観の経済的価値について、ササによる高山植生の侵入や気温の上昇による雪パッチの消滅は、景観の価値を著しく低下させると予測されている。
 - カエデ類の紅葉やサクラの開花の時期・期間の変化に対し、休日やイベントの日程を調整しないと、観光収益などの生態系サービスの低下を招く可能性が予測されていることが指摘されている。
 - 海面水位の上昇による経済価値の変化の予測では、現在はレクリエーション価値が高い南日本の砂浜が価値を失う傾向にある一方、北日本の砂浜は一定の価値を保つ傾向が示された。
- 北部南シナ海において海面温度の上昇や酸素濃度の低下、酸性化、一次生産量の変化が海洋生態系に影響を与えると予測されている。
- 海水温の上昇と海洋酸性化の進行によるサンゴの分布適域の減少やコンブの分布適域の北上に伴う生態系サービスの低下が予測されており、サンゴや日本沿岸域の主要コンブ 11 種が消失するとされている。
- 海洋酸性化による日本近海の海面漁業・養殖業に及ぼす経済損失の今世紀末までの積算値は、海面漁業で 3,000 億～1 兆 2,000 億円程度、養殖業で 2,000 億～8,000 億円程度と見積もられている。

気候変動が生態系サービスへ及ぼす影響予測についての研究を対象に行われたレビューによれば、対象とした 117 件の研究結果のうち、気候変動による負の影響を結論づけたものは全体の 59%、正の影響については 13%、正・負の混合が 24%、中立が 4%であったとしている。一方、対象となった研究は北米及び欧州に集中しており、日本国内を対象とした研究は含まれていない³⁶⁰¹⁰⁰⁷⁾。

国内においては、生態系サービスへの気候変動による影響を予測した研究は限られるものの、北海道天塩川流域において、気候変動に伴う水文学的な生態系サービスの変化を予測した研究が確認されている。

これによれば、気候変動による気温の上昇や極端な降水の頻度及び強度の増大は、流域における無機態窒素及び無機態リン、懸濁物質の保持機能を増加させる一方、微生物による有機物分解速度の増加により、有機態窒素及び有機態リンの保持機能を低下させることが予測されている（B1 シナリオを前提とした MIROC3.2-HI による気候予測情報を使用）³⁶⁰¹⁰⁰⁸）。また、同じく北海道天塩川流域において、気候変動に伴う流域の経済的・環境的リスクの変化を予測した研究によれば、気温の上昇により農作物の収量が増加し、経済的な便益が増加するものの、気温の上昇や極端な降水の頻度及び強度の増大が水質悪化の原因となる栄養塩の河川への流入量を増加させ、環境面におけるリスクが増幅すると予測されている。加えて、農作物の収量増加に伴う経済的な便益の上昇の程度は、気候変動の進行とともに減少することから、気候変動の進行は経済面・環境面の双方にリスクを及ぼすと結論付けられている³⁶⁰¹⁰⁰⁹）。

高山景観の経済的価値について、ササによる高山植生の侵入や気候変動による雪パッチの消滅は、景観の価値を著しく低下させると予測されている。大雪山国立公園では毎年夏に公園を訪れる人の数が約 7～10 万人と仮定すると、高山の花に関連する 1 人当たりの金銭的価値は約 100.915 米ドル、雪パッチの 1 人当たりの金銭的価値は 12.672 米ドルと推定されている（高山の景観に関連する美的価値は、夏の訪問者だけが享受しているわけではないため、推定値は損失値の最小値）³⁶⁰¹⁰¹⁰）。

スギ林の NPP について、過去の気候条件（1996 年～2000 年）では、36～40 年生のスギ林の NPP は平均 $0.77 \text{ kgC}/(\text{m}^2 \text{ 年})$ と推定され、2096 年～2100 年の RCP2.6 及び RCP8.5 シナリオでは、5 つの GCM（地球気候モデル）の平均 NPP はそれぞれ 0.04 ± 0.07 及び $0.14 \pm 0.11 \text{ kgC}/(\text{m}^2 \text{ 年})$ 増加する一方で、南西部地域では夏に NPP が減少し、冬の増加が小さいため、全体的な増加は控えめになると予測されている。特に RCP2.6 シナリオ下では南西部地域でのスギの成長が危険にさらされる可能性があるため、森林管理の改善が必要とされている³⁶⁰¹⁰¹¹）。植林されたスギ林の樹高について、岐阜県郡上市と高知県香美市で樹齢 20～100 年のスギ林の潜在樹高を予測した結果、気候条件に対するスギ成長の応答が地域間で異なる場合があるとされている。郡上市の潜在的な成長パターンは温暖な東部と南部の地域では高い成長が見られるが、標高が高く寒い北部と西部の地域では成長が低いという特徴が見られた。香美市では、パターンは地形的により複雑で、南西の斜面では高さの成長が低くなると予測されている³⁶⁰¹⁰¹²）。

流域の下流部にある湿原においては、大雨時における洪水調整機能が知られており、防災・減災機能（Eco-DRR 機能）として注目されている。北海道釧路湿原において、21 世紀末（RCP8.5 シナリオを仮定）における大雨を仮定し、湿原によるピーク流量の低減効果を推定した結果によると、釧路川下流部におけるピーク流量は $789 \text{ m}^3/\text{s}$ であったことに対し、湿原が無いと仮定した場合のピーク流量は $1145 \text{ m}^3/\text{s}$ であると推定されている。これらを 2016 年 8 月の大雨時の再現結果と比較すると、湿原が無いと仮定した場合のピーク流量は約 2.1 倍、湿原があることによるピーク流量の低減効果は約 2.3 倍となっており、将来予測される大雨の増加に対して釧路湿原の洪水調整機能がより重要となることが示唆されている（MRI-NHRCM02 による気候予測情報と水循環モデルによる予測結果）³⁶⁰¹⁰¹³）。社会資本整備審議会河川分科会では、気候変動による降雨量の増加を見越して全国 109 の一級水系の河川整備基本方針の見直しを実施されており、 2°C 上昇相当のシナリオに対応して降雨量が約 1.1 倍（北海道では約 1.15 倍）、流量が約 1.2 倍に増加した場合の洪水流量を安全に流下させるために、基本高水のピーク流量の改訂と流域治水による対策が検討されている。その中で、河道掘削による洪水流下能力の増加、遊水地による洪水調節流量の増加が、多くの河川で検討されており、対策内容を自然再生の観点から検討することにより、湿地・ワンド、エコトーンや生態系ネットワークの再生を実現することが可能になる³⁶⁰¹⁰¹⁴）。

大項目「沿岸生態系」「海洋生態系」において挙げられたように、国内の温帯域の沿岸における藻場の

衰退や海洋酸性化の進行、日本周辺海域の亜表層域における溶存酸素濃度の低下、親潮域及び混合水域におけるクロロフィル濃度や海洋一次生産力の減少傾向等、沿岸及び海洋生態系の変化が報告されており、このような沿岸域の生態系の変化は沿岸水産資源となる種に影響を及ぼす可能性がある。例えば、北日本沿岸域の主要コンブ 11 種について、分布予測モデルを用いて 2040 年代、2090 年代の分布を予測した結果、海水温の上昇によりすべての種で分布域が大幅に北上する、又は生育適地が消失する可能性があると予測されている。RCP8.5 シナリオでは全種を合わせた分布域が 2090 年代では 1980 年代の 0～25% に縮小し、RCP4.5 シナリオでも 11 種中 4 種のコンブが日本海域から消失する可能性があると予測されている（MIROC-ESM モデルによる気候予測情報を使用）³⁶⁰¹⁰¹⁵）。河川からの栄養塩負荷量が 2 倍になった場合の厚岸湖・厚岸湾における栄養塩濃度の予測では、栄養塩濃度は 1.2 倍～2 倍以上高くなると推定されている。さらに陸域の土地利用変化に伴う栄養塩負荷の効果、海域利用の変化に伴う養殖二枚貝類の量の変化を今後の水温変化と組み合わせて複合効果を検討したところ、陸域からの栄養塩流入は植物プランクトンの生産性を増加させるが、その効果の強度は養殖業の変化や温暖化影響によって複雑に変異すると予測されている（生態系プロセスモデル(LANDIS-II)を用いて、2015 年から 21 世紀半ばにかけての気候と土地利用の変化による予測結果）³⁶⁰¹⁰¹⁶）。

また、国内のサンゴ礁がもたらす生態系サービスについて、年間あたり、観光・レクリエーション価値として 2,399 億円、漁業（商業用海産物）価値として 107 億円、海岸防護機能として、75.2～839 億円とする試算がある³⁶⁰¹⁰¹⁷）。また、海洋酸性化が 21 世紀末までに日本近海のサンゴ礁に及ぼし得る観光・レクリエーションに関する経済効果は、今世紀前半までは水温上昇に伴うサンゴ生息域の拡大による若干の収入増が、今世紀後半には高水温と海洋酸性化によるサンゴの大量死あるいは絶滅により大幅な収入減が予想され、今世紀末までの積算値は 6 兆 7,000 億円程度と見積もられている³⁶⁰¹⁰¹⁸）。

日本周辺のサンゴの分布適域について、海水温の上昇と海洋酸性化の進行により、2090 年代には適域の大幅に減少（SRESB1 シナリオを仮定）、あるいは消失（SRESA2 シナリオを仮定）するとの予測³⁶⁰¹⁰¹⁹）を踏まえると、これらの生態系サービスが減少・消失する可能性も考えられる。

サンゴ礁の持つ防波機能（EcoDRR 機能）では、サンゴ礁が形成する礁嶺や礁裾等の地形と、サンゴが存在することによる海底面の摩擦効果が重要な要素である³⁶⁰¹⁰²⁰）。特にサンゴ礁の地形による防波機能については、外洋に面する礁嶺部分で波浪エネルギーの 86%、その内側の礁原部分まで含めると 97% を減衰させることが世界のサンゴ礁を対象としたメタ解析により明らかになっているが³⁶⁰¹⁰²⁰）、このような地形による波浪の減衰は、サンゴ礁の構造とその上部の水深に大きく関係する。したがって、海面水位の上昇等によりサンゴ礁の上部の水深が増加すると、防波機能に深刻な影響が生じる可能性が指摘されている³⁶⁰¹⁰²¹）。

サンゴ礁が健全な状態であれば、海面水位の上昇にともないサンゴ礁の高さも自然に追従するため、将来においてもサンゴ礁の構造と水深には大きな変化は生じないと考えられるが、白化や海洋酸性化により不健全な状態となったサンゴ礁においては、サンゴ礁の成長速後が海面水位の上昇による水深の増加に追従できず、防波機能が劣化する可能性がある³⁶⁰¹⁰²¹）。

また、もう一つの要素である海底面の摩擦効果についても、サンゴ礁が死滅することで海底面の構造が滑らかになり、防波機能が減少する。カリブ海地域のサンゴ礁生態系において行われた研究によると、サンゴの死滅と将来の海面水位の上昇を仮定した場合、サンゴが生きている状態と比較して、サンゴ礁を透過する波の最大波高及び平均波高を 5 倍に増加させるという予測がある³⁶⁰¹⁰²¹）。亜熱帯地域の沿岸域における自然の防波機能は、サンゴ礁のみならず、その内側の藻場、マングローブの多重構造が果たす効果

も大きい。しかしながら、礁嶺での防波機能が劣化すると、その陸側にある海草藻場等が波にさらされて劣化する可能性も懸念されている³⁶⁰¹⁰²²⁾。以上より、白化や海洋酸性化によるサンゴ礁へのストレスは、海面水位の上昇へのサンゴ礁の追従を妨げることに加え、サンゴの死滅による海底面の摩擦効果の減少を引き起こし、これらの複合作用の結果としてサンゴ礁による防波機能に深刻な影響が生じる可能性がある。

沿岸環境を保全することに対する市民の支払意志額に関して、コンブ場、海藻藻場、海藻とサンゴの混成域、アマモ場、干潟、サンゴ礁の6つの生態系の場の評価を行った研究によれば、沿岸域の自然環境の変化を防ぐための支払意志額で最も高かったのは北方のコンブ場と南方のサンゴ礁であり、次いで干潟と海藻藻場とが同程度、混成域とアマモ場が同程度となった(2100年を想定し、沿岸環境税を設立するという前提で選択型実験を適用)。したがって、気候変動によるコンブ場の北上、サンゴ礁の白化による衰退の予測を考慮すると、国全体として将来の自然資本の価値が低下する可能性がある³⁶⁰¹⁰²³⁾。

東シナ海で優勢な漁獲副産物ペイカとウイジンドウイカの分布変動を一般化線形混合効果モデル(sdmTMB)によって予測した研究では、海面水温の上昇により、21世紀中頃にSSP1-2.6、SSP2-4.5、SSP5-8.5シナリオいずれも東シナ海中部及び南部黄海で高値分布域が増加することが予測されており、SSP5-8.5シナリオでは顕著な増加が予測されている。21世紀末にはいずれのシナリオでも分布域が沿岸地域及び東シナ海中部で大幅に減少し、SSP5-8.5シナリオでは特に北部地域での減少が顕著であると予測されている³⁶⁰¹⁰²⁴⁾。東シナ海と北部南シナ海において海面温度の上昇や酸素濃度の低下、酸性化、一次生産量の変化が海洋生態系に影響を与え、それが生計、食料安全保障、文化に影響を与えるとされている。これらの波及効果に関する研究では、21世紀中頃までにSSP1-2.6シナリオにおいて東シナ海では温暖化により漁業から得られる経済利益が増加する一方で、生態系の健全性が低下することが予測されている。これに対して、北部南シナ海では、気候変動により生態系の構造と機能がさらに悪化し、経済利益も減少することが予測されている。SSP5-8.5シナリオでは、東シナ海においては、温暖化の影響がより強く現れ、漁業から得られる経済利益がさらに増加する一方で、生態系の健全性が大幅に低下することが予測されている。北部南シナ海では、気候変動の影響がより深刻であり、生態系の構造と機能が大幅に悪化し、経済利益も大幅に減少することが予測される³⁶⁰¹⁰²⁵⁾。

海洋酸性化による水産食資源供給への影響も報告されている。日本近海の海面漁業・養殖業に及ぼす経済損失の今世紀末までの積算値は、海面漁業で3,000億～1兆2,000億円程度、養殖業で2,000億～8,000億円程度と見積もられている³⁶⁰¹⁰¹⁸⁾。

生物季節の変化が生態系サービスにもたらす影響の研究は多くはないが、たとえばカエデ類の紅葉やサクラの開花の時期・期間の変化に対し、休日やイベントの日程を調整しないと、観光収益などの生態系サービスの低下を招く可能性があることが指摘されている^{3601026, 3601027)}。

また、携帯電話から得られた位置情報データの解析により、トラベルコスト法を用いて国内の砂浜のレクリエーション機能の経済価値を推定した研究によれば、評価の対象とした全国536地点の砂浜毎のレクリエーション価値は1日あたり4,865円から36,136,364円(夏季)、1,684円から19,842,105円(冬季)と推定されており、地域によって得られる砂浜のレクリエーション価値にばらつきがあることが示されている。これらをもとに、海面水位の上昇による経済価値の変化を予測したところ、現在はレクリエーション価値が高い南日本の砂浜が価値を失う傾向にある一方、北日本の砂浜は一定の価値を保つ傾向が示された。これにより、気候変動下における砂浜のレクリエーション価値の減少率は、砂浜面積の減少率よりも大きくなる傾向が得られている³⁶⁰¹⁰²⁸⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

2016年に石西礁湖で発生したサンゴ礁の白化現象により、漁業生産、観賞魚の供給、レクリエーション・ダイビングなどの生態系サービスの経済価値が減少した。また、サンゴ礁の防波機能は、白化や海洋酸性化により劣化する可能性がある。国内のサンゴ礁がもたらす生態系サービスの年間経済価値は、観光・レクリエーション価値として2,399億円、漁業価値として107億円、海岸防護機能として75.2～839億円と試算されている。海洋酸性化が進行すると、サンゴ礁の分布適域が大幅に減少する可能性があり、観光・レクリエーションに関する経済効果も大幅に減少することが予想されている。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、効果の発現時期は長期とされているが、足摺宇和海国立公園におけるダイビングや観光船の拡充等による生態系利用がある。漁業価値がない目新しい生物が観光資源としての経済的付加価値を持つようになり、海中観察機会の増加は生態系保全の意識向上が期待されている³⁶⁰¹⁰²⁹⁾。

また、NbSやEco-DRRといった適応策としては、以下のようなものが挙げられる。

治山対策として、きめ細やかな治山ダムの配置等による土砂流出の抑制や流域での流木化のおそれのある危険木の伐採等を推進するとともに、保安林整備と山腹斜面の雨水の分散を図る筋工等の組合せによる森林土壌の保全強化を進めることとしている³⁶⁰¹⁰³⁰⁾。また、令和元年東日本台風時に宮城県丸森町内では花崗岩のコアストーン化も相まって斜面崩壊が集中化し、土砂・洪水氾濫が生じた。おおむねの崩落した土砂は出水と共に氾濫しているものの、河道まで土砂流出されずに斜面にとどまる事例も存在した。実質的な試料サンプルの算定と斜面崩壊発生環境の条件整理がEco-DRRに対する効果の定量的な情報整備につながり、具体的な計画につながるものと考えられている³⁶⁰¹⁰³¹⁾。

気候変動が進行する状況において、これまでのインフラ機能を補完するものとして里山グリーンインフラの取組みも重要である。千葉県印旛沼流域に代表されるような谷津の湿地をグリーンインフラとして効果的に機能させるには、台地上での雨水浸透、谷津の谷頭部や辺縁部での湧水、河川への緩やかな流下という一連の水循環の連続性を確保することが重要とされている^{3601032, 3601033)}。また、気候変動を含めた地域課題解決にもグリーンインフラが注目されており、長野県では観光・ツーリズムの資源、都市からの移住希望先としてのポテンシャルが維持されている。こうした特性やポテンシャルを活かした地域づくりの実践に生物多様性に関する取り組みを浸透させていくことが望ましく、地図上やGIS上で希少生物の分布とシカ・外来種対策や気候変動適応策などと重ね合わせて可視化・表示することが考えられている³⁶⁰¹⁰³⁴⁾。

BCEsによる緩和策・適応策を一体化した気候変動対策の試みとして、アマモ場の特徴を利用したカキ養殖の有効性を瀬戸内海、地中海及び北米太平洋岸で検証している³⁶⁰¹⁰³⁵⁾。

砂浜における気候変動の適応策として、養浜によって土砂批を増加させるという対策と構造物や自然生態系によって海浜に作用する波浪を減衰させるという対策が考えられている³⁶⁰¹⁰³⁶⁾。

植生密度が高いと地滑りは減少することから、下層被覆率の増加により土砂の生成の減少と気候変動による土砂災害のリスクを低減することが考えられている³⁶⁰¹⁰³⁷⁾。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性と
現状 (約 1℃上昇)	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	その確信度の評価
重大性：レベル 2 確信度：レベル 3	重大性：レベル 2 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

- ✧ 【経済】病虫害の分布拡大による農作物への被害や高水温によるサンゴ白化、海洋酸性化による日本近海の海面漁業・養殖業への影響が既に発生している。定量的な報告として例えば、サンゴの白化や海面漁業、養殖業の事例が挙げられ、その影響の範囲はサンゴの白化については 2016 年に百億円弱の経済的価値の低下、経済損失は深刻である。
- ✧ 【環境】平均気温の上昇、極端な気象現象の増加、海水面の上昇が、種の分布・生物季節・個体群動態・群集構造・生態系の機能等、生態系や生物多様性の多くの側面への影響が既に発生しており、その影響の範囲は農業・養殖業・漁業と広範であり、土地・水・大気・生態系機能の低下は深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ✧ 【経済】温度上昇にともなうスギの樹高成長の低下による生産性の低下や海洋酸性化によるサンゴ礁への影響からレクリエーションへの影響が予測されている。定量的な報告として例えば、海洋酸性化によるサンゴ礁への影響に起因するレクリエーションへの影響の範囲は年間数千億円程度の損失や消失が予測されており、経済損失は深刻である。
- ✧ 【環境】北部南シナ海において海面温度の上昇や酸素濃度の低下、酸性化、一次生産量の変化が海洋生態系に影響を与えると予測されている。影響の範囲は生態系の構造と機能の大幅な悪化とされ、土地・水・大気・生態系機能の低下は深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ✧ 【知見の種類・量等】生態系プロセスモデルやトラベルコスト法などを用いた影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ✧ 【経済】温度や降水量の変化によるスギの純一次生産量の低下や海洋酸性化によるサンゴ礁への影響からレクリエーションの収入減が予測されている。定量的な報告として例えば、海洋酸性化によるサンゴ礁への影響に起因するレクリエーションへの影響の範囲は今世紀末までの積算値で 6 兆円以上、海面漁業と養殖業については今世紀末までの積算値で数千

億円程度と見積もられ、経済損失は特に深刻である。

- ◇ 【環境】森林の純一次生産量の低下や海水温の上昇と海洋酸性化の進行によるサンゴの分布適域の減少やコンブの分布適域の北上に伴う生態系サービスの低下が予測されている。その影響の範囲の例として、サンゴや日本沿岸域の主要コンブ11種が消失するとされ、土地・水・大気・生態系機能の低下は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル3

- ◇ 【知見の種類・量等】生態系プロセスモデルやトラベルコスト法などを用いた影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル3

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、ダイビングや観光船の拡充による生態系利用などの適応策が一部で進められているが、森林整備等のインフラ整備などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

【その他】

(1) 生物季節

ここでは、分布が広域で複数の生態系を利用する種又は都市域等の身近な生態系における生物季節の変化、及びこれらの国土スケールにおける変化等について扱う。なお、高山や森林等の特定の生態系における生物季節の変化は、自然生態系分野のそれぞれの小項目において取り上げる。また、紅葉などの生物季節の変化に伴う人間活動への影響については、「国民生活・都市生活分野-自然環境」において取り上げる。

(現在の状況)

〔概要〕

- 植物の開花の早まりや動物の初鳴きの早まり等、動植物の生物季節の変動について多数報告されている。
 - 現在の東京におけるソメイヨシノの開花と満開の平年日は 1881～1910 年と比較して、それぞれ 10 日程度早くなっている。
 - 京都府のサクラの開花時期は、1930 年代以降、平均 1～2 週間早くなっている。
 - アブラゼミの初鳴き日は盛夏から初冬の気温上昇により早まる傾向にある。
 - トウキョウサンショウウオ及びモリアオガエルの繁殖開始時期の早期化が確認されている。
 - 岐阜県の落葉広葉樹林においては、過去 120 年間の気候変動に順応し、落葉フェノロジーを变化させた可能性がある。

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、気候変動は、世界中の海洋、陸域、淡水生態系を変容させており（確信度が非常に高い）、影響は予想より早く現れ、より広範囲かつ深刻な結果をもたらしている（中程度の確信度）こと、生理機能、成長、個体数、地理的分布、季節的なタイミングの変化などの生物学的応答は、近年の気候変動に対処するために、多くの場合十分でない（確信度が非常に高い）ことが報告されている [3701001](#)）。

国内でも、動植物の生物季節の早期化 [351002](#)）等について多数の報告が現時点で確認されている。ヒダカソウ [3701002](#)）、ツバキ [3701003](#)）、ウメ [3701003](#)）、サクラ [3701003](#), [3701004](#), [3701005](#), [3701006](#), [3701007](#), [3701008](#), [3701009](#)）、ノダフジ [3701003](#)）、ヤマハギ [3701003](#)）、イチヨウ [3701003](#)）、サルスベリ [3701010](#)）等の開花日の早期化、ヒバリ [3701010](#)）、ウグイス [3701010](#)）、ニイニイゼミ [3701010](#), [3701011](#)）、アブラゼミ [3701010](#), [3701011](#), [3701012](#)）ツクツクボウシ [3701010](#), [3701011](#)）の初鳴き日の早まり、スズメ、キビタキの春季の渡来時期の早期化 [3701013](#)）、夏鳥であるツバメ、オオヨシキリ、コムクドリの出現時期の早期化 [3701014](#)）、アオジやジョウビタキ等の冬鳥の平均滞在期間の短期化 [3701015](#)）、高標高でのヤマガラ繁殖時期の早期化 [3701016](#)）、センダイムシクイ、コルリ、キビタキ、クロジの繁殖時期の早期化 [3701017](#)）等が確認されている。また、九州においては中部温帯果樹や柑橘の発芽・開花日の早期化が報告されている [3701018](#)）。一方で、冬季の温暖化傾向に伴うサクラの開花日の遅延傾向 [3701019](#), [3701008](#)）、イロハカエデ [3701010](#), [3701020](#)）等の紅葉の遅れ、モンシロチョウの初見日の遅れ [3701002](#), [3701010](#)）、カッコウの出現時期の晩期化 [3701021](#)）などについても確認されている。

具体的には、現在の東京におけるソメイヨシノの開花と満開の平年日（1991～2020 年の平均：3 月 24 日と 3 月 31 日）は 1881～1910 年と比較して、それぞれ 10 日程度早くなっている [3701006](#)）。また、京都府のサクラの開花時期の研究によれば、1930 年代以降、人間の影響によりサクラの開花時期は平均 1～2 週

間早くなっているとされている ³⁷⁰¹⁰⁰⁷。

アブラゼミの初鳴きの早さに影響する環境要因を 1971 年以降の記録を用いて分析した研究によると、前の年の盛夏から初冬の気温が高いと、アブラゼミの初鳴き日が早まる傾向があることが報告されている。長期的なデータを見ると、盛夏から初冬の気温のデータは上昇傾向、アブラゼミの初鳴き日は早まる傾向にあり、アブラゼミの初鳴き日の早期化は、気温の経年的な上昇（温暖化）の影響であることが示唆されている ³⁷⁰¹⁰¹²。

東京都多摩地区の両生類の繁殖開始時期を調査した研究では、トウキョウサンショウウオ及びモリアオガエルの繁殖開始時期の早期化が確認され、温暖化は少なくとも両生類の一部の種・個体群の繁殖活動に影響を与えている ³⁷⁰¹⁰²²。また、全国の里地のモニタリング調査において、ヤマアカガエル、エゾアカガエルの産卵日は 2007 年～2022 年の約 15 年間で 1 年あたりそれぞれ 0.40 日と 0.79 日早まっている傾向が見られている ³⁷⁰¹⁰¹⁷。

岐阜県の大八賀川流域の落葉広葉樹林は、過去 120 年間の気候変動に順応し、落葉フェノロジーを変化させた可能性が示唆されている。春の気温の上昇は成長期の開始日を早め、秋の気温の上昇は成長期の終了日の日付を遅らせたと考えられるが、年平均気温が大八賀川流域の水温よりはるかに高い他の河川流域では、この順応は適用されない場合があるとしており、引き続き調査が必要である ³⁷⁰¹⁰²³。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 生物季節の変動について、ソメイヨシノの開花日の早期化、落葉広葉樹の着葉期の長期化、紅葉開始日の変化や色づきの悪化等、様々な影響が予測されている。
 - 京都府のサクラの開花時期は、21 世紀末までに 3～4℃上昇時においてさらに 1 週間早まると予測されている。
 - 温暖化条件を仮定した加温実験等により、サザンカの開花の遅れ、キンモクセイの開花の遅れと開花期間の長期化、ヒノキの成長期間の長期化、ウリハダカエデの落葉時期の遅れと落葉しない葉の発生する可能性、コナラの紅葉及び落葉時期の遅れが予測されている。
 - ハクサンハタザオについては、気温の上昇に伴い開花期間が短期化し、4.5～5.3℃の昇温で開花が発生しなくなることが予測されている。
- 個々の種が受ける影響にとどまらず、種間のさまざまな相互作用への影響が予想されている。

ソメイヨシノについて開花モデルを将来の予測気候に適用して予測した研究によれば、温暖化が進行するとソメイヨシノの開花の南限が北上することが示されている。温暖化の進行に従い、i) まずソメイヨシノの生長が早まり、開花日は早くなる（南限を除く）。ii) さらに気温が高まると、休眠打破の遅れが目立つようになり次第に遅くなる。iii) その後、さらに開花が遅れて結果的に現在よりも遅くなる。iv) 満開にならない年が発生する。v) 開花しない年が発生する。vi) 開花しなくなる、の過程をたどると考えられる ³⁷⁰¹⁰²⁴。また、CMIP6 を使用して 1850 年から 21 世紀末までの京都府のサクラの開花時期を予測した研究によれば、SSP2-4.5 シナリオでは 21 世紀末までにさらに 1 週間早まると予測されている ³⁷⁰¹⁰⁰⁷。

その他、サザンカの開花の遅れ（1.5℃加温条件で 22 日、3.0℃加温条件で 29 日、4.5℃加温条件で 39 日の遅延）³⁷⁰¹⁰²⁵、キンモクセイの開花の遅れと開花期間の長期化（3.0℃加温条件で開花日の 5～13 日

遅延、開花期間の+3～4 週間の長期化)³⁷⁰¹⁰²⁶⁾、ヒノキの成長期間の長期化(1℃加温条件で+25 日、2℃加温条件で+32.5 日、3℃加温条件で+37 日)³⁷⁰¹⁰²⁷⁾、ウリハダカエデの落葉時期の遅れと落葉しない葉の発生する可能性(対照区と 1℃加温条件下での落葉ピークが 11 月上旬であったことに對し、2℃・3℃加温条件では 12 月上旬まで遅延)³⁷⁰¹⁰²⁸⁾、コナラの紅葉及び落葉時期の遅れ³⁷⁰¹⁰⁰⁹⁾等が、温暖化条件を仮定した加温実験等により予測されている。また、ハクサンハタザオについては、開花に関連する遺伝子の活動量と温度上昇の関係により構築した開花期間の予測モデルから、気温の上昇に伴い開花期間が短期化し、4.5～5.3℃の昇温で開花が発生しなくなることが予測されている³⁷⁰¹⁰²⁹⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

ヤマガラの繁殖フェノロジーについて、標高の低い場所では、気温変化やヤマガラの繁殖フェノロジーの有意な変化は検出されなかった一方、高標高の森林生息地に生息するヤマガラ個体群は、現在の気候温暖化条件下では、繁殖フェノロジーの変化がより大きくなると予想されている。

(適応策とその効果)

代表的な適応策及び適応策の効果に関する十分な知見が集まっていない。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状(約 1℃上昇)	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 3	重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 2 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

- ✧ 【環境】植物の開花の早まりや動物の初鳴きの早まりなど、動植物の生物季節の変動が既に発生しているが、その影響の範囲は生態系全体への影響は限定的であり、生物種・生息地への影響は深刻ではない。

➤ 確信度：レベル 3

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ✧ 【環境】開花日の早期化、落葉広葉樹の着葉期の長期化、紅葉開始日の変化や色づきの悪化などの影響が予測されており、その影響の範囲は個々の種にとどまらず、種間の相互作用に及ぶとされており、生物種・生息地への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3~4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ 【環境】開花日の早期化、落葉広葉樹の着葉期の長期化、紅葉開始日の変化や色づきの悪化などの影響が予測されており、その影響の範囲は個々の種にとどまらず、種間の相互作用に及ぶとされており、生物種・生息地への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 2

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が高い。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】－

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が少数の学術論文で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(2) 分布・個体群の変動

ここでは、分布が広域で複数の生態系を利用する種についての分布変化や、生活史や種間相互作用の変化などの個体群動態に関する影響、外来生物に関する影響、これらの国土スケールにおける変化等について扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 陸域生態系、淡水生態系並びに沿岸及び外洋の海洋生態系において、大きい範囲や規模に影響を及ぼしており、世界全体で評価した種の約半数は、極域方向や陸域においては高標高へ移動しているほか、極端な暑熱の規模の増大によって、数百の種が局所的に喪失するとともに、陸域や海洋における大量死の現象が増加している。
- 昆虫や鳥類等において、分布の北限や越冬地等が高緯度に広がる等、気温の上昇による影響と考えれば説明が可能な分布域の変化、ライフサイクル等の変化が起きている。

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、気候変動は、陸域生態系、淡水生態系並びに沿岸及び外洋の海洋生態系において、重大な損害と、ますます不可逆的な損失を引き起こしており（確信度が高い）、世界的に評価された種の約半数は、極方向へ、また陸域では高標高へ移動している（確信度が非常に高い）ほか、極端な暑熱の規模の増大によって、数百の種が局所的に喪失する（確信度が高い）とともに、陸域や海洋における大量死の現象（確信度が非常に高い）が報告されている³⁷⁰²⁰⁰¹）。IPBES グローバルアセスメントの報告によれば、過去 50 年間の自然の変化の主要な直接的要因は、陸域・海域の利用状況の変化と直接採取（森林伐採、漁獲等）としつつも、気候変動はそれらに次ぐ要因であるとしている。一方で、気候変動は前述の通り直接的要因のひとつである上に、他の直接的要因が自然や人間の福利に与える影響をさらに悪化させる作用があることを示唆している³⁷⁰²⁰⁰²）。

陸上生物種の分布域の変化について、現時点で収集された文献では、クマゼミの生息域の北上³⁷⁰²⁰⁰³）、ナガサキアゲハの北方への分布拡大³⁷⁰²⁰⁰⁴）、ツマグロヒョウモンの北方への分布拡大^{3702005, 3702006, 3702007}）、モンキアゲハの北方への分布拡大³⁷⁰²⁰⁰⁸）、アカボシゴマダラの分布域拡大³⁷⁰²⁰⁰⁵）、マルハナバチの分布変化³⁷⁰²⁰⁰⁹）等が報告されている。特に、ナガサキアゲハ、ムラサキツバメ及びツマグロヒョウモン等の南方系チョウ類は、全国のモニタリング調査から確認地点の北上が確認されている他³⁷⁰²⁰¹⁰）、埼玉県³⁷⁰²⁰¹¹）、東京都³⁷⁰²⁰¹²）等の地域での定着が報告されており、気候変動やヒートアイランド現象に伴う気温上昇との関連が示唆されている。ナガサキアゲハは 50 年間で九州から関東地方へ北上したと報告されているが、ツマグロヒョウモンの北上スピードはナガサキアゲハより早く、1986 年には近畿地方、1993 年には関東地方、2002 年には東北地方にまで生息域を拡大している。また、沿岸部ほど北上が早く、標高の高い内陸部の北上は遅れていると報告されている³⁷⁰²⁰⁰⁶）。鳥類については、ツバメ³⁷⁰²⁰¹³）、アカハラ³⁷⁰²⁰¹⁴）、オオジュリン³⁷⁰²⁰¹⁴）、ハクチョウ類³⁷⁰²⁰¹⁵）、カモ類³⁷⁰²⁰¹⁶）等の複数の種において越冬地の北上や越冬個体の増加が報告されている他、リュウキュウサンショウクイの分布の北上、越冬期のミソサザイ、ヒヨドリの分布の拡大が報告されている³⁷⁰²⁰¹⁷）。全国の森林における定点でのモニタリング調査から、地表徘徊性甲虫については、寒冷な地域では冷温帯～暖温帯性の種が群集内で増加し、亜寒帯/亜高山帯～冷温帯性の種が減少していることが報告され、鳥類については、ヒヨドリ、メジロ、ヤマガラなど暖温帯性の種が相対的に増加傾向であることが報告されている³⁷⁰²⁰¹⁷）。

また、自治体の気候変動影響の調査報告書によれば、シントウトガリネズミは、1988 年を最後に南限とされていた三重県における確認事例がなく、ヒメヒミズとヤチネズミにおいては、生息環境が限定的かつ局地的であり、減少傾向にある。様々な要因が想定され、気候変動の影響のみによるものとはいえないが、気候変動が進行すればさらに県内での生息環境が縮小する可能性があり、今後もその生息動向を注視する必要がある³⁷⁰²⁰¹⁸⁾。

また、気候の変化に伴うと考えられる昆虫の生活史の変化についての報告もある。西日本で分布が拡大しているコガタノゲンゴロウは高温に適応した生活史を持つことから、温暖化による繁殖期の気温上昇が、その幼虫の生存率と成長にプラスに働いている可能性が示唆されている³⁷⁰²⁰¹⁹⁾。また、小型のコオロギであるシバズは、涼しい北日本では年 1 世代、温かい南日本においては年 2 世代の生活史を持つが、2015 年に行われた調査では、40 年前と比較してこの生活史の境界が緯度にして 1～2 度北上し、この分布変化は過去 40 年間の気温の変化とほぼ一致していたことが明らかになっている^{3702020, 3702021)}。テントウムシの一種であるダンドラテントウは、1910 年代から 1990 年代にかけて北緯 33 度から北緯 36 度へ分布北限が移動したことが報告されている。また、新たに分布を拡大した個体については、輻射熱を有効に利用することができる、体サイズが小さい暗色型の個体の増加が確認されており、分布域の拡大に伴い気候への適応能力に関連した形質の変化が生じたことが示唆されている³⁷⁰²⁰²²⁾。ナミテントウの鞘翅に見られる色紋多型の地理的勾配を全国的に調査した研究では、約 50 年間でほとんどの産地で黒化型の頻度が上昇し明色型の頻度が低下していることが明らかになっている。ナミテントウは、北海道などの高緯度地域では夏に繁殖する 1 化性であるが、夏に強い日差しと高温にさらされる低緯度地域では夏眠し、日差しが弱く気温が低い早春や晩秋に繁殖する 2 化性を示す。つまり、温暖化によって高緯度地方で新たに夏眠を行うようになったことあるいは夏眠期間が延長したことにより、色紋多型の地理的勾配に年代変化をもたらした可能性がある³⁷⁰²⁰²³⁾。さらに、ニホンミツバチの分蜂回数の長期変化を検証した研究によると、2000 年から 2022 年の間に、ニホンミツバチの分蜂回数は緩やかに増加し、分蜂開始日が早まったと推定された。また、早春、特に 3 月に分蜂を始めた場合、分蜂する頻度が高くなることが示された。近年、日本の冬から早春にかけての気温が上昇傾向であることを考慮すると、分蜂の開始日が早くなった結果、分蜂回数が増加した可能性がある³⁷⁰²⁰²⁴⁾。

外来生物への影響についての報告もある。外来種であるスクミリンゴガイ（ジャンボタニシ）の過去 5 年間の冬期気温に基づく潜在分布図を作成したところ、越冬成功確率が very high 又は high (0.6 以上) となる地域は、九州、四国、本州南部の標高の低い海に面した場所を中心に分布していた。関東平野は本種の日本における北限の分布域であり、現状では平野部全体には侵入していないが、温暖化によって関東平野の新たな地域に分布を拡大すれば、その地域の稲作に被害を与える可能性が示唆されている³⁷⁰²⁰²⁵⁾。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 種の移動・局地的な消滅による種間相互作用の変化がさらに悪影響を引き起こし、種の絶滅を招く可能性が予測されている。全球において、IPCC で評価された種のうち、非常に高い絶滅のリスクにある種の割合の中央値は 1.5℃で 9%、2℃で 10%、3℃で 12%、4℃で 13%、5℃で 15% に上昇することが指摘されている。
- 既に高い絶滅リスク下にある、猛禽類や一部の昆虫等の絶滅危惧種への影響も予測されている。
- 種の分布域が変化することで、地理的に隔離され分化が進んだ 2 つの集団の生息域が再び重複す

る「二次的接触」が生じる可能性が示唆されている。

- 気候変動は外来種の分布拡大や定着を促進することが指摘されており、今後、外来種による生態系へのリスクが高まることが懸念されている。

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、地球温暖化が進行するにつれて、絶滅リスクは不均衡に増加し、特に固有種や、人為的な非気候ストレス要因によってレジリエンスが低下している種において非常に高くなる（確信度が非常に高い）ことが示されている。評価された種のうち非常に高い絶滅のリスクにある種の割合の中央値は 1.5°C で 9%、2°C で 10%、3°C で 12%、4°C で 13%、5°C で 15% に上昇し（確信度が高い）、推定値の最大値の範囲では、1.5°C で最大 14%、5°C では最大 48% に達することが指摘されている ³⁷⁰²⁰²⁶）。

全球の種ごとの分布可能域とその面積の気候変動による変化予測にもとづいて絶滅確率を推定した研究 ³⁷⁰²⁰²⁷）では、条件によっては 3 割以上の種が絶滅する危険（2°C を超える気温上昇を仮定）があると予想されているなど、深刻な影響を予測する研究がある。国内においては、216 種の維管束植物を対象に、LCA 手法を用いて気候変動による絶滅リスクを評価した研究がある。これによれば、対象とした植物種の 2100 年における分布適域は、2000 年時点と比較して 15～60% に減少することが示されている（WRE750 シナリオを仮定した BCCRBCM2、MIROCHi、CCCMA31、UKHADCM3、ECHO G の 5 つの気候モデルによる予測情報を使用） ³⁷⁰²⁰²⁸）。

分布域が変化することにより、地理的に隔離され分化が進んだ 2 つの集団の生息域が再び重複する「二次的接触」の可能性について指摘した報告もある。絶滅危惧種であるシルビアシジミ及び、その近縁種であるヒメシルビアシジミの飼育実験の結果から、両種が同所に分布することで雑種が形成されることが示されている。さらに、これらの雑種では適応度が低下することが確認されていることから、既存集団への遺伝子移入や繁殖干渉が生じ、個体群が衰退する可能性が指摘されている ³⁷⁰²⁰²⁹）。

ニホンザリガニの種内系統レベルでの影響を予測した研究では、種レベルでは広範な範囲の生息適地の縮小を予測したが、系統レベルでは全体的に気候変動の影響が軽減され、また、東の系統は西の系統よりも気候変動に強い可能性が示唆された（RCP4.5 及び RCP8.5 シナリオを仮定した CESM1-BGC、CMCC-CM、MIROC5、MPI-ESM-MR による気候予測情報を使用） ³⁷⁰²⁰³⁰）。

猛禽類の一種であるハチクマは、秋季に五島列島から中国大陆へ渡る渡り鳥であるが、東シナ海上の渡りの適地について気候変動の影響を予測した研究がある。これによれば、今世紀半ば（2046～2055 年）においては、渡りの適地が減少することにより中国大陆までの連結性が失われ、RCP4.5 及び RCP8.5 の両シナリオ下での予測の比較から、RCP4.5 において減少の程度がより深刻であったことが示されている。また、今世紀後半（2091～2100 年）においては、両シナリオともに東シナ海上の渡り適地はほとんど消失することが予測されている（RCP4.5 及び RCP8.5 シナリオを仮定した HadGEM3-RA による気候予測情報を使用） ³⁷⁰²⁰³¹）。また、21 世紀中頃から 21 世紀末までのハチクマの繁殖地及び越冬地の変化を予測した研究によると、ハチクマの繁殖地は、SSP2-4.5 では 4%～34% の縮小、約 77.39～105.34km の北東への移動が予測されており、SSP5-8.5 では 16%～41% の縮小、約 69.92～169.17km の北東への移動が予測されている。また、ハチクマの越冬地は、SSP2-4.5 では 2～20% の縮小、約 87.35～257.51km の南東への移動、SSP5-8.5 では 6～35% の縮小、約 103.68～342.18km の南東への移動が予測されている。この結果より、両シナリオにおいて、繁殖地は 9～21% の縮小及び 0～6% の拡大、越冬地は 11～26% の縮小及び 1～9% の拡大が示唆されている。（SSP2-4.5 及び SSP5-8.5 シナリオを仮定した MIROC-ES2L、

MIROC6、MRI-ESM 2.0、IPSL-CM6A-LR、CanESM5 による気候予測情報を使用) ³⁷⁰²⁰³²⁾。

また、気候変動は外来生物の分布拡大や定着を促進することが指摘されており、今後、外来生物による生態系への被害変化のリスクが高まることが懸念される ³⁷⁰²⁰³³⁾。環境省及び農林水産省が作成した「我が国の生態系等に被害を及ぼすおそれのある外来種リスト」において重点対策外来種とされているスクミリンゴガイについて、気候変動による分布適域の拡大を予測した研究がある。これによると、2080 年代における全球での分布適域の合計面積は、RCP2.6 シナリオ下では現状より+2.6%、RCP8.5 シナリオ下では+10.3%に増加し、国内においても東北地方北部や北陸地方において分布適域が増加すると予測されている (CCCma-CanESM2 と CSIRO Mk3.6.0 による気候予測情報を使用) ³⁷⁰²⁰³⁴⁾。多年生草本雑草のオキザリス・ラティフォリアは、農地に脅威を与える侵略性の高い種であり、東アジアは気候変動により侵入リスクが高まっている。将来の気候変動シナリオ(SSP2-4.5、SSP5-8.5)において、東アジアにおける分布予測をした研究によると、日本における分布域は、現在の生息地 (総陸地面積の 0.24%) に対して、SSP2-4.5 シナリオでは 21 世紀中頃までに約 5.4%、21 世紀末までに 35.75%、SSP5-8.5 シナリオでは、21 世紀中頃までに 6.95%、21 世紀末までに 41.73%にまで拡大すると予測されている ³⁷⁰²⁰³⁵⁾。

気温上昇を 2℃以内に抑えるには、全球的には新規植林やバイオ燃料用作物栽培など土地改変を伴う対策が有効とされており、緩和策の実施と生物多様性保全とのコンフリクトが懸念されている。このような緩和策の実施に伴う土地利用変化と、気候変動のそれぞれによる世界の生物多様性への影響を比較した研究によれば、温暖化対策による大規模な土地改変が野生生物にもたらす負の影響を考慮したとしても、温暖化対策を積極的に進めて 2℃目標を達成することにより、地球規模の生物多様性の損失を抑えられるとの予測が得られている (世界の生物の分布情報をもとに構築した生息適地モデルによる評価。将来シナリオとして、RCP2.6 及び RCP8.5 の 2 つの気候シナリオと、5 つの社会経済シナリオを考慮した AIM/CGE による将来の土地利用シナリオを使用。) ³⁷⁰²⁰³⁶⁾。ただし個別の生態系や地域スケールでは、風力発電施設でのバードストライク ³⁷⁰²⁰³⁷⁾、太陽光発電施設での微気象改変 ³⁷⁰²⁰³⁸⁾、水文学的環境の改変 ³⁷⁰²⁰³⁹⁾、動物移動の阻害 ³⁷⁰²⁰⁴⁰⁾を通した生物多様性への悪影響 ³⁷⁰²⁰⁴¹⁾など、再生可能エネルギー利用の推進と生物多様性保全のコンフリクトを報じた論文も複数存在する。緩和策の推進においては、生物多様性の不可逆な損失を招かないよう、慎重な検討が求められる。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

現状では特に強い影響を受ける地域・対象に関する十分な知見が集まっていない。

(適応策とその効果)

代表的な適応策及び適応策の効果に関する十分な知見が集まっていない。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状 (約 1℃上昇)	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【環境】世界的に多くの種の分布への影響が既に発生しており、その影響の範囲は世界全体で数百の種が局所的に喪失し、日本各地でも複数の種の分布に影響を与えており、生物種・生息地への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【環境】種の局所的な消滅、分布域の変化が予測されており、その影響の範囲は評価された種のうち 1.5℃上昇で 3%～14%、2℃上昇で 3%～18%の種が絶滅のリスクに直面し、さらに外来生物の分布域の拡大に影響が及ぶ。また、影響の対象として既に高い絶滅リスク下にある、猛禽類や一部の昆虫等の絶滅危惧種が予測され、生物種・生息地への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】気候モデルなどを用いた影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【環境】種の局所的な消滅、分布域の変化が予測されており、その影響の範囲は評価された種のうち 3℃上昇で 3%～29%、5℃上昇で 3%～48%の種が絶滅のリスクに直面し、さらに外来生物の分布域の拡大に影響が及ぶ。また、影響の対象として既に高い絶滅リスク下にある、猛禽類や一部の昆虫等の絶滅危惧種が予測され、生物種・生息地への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】気候モデルなどを用いた影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】－

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

3.4. 自然災害・沿岸域分野

【気候変動により想定される影響の概略】

自然災害・沿岸域分野における気候変動による影響の概略は、図 3-4 に示すとおりである。

気候変動による海面水位の上昇や極端な気象事象の発生頻度や強度の増加、強い台風の発生割合の増加などの気候・自然的要素は、それぞれが複雑に影響し合い河川の洪水や内水、土砂災害の発生頻度を増加させたり、高潮・高波の頻発化や激甚化を引き起こしたりする。また、極端及び平均的な波浪特性の変化は、砂浜の堆積・侵食の程度や場所の変化を引き起こす。これらの影響は、様々な産業や経済活動、国民生活等の他分野にも波及する。

【文献数・構成等の変化】

今回の影響評価において、自然災害・沿岸域分野全体では、合計 329 件の文献を引用しており、このうち、前回の影響評価から新たに追加された文献は 210 件である。項目別に見ると、「洪水」、「高潮・高波」、「複合的な災害影響」等において、文献数が特に増加している。

前回の影響評価からの構成上の変更点としては、小項目「土石流・地すべり等」を「土石流・地すべり・土砂流出等」と改名した。また、大項目「複合的な災害影響」にて、気象災害と気象災害の複合のみならず、気象災害と他災害の複合も扱うように変更した。この項目では、昨今の豪雨災害等の実態を踏まえ、土砂災害と洪水氾濫、洪水氾濫と地震など、気象災害を含む複数の要素が同時又は連続して発生し、相互に影響しあうことで、単一で起こる場合と比較して広域かつ甚大な被害をもたらす影響を整理した。

自然災害・沿岸域分野

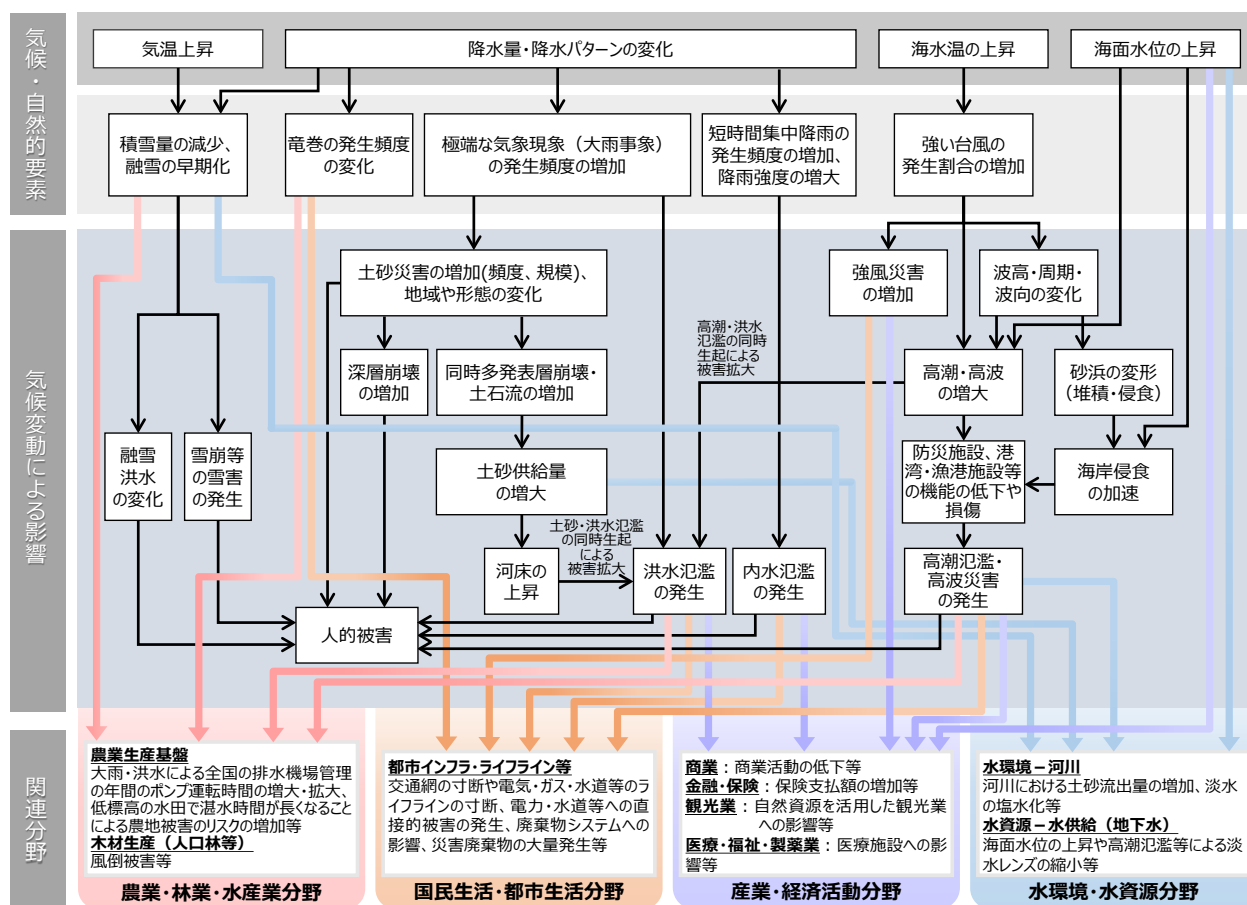


図 3-4 気候変動により想定される影響の概略図（自然災害・沿岸域分野）³²

³² 本図は、本報告書において引用された科学的知見の中から、国内において想定される自然災害・沿岸域分野の代表的な影響を選定し、想定される気候・自然的要素（外力）との関係や他分野への影響を概略的に図化したものである。したがって、各分野の影響や項目間の関係性を完全に網羅しているわけではないことに留意が必要である。「気候・自然的要素」（上段）は、気候変動の直接的な影響（濃い灰色部分）と、そのほか自然災害・沿岸域分野に直接的な影響を及ぼす外力（薄い灰色部分）の2段に分けている。図が複雑になりすぎるのを避けるため、気候変動の直接的な影響（濃い灰色部分）のボックス間の因果関係は表示していない。

【河川】

洪水氾濫、内水氾濫について説明する。

- 洪水氾濫
 - 大雨や雪どけなどにより、河川流量が増大し、河川水位が上昇して、河川区域から水が河川区域外にあふれる現象を洪水氾濫という。なお、河川の堤防から水が溢れ又は破堤して家屋や田畑が浸水することを外水氾濫とも表現する。
 - 洪水氾濫は、当該地点の洪水を引き起こしている流域規模での大雨を背景としているため、その水量は膨大である。また、破堤氾濫の場合、急激な浸水位上昇と高流速が発生するため、人命・資産の双方にとって大きな被害につながるおそれが高い。
- 内水氾濫
 - 堤防から水が溢れなくても、降雨の量・強度に比して地面に浸透させる能力や、河川、下水道、農業排水路、道路側溝などに排水する能力が小さい場合、降った雨を排水処理できなくて宅地や道路、農地などが浸水することを内水氾濫と呼ぶ。
 - 内水氾濫が起こりやすい土地状況には、以下が挙げられる。
 - ◇ 浸透能力が低い都市部で、雨水排水のための下水道や河川への排水施設などの排水能力が降雨強度等に追いつかない。
 - ◇ 雨水排水のための下水道や河川への排水施設の排水能力が、それらが流れ込む先の河川の水位上昇によって十分な排水能力を発揮できない。
 - 浸水に対して脆弱な土地利用がなされていると大きな被害をもたらす場合がある。また、特に都市部においては人的被害につながる場合がある。

(1) 洪水

ここでは、主に洪水氾濫の変化及び、それに伴う直接的な被害（人的被害、建物・農地への被害等）を扱う。

（現在の状況）

〔概要〕

- 大雨の発生頻度は経年的に増加傾向にあり、強い雨ほど頻度の増加率が高い。
- 河川流量が増加傾向にあり、九州、中国、北陸地方では6月、7月に、その他の地域では8月、9月に、同時洪水（異なる水系で同時に出水）が発生しやすい。
- 治水対策の進展により、浸水面積は経年的に減少傾向にある。一方で、氾濫危険水位を超過した洪水の発生地点数や浸水面積あたりの被害額は増加傾向にある。なお、1993～2018年までの26年間における一般資産被害額のうち、外水氾濫による被害の累計は約3兆3,408億円に上ると報告されている。
- 地球温暖化の影響により、平成29年7月九州北部豪雨・平成30年7月豪雨・令和5年梅雨期の大雨の発生確率や、平成30年7月豪雨・令和元年東日本台風・令和2年7月豪雨の強度が大きくなったことが、イベント・アトリビューションによって示された。また、平成30年7月豪雨では死者が263名となるなど、甚大な被害が出ている。

● 降水の変化

文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」によると、1901～2024 年の期間、日降水量 100mm 以上及び 200mm 以上の日数は、いずれも増加している。また、1 時間降水量 80mm 以上、3 時間降水量 150mm 以上、日降水量 300mm 以上といった大雨の発生頻度は、1980 年頃（1976～1985 年）と比較して、最近 10 年間（2015～2024 年）はおおむね 2 倍程度に増加しており、強い雨ほど頻度の増加率が高い。さらに、極端な大雨の発生頻度だけではなく強度も増加する傾向にあり、1 年で最も多くの雨が降った日の降水量（年最大日降水量）には増加傾向が現れている。平均して 100 年に一回しか起きないような極端な大雨の強度もまた全国平均で増加している ⁴¹⁰¹⁰⁰¹。

「気候変動を踏まえた治水計画のあり方」提言によると、2010 年までの年最大流域平均雨量を用い算定した 1/100 確率雨量に対して、最新年までの標本を用いた場合の 1/100 確率雨量の増減率を水系ごとに算出し、109 の一級水系で算術平均をとると約 2.7%程度増加しているが、個別に見ると減少する水系もある ⁴¹⁰¹⁰⁰²。

降雨に関する個別の研究結果としては次のようなものがある。

1958 年～1982 年と 1991～2015 年の東アジアにおける前線降水量の変化を評価した研究では、これらの期間の前線降水量の合計が 21.3%増加しており、各期間の前線降雨量を頻度と強度に分解して解析を行った結果、前線降雨の増加の大部分（92%）は強度の変化によるものであり、頻度の変化の寄与はわずか（6%）であった ⁴¹⁰¹⁰⁰³。全国 58 の一級河川を対象とした研究では、約 7 割の水系で年最大雨量が増加傾向にあることが示された ⁴¹⁰¹⁰⁰⁴。北海道における過去 20 年程度の分析において、線状降水帯（線状に伸びる強い雨域）の年間発生回数が増加傾向にあると推察されている ^{4101005,4101006}。過去 100 年の年間最大降水量と降水再現期間の変化を調査した研究では、1971 年から 2020 年のデータに基づく名古屋と福岡の 1/100 年確率の降水量は、現在の計画規模よりもそれぞれ 24.4mm/年と 13.4mm/年大きいとされている。このことは、日本の特定の都市における異常降雨のパターンが大きく変化していることを示唆しており、名古屋と福岡において計画規模等の降雨量の基準値を更新する必要性が強調されている ⁴¹⁰¹⁰⁰⁷。

● 河川流量の変化

「気候変動を踏まえた治水計画のあり方」提言によると、年最大観測流量を用いた 1/100 確率流量の増減率は、前述の 1/100 確率雨量の算定と同様に 109 の一級水系の算術平均をとると約 1.3%程度増加しているが、個別にみると減少している水系もある ⁴¹⁰¹⁰⁰²。

d4PDF を適用して全国の河川流量極値の従属性の特徴を調べた研究では、年最大流量データで見た流量閾値同時超過の発生月には九州、中国、北陸地方では 6 月、7 月が多く、その他の地域では 8 月、9 月が多いと指摘されている。このことから九州、中国、北陸地方では梅雨前線に起因する同時洪水（異なる水系で同時に出水）が発生しやすく、四国、中部、東北地方、北海道では台風による同時洪水が多くなることを示している ⁴¹⁰¹⁰⁰⁸。

天塩川・石狩川・沙流川・鵠川（北海道）⁴¹⁰¹⁰⁰⁹や、馬淵川（岩手県）、鶴見川（東京都・神奈川県）、狩野川（静岡県）、番匠川（大分県）、肝属川（鹿児島県）においては、気候変動による河川水位の上昇傾向が検出された ⁴¹⁰¹⁰¹⁰。一方、北海道東部に位置する渚滑川・湧別川・常呂川・網走川では、気温は年々上昇しているが、日流量の年パターンに大きな変化は見られず、これは、オホーツク海の寒流の影響で 4 月の温暖化傾向が弱いことに起因していると考えられている ⁴¹⁰¹⁰⁰⁹。

また、長野県千曲川における非温暖化実験を用いた研究では、過去 40 年の温暖化の影響が既に越流と氾濫に現れていると指摘されている⁴¹⁰¹⁰¹¹。

● 洪水被害の変化

水害に直結する浸水面積の経年変化は、年毎の変動はあるものの全体として減少傾向となっている。この減少傾向には、治水対策が進められてきたことが大きな要因となっており、浸水面積の経年変化傾向を大雨事象生起のそれと単純に関係づけることはできない。実際に、氾濫域において資産増や家屋・施設設置が進んだため、浸水面積あたりの被害額は増加傾向にあるものの、水害被害額は年ごとに大きな変動を示すなか、明確な増減傾向は認められずほぼ横ばいである（約 5,300 億円：1997～2018 年の平均値）⁴¹⁰¹⁰¹²。なお、1993～2018 年までの 26 年間にわたる水害統計調査に基づく研究によると、水害原因別に分類した一般資産被害のうち、外水氾濫による被害額の累計が約 3 兆 3,408 億円に達し、総被害額の約 58.6%を占めることが報告されている⁴¹⁰¹⁰¹³。

我が国においては、海や河川の水位より低いエリアへの居住が歴史的に多く、その度合いが国土の発展とともに強くなってきている。こうした地域を含め各地で甚大な水害が起こり、復旧・復興にも大きな労力が割かれてきた。こうしたことから我が国では、現在に至るまで精力的に治水対策が進められてきている。しかし、現在の河川整備はまだ整備途上であり、多くの河川においては、河川整備計画の目標は河川整備基本方針の目標と比べると相当低いところにとどまっている⁴¹⁰¹⁰¹⁴。さらに、気候変動等による豪雨の増加傾向は顕在化しており、計画規模（河川整備基本方針、河川整備計画）を上回る洪水の発生日数は、国管理河川、都道府県管理河川ともに近年、増加傾向である。また、気候変動等による豪雨の増加により、相対的に安全度が低下しているおそれがある。ダムや遊水地、河道掘削等により、河川水位を低下させる対策を計画的に実施しているものの、氾濫危険水位（河川が氾濫する恐れのある水位）を超過した洪水の発生日数は、増加傾向となっている⁴¹⁰¹⁰¹⁵。

ひとたび大規模な氾濫が起きた場合には、経済的な被害の大きさとどまらず、人的被害の発生に加え、地下施設の浸水による都市機能の麻痺や、基幹的機能の麻痺による経済被害の全国・世界への波及など、看過できない被害が生じることが懸念されている。

以上を総合すると、我が国は洪水氾濫による水害に対して依然として脆弱性を抱え、その脆弱性を克服する施策遂行が効果を生み出しつつも未だ途上にあることから、治水にとって厳しい降雨生起状況を気候変動がさらにもたらすとなれば、その影響は相当に大きいと言える。今後も、水害に関わる現状影響を早期かつ的確に探知・把握するための取り組みが重要である。

● 近年の災害事例

近年発生したいくつかの洪水災害事例では、既に温暖化の影響が出現している。文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」にてイベント・アトリビューション³³による結果が示されており、地球温暖化の影響により、平成 29 年 7 月九州北部豪雨・平成 30 年 7 月豪雨の大雨の発生確率や、平成 30 年 7 月豪雨・令和元年東日本台風・令和 2 年 7 月豪雨の強度が大きくなったとしている⁴¹⁰¹⁰⁰¹。

なお、イベント・アトリビューションの結果では、気候変動により、平成 29 年 7 月九州北部豪雨・平成 30 年 7 月豪雨における「50 年当たり一回のレベルの大雨」の発生確率がそれぞれ約 1.5 倍・約 3.3 倍

³³ 個別の極端現象について気候変動の影響を定量的に評価する手法。

となっていた³⁴ことや、令和元年東日本台風・令和2年7月豪雨の期間積算降水量がそれぞれ約10.9%・約15%底上げされていたことが示されている⁴¹⁰¹⁰⁰¹。

ここでは、これらのうち、特に洪水による被害が顕著だった平成29年7月九州北部豪雨・平成30年7月豪雨・令和元年東日本台風・令和2年7月豪雨の被害について述べる。

平成29年7月九州北部豪雨災害では、広範囲にわたる斜面崩壊や土石流が直接的な災害の原因となり、それに伴う多量の土砂が下流域に流出し、河川を埋め尽くすような河床上昇を引き起こし、甚大な洪水氾濫を助長する原因となった⁴¹⁰¹⁰¹⁶。

平成30年7月豪雨では、西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的な大雨が降り、九州北部、四国、中国、近畿、東海、北海道地方の多くの観測地点で24、48、72時間降水量の値が観測史上第1位となった。西日本を中心に、広域的かつ同時多発的に河川の氾濫、がけ崩れ等が発生し、これにより、死者263名、行方不明者8名、家屋の全半壊等20,663棟、家屋浸水29,766棟の極めて甚大な被害が広範囲で発生した^{4101017, 4101018}。また、水害被害額は約1兆2,150億円となり、単一の豪雨による被害額としては、統計開始以降最大の被害額となった^{4101019, 4101020}。短時間高強度の降雨も広範囲に発生したことにより、二級河川や支川などの中小河川のみならず、比較的流域面積の広い一級河川においても洪水氾濫が発生した。高梁川水系小田川等において、本川と支川の水位が高くなる時間が重なって、支川の洪水が流れにくくなる、いわゆる、バックウォーター現象等により、兩岸決壊や上下流での多点決壊が発生したことが報告されている⁴¹⁰¹⁰²¹。

令和元年東日本台風は、研究の対象領域における利根川側において過去実験と4℃上昇実験を含めて降雨が7番目の規模である程、非常に稀有な事例であったことが示されている⁴¹⁰¹⁰²²。東京都区部を中心とした広い地域で集中豪雨による大規模な洪水を引き起こし、人命や生活の損失、100億米ドルを優に超える経済損失を含む大規模な破壊を引き起こした。生じた被害のうち、約40億ドルは人為的な気候変動によるものである可能性が示された⁴¹⁰¹⁰²³。同台風のような広範囲に強い降雨を長時間もたらす大型台風の場合、多摩川のような一級河川の下流域では、そのエリアに実際に降った雨よりも、上流域で降った雨により増水した河川からの逆流や越水の方が浸水の原因となりやすいと報告されている⁴¹⁰¹⁰²⁴。また、東京都23区を対象に荒川堤防の決壊時の予測計算を行った結果、エリア特有の地理的条件によって、浸水拡大プロセスは複雑かつ特異的なものとなることが明らかになった^{4101025, 4101026}。

令和2年7月豪雨では、7月3日から7月31日にかけての総降水量が長野県や高知県の多い所で2,000mmを超えたところがあり、九州南部・九州北部・東海及び東北の多くの地点で、24・48・72時間降水量が観測史上1位の値を超えた。死者86名、行方不明者2名、住家の全半壊等8,278棟、住家浸水13,934棟の極めて甚大な被害が広範囲で発生した。この豪雨により、九州の球磨川や筑後川をはじめとする194河川で氾濫などの浸水被害が発生し、全国で約13,000haが浸水した^{4101019, 4101027}。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 21世紀末には極端な大雨の発生頻度や年最大日降水量が増加することが予測されている。
- 降雨量変化倍率の値は、2℃上昇時は全国的に概ね0.9～1.3倍の幅で分布すると予測されている。

³⁴ 平成29年7月九州北部豪雨の事例においては、この豪雨の発生に相当する時期の九州西部における日降水量を比較。平成30年7月豪雨の事例においては、この豪雨の発生に相当する時期の瀬戸内地域における3日間降水量を比較。

4°C上昇時は概ね 1.0～1.5 倍の幅で分布し、北海道と九州北西部は全国平均を上回ると予測されている。降雨量の増加割合に応じて、洪水ピーク流量、氾濫発生確率が増幅すると予測されている。

- 全国の影響を受ける人口は、一旦増加するものの、人口減少により 21 世紀末には減少すると予測されている。1.5°C～2°C上昇時・3～4°C上昇時ともに数十万人となると予測されている。
- 全国の被害額は増加する見込みである。予測額には幅があるが、1.5°C～2°C上昇時には 1 兆～数兆円/年、3～4°C上昇時には数兆円/年となると予測されている。

● 世界の洪水に関する予測

IPCC 第 6 次評価報告書では、将来における気候変動の主要なリスクの一つとして、洪水による主要な都市インフラサービスへの被害を挙げている。また、アジアの都市において河川氾濫の影響を受ける人の数が最も多いのは、アジア南部、東部、南東部の国々であると指摘している [4101028](#), [4101029](#)。

世界の洪水による直接的な被害額は、現在の世界平均で年間 1,100 億ユーロと推定されているが、SSP5 シナリオを用いた推定では、1.5°C上昇で現在の 240%、2°C上昇で 520%、3°C上昇で 1,000%に増加することが予測されており、3°C上昇の場合の被害は、年間 1 兆 2,500 億ユーロとなることが予測されている。一方で、SSP3 では被害額の増加は小さくなることが予測されている（それぞれ+160%、+320%、+620%）[4101030](#)。

● 降水の変化予測

文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」によると、RCP2.6 シナリオ及び RCP8.5 シナリオのいずれにおいても、1 日の降水量が 100mm あるいは 200mm 以上となる年間日数は、20 世紀末（1980～1999 年の平均）と比べ、21 世紀末（2076～2095 年の平均）には全国平均では増加すると予測されている。また、3 時間降水量が 100mm 以上や、1 時間降水量が 50mm 以上の年間発生回数も、同様に全国平均では増加すると予測されている。さらに、1 年で最も多くの雨が降った日の降水量（年最大日降水量）も増加すると予測されている。これは、極端な大雨の発生頻度だけではなく、強度も増すことを意味している [4101001](#)。

その他個別の研究においても、将来において短時間集中降雨を含む豪雨が増加すること [4101031](#), [4101032](#), [4101033](#) や、洪水を起こしうる大雨事象の生起の増加が、日本の代表的な河川流域について今世紀末には現在に比べ有意に増大すること、割合の増加が 1～3 割程度であることについては、多くの文献で見解が一致している [4101034](#), [4101035](#), [4101036](#), [4101037](#), [4101038](#), [4101039](#)。

「気候変動を踏まえた治水計画のあり方」提言によると、d2PDF（2°C上昇時）では降雨量変化倍率が全国で概ね 0.9～1.3 倍、d4PDF（4°C上昇時）では 1.0～1.5 倍で分布している。また、2°C上昇時には北海道で、4°C上昇時には北海道に加えて九州北西部で、それぞれ全国平均を上回る。これは、北海道では気温上昇に伴う飽和水蒸気量の増加率が高く、九州北西部では高い海面水温と地形により雨が降りやすくなることが影響しているためだと考えられている。なお、2°C上昇時に九州北西部の倍率が他地域並みなのは、海面水温上昇が顕著でないことに加え、降雨量変化倍率の算定に用いた d2PDF 等には今後増加が見込まれる大型の前線性降雨の影響も含まれることが要因だと考えられている [4101002](#)。

● 氾濫の可能性の変化予測

各地域・水系における知見として、次のようなものがある。

令和元年東日本台風による被害が大きかった 8 水系（荒川、多摩川、利根川、千曲川（信濃川）、那珂川、久慈川、阿武隈川、鳴瀬川（吉田川））のピーク流量は、2℃上昇シナリオでは平均して 10%、4℃上昇シナリオでは平均して 23%増加する予測がある [4101040](#)）。

荒川流域（関東地方）、庄内川流域（中部地方）、淀川流域（近畿地方）における 2050 年 9 月～2111 年 8 月の最大クラス洪水（年超過確率 1/1000 以下に対応する洪水）の発生について調査した研究では、RCP8.5 シナリオでは過去実験の最大クラス洪水の 1.5～1.8 倍に増加し、最大クラス洪水も気候変動によって増加することが予測されている（d4PDF から得た降水量データを使用） [4101041](#)）。

十勝川（北海道）を対象とし、d4PDF を用いた研究では、帯広地点において 1/150 確率降雨が発生した際、4℃上昇時にはピーク流量が現在の約 1.7 倍となることが示された [4101042](#)）。十勝水系における別の研究では、RCP8.5 シナリオに相当する 4℃上昇の場合、2090 年時点において浸水面積が増加するほか、同一地点であっても浸水深が増大し、床上から 50cm 程度の浸水深となる確率（浸水深 1m）や 1 階が水没する程度の浸水深となる確率（浸水深 3.2m）も増大する傾向が示されている [4101043](#)）。

荒川流域（関東地方）において、d4PDF の現在・4℃上昇実験データを用いて氾濫パターンをシミュレーションした研究によると、現在気候では荒川本川や入間川の氾濫が抑えられているものの、4℃上昇実験では荒川や入間川からの氾濫が深刻となり、吉見町・川島町（埼玉県）の浸水深が増大し、荒川西遷後かつ近代改修前の江戸時代に頻発した氾濫形態となると予測されている [4101044](#)）。荒川上流域（関東地方）を対象に、d4PDF を用いて 2℃上昇・4℃上昇時の令和元年東日本台風の擬似温暖化アンサンブル実験を行った研究では、現在気候に対し、2℃上昇時の総雨量・ピーク流量・河川水位上昇量はそれぞれ 7.1%・12.2%・130%、4℃上昇時にはそれぞれ 33.8%・35.8%・286%増加することが示唆されている [4101045](#)）。

利根川（関東地方）を対象とし、d4PDF を用いて 4℃上昇時の最大ピーク流量を予測した研究では、現在の基本高水（対策の目標とする洪水の流量変化）を大幅に超過することが示された [4101046](#)）。また、他の研究では、利根川上流域（関東地方）を対象に、RCP8.5 シナリオを前提とし PMP（可能最大降水量）を予測した結果、2080 年 9 月～2100 年 8 月において治水基準点である八斗島地点において 72 時間雨量の PMP が 484mm となり、カスリーン台風時の 3 日雨量 318mm を上回り、現況の PMP より 140mm 程度大きくなることが予測されている。その結果を用いて算定した PMF（可能最大洪水）は 36,000m³/s となり、現況の PMF に対して 10,000m³/s 程度大きくなることも予測されている（MRI-NHRCM20 を用いて算定された環境省地域気候変動モデル予測データ情報を使用） [4101047](#)）。

富山県の 5 水系（小矢部川流域、庄川流域、神通川流域、常願寺川流域、黒部川流域）を対象にした研究結果として、洪水ピーク流量及び侵食ポテンシャルを評価した結果、150 年確率流量が 1.5℃上昇で 1.06～1.17 倍、2℃上昇で 1.16～1.28 倍、4℃上昇で 1.30～1.51 倍となる [4101048](#)）という報告や、過去実験に比べ 2℃上昇及び 4℃上昇どちらも流量が増加する [4101049](#)、[4101050](#)）という報告がある。また、越水・侵食ポテンシャルについても評価した結果、2℃上昇、4℃上昇それぞれで増加が見られる傾向にあったと報告している研究もあった [4101049](#)）。

庄川流域（中部地方）を対象とし、d4PDF を用いて 2℃上昇・4℃上昇時の融雪出水量を予測した研究では、平均的な融雪出水量は減少するものの、これまでよりも大きい融雪出水ピーク流量が出現することが示唆された。また、米国や欧州では雪が積もった状態で雨が降る現象を Rain-on-Snow と呼び、これによる洪水被害が確認されているが、庄川流域においては Rain-on-Snow 起因の極端なピーク流量は現在の

12～3月においてほとんど出現しないものの、将来気候において頻出することが示唆された⁴¹⁰¹⁰⁵¹。

京都市を対象とし、将来の人口減少と気候変動の関連についての解析も行われており、京都市の一部の地域では人口密度の減少により気候リスクが低下する一方、河川周辺の一部の地域では洪水に関する気候リスクが比較的高いと示しているものもある⁴¹⁰¹⁰⁵²。

筑後川、遠賀川、球磨川、大淀川（九州地方）において、d4PDFの現在・4℃上昇実験データを用いて河川流量の将来変化をシミュレーションした研究では、48時間年最大降水量を記録する月別の割合は、九州北部と比較して九州南部のほうが夏季の頻度が高くなることや、洪水ピーク流量の増加が生じる可能性が示されている⁴¹⁰¹⁰⁵³。

特定の台風を対象とした研究も複数確認されている。

令和元年東日本台風を対象とした研究として、那珂川流域（栃木県・茨城県）における疑似温暖化実験では、4℃上昇実験で山岳域を中心に30%を超える高い増加率を示し、その結果、那珂川流域でのピーク流量の顕著な増加、浸水深・浸水面積の増大をもたらすとされている⁴¹⁰¹⁰⁵⁴。また、荒川流域（関東地方）において、海面水温が日本の南海上周辺において平均で約2℃上昇すると仮定して行われたアンサンブル降雨・洪水シミュレーションでは、多量の水蒸気フラックスが流入することで降雨や洪水の規模は増大し、将来において同様の台風が襲来した場合には発災リスクが増大する可能性が示された⁴¹⁰¹⁰⁵⁵。同台風による日降水量130mmに着目すると、過去実験における再現期間は約300年であるが、九州や沖縄において数十年スケールにまで短くなることが示されている⁴¹⁰¹⁰⁵⁶。さらに、同台風における洪水ピーク流量の再現期間は鳴瀬川（東北地方）で約540年、阿武隈川（東北地方）で約120年と推定され、4℃上昇気候下では約32～100年、約16～58年と高頻度化する可能性があることを示唆した⁴¹⁰¹⁰⁵⁷。また、海水温度が上昇した場合、多量の水蒸気フラックスが流入することで、同台風における降雨や洪水の規模は増大し、将来において似たような台風が襲来した場合には発災リスクが増大する可能性があることと示されている⁴¹⁰¹⁰⁵⁵。

伊勢湾台風を対象とし、最大規模の洪水を想定して、疑似温暖化条件下における淀川流域（近畿地方）の洪水流出量を推定した研究では、枚方地点のピーク流量が現在気候条件下における値を上回ったことが示されている⁴¹⁰¹⁰⁵⁸。

同時洪水リスクの知見としては次のようなものがある。d4PDFを用いて4℃上昇時の日本全国の109の1級河川流域の同時洪水リスクを予測した研究では、同時氾濫リスクが増加することが予測され、その増加幅は海面水温予測の変動幅よりも大きいことが示された⁴¹⁰¹⁰⁵⁹。関東地方を対象とし、d4PDFを用いて2℃上昇・4℃上昇時の雨量を予測した研究では、関東地方の流域全域で雨量が増加し、単一の流域のみではなく複数流域における氾濫可能性が高まると指摘している⁴¹⁰¹⁰⁶⁰。

そのほか、複数の文献が、洪水を発生させる降雨量の増加割合に対して、洪水ピーク流量の増加割合、氾濫発生確率の増加割合ともに大きくなることを示している^{4101014, 4101034, 4101036, 4101037, 4101039}。

● 被害額の変化予測

全国を対象とし、SSPシナリオデータを用いた洪水被害額シミュレーションでは、気候変動のみを考慮した場合、21世紀中頃の年期待被害額³⁵は20世紀末と比べ、SSP1-2.6シナリオ・SSP5-8.5シナリオでそれぞれ22%・23%増加すると予測された。さらに、21世紀末の年期待被害額はそれぞれ16%・38%

³⁵ 災害が発生する確率と、その災害による被害額を掛け合わせて算出される。

増加するとされている。気候変動と土地利用変化を考慮した場合は、21 世紀中頃はそれぞれ 2%・7%増加し、21 世紀末は 33%・11%減少するとされている ⁴¹⁰¹⁰⁶¹⁾。

また、SSP1-2.6 シナリオ・SSP5-8.5 シナリオにおいて、気候変動により河川・洪水被害はほぼ全ての都道府県で増加する可能性があるものの、人口動態の変化を考慮すると、21 世紀末には約 7 割以上の都道府県で被害が減少する可能性があるとの予測も出ている。一方、一人当たりの河川・洪水被害額は増加すると推定されるため、洪水対策は必要であることや、適応策の評価では、人口動態の変化が適応策の効果を低下させることが示唆された。したがって、適応計画においては、気候変動だけでなく、人口動態の変化も考慮する必要性があると提言している ⁴¹⁰¹⁰⁶²⁾。

RCP シナリオを用いた洪水被害額の予測研究では、RCP2.6 シナリオ・RCP8.5 シナリオにおいて、21 世紀中頃には洪水被害額がそれぞれ 4 兆 6,170 億円/年・4 兆 6,200 億円/年と試算されており、20 世紀末と比較して約 42%増加の増加が示唆されている。また、21 世紀末にはそれぞれ 4 兆 1,630 億円/年・5 兆 1,030 億円/年と試算されており、20 世紀末と比較して約 28%・57%の増加となる ⁴¹⁰¹⁰⁶³⁾。

RCP シナリオを用いた別の研究では、2050 年における洪水時の浸水深と被害額を算出し、将来気候における年超過確率 1/100 及び年超過確率 1/50 の洪水の潜在被害額を用いて将来気候における年期待被害額 ³⁶⁾を推定したものがある。年期待被害額は RCP2.6 シナリオにおいて 6 つの GCM の平均値が 1 兆 4,266 億円、RCP8.5 シナリオにおいて 6 つの GCM の平均値が 1 兆 4,458 億円と推定され、現在気候の年期待被害額からそれぞれ 2.7%、4.1%増加することが予測された。RCP8.5 シナリオから RCP2.6 シナリオに温暖化を緩和することによる洪水被害軽減額は年 192 億円と推定された。また、現在気候における年超過確率 1/100 の洪水において、3m 以上浸水した建物用地の土地利用を被害額を計上しない森林へと一律に変えた場合、年期待額にして 4,380 億円、10m の場合は 576 億円の洪水災害抑制効果があることが示唆されている (GFDL-CM23, HadGEM2-ES, MIROC5, MRI-CGCM3, CISRO-Mk3-6-0, IPSL-CM5A-LR の 6 つの GCM を用いて将来気候における降水量を求め、それを入力値とした) ⁴¹⁰¹⁰⁶⁴⁾。

二次元不定流モデルと国土交通省の治水経済調査マニュアル(案)を用いて行ったシミュレーションでは、全国の年期待被害額は 2031 年～2050 年において RCP2.6 シナリオで 1 兆 4,097 億円、RCP8.5 シナリオで 1 兆 4,053 億円と推定された。世紀末である 2081 年～2100 年においては RCP2.6 シナリオで 1 兆 3,013 億円、RCP8.5 で 1 兆 5,478 億円と推定され、RCP8.5 の被害額は RCP2.6 の被害額の 1.2 倍まで増加することが示唆された ⁴¹⁰¹⁰⁶⁵⁾。

気候変動によって 2℃上昇した場合の流量変化倍率が 1.2 倍 (全国一級水系の平均) に増加することを想定し、被害倍率が 1.8 倍となるものとして気候変動後の戦後最大洪水 (全国 109 水系における現状の河川整備計画における目標流量) の資産被害を推計すると、資産被害は 280 兆円になるとの報告もある ⁴¹⁰¹⁰⁶⁶⁾。

また、十勝川流域全体の年平均被害額の推計が、過去実験では約 300 億円となったのに対し、4℃上昇実験では約 1,530 億円 (約 5.1 倍) となったことが報告されている ⁴¹⁰¹⁰⁶⁷⁾。

● 曝露人口や要避難者数の変化予測

全国を対象とし、人口変動を考慮して、共有社会経済経路 (SSP) に応じた 2015 年～2100 年にかけての洪水氾濫による曝露人口 (床上浸水である 45cm の浸水が発生した地域内に居住する人口) の変化を評

³⁶⁾ 全国の河川の計画規模を概ね 50 年として仮定し、年超過確率 1/50 までの洪水に耐えうるよう設計された堤防のある地域において、追加的に治水整備をしない場合に今後発生しうる被害を 1 年当たりの被害額として平均化したもの。

価した研究では、SSP シナリオ間の曝露人口減少率は約 35～70%（曝露人口は約 23～46 万人/年）と推定されている。ハザードの高い地域に人口が集中する度合いの高い都道府県の上位 3 位は和歌山県、徳島県、富山県と推定されており、これらの都道府県は、人口減少率が低い地域とハザードの高い地域が一致しているため上位となったと推察されている [4101068](#)）。

各地域を対象とした研究は次のようなものがある。

広島県における豪雨災害リスク曝露人口（水害）を推定した研究では、2015 年時点で約 76 万人（総人口の 27.1%）であり、その後、年を経るに従い総人口が減少するものの、曝露人口は 2020 年まで増加することや、総人口に占める曝露人口の割合は年を経るに従い増加し、2050 年には 30.5%となることが予測されている。このことから、人口減少が進む中においても一定期間は水害の危険性があるエリアの人口増加がみられ、総人口に占める割合は今後も増加傾向にあるといえる [4101069](#)）。

雄物川流域（秋田県）を対象に、人口減少を踏まえて将来洪水による人的被害を推計した研究では、想定死亡者数は、2020 年（200.5 人）と比較して 2040 年は 255.9 人に増加する一方、2090 年は 217.8 人となり、2020 年と比較すると増加するものの、2040 年と比較すると減少することが予測された [4101070](#)）。

梯川（石川県）において、都市構造変化を推定し、洪水氾濫発生時の地域ごとの要避難者数の変化を検討した研究では、日中の人口が増加する地域では夜間に比べて 300 人以上増加するエリアもあり、居住者だけでなく訪問者数を定量的に評価した避難計画の必要性が示された [4101071](#)）。

● 農地被害の予測

千歳川流域（北海道地域）を対象とし、d4PDF の降雨情報を用いた将来予測では、将来的には過去最大（1981 年 8 月上旬洪水）の被害額の 1.2 倍にのぼる農作物被被害が発生する可能性が示唆された [4101072](#)）。

なお、水田が冠水した場合、全ての生育時期で減収すること、特に脆弱な出穂前後の期間では 1 日の冠水でも 50%程度の減収となることが指摘されている [4101073](#)）。農地の排水に関する計画基準は、河川構造物に対する 1/100 年確率雨量ではなく、1/10 年確率雨量であることにも留意が必要である [4101074](#)）。

● 海面水位の上昇や高潮、土砂災害との関係

下流域、特に海岸近くの低平地やゼロメートル地帯が広がる地域においては、海面水位の上昇が河川水位の上昇及び氾濫水の排水不良をもたらすことから、大雨の変化だけでなく海面水位の上昇や高潮等の変化も考慮して、洪水氾濫に及ぼす気候変動影響を検討する必要がある。定性的には、海面水位の上昇は洪水氾濫の可能性を増やし、氾濫による浸水時間の長期化をまねくと推定される [4101075](#), [4101076](#), [4101077](#)）。なお、日本沿岸で観測された平均海面水位は 10～20 年周期で変動しており（自然変動と考えられる）、1980 年代以降は上昇傾向にある。また、日本沿岸の平均海面水位は 21 世紀中に上昇し続けると予測されている（確信度が高い。2081～2100 年の平均で、2℃上昇シナリオ（SSP1-2.6）の場合+0.40m、4℃上昇シナリオ（SSP5-8.5）の場合+0.68m）[4101001](#)）。詳細は小項目「海面水位の上昇」を参照。

また、降雨の増大が土砂流出の増加をもたらし、洪水を安全に流下させる機能の継続的確保を目的とした洪水調節施設及び河道の維持管理を困難にするという観点から、水害リスク増の可能性を指摘する文献がある [4101076](#)）。降雨規模と土砂災害の発生件数の関係、及び降雨規模と土砂災害の規模の関係について、詳細は小項目「土石流・地すべり・土砂流出等」を参照。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

現在、低平地（農地を含む）において、浸水被害が発生している。

将来においては、4℃上昇時に北海道・九州北西部にて、降雨量の変化が特に大きいと予測されている。また、海岸近くの低平地等では、海面水位の上昇が洪水氾濫の可能性を増やし、氾濫による浸水時間の長期化を招くと想定されている。なお、将来の人口変動を考慮した洪水氾濫による曝露人口を推定した研究によると、ハザードの高い地域に人口が集中する度合いの高い都道府県の上位3位は和歌山県、徳島県、富山県であることも報告されている。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、ハード対策では河道掘削、粘り強い堤防、流域の持つ保水・遊水機能の確保、ソフト対策では効果的なダムの運用、ハザードマップの活用、タイムライン策定、防災訓練・防災教育、防災情報の利活用、避難場所の確保などがある⁴¹⁰¹⁰⁷⁸）。2019年には「既存ダムの洪水調節機能の強化に向けた基本方針」が策定され、農業用ダム等の利水ダムにおいても洪水調節に活用することとなり、事前放流等の運用が開始された⁴¹⁰¹⁰⁷⁹）。

また、近年の水害による甚大な被害を受けて、気候変動により施設能力を超過する洪水が発生することを前提に、流域の全員が協働して流域全体で行う治水対策である「流域治水」への転換が進められている。流域治水には3つの柱（①氾濫をできるだけ防ぐ・減らすための対策、②被害対象を減少させるための対策、③被害の軽減、早期復旧・復興のための対策）があり、前述した適応策を含め、流域治水の考え方にに基づきハード・ソフト対策一体で、多層的に進める必要がある。突発的に発生する激甚な災害に対して行政の防災対策だけでは限界があることから、住民自身も防災意識を高め防災対策を強化し、自助・共助・公助で連携して対策を進めていくことが求められている。

適応策の効果として、ダムの活用、田んぼダムによる流出量抑制機能及び遊水地の保水・遊水機能の確保、土地利用規制、ピロティ建築、治水の整備水準の改善といった適応策による気候変動影響の軽減に関する知見が確認されている^{4101063, 4101080, 4101081, 4101082}）。

ダムの活用では、ダムの事前放流により、洪水氾濫を抑制できる可能性が示されている⁴¹⁰¹⁰⁸³）。既存ダム（治水・電力ダム）で事前放流を実施した場合の効果について検討した研究によると、仮に水系全体の治水耐力の目安を25mm（相当雨量換算）と設定した場合、当該目安値を下回る水系の数は、対策なしで115水系であるのに対し、既存ダムで事前放流を行った場合に77水系となり、事前放流を実施することで、治水耐力が不足する水系が38水系も減少することが報告されている⁴¹⁰¹⁰⁸⁴）。

田んぼダムによる流出量抑制機能及び遊水地の保水・遊水機能の確保により、ピーク流量の減少⁴¹⁰¹⁰⁵⁰）及び氾濫被害を低減する効果があると報告されている^{4101081, 4101082, 4101085, 4101086}）。熊本県の支川を対象に流出量抑制、貯留・浸透及び氾濫流制御対策を講じた場合のシミュレーションを実施したところ、田んぼダムに加え、学校のグラウンド及び公園を活用した雨水貯留及び道路かさ上げを導入することで、10年確率降雨時には浸水域が25.6ha（31.3%）低減し、また30年確率降雨時には浸水家屋数が174戸減少することが推定された。さらに、50年確率までの降雨に対して氾濫域を低減する効果があることが示唆された⁴¹⁰¹⁰⁸⁷）。

土地利用の規制により、洪水による被害額が低減するとの予測も報告されている。再現期間200年の洪水時に浸水深3.0m以上の宅地のうち、人口密度1万人/km²以下の場所に対して土地利用規制を行う（東京のような人口密集地では土地利用のコントロールが非現実的なため、人口密度の上限を設けている）とした場合、20世紀後半の年間被害額は26,130億円と見積もられ、実行しなかった場合と比較して

20%減少すると予測されている。また、21 世紀後半において土地利用規制が適用されたときの年間被害額は、土地利用規制のない 20 世紀後半と比較して、RCP2.6 シナリオでは 3%増加、RCP8.5 シナリオでは 29%増加に抑えることができると推定されている [4101063](#)。また、広島県呉市における低未利用地へのグリーンインフラ導入を検討した結果、洪水による総氾濫量の低減に寄与し、床上浸水のような大規模な浸水被害を軽減することが示唆された。さらに、熱環境面の効果としては、斜面地で-0.5℃以上の気温の低下につながる事が明らかになった [4101088](#)。

ピロティ建築による洪水被害額の低減が報告されている。再現期間 30 年の洪水解析において、浸水深 0.5m 以上（床上浸水）、かつ人口密度 10,000 人/km² 以上の場所をピロティ建築とした場合、20 世紀後半の年間被害額は 26,680 億円と見積もられ、実行しなかった場合と比較して 18%減少すると予測されている。また、21 世紀後半において土地利用規制が適用されたときの年間被害額は、ピロティ建築のない 20 世紀後半と比較して、RCP2.6 シナリオでは 8%増加、RCP8.5 シナリオでは 36%増加に抑えることができると推定されている [4101063](#)。

治水の整備水準の改善では、水系の計画規模と各河川区間の目標洪水安全度を反映した河道掘削を行い、計画維持水準 100%達成の状態とした場合、20 世紀後半の年間被害額は 26,860 億円と見積もられ、実行しなかった場合と比較して 18%減少すると予測されている。また、21 世紀後半において土地利用規制が適用されたときの年間被害額は、土地利用規制のない 20 世紀後半と比較して、RCP2.6 シナリオでは 10%増加、RCP8.5 シナリオでは 40%増加に抑えることができると推定されている [4101063](#)。

外水氾濫において、適応策の有無、種類（治水の整備水準の改善、土地利用規制、ピロティ建築、田んぼダム、ため池）による被害変化率を算定した研究によると、外水氾濫に対する適応効果では、ピロティ建築の効果が大きかったと報告している。とりわけ資産価値の高い地域に設置すると効果が大きかったが、一方で、治水の整備水準の改善はすでに既存の治水レベルが高く、増加分が小さいために軽減率が小さかった。田んぼダムやため池の効果は小さかったが、手取川流域のように田んぼダムが 15%以上の軽減効果を示す地域もあったと報告している [4101062](#), [4101089](#), [4101090](#)。

山地域での土砂生産から河川域や海岸域への土砂流出にわたる過程において、気候変動によって土砂生産量や河川域への土砂流出量が増加することが予想され、これは河床上昇や土砂堆積によって河川域の治水や利水、河川生態系に影響するものと考えられる。また、河川での適応策として河道掘削が有望であるが、この掘削計画にも影響する。したがって、現在進められている流砂系（山地域から海岸域まで）総合的土砂管理において、山地域だけでなく、河川域の治水や利水、河川環境の問題も考えて推進していくことが肝要で、それが将来気候下においても、河川の洪水を安全に流下させる機能の確保や持続的な河川空間や流水の利用を可能とし、また河川環境の保全にも繋がる。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】洪水による人的被害が既に発生しており、その影響の範囲は平成 30 年 7 月豪雨にて死者が 263 名となった事例があり、多くの人命の損失が発生するなど、影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】洪水による影響人口が予測されており、その影響の範囲は数十万人と、生活の質・様式への影響は特に深刻である。
- ◇ 【経済】洪水による被害額が予測されており、その影響の範囲は 1 年当たり 1 兆～数兆円と、経済損失は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で定量的に概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】洪水による影響人口が予測されており、その影響の範囲は数十万人と、生活の質・様式への影響は特に深刻である。
- ◇ 【経済】洪水による被害額が予測されており、その影響の範囲は 1 年当たり数兆円と、経済損失は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で定量的に概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、流域治水への転換などの適応策が一部で進められているが、ハザードマップの活用、土地利用規制、治水水準の改善等の制度整備、インフラ整備などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(2) 内水

内水氾濫の説明については、河川の冒頭を参照。

ここでは、主に内水氾濫の変化及び、それに伴う直接的な被害（人的被害、建物・農地への被害等）を扱う。

（現在の状況）

〔概要〕

- 大雨の発生頻度が経年的に増加傾向にあり、強い雨ほど頻度の増加率が高い。
- 大雨の増加傾向が、都市部における近年の内水被害の頻発に寄与している可能性がある。
- 水害被害額に占める内水氾濫による被害額の割合は、全国では約 3～4 割であり、大都市ではそれを上回る割合となった。なお、1993～2018 年までの 26 年間ににおける一般資産被害額のうち、内水氾濫による被害の累計は約 1 兆 9,886 億円に上ると報告されている。
- 地球温暖化の影響により、平成 30 年 7 月豪雨の大雨の発生確率と強度が大きくなったことが、イベント・アトリビューションによって示された。平成 30 年 7 月豪雨においては内水氾濫による床上浸水・床下浸水が 15,186 戸発生した。

● 近年の降水と内水被害の傾向

文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」によると、1901～2024 年の期間、日降水量 100mm 以上及び 200mm 以上の大雨の日数は、いずれも増加している。また、1 時間降水量 80mm 以上、3 時間降水量 150mm 以上、日降水量 300mm 以上といった大雨の発生頻度は、1980 年頃（1976～1985 年）と比較して、最近 10 年間（2015～2024 年）はおおむね 2 倍程度に増加しており、強い雨ほど頻度の増加率が高い。さらに、極端な大雨の発生頻度だけではなく強度も増加する傾向にあり、1 年で最も多くの雨が降った日の降水量（年最大日降水量）には増加傾向が現れている。平均して 100 年に一回しか起きないような極端な大雨の強度もまた全国平均で増加している ⁴¹⁰²⁰⁰¹。

一方で、これまでの下水道整備により達成された水害に対する安全度は、現在気候を前提にした場合でも、計画上の目標に対して相当不足しており、大雨の増加傾向が、浸水対策の達成レベルが低い都市部における近年の内水被害の頻発に寄与している可能性がある。内水氾濫・浸水をもたらす降雨事象が気候変動により増えれば、特にそのような都市部の水害対策の困難性を一層高めると懸念される。

総水害被害額に占める内水氾濫による被害額の割合（2005～2016 年）は、全国では約 40%であり、大都市を抱える東京、愛知、大阪、福岡ではそれを上回る割合となった（68、85、95、52%）⁴¹⁰²⁰⁰²。また、2009 年から 2019 年までの全国の水害被害額合計は約 2.5 兆円で、そのうち 3 割が内水氾濫（東京都では、約 7 割が内水氾濫）という結果も報告されている ⁴¹⁰²⁰⁰³。1993～2018 年までの 26 年間にわたる水害統計調査に基づく研究結果によると、水害原因別に分類した一般資産被害のうち、内水氾濫による被害額の累計が約 1 兆 9,886 億円に達し、総被害額の約 34.9%を占めることが報告されている ⁴¹⁰²⁰⁰⁴。

地下空間（地下階・地下道など）への被害に関する知見も確認されている。東京などの都市化が進んでいる地域では、すでに下水道と都市河川からなる雨水除去システムがあるが、設計降雨強度を超える豪雨は、地下階や地下道で深刻な浸水被害を引き起こす可能性がある。実際に 1999 年・2003 年には博多駅で、2000 年には名古屋駅において、駅周辺の地下街の浸水被害が発生した。そのため、地下空間の浸水被害軽減対策は、地上の氾濫水をできるだけ地下空間に流入させない対策と、いざ流入してしまった場合

のものの二段構えで考える必要がある⁴¹⁰²⁰⁰⁵⁾。

● 近年の災害事例

文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」ではイベント・アトリビューションによる結果が示されており、地球温暖化の影響により、平成 29 年 7 月九州北部豪雨・平成 30 年 7 月豪雨の大雨の発生確率や、平成 30 年 7 月豪雨・令和元年東日本台風・令和 2 年 7 月豪雨の強度が大きくなったとされている⁴¹⁰²⁰⁰¹⁾。

ここでは、これらのうち、特に内水被害が顕著であった平成 30 年 7 月豪雨・令和元年東日本台風について述べる。

平成 30 年 7 月豪雨では、記録的な長時間の降雨に加え、短時間高強度の降雨も広範囲に発生したことにより、各地で洪水氾濫と内水氾濫が同時に発生した。また、内水氾濫による浸水被害は西日本を中心に 19 道府県 88 市町村で発生した⁴¹⁰²⁰⁰⁶⁾。各地方公共団体の調査によると、内水氾濫による床上浸水・床下浸水が 15,186 戸で発生したと報告されている⁴¹⁰²⁰⁰⁷⁾。農作物等被害額は約 300 億円、農地・農業用施設被害額は約 1,420 億円と報告されている⁴¹⁰²⁰⁰⁸⁾。令和元年東日本台風では、宮城県丸森町において床上浸水 827 棟、床下浸水 194 棟と多くの住宅被害が生じた⁴¹⁰²⁰⁰⁹⁾ことや、浸水面積は 17 都県の約 288km²で、平成 30 年 7 月豪雨の約 185km²を大きく上回った⁴¹⁰²⁰¹⁰⁾ことが報告されている。農作物等被害額は約 406 億円、農地・農業用施設被害額は約 2,101 億円に上った⁴¹⁰²⁰¹¹⁾。

また、気候変動の影響は特定されていないものの、令和元年 8 月佐賀豪雨の際には、満潮付近の時間帯に降雨がピークを迎えたため、排水機能が阻害されることで内水氾濫が発生したと考えられている。また、浸水継続時間が 16 時間を超える地点も見られた⁴¹⁰²⁰¹²⁾。

平成 26 年度から令和 5 年度までの 10 年間における自然災害による農業用ため池の被災原因は、94% が豪雨によるものであり、うち堤体の決壊は、全て豪雨によるものとなっている。また、自然災害による農業用ため池被害額は、特異年（平成 16 年の 10 回台風上陸、平成 23 年の東日本大震災、平成 30 年 7 月豪雨）を除外すると増加傾向にある⁴¹⁰²⁰¹³⁾。なお、ため池の被災は、流域内での豪雨に伴う土石流発生などの影響を受けて発生することもあり、平成 30 年 7 月豪雨では、土石流の流入によりため池が被災した事例が報告されている⁴¹⁰²⁰³⁶⁾。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 将来、極端な大雨の発生頻度、強度は増大することが予測されている。
- 河川や海岸等の近くの低平地等では、下水道等から雨水を排水しづらくなることによる内水氾濫の可能性が増え、浸水時間の長期化を招くと想定されている。都市部では、人間及び経済活動が集中しており、地下利用も進んでいるため、内水被害の影響がさらに大きくなることが想定されている。
- 人口変動を考慮した内水氾濫による全国の曝露人口は、2100 年では約 29～58 万人/年と予測されている。また、排水不良シナリオ（河川への排水が一切行われないと仮定）においては、2031 年～2050 年で約 138 万～141 万人/年と予測されている。
- 内水氾濫被害額は、排水不良シナリオを仮定した場合、2031 年～2050 年において現在気候の約 2 倍（約 19 兆円/年）に増加すると予測されている。

- ため池の被災確率が高くなることが示唆されている。

- 降水の変化予測と内水災害の危険性

文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」によると、RCP2.6 シナリオ及び RCP8.5 シナリオのいずれにおいても、1 日の降水量が 100mm あるいは 200mm 以上となる年間日数は、20 世紀末（1980～1999 年の平均）と比べ、21 世紀末（2076～2095 年の平均）には全国平均では増加すると予測されている。また、3 時間降水量が 100mm 以上や、1 時間降水量が 50mm 以上の年間発生回数も、同様に全国平均では増加すると予測されている。さらに、1 年で最も多くの雨が降った日の降水量（年最大日降水量）も増加すると予測されている。これは、極端な大雨の発生頻度だけではなく、強度も増すことを意味している⁴¹⁰²⁰⁰¹）。その他個別の研究においても、将来において短時間集中降雨を含む豪雨が増加することは、多くの文献で示されている^{4102014, 4102015, 4102016}）。

また、局所的な、単一の積乱雲（スーパーセル³⁷など）により都市の内水氾濫を生じさせるような強雨については、近畿地方における 8 月の短時間強雨生起頻度が増加するメカニズムを解析した研究事例がある。この研究によれば、将来気候の下層水蒸気量の増加に伴う大気の静的な不安定度（ショワルター安定度指数：SSI）の減少すなわち不安定化により、将来気候において短時間強雨を生起させやすくしたことが示されている⁴¹⁰²⁰¹⁷）。

河川近くの低平地等では、河川水位が上昇する頻度の増加によって、下水道等から河川へ雨水を排水しにくくなることによる内水氾濫の可能性が増大する。また、排水しにくい状態が継続することによって、内水氾濫の長期化を招く可能性が増大する。特に都市部での内水被害は、局所・短時間の強雨により突発的にもたらされることが多く、リードタイムが短いことに加えて、高密度な人間及び経済活動、それを支える諸施設の集中的な設置と地下利用など都市部特有の氾濫・浸水に対する脆弱性が存在することから、そうした場所において、内水被害をもたらす短時間集中降雨が気候変動影響により増大するとすれば、また排水条件を大きく規定する海面水位の上昇が重なると、その影響は大きい。低平地やゼロメートル地帯では、市街化の進展により流出量が増加している上に、排水が困難であることから、洪水や高潮による外水や内水の氾濫による浸水が長時間に及ぶとの想定も提示されている⁴¹⁰²⁰¹⁸）。

また、平成 30 年 7 月豪雨や令和元年東日本台風による東日本での水害に典型的に表れたように、広域にわたる大規模な大雨が今後も増加するならば、支川などから本川への洪水流下に支障を来し、それにより本川のみならず支川も含めて堤内地からの排水に支障を来し、氾濫・浸水被害の頻度を増加させると想定される。同じく大雨の増加が、農地からの排水が滞る頻度や農地の土壌侵食量を増加させるなどの影響をもたらすとの検討事例がある⁴¹⁰²⁰¹⁹）。これらの観点から、都市部以外での内水被害などに対する気候変動影響にも留意する必要がある。

さらに、内水による氾濫・浸水の生起は、大河川からの洪水氾濫（外水氾濫）に比較すれば、時空間的スケールのより小さい強雨によってもたらされ、その確率規模も小さい。この傾向は、都市化の進行により、雨水の一次的な貯留や浸透が大幅に低減した地域において顕在化している。

- 曝露人口・内水被害額予測

全国を対象とし、人口変動を考慮して、内水氾濫による曝露人口（床上浸水である 45cm の浸水が発生

³⁷ 巨大な積乱雲で強風や竜巻等激しい気象現象をもたらすもの。

した地域内に居住する人口とする)を予測した研究によると、2015 年～2100 年にかけて、SSP シナリオ間の曝露人口減少率は約 35～70% (曝露人口は約 29～58 万人/年)と推定されている。ハザードの高い地域に人口が集中する度合いの高い都道府県の上位 3 位は埼玉県、福岡県、東京都と推定されており、これらの都道府県は人口減少率が低い地域とハザードの高い地域が一致しているため上位となったと推察されている⁴¹⁰²⁰²⁰⁾。また、排水不良シナリオ(河川への排水が一切行われないと仮定)のもとでは、人口変化を考慮した曝露人口は、現在気候(1980 年～2000 年)と比較し、近未来気候(2031 年～2050 年)において約 1.6 倍(RCP2.6 シナリオでは 138 万 1045 人/年、RCP8.5 シナリオでは 140 万 5720 人/年)に増加すると予測する文献もある⁴¹⁰²⁰²¹⁾。

同じく排水不良シナリオでの全国の内水氾濫被害額は、現在気候(1980 年～2000 年)と比較し、近未来気候(2031 年～2050 年)において約 2 倍(RCP2.6 では 18 兆 5,650 億円/年、RCP8.5 では 18 兆 6,993 億円/年)に増加すると推定されている⁴¹⁰²⁰²¹⁾。

また、地域を対象とした浸水リスク人口予測として、次のようなものがある。埼玉県において、RCP8.5 シナリオを前提に、内水氾濫の将来予測を行った結果(MRI-NHRCM02 により算出された現在と 21 世紀末の時間雨量の増加率を使用)、現行計画の年超過確率 1/5 規模の降雨に対応した下水道を整備した場合でも、内水浸水範囲の拡大及び内水浸水深が増加する可能性が予測されている。また、これにより、内水氾濫による浸水リスク人口³⁸(将来人口が変わらないと想定した場合)は 21 世紀末において増加する可能性が示唆された。一方、将来の人口変動を考慮した場合は、人口減少の影響が大きく、現在人口条件の場合と比べて浸水リスク人口が減少する可能性が示されている⁴¹⁰²⁰²²⁾。

● ため池災害予測

近年、豪雨にともなうため池災害が各地で発生しており、ため池水収支モデルにより将来の豪雨リスクの地域性を評価した研究では、静岡県・長野県・新潟県よりも東方の地域で豪雨リスクが増加する可能性が示されており、これら地域のため池については、廃止を含めた検討を行う必要があると提言している(RCP2.6 シナリオを前提とし、MROC5 による気候予測情報を使用)⁴¹⁰²⁰²³⁾。また、d4PDF を用いてため池の越流確率を予測した研究では、4℃上昇時には豪雨の規模も大きくなり、結果としてため池破堤確率が高まる可能性がある⁴¹⁰²⁰²⁴⁾と報告している。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

周りに比べ低くなっている土地や、雨水排水のための下水道や河川への排水施設などが整っていない地域、浸透能力が低い都市部では内水の被害が起きやすい。また、ため池被害発生の可能性も示唆されている。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、ハード対策では下水道の排水能力の増強、土地のかさ上げ・ピロティ化、ソフト対策では内水ハザードマップの整備などが行われている⁴¹⁰²⁰²⁵⁾。また、発生頻度が高い降雨規模の場合に想定される浸水範囲や浸水深を明らかにするため、国土交通省によって「多段階の浸水想定図」及び「水害リスクマップ」が作成・公表されており、これにより住まい方の工夫や企業の立地選択など、前述

³⁸ 内水氾濫による浸水深が 50cm 以上の場合において、浸水の影響を受けることが想定される人口。

の流域治水の取組を推進することを目的としている⁴¹⁰²⁰²⁶⁾。また、令和2年には気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策の推進について提言がなされ⁴¹⁰²⁰²⁷⁾、これをもとに各自治体で下水道の浸水対策の見直しが進んでいる。

適応策の効果に関して、逆流防止弁の設置や雨庭の設置、都市のコンパクト化、土地利用規制といったハード対策、道路冠水の水位予測といったソフト対策などの知見が報告されている。

都市には地下階を有するビルや半地下の建物も数多く存在する。そのため、地下室のシンクやトイレの水面の高さより、建物前面の道路下の下水管の水面のほうが高くなる豪雨時には、下水道の水の逆流や悪臭などが発生する。これらへの対処として、逆流防止弁の設置が有効と考えられている⁴¹⁰²⁰⁰⁵⁾。

また、広島市デルタ市街を対象とした雨庭の研究では、堤内地緑地・砂地・駐車場をそれぞれ10%雨庭にした場合、表面流水抑制量は849,450m³/hと推定され、デルタ市街地にて20mm/hの降雨イベントが発生した場合に対応できることが示唆されている⁴¹⁰²⁰²⁸⁾。別の研究では、市街地化により、石神井川中流域の緑地の雨水浸透機能は1950年以降大幅に減少したが、公園や農地、農地保全制度が緑地の雨水浸透機能の維持に貢献しているとの報告⁴¹⁰²⁰²⁹⁾や、浸透池は内水氾濫による被害の軽減に一定の効果があるとの報告も確認されている⁴¹⁰²⁰³⁰⁾。

東京都市圏における水害リスクに関する研究によると、都市のコンパクト化（オフィス集積地から500m未満のゾーンへの補助金制度）及び土地利用規制（床上浸水に対応する浸水深0.5m以上の水害危険地域において、土地供給可能面積を50%減少させる）を実施することにより、水害リスクが顕著に低減することが示されている⁴¹⁰²⁰³¹⁾。

ソフト対策として、道路冠水の水位予測があり、通行規制の開始と解除の判断に利用できる可能性があるとして示されている⁴¹⁰²⁰³²⁾。また、自動車渋滞を反映した都市浸水予測、及びこれと連動した経路検索システムの研究も行われており、浸水発生時においても移動可能な経路を見いだすことが可能となる⁴¹⁰²⁰³³⁾。

外水氾濫と同様に、内水氾濫において、適応策の有無、種類（治水の整備水準の改善、土地利用規制、ピロティ建築、田んぼダム、ため池）による被害変化率を算定した研究によると、おおそ外水氾濫と同様の傾向を持つことが確認されたが、田んぼダムの効果は極めて小さいことが報告されている。また、都市に多い内水氾濫に対してピロティ建築は有効であることが示された^{4102034, 4102035)}。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約1℃上昇）	約1.5～2℃上昇時	約3～4℃上昇時	
重大性：レベル3 確信度：レベル3	重大性：レベル3 確信度：レベル3	重大性：レベル3 確信度：レベル3	緊急性：レベル3 確信度：レベル3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル3

- ✧ 【社会】内水による甚大な被害が既に発生しており、その影響の範囲は平成30年7月豪雨にて内水による床上浸水・床下浸水が約1万五千戸で発生するなど、生活の質・様式への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ✧ 【社会】内水による影響人口が予測されており、その影響の範囲は数十万人と、生活の質・様式への影響は特に深刻である。
- ✧ 【経済】内水による被害額が予測されており、その影響の範囲は、河川への排水が一切行われないと仮定した場合には 1 年当たり 18 兆円を超えると予測され、経済損失は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ✧ 【社会】内水による影響人口が予測されており、その影響の範囲は数十万人と、生活の質・様式への影響は特に深刻である。
- ✧ 【経済】内水による被害額が予測されており、その影響の範囲は、河川への排水が一切行われないと仮定した場合には 1 年当たり 18 兆円を超えると予測され、経済損失は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ✧ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
- ✧ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、道路冠水の水位予測によるソフト対策などの適応策が一部で進められているが、逆流防止弁の設置、雨庭の設置、内水ハザードマップの作成などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

【沿岸】

(1) 海面水位の上昇

ここでは、海面水位の長期変化の観測状況、海面水位の上昇により生じ得る影響とリスクについて述べる。

(現在の状況)

〔概要〕

- 日本沿岸の13地点の地盤沈下や地殻変動による地盤変動補正を施した平均海面水位は上昇傾向（+3.4mm/年：2004～2024年）にあることが、潮位観測記録の解析結果より報告されている。
- 現時点で、海面水位の上昇により生じた障害の報告は無い。

現時点では、海面水位の上昇により生じた障害の報告はない。一方で、日本周辺の海面水位は近年上昇傾向にあることが確認されているため、継続的な海面モニタリングを行う等、気候変動の影響を的確に捉える必要がある。

● 世界における変化

IPCC 第6次評価報告書第1作業部会報告書によると、1901～2018年の期間に、世界平均海面水位は0.20[0.15～0.25]m上昇した。海面水位上昇の平均速度は、1901年から1971年の間に1.3[0.6～2.1]mm/年であり、1971年から2006年の間に1.9[0.8～2.9]mm/年に増加し、2006年から2018年の間に3.7[3.2～4.2]mm/年にさらに増加（確信度が高い）した⁴²⁰¹⁰⁰¹⁾。

● 日本における変化

日本沿岸の平均海面水位は、文部科学省及び気象庁「日本の気候変動2025」によると、1980年代以降は上昇傾向が現れており、地盤沈下や地殻変動による地盤上下変動を補正したデータでは、平均海面水位が2004年から2024年の間に1年当たり3.4mm上昇している⁴²⁰¹⁰⁰²⁾。

北西太平洋での海水温変化による膨張を推定した研究では、1992年から2012年の間の海水膨張による海面水位上昇は2.0mm/年程度であったことが報告されている⁴²⁰¹⁰⁰³⁾。なお、海面水位上昇と海水温上昇の間の相関が高いことが報告されている⁴²⁰¹⁰⁰⁴⁾。

国内の港湾においても海面水位上昇が観測されている。「港湾における気候変動適応策の実装方針」によると、国内の港湾での長期験潮記録から、地盤変動の問題は残るものの、久里浜港では2.95mm/年、唐津港では4.35mm/年の上昇が推定されている⁴²⁰¹⁰⁰⁵⁾。なお、験潮記録より、気候変動、海流の変化等による海面水位の長期変動を抽出するためには、地殻変動による地盤高変化量を正確に評価することが必要である。港湾域にある潮位観測所でも精密な地盤の高さの測定が行われている⁴²⁰¹⁰⁰⁶⁾。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 日本沿岸の平均海面水位は21世紀中に上昇し続け、21世紀末には、4℃上昇シナリオで0.68m、2℃上昇シナリオで0.40m上昇すると予測されている。
- 海面水位上昇による潜在的浸水面積（海岸構造物を無視した標高と海面水位の比較による浸水面

積)の予測(SSP1-2.6~SSP5-8.5)の結果、浸水面積は、2050年に約2,111~2,422 km²、2100年に約2,261~2,707 km²と推計されている。

- 海面水位上昇による影響人口は、低排出シナリオでは2030年代中頃から2050年頃にピークを迎え、その後減少していくことが予測されている。日本版 SSP シナリオ (SSP1-2.6~SSP5-8.5) に基づく影響人口は、2050年には約445~551万人、2100年には約253~565万人と推計されている。
- 海面水位の上昇が生じると、台風、低気圧の強化が無い場合にも、現在と比較して高潮、高波による浸水・被災リスクが高まる可能性がある。
- 河川の取水施設、沿岸の防災施設、港湾・漁港施設等の機能の低下や損傷が生じ、沿岸部の水没・浸水、海岸侵食の加速、港湾及び漁港運用への支障、干潟や河川の感潮区間の生態系への影響等が想定されている。

● 世界の予測

世界を対象とした海面水位上昇の予測に関する知見は、以下のようなものが確認されている。

IPCC 第6次評価報告書第1作業部会報告書によると、平均海面水位上昇量は1995~2014年の平均海面水位に対して、2100年には、SSP1-2.6シナリオの場合0.32~0.62m、SSP2-4.5シナリオの場合0.44~0.76 m、SSP5-8.5シナリオの場合0.63~1.01mとなる可能性が高いことが報告されている⁴²⁰¹⁰⁰⁷⁾。

IPCC 第6次評価報告書第2作業部会報告書では、将来における気候変動のリスクの一つとして、21世紀及びその後を通じて予測されている海面水位の上昇を指摘している。これにより、沿岸域の居住地やインフラを侵食し(確信度が高い)、高潮及び大雨が組み合わさり、複合的な洪水リスクを増大させる可能性を示している(確信度が高い)^{4201008, 4201009)}。さらに、排出シナリオに関係なく、海面水位の上昇と地盤沈下にさらされている世界人口の70%が、中国、バングラデシュ、インド、ベトナム、インドネシア、タイ、フィリピン、日本というアジア8か国に集中していることや、気候変動への適応がなければ、海面水位の上昇による2080年までのGDPへの直接的損害は、アジアで最も大きく(証拠は確実、見解一致度は中程度)、中国に続きインド、韓国、日本、インドネシア、ロシアで直接的損害が大きいことも指摘している⁴²⁰¹⁰¹⁰⁾。

土地の消失や、それに伴う移住に関する知見も確認されている。RCP2.6・RCP8.5シナリオを前提とした研究では、21世紀に失われる土地の面積は60,000~415,000km²となり、その結果1,700~7,200万人が移住すると予測している⁴²⁰¹⁰¹¹⁾。

年間の浸水被害額については、世界136の沿岸都市部において、2005年では約60億ドルと推定されているが、2050年までに社会経済の変化のみを考慮した場合で520億ドルに増加することが予測されている。さらに、現在の洪水防護基準の下では、社会経済の変化に加えて地盤沈下及び海面水位の上昇により2050年に少なくとも1兆ドル(約100兆円)に達することが予測されている。一方で、社会経済の変化を考慮しつつ浸水の発生確率を一定に維持させた場合、2050年時点での年間の被害は減少するものの、地盤沈下量はより増加し、海面水位もより上昇することから、被害は600~630億ドル(約6~6.3兆円)に達することが予測されている⁴²⁰¹⁰¹²⁾。

● 日本の予測

文部科学省及び気象庁「日本の気候変動2025」によると、日本沿岸の平均海面水位は21世紀中に上昇

し続けると予測されている（確信度が高い）。21 世紀末には、2°C 上昇シナリオ (SSP1-2.6) の下では 0.40m、4°C 上昇シナリオ (SSP5-8.5) の下では 0.68m、上昇すると予測されている [4201002](#)。

中国沿岸及び周辺地域を対象に将来の海面水位上昇量を予測した研究によると、2100 年には、佐世保では 1.5°C 上昇時には 44cm、2.0°C 上昇時には 49cm、大泊では 1.5°C 上昇時には 44cm、2.0°C 上昇時には 54cm の海面水位上昇が予測されている（確率中央値、CMIP5 を使用）[4201013](#)。

海流の影響等を考慮して、日本各地の領域スケールの海面水位の上昇量を予測する研究も複数ある。北海道沿岸においては、2100 年における海面水位上昇量は 2°C 上昇時に 0.39m、4°C 上昇時に 0.81cm と予測されている（海洋将来予測データセットとして FORP を使用）[4201014](#)。海流と渦運動が活発な日本海では、北西太平洋の中でも局所的に海面水位上昇が大きくなり得ることが指摘されている (RCP4.5・RCP8.5 シナリオを前提とした研究) [4201015](#)。鳥取県の境港付近では、対馬暖流の日本海への流入パターンが変化することにより、現在よりも約 0.2m 高い海水位が観測される日が約 5% 増加する可能性が示された（日平均値、RCP8.5 シナリオを前提）[4201016](#)。

なお、日本の周辺には、海面水位の上昇量の平均が世界平均を上回っている領域があるが、個々の予測値にはかなりの幅があることに注意が必要である [4201017](#)。

海面水位上昇と大潮満潮時の水位を考慮した潜在的浸水面積（現在設置されている防護構造物などを考慮しない浸水面積）は、2050 年には約 2,403～2,422km²、2100 年には 2,542～2,707km² となると予測されている（SSP1-2.6～SSP5-8.5 シナリオを前提とした CMIP6 の気候予測モデルによる気候予測情報を使用）[4201018](#)。また、SSP1-2.6、SSP5-8.5 シナリオを前提とした CMIP5 の気候予測モデルによる気候予測情報を使用した研究によると、全国の潜在的浸水面積（海岸構造物を無視した標高と海面水位の比較による浸水面積）は、2050 年に約 2,111～2,127km²、2100 年に約 2,261～2,598km² と推計された [4201019](#)、[4201020](#)。特に、東京湾・伊勢湾・大阪湾・有明海沿岸域で浸水面積が大きい [4201018](#)、[4201019](#)、[4201020](#)。有明海と伊勢湾（三河湾を含む）は潮汐振幅の大きい沿岸域である [4201020](#)。海面水位上昇による浸水面積の増加割合が大きいのは、2050 年では大阪府、2100 年では東京都となっている [4201021](#)。東京湾の場合、最も影響が大きいのは東京都（特に江東区）であり、海面水位上昇に伴い、ゼロメートル地帯の面積は現在の約 32km² から、SSP1-2.6 でも約 66km² と、大幅に増加する [4201022](#)。日本における浸水面積は SSP5-8.5 より SSP1-2.6 の方が小さく、緩和策の重要性が示唆されている [4201023](#)。なお、80cm 海面水位が上昇した場合、三大湾（東京湾・伊勢湾・大阪湾）のゼロメートル地帯の面積が現在の 1.6 倍に増加する [4201024](#)。

潜在的浸水面積等をもとにした浸水被害額は、日本版 SSP 土地利用シナリオを用いて算出すると、2050 年に約 143～170 兆円、2100 年に 229～430 兆円と推計されている（SSP1-2.6・SSP5-8.5 シナリオを前提とした CMIP5 の気候予測モデルによる気候予測情報を使用）[4201023](#)。また、気候変動影響予測・適応評価の総合的研究 (S-18) の潜在的浸水面積をもとにした全国の浸水被害額は、2050 年に約 151～181 兆円、2100 年に 243～455 兆円と推計された [4201019](#)、[4201020](#)。一方、浸水域の地価が 100% 毀損されると仮定した場合の被害額は、2050 年で 158～200 兆円、2100 年で 185～428 兆円と推計されている（SSP1-2.6～SSP5-8.5 シナリオを前提とした CMIP6 の気候予測モデルによる気候予測情報を使用）[4201018](#)。

潜在的浸水面積等をもとにした影響人口は、現在の人口が維持された場合は単調増加するが、将来の人口変化を考慮すると、2030 年代中頃から 2050 年頃にピークを迎え、その後多くの排出シナリオで減少していくと予測されている [4201019](#)、[4201021](#)、[4201025](#)、[4201027](#)。2050 年には約 461 万人～551 万人、2100 年には約 253 万人～565 万人となるとの推計（RCP8.5 シナリオを前提とした CMIP5 の気候予測モデルによる気候予測情報を使用）[4201021](#) や、2050 年には約 445～470 万、2100 年には約 376～492 万人となるとの推計

(SSP1-2.6、SSP5-8.5 シナリオを前提とした CMIP5 の気候予測モデルによる気候予測情報を使用)^{4201019, 4201020, 4201023}もある。また、東京湾・大阪湾・伊勢湾における気候変動シナリオごとの海面水位上昇と人口推移による影響人口の年変化を調べた研究によると、平均水面の 2020 年における RCP4.5-SSP2 の影響人口を比較すると、大阪湾が約 79 万人、伊勢湾が約 83 万人、東京湾が約 152 万人となったことが報告されている^{4201019, 4201027}。

● 他の風水害との影響

海面水位の上昇は、高潮災害（浸水・越波被害）との直接的な複合影響につながる。台風、低気圧の強化が無い場合にも、現在に比較して高潮、高波により被災するリスクは高まる。三大湾（東京湾・伊勢湾・大阪湾）周辺には、いわゆるゼロメートル地帯が広がっており、浸水リスクが非常に高く、将来の海面水位の上昇は深刻な事態をもたらすおそれがある⁴²⁰¹⁰²⁸。また、大阪湾での浸水リスクによる年平均被害額を予測した研究によると、高潮と海面水位の上昇の複合的な影響により、適応策がなければ、RCP8.5 シナリオでは 2100 年までに 691 億 7,000 万円に増加すると予測されている⁴²⁰¹⁰²⁹。これら海面水位上昇の沿岸部の浸水への影響は、台風の強度の増加が生じるとさらに増加する⁴²⁰¹⁰³⁰。

高潮災害以外との複合として、次の事象が発現する可能性がある：河川の取水施設・沿岸の防災施設・港湾施設・漁港施設等の機能低下や損傷、沿岸部の浸水・水没、海岸侵食の加速、物揚場等の天端高が低い係留施設や荷さばき地等への浸水・水没による港湾及び漁港機能の障害⁴²⁰¹⁰³¹、河口堰の機能低下による淡水資源の減少、干潟・河川の感潮区間の生態系の変化。（そのほか、小項目「複合的な災害影響」も参照）

（特に強い影響を受ける地域・対象）

沿岸の低平地、特にゼロメートル地帯に広がる都市部では大きな被害が予測される。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、海岸構造物の建築・かさ上げ^{4201020, 4201025, 4201026}や、浸水が予測される地域からの移転^{4201020, 4201025, 4201032}などがある。

適応策の効果に関する知見として、これら適応策によって被害が軽減できることが報告されている。全国総額で見た場合、全て移転で適応する場合の費用は、全て防護で適応する場合よりも大きくなると算定されている。人口密度が高い地域では防護による適応、人口密度が低い地域では移転による適応を行うなど、地域の特性に応じて講じる適応策を使い分けていく必要がある。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 1	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

- ◇ 【社会】日本周辺の海面水位は既に上昇傾向にあることが確認されているが、現時点で海面水位の上昇による障害の報告はなく、生活の質・様式への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。モニタリング等により、継続した状況把握が必要である。

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の事例がごく少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】海面水位の上昇による影響人口が予測されており、その影響の範囲は数百万人と、生活の質・様式への影響は特に深刻である。
- ◇ 【経済】海面水位の上昇による潜在的浸水面積が 2,000km² 超と予測されており、浸水による経済損失は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で定量的に概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】海面水位の上昇による影響人口が予測されており、その影響の範囲は数百万人と、生活の質・様式への影響は特に深刻である。
- ◇ 【経済】海面水位の上昇による潜在的浸水面積が 2,000km² 超と予測されており、浸水による経済損失は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で定量的に概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が高い。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が高く、海岸構造物の建築・かさ上げ、浸水が予測される地域からの移転などの適応策が一部で進められているが、これらインフラ整備などの適応策は、十分な効果が発揮されるまでに長時間を要することから、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(2) 高潮・高波

ここでは、主に高潮・高波の観測状況及び、それによる直接的な被害（構造物への被害等）を扱う。他分野への波及的な影響については、「3.8 連鎖的・複合的影響」で取り扱う。

（現在の状況）

〔概要〕

● 高潮

- 日本では 1960 年代まで顕著な高潮が多発していたが、その後は減少し、1990 年代以降再び頻発するようになった。ただし、1950 年以降の長期的な変化傾向は確認できない。
- これまでは台風による高潮が顕著であったが、近年は発達した低気圧による高潮も発生し、浸水被害が生じている。

● 高波

- 日本周辺の高波の波高は上昇傾向が報告されているものの、地球温暖化によるものか自然変動によるものかについての見解の一致は得られていない。
- 波パワーの増加傾向が報告されている他、内湾での高潮に重複した高波による浸水被害が発生したことが確認されている。

● 令和元年房総半島台風・東日本台風等の港湾関係災害復旧額が 150 億円を超えるなど、甚大な被害が発生している。

● 人的被害については、1960 年以前は数百人以上の死者・行方不明者を伴う被害が多かったが、これ以降は大きく減少している。

現時点では、気候変動による海面水位の上昇や台風の強度の増加が高潮や高波に既に及ぼしている影響又はそれに伴う被害に関しては、具体的な事象や研究は確認できていない。一方で、現時点において既に高潮や高波による重大な被害が発生している。

● 高潮

文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」によると、日本の高潮の発生頻度は年によって変動が見られるが、長期変化傾向は確認できていない⁴²⁰²⁰⁰¹⁾。

最近 100 年弱の間に日本に上陸した最大級の台風（上陸時の中心気圧 930hPa 以下）は、室戸台風（1934 年）、枕崎台風（1945 年）、伊勢湾台風（1959 年）、第二室戸台風（1961 年）、1993 年台風第 13 号であり、50 年以上前の台風が多いが⁴²⁰²⁰⁰²⁾、それに近い規模の台風が近年来襲しており、2018 年 9 月には台風第 21 号により大阪湾において第二室戸台風の観測潮位を上回る過去最高潮位を記録した⁴²⁰²⁰⁰³⁾。また、令和元年房総半島台風・東日本台風等による港湾関係災害復旧額は 150 億円を超えており⁴²⁰²⁰⁰⁴⁾、甚大な被害が発生している。このように、顕著な高潮は 1960 年代まで比較的多く発生し、その後は少なかったが、1990 年代から再び頻発するようになった⁴²⁰²⁰⁰⁵⁾。しかし、高潮の発生数や大きさには年ごとの変動が大きいものの、1950 年から現在までの期間において長期変化傾向は確認できない⁴²⁰²⁰⁰¹⁾。人的被害についても、1960 年以前は数百人以上の死者・行方不明者を伴う被害が多かったが、これ以降は大きく減少している⁴²⁰²⁰⁰⁶⁾。

なお、高潮をもたらす原因は台風と発達した低気圧であるので、高潮についての影響評価は、気候変動

に伴う台風等の将来変化の信頼性に大きく依存することに留意が必要である。

また、これまで国内では台風による高潮が顕著であったが、近年は発達した低気圧による高潮災害も目立つようになってきている。2012 年 4 月 3 日から 4 日には秋田沿岸部で、2014 年 12 月 17 日には根室港やその周辺部で高潮が発生し、浸水災害が発生した^{4202007, 4202008}。

高潮による農地への被害も報告されている。1999 年台風第 18 号、2004 年台風第 14 号、2006 年台風第 12 号において、河口低平農地の高潮災害が発生した。温暖化とともに今後増加すると考えられる農地被害に対しては、各種施設の計画確率年程度の災害に対する防御を確実にを行うとともに、巨大災害に対して、農村の機能を保護した上で、農地を都市・市街地への災害のバッファ機能として発揮させるリスク管理が求められるとの指摘がある⁴²⁰²⁰⁰⁹。

● 高波

文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」によると、日本周辺の高波の波高については、上昇傾向が報告されているものの、地球温暖化によるものか自然変動に由来するものかについて見解の一致は得られていない⁴²⁰²⁰⁰¹。

波高変化に関しては、個別の文献において以下のような報告がある。

北大西洋では、過去 33 年間の複数の衛星観測データを統合した解析から、高波（年上位 10%に相当する波高）に広い範囲での上昇傾向が見られ、0.8cm/年の上昇傾向が報告されている⁴²⁰²⁰¹⁰。一方、大気の再解析データをもとにした統合的な評価でも、北大西洋における全体的な平均波高の減少と冬季の高波の上昇傾向が報告されている^{4202011, 4202012}。

日本沿岸では、全国港湾海洋波浪情報網（NOWPHAS）による 1970 年から 40 年間の長期観測データの解析結果によれば、平均有義波高は増加傾向を示す地点があり、平均有義波周期は台風より温帯低気圧の影響の大きな地方を中心とする多くの地点で増加傾向である⁴²⁰²⁰¹³。また、年最大有義波高は、日本沿岸では 2.5～7.6cm/年の増加傾向が見られ、特に太平洋側で大きいことが報告されている⁴²⁰²⁰⁰⁵。さらに、国土交通省水管理・国土保全局が所管する海岸での波浪観測データ（2010 年以降を含む 10 年間以上）においても、東海地方における秋季（9～11 月）の最大有義波高の増加傾向が確認されている⁴²⁰²⁰¹⁴。

別の研究では、漂砂の評価に重要な波パワー³⁹は日本海側、太平洋側ともに南の地方を中心に増加傾向を示す地点があり、年最大有義波高⁴⁰は、冬季は日本海沿岸で、秋季は東北太平洋沿岸で増加傾向であることや、平均有義波高と水温の関係性が他の気候変動指標よりも高いことが確認されている⁴²⁰²⁰¹³。

海氷域の面積と波パワーに関する報告も確認されている。気象庁の報告によると、オホーツク海の最大海氷域面積は年変動が大きい、長期的に見ると 10 年当たりオホーツク海の全面積の 3.4%の海氷域が消失している⁴²⁰²⁰¹⁵。オホーツク海全域で平均した波パワーは、1980 年代から現在までの 40 年間の波浪シミュレーションでは、10 年間で約 12～15%増加しており、海氷の減少が冬季の波パワー増加の主な原因であることが示唆されている⁴²⁰²⁰¹⁶。また、1～3月の期間、波パワーは海氷によってオホーツク海全体で約 50%抑制されていることが示唆されている⁴²⁰²⁰¹⁷。以上より、気候変動により海氷域の縮小が進めば、オホーツク海における波パワーの増大が進むことが想定される。

³⁹ 波パワーは、単位時間単位幅当たりの波のエネルギーフラックスに相当するものであり、波力発電の計画や海洋生物の生育条件など環境分野にも応用されている指標の一つ。

⁴⁰ ある地点で連続する波を 1 つずつ観測したとき、波高の高い方から順に全体の 1/3 の個数の波（例えば 100 個の波が観測された場合、高い方から 33 個の波）を選び、これらの波高及び周期を平均したものをそれぞれ有義波高と呼ぶ。

外洋に面した地域だけでなく、内湾においても高潮に重複した高波による被害が発生している。2018 年台風第 21 号により、大阪湾では高潮、高波による大きな水位上昇が発生した。関西空港や芦屋市南芦屋浜沿岸部の住宅地に浸水被害が発生したが、これは潮位の上昇と同時に発生した高波によるものであったことが報告されている ⁴²⁰²⁰⁰⁶。

(将来予測される影響)

〔概要〕

● 高潮

- 気候変動により海面水位が上昇することはほぼ確実であり、それにより高潮による沿岸域の浸水リスクも高まる。世界各地で、これまでは 1 世紀に 1 回程度の頻度で発生していた極端な高潮位（海面水位上昇＋高潮＋天文潮位）が、高潮の将来変化がなくても、海面水位上昇の影響により少なくとも年に 1 回発生すると予測されている。
- 日本では、将来強い台風の増加が予測されており、東京湾・大阪湾・伊勢湾では最大潮位偏差が増加すると予測されている。なお、東京都での高潮と海面水位の上昇による影響人口は、1.5～2℃上昇で約 330 万人、3～4℃上昇で約 400 万人と予測されている。また、大阪湾での高潮と海面水位の上昇による既存の堤防高を考慮した年期待被害額は、3～4℃上昇で約 692 億円に増加すると予測されている。

● 高波

- 21 世紀末において、平均波高の減少が予測されているが、過去の観測からは波高減少が報告されていない。
- 低頻度の極端波高（10 年確率波）は、台風の経路変化の影響を受けて場所により ±30% 程度変化すると予測されている。

- 河川、沿岸、港湾・漁港の施設等において、海面水位の上昇あるいは高潮や波高の増加により、安全性が十分確保できなくなる箇所が増えると予測されている。

● 高潮

世界を対象とした報告として、IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書によると、海面水位の上昇、高潮及び大雨が組み合わさり、複合的な洪水リスクが増大すると報告されている（確信度が高い）⁴²⁰²⁰¹⁸。さらに IPCC 海洋・雪氷圏特別報告書では、高潮の将来変化は見込まなくても、海面水位上昇によりこれまでは 1 世紀に 1 回程度の頻度で発生している各地の極端な高潮位（海面水位上昇＋高潮＋天文潮位）が、2100 年までにすべての RCP シナリオで少なくとも年に 1 回発生すると報告している ⁴²⁰²⁰¹⁹。ただし、領域毎の振る舞いにはかなりの幅があることに注意が必要である ^{4202019, 4202020}。また、将来における気候変動の主要なリスクの一つとして、高潮、沿岸洪水、海面水位の上昇により、沿岸の低地や小島嶼国において死亡、負傷、健康被害又は生計崩壊のリスクがあり、島嶼部では消滅の危機もある ^{4202021, 4202022}。ただし、北西太平洋では、温暖化条件下で非常に強い熱帯低気圧は強く・増加するが、熱帯低気圧の発生個数が減少するため、低頻度な極端な高潮・高波は単純に増加するわけではないとの予測もある ⁴²⁰²⁰²³。

日本を対象とした高潮の変化に関する予測は次のようなものがある。

文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」では、将来強い台風が増加するため、東京湾・大阪湾・

伊勢湾では最大潮位偏差が増大する（確信度は中程度）という予測や、大阪湾では、小規模な高潮の発生頻度は減少するものの、よりまれで大規模な高潮の発生頻度は増加する（確信度は低い）という予測が述べられている⁴²⁰²⁰⁰¹）。東京湾・大阪湾・伊勢湾の三大湾を対象とした高潮の最大潮位偏差推定に関する論文（そのうちの殆どは RCP8.5 シナリオ・SRES A1B シナリオを使用）をレビューし、アンサンブル評価を行った文献では、最大潮位偏差の平均的予測・予測上位のアンサンブル平均値は、東京湾で 2.48m・3.26m、大阪湾で 3.85m・4.00m、伊勢湾で 3.84m・5.47m であると報告している⁴²⁰²⁰²⁴）。

個別の研究例として、d4PDF を用いた研究では、冬季における急速に発達する低気圧の通過頻度は、太平洋側でやや減少し、日本海側やオホーツク海側でやや増加し、その結果、4°C 上昇時の最大規模の高潮水位は日本海沿岸の大陸東岸で 6cm、樺太のテルペニア湾沿岸で 10cm 上昇すると報告している⁴²⁰²⁰²⁵）。

特定の過去の台風事例に着目した研究も行われている。SSP5-8.5 シナリオを前提とした疑似温暖実験により、東京湾では 2m ほどの高潮が発生するとの研究結果もある⁴²⁰²⁰²⁶）。環境省による報告では、平成 30 年台風第 21 号を対象としたシミュレーションを行った結果、大阪湾の潮位の変化（最大潮位偏差）は現在気候に比べ、2°C 上昇時では平均 27.5%、4°C 上昇時では平均 23.0% 上昇すると報告している⁴²⁰²⁰²⁷）。2022 年台風第 14 号を対象に疑似温暖化進路アンサンブル実験を行った研究では、熊本県大浦港に対して、東側を通過する台風の疑似進路ケースでは現在と比べ最大潮位偏差がわずかな増加（+0.12m）に留まったが、西側を北上するケースでは大幅に増加する（+0.75 m）傾向が見られたと報告している⁴²⁰²⁰²⁸）。

高潮による影響面積・人口・被害額の増加も予測されている。SSP5-8.5 シナリオ下でのシミュレーションでは、東京湾・大阪湾・伊勢湾において、海面水位上昇のみの影響と比較して、高潮の影響を考慮すると、影響面積及び人口は 2 倍以上に拡大することが示されており、東京都では高潮と海面水位の上昇による影響人口は、SSP1-2.6 シナリオで約 330 万人、SSP5-8.5 シナリオで約 400 万人と予測している⁴²⁰²⁰²⁹）。既存の堤防高を考慮し、高潮と海面水位の上昇による大阪湾の年期待被害額について調査した研究によると、RCP8.5 シナリオの下では 2100 年までに 691 億 7,000 万円に増加するとも報告している⁴²⁰²⁰³⁰）。

沿岸低平地の高潮による浸水リスクは現在も大きいですが、気候変動により海面水位が上昇することはほぼ確実であり、これに高潮の増大、後述する波高の増加も相まって、そのリスクはさらに高まる⁴²⁰²⁰³¹）。

なお、高潮をもたらす原因は台風と発達した低気圧であるため、高潮による諸影響の評価は、気候変動に伴う台風等の将来変化の信頼性に大きく依存する。また、高潮は災害を引き起こすような大きな水位上昇を生じる頻度が極端に少ないため、その定量的な評価や気候システムとの関係把握が難しい事象であるが、現在、気候変動下の高潮予測の精度を向上させるために必要な技術開発が精力的に進められている

^{4202032, 4202033, 4202034, 4202035, 4202036}）。

● 高波（平均波高・台風接近時の波高）

文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」によると、21 世紀末において、南北方向の気圧勾配及び風速の減少に伴い平均的な波高が平均 10% 程度減少すると予測されるが、過去の観測からは波高減少が報告されていないため、確信度は中程度であるとされている⁴²⁰²⁰⁰¹）。

平均波高や、台風接近時の波高に関する個別の研究結果としては次のようなものがある。

2°C・4°C 上昇時の台風接近時の波高変化を予測した研究では、有意な変化は見られなかったとしている。その理由として、台風強度が増加すれば風速は増大するが、風域も狭まるため波高の増大には直結しない可能性があることも示唆している⁴²⁰²⁰³⁷）。

関東では、波高が最大となるのは、台風の移動速度が 50～70km/h の場合であるとの研究結果があるが [4202037](#)、別の研究では、移動速度が 30km/h 以上の台風の頻度は気候変動により減少することが示されている（RCP8.5 シナリオを前提とした MRI-AGCM3.2 による気候予測情報を使用）[4202038](#)。

日本沿岸域の平均波高は将来的に減少傾向が見られるが、急速に発達する低気圧の発生数や平均的な強度は増加すると予測されることや、年最大有義波高に対する急速に発達する低気圧の寄与率は将来的に高くなることを指摘する研究もある [4202039](#)。

そのほか、日本沿岸の波浪は、冬季において、日本海・太平洋側で季節風等によって発達する波のエネルギーの減少、太平洋側では西向きのうねりのエネルギーの減少が予測されており、平均波高の減少や平均波向の変化が指摘されている [4202040](#), [4202041](#), [4202042](#), [4202043](#)。

海面水位の上昇に加え、台風や冬季の発達した低気圧の強度が増加して高潮や波高が増大すると、河川の取水施設、沿岸の防災施設、港湾・漁港施設等の機能が低下し、安全性が十分確保できなくなる箇所が多くなる可能性が高い [4202044](#), [4202045](#), [4202046](#), [4202047](#), [4202048](#), [4202049](#)。

● 高波（低頻度の極端波高）

文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」によると、低頻度の極端波高（10 年確率波）に関しては、21 世紀末に多くの海域で高くなるが、台風の経路変化の影響を受けて場所により±30%程度の変化がある（確信度は低い）とされている [4202001](#)。

個別の研究結果としては次のようなものがある。

北西太平洋では温暖化条件下で非常に強い熱帯低気圧は強くなるが、発生個数が減少するため、強度と頻度で異なる変化が予想されている。10 年確率波について、主に台風経路の影響によって東日本沖を中心とした太平洋側で顕著な増加が示されている [4202002](#), [4202050](#), [4202051](#)。一方、それに対応して日本付近で年最大海面水位と波高は減少するとの予測もあり、単純に低頻度な極端な高潮・高波は増加を示さないと予測されている [4202023](#)。

北海道の留萌港・苫小牧港・紋別港を対象とし、d4PDF を用いて 4℃上昇時の 50 年確率波高の将来変化を予測した研究では、現在気候より波高が 2～9%増大すると評価している [4202052](#)。

土佐湾における将来予測では、複数の海面水温を用いて将来予測を行った結果、過去実験から 4℃上昇実験への 30 年確率波高の上昇率は、すべての海面水温を用いた評価では 5%程度であったのに対して、海面水温ごとでは 2～11%程度の変動幅が見られ、海面水温の状況に十分注意を払うことが重要と指摘している [4202053](#)。

東京湾での 2℃上昇シナリオの 50 年確率波高は、現在気候と比較して湾中央部で 1.05 倍程度の増加と推定された。湾東部では 2℃上昇で波高が減少する海域も見られ、台風経路の変化の影響が考えられることを指摘している [4202054](#)。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

海岸近くの低平地等では、高潮・高波の被害を大きく受けることが想定される。また、高潮・高波の要因となる台風や熱帯低気圧については、日本の太平洋側での降雨と風の危険がさらに厳しくなると予測されており、その影響を受け高潮・高波による浸水リスクの増加を招く可能性があるとして想定される。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、ハード対策では高潮・高波から沿岸災害の減災を目的とした堤防・水門等の施設の整備、ソフト対策ではハザードマップや避難計画の作成、避難訓練などが挙げられる [4202055](#)。

適応策の効果に関して、ハード対策では、高潮・高波の被害を小さくすることを目的とした堤防やブルノーズ（護岸前面に設置される三角形の突起物）の設置、防潮壁のかさ上げについての知見が確認されている。日本全域を対象に堤防を考慮した場合の被害額は、堤防を考慮しない場合と比べ、全体で約 172 兆円減少、約 89%に低減すると推定され [4202056](#)、防潮壁のかさ上げが高潮・高波被害に与える影響を減少させると報告する知見が見られた [4202030, 4202057, 4202058, 4202059](#)。また、ある程度の越波を低減できる低コストの暫定対策としてブルノーズの設置があげられており、数値実験により越波流量の低減効果が期待できることが報告されている [4202060](#)。ソフト対策では、事前防災行動を適切に実施するための有効なツールとして使用できる高潮浸水想定区域図の作成や早期警戒システムに関する知見が確認されている [4202061, 4202062](#)。また、海面水位上昇に加えて高波・高潮の変化を考慮した上での極端海面水位評価が重要になることが示唆されている [4202063](#)。

なお、政府では既に適応の取組が進んでいる。「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方 提言」では 2℃上昇を前提に、影響予測を海岸保全の方針や計画に反映し、整備等を推進するとともに、4℃上昇に適応できる海岸保全技術の開発を推進、社会全体で取り組む体制を構築すると示されている [4202064](#)。また、「港湾における気候変動適応策の実装方針」では、2℃上昇を前提として港湾の施設設計や海岸保全を行うとする考え方が示されている [4202005](#)。さらに、「農林水産省気候変動適応計画」では、海面水位の上昇により高潮の浸水リスクは高まることや、気候変動による台風の挙動が変化することから、気候変動による影響の兆候を的確に捉えるための潮位や波浪のモニタリングを行うとともに、その結果を踏まえて、気候変動の影響による外力の長期変化も考慮した漁港施設や海岸保全施設の整備を計画的に推進することとしている [4202065](#)。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

✧ 【経済】高潮・高波による被害が既に発生しており、その影響の範囲は令和元年房総半島台風・東日本台風等の港湾関係災害復旧額が 150 億円を超えるなど、経済損失は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。ただし、高潮については長期変化傾向は確認できておらず、高波についても、地球温暖化によるものか自然変動に由来するものかについて見解の一致は得られていない。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】高潮による影響人口の増加が予測されており、その影響の範囲は、東京都における高潮と海面水位の上昇による影響人口は約 330 万人と、生活の質・様式への影響は特に深刻である。
- ◇ 【経済】高潮や波高の増加、それによる河川の取水施設、沿岸の防災施設、港湾・漁港施設等の機能低下が予測され、その影響の範囲は、安全性が十分確保できなくなる箇所が多くなる可能性が高いなど、インフラへの影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】高潮による影響人口の増加が予測されており、その影響の範囲は、東京都における高潮と海面水位の上昇による影響人口は約 400 万人と、生活の質・様式への影響は特に深刻である。
- ◇ 【経済】高潮や波高の増加、それによる河川の取水施設、沿岸の防災施設、港湾・漁港施設等の機能低下が予測され、その影響の範囲は、安全性が十分確保できなくなる箇所が多くなる可能性が高いなど、インフラへの影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、防潮壁のかさ上げなどの適応策が一部で進められているが、避難計画の作成、海岸堤防等の施設の整備などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。ただし、高潮については長期変化傾向は確認できておらず、高波についても、地球温暖化によるものか自然変動に由来するものかについて見解の一致は得られていない。

(3) 海岸侵食

ここでは、主として気候変動による海岸侵食の可能性やその程度を述べるとともに、海岸侵食のマイナスの影響についても触れる。

(現在の状況)

〔概要〕

- 現在、日本各地で海岸侵食が発生している。また、発達した低気圧によって既に海岸侵食が加速しているなど、気候変動影響の可能性のある海岸の変化はいくつか報告されている。
 - 北海道サロマ湖では、波向の変化により航路埋没が急激に進行している。
 - 高知県高知海岸では、波向が変化していることが確認されており、この変化が海岸侵食を助長していることが示唆されている。
 - 茨城県波崎海岸では、汀線位置の変動が気候変動の指標と関連していることや、連続した高波による今までになかった大きな砂浜の変化が発生している。

海岸侵食は、海岸から流出する土砂量が流入する土砂量よりも多いときに生じる。ダム建設や砂利採取などに伴う河川からの流出土砂量の減少や海岸や港湾に設置された導流堤や防波堤などの構造物等による沿岸に沿う土砂の移動の阻害などにより、現在、日本の至る所で海岸侵食が生じている。気候変動によって海面が上昇すると、現在海岸侵食が生じている海岸では侵食がさらに進行し、現在侵食が生じていない海岸でも侵食が生ずる可能性が高い。なお、文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」によると、日本沿岸の平均海面水位は、1980 年代以降は上昇傾向が現れている ⁴²⁰³⁰⁰¹⁾。さらに、台風の強度増加により波高が増加すると、荒天時に生じる短期的な海岸侵食量が増大する可能性が高い。しかし、現時点では、気候変動による海面水位の上昇や台風の強度の増加が海岸に影響を及ぼしていることは確認できていない。

ただし、気候変動影響の可能性のある変化として、以下が報告されている。

茨城県の波崎海岸において、汀線位置の変動が気候変動を示す指標と関連することが報告されている ⁴²⁰³⁰⁰²⁾。また、波浪特性の変動と気候変動との明確な関係は得られていないものの、茨城県波崎海岸では、発達した低気圧による高波が連続して来襲することにより砂浜が以前よりも急勾配となり、それから 6 年経過しても元の地形に戻っていないこと ⁴²⁰³⁰⁰³⁾や北海道サロマ湖では、近年の波向の変化によって、33 年間生じていなかった航路埋没が急激に進行したこと ^{4203004, 4203005)}が報告されている。高知県高知海岸では、近年、波向が反時計回り（東方向）に変化していることが観測データで確認されており、この変化が西向きの沿岸漂砂量を増大させ、高知海岸を形成する各砂浜の東側端部の海岸侵食を助長していることが報告されている ^{4203006, 4203007)}。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 気候変動による海面水位の上昇によって、海岸が侵食される可能性がある。
 - 海面水位の上昇により、日本沿岸の砂浜は、RCP2.6 シナリオでは 21 世紀中ごろに 18～43%、21 世紀末には 40～79%が消失、RCP8.5 シナリオでは、21 世紀中ごろに 28～61%、

21 世紀末には 70～96%が消失する予測がある。

- SSP5-8.5 シナリオでは、2100 年に全国平均で 66%の砂浜面積が消失し、8 割以上の砂浜面積を失う海岸数が多くなる予測がある。

- 気候変動による波高・波向・周期の変化に伴い海岸侵食が進行することが予測されている。

- 日本全国の海岸に対する予測

気候変動を踏まえた海岸保全のあり方提言によると、埋め立てや大規模な台風の襲来により、砂浜は明治後期から約 70 年間で約 5,000ha が減少（72ha/年）し、特に 1978 年以降の約 15 年間には東京都の新島に相当する 2,400ha(160ha/年)が減少してきたが、今後さらに、気候変動の影響による平均海面水位の上昇により、砂浜消失が指摘されており、国土保全上の懸念がある [4203008](#)。

海面水位の上昇のみを考慮した時の具体的な砂浜消失量としては、砂浜の形状が海面を基準として一定であり（Bruun 則と呼ばれる）、砂の粒径が 0.2mm・0.6mm であると仮定したところ、RCP2.6 では 21 世紀中ごろに 18～43%、21 世紀末に 40～79%、RCP8.5 では 21 世紀中ごろに 28～61%、21 世紀末に 70～96%の砂浜が消失するとの予測がある（海面水位の上昇量として 21 の CMIP5 モデルによる日本沿岸における平均推定値を使用）[4203009](#)。

SSP5-8.5 シナリオを前提とし、2100 年における砂浜面積の変化を検討した結果では、8 割以上の面積を失う海岸数が多くなると報告している。また、日本にある 806 の砂浜海岸を対象とした砂浜面積の将来変化を推計した結果によると、全国平均で 66%の砂浜面積の消失が予測されている [4203010](#), [4203012](#)。

一方、各海岸の砂浜勾配と IPCC 第 5 次評価報告書の世界平均海面水位の上昇量を用いた地理データベース手法による予測（数値標高モデル (Digital Elevation Model) を用いて砂浜勾配を推定）では、RCP2.6 シナリオにおいて日本沿岸の 20%の砂浜で現状よりも浜幅が半分以下になり、RCP8.5 シナリオではその割合が 45%となることが報告されている [4203013](#)。

なお、IPCC 第 6 次評価報告書第 1 作業部会報告書によると、平均海面水位の上昇量は 1995～2014 年の平均海面水位に対して、2100 年には、SSP1-1.9 シナリオの場合 0.28～0.55m、SSP1-2.6 シナリオの場合 0.32～0.62m、SSP2-4.5 シナリオの場合 0.44～0.76 m、SSP5-8.5 シナリオの場合 0.63～1.01m となる可能性が高いと報告されている [4203014](#)。

- 個別の海岸に対する予測（海面水位上昇による影響）

兵庫県淡路島での Bruun 則を適用した検討では、海面水位上昇量を 4.0mm/year と仮定した場合、今後 40 年間で 2.4m～14.4m 汀線が後退するという結果が報告されている [4203015](#)。

静岡県浜松篠原海岸における断面変化モデル（XBeach）を用いた検討では、海面水位上昇を考慮しない 2100 年の汀線位置に対し、2℃上昇の場合には 9～11m、4℃上昇の場合には 23～24m の後退が予測されている [4203011](#)。

海面が上昇すると潜堤上部の位置が海面に対して相対的に徐々に低くなり、潜堤を通過して岸側に来襲する波のエネルギーが増大することが想定される。潜堤で防護されている新潟県新潟海岸では、IPCC 第 5 次評価報告書における RCP8.5 シナリオの海面水位の上昇と地盤沈下（13mm/year）を考慮すると、2111 年までに汀線が約 60m 後退するとの予測がある [4203016](#)。

- 個別の海岸に対する予測（波の変化による影響）

気候変動によって台風の強度が増加すると荒天時の波高が増加する。日本の 6 海岸（宮城県仙台市、茨城県神栖市、新潟県新潟市、新潟県柏崎市、高知県香南市、宮崎県宮崎市周辺の海岸）では、極値波高の増大を仮定した場合、平均波高の長期的な減少を考慮しても海岸が侵食される予測がある^{4203017, 4203018, 4203019}。一方、鳥取海岸では、荒天時の波高の増大と平均波高の減少を仮定した波浪特性の長期変動と海面水位の上昇量を考慮した時の汀線後退量が、現在の波浪特性と海面水位の上昇量を考慮した値よりも小さくなる予測があり⁴²⁰³⁰²⁰、波浪特性の長期変動は汀線を前進させる可能性と後退させる可能性を持つ。ただし、それらの予測では、波浪特性の長期変動が砂浜に与える影響は海面水位の上昇が与える影響よりも小さく、気候変動によっては砂浜がより侵食される可能性が高い。

上記の検討は、沿岸方向（岸に平行な方向）の砂の移動量が変化しないと仮定した時のものであるが、気候変動によって、波高や周期のみならず波向も変化すると、沿岸方向の砂移動の方向や量が変化する可能性がある。北海道サロマ湖第二湖口では、航路を含む湖口周辺の地形変化量の変化が波向の変化の影響を受けている可能性が高いことを示す解析結果⁴²⁰³⁰⁰⁵や、北海道日高海岸・北見沿岸では、波向の変化によって砂の移動パターンが変化し、その結果、構造物周辺の汀線変化特性が変化する予測結果⁴²⁰³⁰²¹が報告されている。鳥取県皆生海岸・浦富海岸では波向きの変化によって沖の構造物（人工リーフ）周辺で侵食が増大する予測結果^{4203022, 4203023}が報告されている。また、鳥取県浦富海岸では、SRES A1B シナリオを前提とすると、最大で波高は 0.2m、周期は 0.3 秒、波向は 5° 程度の変化が起き、波向が東にシフト又は波高が増大した場合、侵食堆積が助長される傾向にあるとの予測⁴²⁰³⁰²¹もある。高知県高知海岸では、RCP8.5 のシナリオを想定した場合、波向が反時計回り（東方向）に変化する一方、波浪エネルギーが減少することにより砂浜の変形に大きな影響を及ぼす正味の沿岸漂砂量が減少する予測結果が得られている⁴²⁰³⁰⁰⁷。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

現在、河川からの流出土砂量の減少や、沿岸に沿う土砂の移動の阻害などにより、日本各地で海岸侵食が生じている。将来においては、海面水位の上昇に伴う砂浜の水没や波浪の変化に伴う土砂の移動パターンの変化により、このような海岸では侵食がさらに進行し、現在侵食が生じていない海岸でも侵食が生ずる可能性が高い。特に、幅の狭い砂浜や海底勾配の緩やかな砂浜、砂の粒径の小さい砂浜では侵食に対する注意が必要である。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、次のようなものが挙げられる。

気候変動による海岸侵食の対策としては、従来より実施されてきた海岸侵食対策が多くの場合で有効である。突堤は、海岸に対して直角な方向に伸びた施設であり、沿岸方向に移動する土砂（沿岸漂砂）を捕捉する機能がある。一方、離岸堤や潜堤（構造物の上面が海面下）は海岸に対して平行な施設であり、沖に流出する砂を捕捉するのに適している。それに加え、離岸堤・潜堤は背後で波高を減少させ、沿岸漂砂量を減少させることから、沿岸漂砂に対しても制御効果がある。ただし、気候変動に伴う海面水位上昇によって、構造物上面の海面に対する相対位置が徐々に低下することにより、構造物を通過して岸側に来襲する波のエネルギーが大きくなり、侵食対策の効果が弱まる可能性がある。特に、潜堤は海面下に没しているため、その影響が大きい。

砂浜の減少を防ぐだけでなく、砂浜をより積極的に増やす方策としては、土砂を海岸に投入する養浜が

ある。ただし、海岸侵食が進行している海岸では、漂砂を制御する構造物なしで養浜する場合、投入された土砂はいずれ消失してしまう。海外では、養浜を繰り返し実施する事例があるが、日本の場合、前述した漂砂を制御する構造物を設置してから養浜することが多い。このように複数の対策の組み合わせで海岸を防護する工法を、面的防護工法と呼ぶ。海面水位上昇によって土砂移動が無くとも砂浜は水没によって失われていく。これに対応するためには、土砂移動による砂浜の損失量を減少させるだけでなく、積極的な土砂の人工的補給、すなわち、養浜が必要となる。

今後の適応策（海岸侵食対策）として検討、導入が期待される砂浜保全方策として、少ない構造物による保全やグリーンインフラを用いる保全（自然環境を活用したインフラ整備）がある。

前者の例としては、土砂が堆積している場所から侵食が発生している場所へ土砂を輸送するサンドバイパス工法がある。砂防・ダム・河川・海岸等といった河川の上流から海岸までの流砂系における総合的な土砂管理を推進する「総合土砂管理」も海岸への土砂供給量の増大が期待されることから⁴²⁰³⁰²⁴⁾、少ない構造物による砂浜保全の一つの方策であると言える。

グリーンインフラを用いる砂浜保全では、波浪減衰効果が期待されるサンゴ礁・マングローブ林・海草や海藻の藻場の活用が考えられる^{4203025, 4203026)}。これらの自然生態系を活用することのメリットとしては、例えば、サンゴ礁が海面水位上昇に追従して成長する場合、潜堤で必要となるような海面水位上昇に伴うかさ上げなどの追加的な対策の実施が不必要になることが挙げられる。ただし、本工法では、サンゴ礁等の生息域が限られることに留意が必要である。また、海水温の上昇や海洋酸性化により、サンゴ礁の生育に適する海域が日本近海から消滅するとの予測もあるため、工法選定にあたっては、様々な観点から評価する必要がある^{4203027, 4203028)}。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

✧ 【環境】海岸侵食が既に日本の広い範囲で生じており、生物種・生息地への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。ただし、気候変動の影響については示唆に留まっており、現時点の海岸侵食に及ぼす影響は必ずしも明確にはなっていない。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

✧ 【環境】砂浜の大幅な減少が予測されており、生息地の消滅など環境に大きな影響を及ぼすことが懸念されている。その影響の範囲は、RCP8.5 シナリオで 21 世紀中頃に 28～61%

の砂浜が消失すると予測され、生物種・生息地への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で定量的に概ね一致している。

<3~4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

◇ 【環境】砂浜の大幅な減少が予測されており、生息地の消滅など環境に大きな影響を及ぼすことが懸念されている。その影響の範囲は、RCP8.5 シナリオで 21 世紀末に 70~96%の砂浜が消失すると予測され、生物種・生息地への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で定量的に概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】突堤・離岸堤・潜堤といった海岸保全施設の整備、養浜などの海岸侵食対策が従来より進められている。しかし、重大な影響が既に生じており、少ない構造物やグリーンインフラを用いる砂浜保全などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 2

◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。ただし、気候変動の影響については示唆に留まっており、現時点の海岸侵食に及ぼす影響は必ずしも明確にはなっていない。

【山地】

(1) 土石流・地すべり・土砂流出等

ここでは、主に近年各地で頻発している甚大な土石流等山地での災害の特徴や、降雨条件等との関係性について考察する。また、土砂・洪水氾濫のような複合的に絡み合って被害をもたらす事例については、「複合的な災害影響」でも取り扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 過去 30 年間で、1 時間降水量 50mm 以上の年間発生件数が約 1.3 倍に増加しており、土砂災害発生件数も約 1.6 倍に増加している。
- 全国の土砂災害警戒区域の範囲内の居住者は全国で 595 万人（2015 年時点）と計算され、これらの人々は土砂災害の影響を受ける可能性がある。
- 土砂災害による年間の死者・行方不明者数は 2005 年ごろから増加しており、年によっては百人を超えている。

● 素因の変化

崩壊や土石流、地すべり等による山地で発生する土砂災害は、大雨や融雪、地震を誘因として起きるが、その発生のしやすさは、地質、地形、土壌、植生等、それぞれの地域、山地あるいは斜面に固有の地盤条件や地被条件等の素因の影響を受ける。気象条件が変化すると、地盤の風化の程度が変化し、森林植生の状態の変化も現れる。これらの地盤条件や地被条件はどちらも崩壊や侵食に大きな影響を与えるので、気候変動に伴う極端な降水の強度及び頻度の増大が懸念される中、これらの素因がどのように変化するかも問題である。

研究例としては、長野県・広島県・山口県・鹿児島県・沖縄県の地すべり多発地域の花崗岩・花崗閃緑岩を調査した文献があり、温度が風化の主要な要因と指摘しており、気温上昇により風化が進むと、最終的に大規模な斜面崩壊につながると報告している ⁴³⁰¹⁰⁰¹⁾。

その他には具体的な研究は確認できていないが、長期的な問題として考慮すべきである。

● 誘因の変化

誘因としての降雨量（短時間雨量、連続雨量、総雨量）の増加、降雨分布の偏在及び変動の拡大は、土砂災害の原因となる土石流や地すべり、崩壊などの現象の①発生頻度の増加（崩壊発生分布域の拡大、同時多発的な土石流や崩壊の増加、災害未発生地区での発生）、②発生タイミングの変化（降雨開始から崩壊発生までの時間の短縮など）、③発生規模の増大（崩壊や土石流等の規模の拡大、深層崩壊の発生頻度の増加）、④被害範囲の拡大（土石流の氾濫範囲や崩土等の到達範囲の拡大、土砂・洪水氾濫の増加）や影響の長期化に繋がると考えられている ^{4301002,4301003)}。

● 土砂災害の発生件数の変化

アメダス全国 1,300 地点での 1 時間降水量 50mm 以上の年間発生件数をみると、1982 年からの 2013 年からの各 10 年間の平均値が 243 回から 328 回と、約 30 年間で約 1.3 倍に増加している。同期間の日本国内における土砂災害発生件数を見ると、1982 年からの 2013 年からの各 10 年間の平均値が 897 件か

ら 1,446 件となっており、約 30 年間で約 1.6 倍に増加している ⁴³⁰¹⁰⁰⁴⁾。同様の結果ではあるが、1983 年から国土交通省が集計している土砂災害データから、これまでの約 40 年間で、概ね 800 件程度から 1,400 件程度まで倍近くに増えていることが読み取れるとともに、その増加傾向は、気象庁が記録している日降水量 100mm 以上となった日の年間発生日数の 10 年移動平均と同様なパターンを呈している ⁴³⁰¹⁰⁰⁵⁾ と指摘している研究もある。

特に、1981 年から 2015 年まで 35 年間の年平均が 952 件であるのに対し、2016 年から 2021 年の直近 5 年間の年平均をとると 1,956 件（約 2 倍）となっている。これは、短時間強雨の発生頻度の増加傾向と一致している ⁴³⁰¹⁰⁰⁶⁾。

また、深層崩壊の発生件数も、データ数は少ないものの、近年は増加傾向がうかがえる ⁴³⁰¹⁰⁰⁷⁾。

平成 30 年 7 月豪雨の発生した 2018 年の土砂災害発生件数は 3,459 件(平均発生件数の 3.4 倍以上)と、1982 年の集計開始以降では集計開始以降最多件数を記録した ⁴³⁰¹⁰⁰⁸⁾。なお、文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」では、この豪雨では地球温暖化が大雨の発生確率と強度を大きくしたことが指摘されている ⁴³⁰¹⁰⁰⁹⁾。

既往降雨データとして与えられる降雨条件が厳しくなれば、斜面崩壊等の土砂移動現象が多発するのは当然であり、近年発生した土砂災害時の降雨強度を引き延ばした場合、その比率と同等以上に斜面崩壊数が増加する可能性があるという検討結果もある ⁴³⁰¹⁰¹⁰⁾。実際、降雨規模が 20 年確率を超えて大きくなると、急激に人的な被害が生じるような土石流の発生頻度が高まることが明らかにされている ⁴³⁰¹⁰¹¹⁾。同様に、深層崩壊においても、平成 23 年台風第 12 号による紀伊半島における深層崩壊の分布状況の分析から、深層崩壊はある閾値を超える降雨量のとき、急激に発生密度が高まることが示されている ⁴³⁰¹⁰¹²⁾。これらは、降雨規模の増大に従い災害の程度が徐々に大きくなるのではなく、降雨規模がある閾値を越えると急激に災害の程度が深刻になる可能性を示している。最近、このような閾値を超えるような大雨が発生しており、気候変動による土砂災害への影響の一側面を表すものであると考えられる。

また、単純に降雨規模だけではなく、当該地域の既往の降雨規模を上回るかどうかにより、深層崩壊発生確率に差があることも示されてきている ⁴³⁰¹⁰¹³⁾。すなわち、観測史上最大となるような降雨では、深層崩壊の発生確率が急激に増加する可能性を示唆している。これは気候変動によって大雨の発生域が変化すれば、今後土砂災害の危険性が急激に高まる地域が出てくることを示唆するものである。

これまで土砂災害が少なかった東北地域 ^{4301014, 4301015, 4301016)}、北海道地域 ^{4301014, 4301016, 4301017)} にも最近豪雨による甚大な土砂災害が発生しているが、これは気候変動の影響が既にこれらの地域に及んでいることを示唆するものである。

● 土砂災害の規模の変化

過去のがけ崩れデータからは、崩壊発生までの連続雨量や最大時間雨量が大きくなると、崩壊土砂量が大きなものが発生する傾向が見られる ⁴³⁰¹⁰¹⁸⁾。また、同じ地域における斜面崩壊・土石流の発生数及び規模と降雨規模の関係をみると、降雨規模が大きくなるに従い、斜面崩壊・土石流の発生数が増加する場合、平均の発生規模が大きくなる場合、あるいは、発生数及び発生規模がともに大きくなる場合があることが示されている ⁴³⁰¹⁰¹⁹⁾。特に、48 時間雨量や累積雨量が大きい降雨では、深層崩壊の発生確率が高まることが明らかとなっている ⁴³⁰¹⁰¹³⁾。

平成 23 年の台風第 12 号は紀伊半島の山地部に数十の深層崩壊や大規模崩壊を誘発した。山地部でのこの大雨の特徴として、降雨強度は 30～50 mm/h でそれほど大きくないが、積算降雨量がおよそ 1000～

2000 mmに及んだことが挙げられる⁴³⁰¹⁰¹⁴⁾。その結果、紀伊半島の山地部の地質特性も要因となり、多数の深層崩壊や大規模崩壊が発生した。このうち大規模な斜面崩壊 16 ヶ所では、崩壊土砂が河川をせき止める河道閉塞（天然ダム）が発生した。過去 120 年間の日本国内の深層崩壊発生頻度と大雨の発生頻度は数十年周期で増減を繰り返しており、その傾向がおおむね一致していることも分かっている⁴³⁰¹⁰²⁰⁾。このような大雨が気候変動の特徴の一つとして現れているとすれば、気候変動が土砂災害に及ぼす影響として、深層崩壊を伴う土砂災害の発生頻度が増加することが懸念され、土砂災害の影響範囲の拡大や影響期間の長期化も重要な問題となる。

また、長時間にわたって停滞する線状降水帯による集中豪雨の事例も頻繁に発生しており、それが比較的広範囲に高強度の大雨をもたらすことにより、流域に同時多発的な表層崩壊や土石流を誘発した例も多くみられる。平成 25 年の伊豆大島における土砂災害^{4301021, 4301022)}、平成 29 年 7 月九州北部豪雨^{4301023, 4301024)}、洪水・土砂災害により死者 263 人、行方不明者 8 人に達した平成 30 年 7 月豪雨^{4301025, 4301026)}などがそれにあたる。このような同時多発的な表層崩壊、土石流は流域に大規模土砂災害をもたらすことは言うまでもない。このような比較的広範囲にわたる線状降水帯の発生が気候変動の特徴の一つとして現れているとすれば、同時多発的な表層崩壊や土石流による土砂災害も重要な問題となる。

崩壊や土石流の規模が大きくなるというまでもなく、被害の程度は大きくなる。例えば、深層崩壊やそれに起因する土石流の場合、土砂が遠くに移動することになり、被害が及ぶ範囲も拡大する⁴³⁰¹⁰²⁷⁾。また、非常に規模の大きい崩壊や土石流が河川を閉塞すると河道閉塞（天然ダム）が生じることにより、それが決壊すると通常規模の斜面崩壊では影響が及ばない場所にも影響が達する場合がある⁴³⁰¹⁰²⁸⁾。決壊しない場合でも長期にわたって決壊の危険性がある場合、長期にわたって下流域の安全性が低下する。さらに、大規模崩壊などの土砂生産現象のあと、下流域において河床が数年以上にわたり上昇し続けるなど、影響が広範囲に及ぶとともに、長期化する場合がある⁴³⁰¹⁰²⁹⁾。このように、規模の大きい崩壊や土石流による被害は、影響範囲、影響期間が中小規模のものに比べて深刻になる可能性が高いと考えられる。

なお、土砂災害の影響人口に関する知見の 1 つとして、令和 2 年（2020 年）に国土交通省が公表した、都道府県別の災害リスクエリア内人口の推移についての分析結果⁴³⁰¹⁰³⁰⁾が挙げられる。この公表資料の中では、土砂災害の影響人口に相当する土砂災害警戒区域の範囲（2019 年 8 月 1 日時点）内の人口が、2015 年では全国で 595 万人と計算され、2050 年では全国で 374 万人と予測される旨が記載されている。

● 土砂災害に伴う死者・行方不明者数の変化

土砂災害による年間の死者・行方不明者数は、年によって変動があるが、多い年には百人を超えている⁴³⁰¹⁰³¹⁾。また、土砂災害に伴う曝露人口の変化に関する知見としては、前述の「土砂災害の規模の変化」にて記述した、2020 年に国土交通省が公表した、都道府県別の災害リスクエリア内人口の推移についての分析結果⁴³⁰¹⁰³⁰⁾が挙げられる。前述の繰り返しになるが、この公表資料の中では、土砂災害に伴う曝露人口に相当する土砂災害警戒区域の範囲（2019 年 8 月 1 日時点）内の人口が、2015 年では全国で 595 万人と計算され、2050 年では全国で 374 万人と予測される旨が記載されている。

その他にも、土砂災害による年間の死者・行方不明者数については、1967 年から国土交通省が集計しているデータからも、2005 年頃までは減少していたが、2005 年頃からは増加していることが分かる⁴³⁰¹⁰⁰⁵⁾。同様の結果であるが、別の研究においても、1945 年から 2019 年までの土砂災害による年間犠牲者数が、近年までは減少傾向であったものが、2005 年頃からはやや増加する傾向が認められている⁴³⁰¹⁰³²⁾。

2005 年以降に発生した 5 人以上の死者・行方不明者が発生した主要な土砂災害の特徴を分析した結果

として、記録的な豪雨により引き起こされる「土砂・洪水氾濫」や「長距離移動型の地すべり」などの現象が深刻な被害をもたらしていることや、東北地方や北海道などこれまでは土砂災害の深刻さが比較的低かった地域も含めて、大規模土砂災害の発生頻度が増える傾向が見えてきている⁴³⁰¹⁰⁰⁵⁾。

● 流木を含む土砂・洪水氾濫現象の発生頻度の変化

豪雨により上流域で多量の土砂が生産され、大出水により流出した多量の土砂が谷出口より下流の河道で堆積することにより、河床上昇・河道埋塞が引き起こされ、泥水だけでなく流砂も氾濫するような現象を「土砂・洪水氾濫」という。また、同時に斜面や河岸の樹木も崩壊や河岸侵食によって流木となって多量に流出する。特に高強度の雨が広い流域に長時間降るとこのような現象が発生し、近年の豪雨で多くの災害事例が調査されている。小項目「複合的な災害影響」参照。

● 降雪による土砂災害の変化

気象庁の観測によると、年最深積雪の基準値に対する比は、全ての地域において、1980年代初めの極大期から1990年代初めにかけて大きく減少しており、それ以降は東日本の日本海側と西日本の日本海側で1980年以前と比べると少ない状態が続いている。特に西日本日本海側では1980年代半ばまでは基準値に対する比が300%を超える年が出現していたものの、2000年代以降は基準値に対して300%に達するような年は現れていない⁴³⁰¹⁰⁰⁹⁾。

積雪・降雪量に関しては、本州では冬季の平均気温が2~3℃上昇することによって減少するが、北海道の内陸部では現在と同程度か増加するという予測もある⁴³⁰¹⁰³³⁾。一方で、近年は暖冬少雪傾向の後に豪雪が続いており⁴³⁰¹⁰³⁴⁾、降積雪の年ごとの変動が大きくなることや、2014年2月の関東甲信越地方を中心とした大雪のように、積雪寒冷地に指定されていない地域でも雪崩などの雪害の問題が発生することも考えられるが、詳細については今後の研究を待つ必要がある。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 年間土砂災害発生件数は、現在と比較し、2℃上昇時には1.8倍、4℃上昇時には3.4倍に増加すると予測されている。
- 土砂災害リスクは太平洋側の沿岸部・北海道で高まり、西日本では7月初夏に、東日本では9月晩夏に増加すると予測されている。
- 全国の土砂災害警戒区域の範囲内の居住者は全国で374万人（2050年時点）と計算され、これらの人々は土砂災害の影響を受ける可能性がある。

● 素因の変化

気象条件が変化すれば、将来の素因の状態は変化することが予想される。この点に着目した研究はいくつか見られ、その成果をまとめると次のようである。

① 地盤条件

土砂生産や斜面崩壊の素因としての地盤条件には物理的風化と化学的風化が影響しているので、気候変動による熱環境の変化、植生の変化、地下水の動態変化が地盤条件に影響を与える。熱環境としては、気温、日射量、日較差などが考えられるが、物理的風化におけるこのような熱環境の変化の影響を検討し

た研究は少ない。この中で凍結融解作用による風化への影響は少し議論されている。凍結融解回数を深度方向に積分した凍結融解強度を凍結融解特性指標として影響評価を行った研究⁴³⁰¹⁰³⁵⁾によると、気温が2°C上昇すると同一標高、同一斜面勾配、同一斜面方向の裸地斜面の凍結融解強度分布は、東北地方では凍結融解強度が下がり、凍結融解が起こらない県も増加することが示されている。また、気温2°C上昇による凍結融解強度指数の変化をある地点の標高別に見ると、低標高の地点は気温上昇とともに凍結融解強度の減少が認められるが、2,000mの地点ではむしろ増加しており、凍結融解強度のピークが標高の高い位置に移動していることも示されている。ただし、気温上昇とともに積雪が少なくなると積雪による断熱効果が減少し、凍結融解がむしろ活性化される可能性もあるが、積雪分布の変化を考慮した研究は行われていない。

② 地被条件

急峻な地形、脆弱な地質、台風の常襲地帯という自然条件下にある我が国において、国土面積の7割近くを占める森林は、山地で発生する土砂災害への気候変動の影響を考える上で最も重要な地被条件である。森林には下層植生や落枝落葉が地表の侵食を抑制するとともに、樹木が根を張り巡らすことによって土砂の崩壊を防ぐ機能があるが、気候変動にともなう大雨の頻度増加、局地的な大雨の増加は確実視され、これらの機能を大きく上回るような極端な大雨に起因する外力が働いた際には、特に脆弱な地質地帯を中心として、山腹斜面の同時多発的な崩壊や土石流の増加が予想されている⁴³⁰¹⁰⁰³⁾。特に、風化層が形成されやすい花崗岩山地では植生変化が崩壊の多発化につながりやすいことが指摘されている⁴³⁰¹⁰³⁶⁾。また、台風の強度の増加や強い台風の増加については不確実性が大きいですが、台風による大雨や強風によって発生する風倒木等は山地災害の規模を大きくする可能性が指摘されている⁴³⁰¹⁰⁰³⁾。また、気候変動による植生分布への影響として、ブナ林の適域の変化が予測され、温暖化の進行にともなう樹種の交代がスムーズに進行しない場合、若齢のその他の樹種に置き換わるため、一時的に樹木根系による支持効果が低下する可能性が指摘されている⁴³⁰¹⁰³⁷⁾が、根系の支持効果の樹種や樹齢による違いの定量的予測には今後さらに研究を進める必要がある。

● 土砂災害の発生件数や土砂災害リスクの変化

全国を対象とした予測としては下記がある。

1983年から国土交通省が集計している年間土砂災害発生件数の推移と、気象庁が記録している同期間の日雨量100mmを超える日の年間発生日数の推移を比較した研究では、年間土砂災害発生件数と日雨量100mmを超える日の年間発生日数との間には、べき乗の相関関係があることが分かった。一方、気象庁と文部科学省による気候変動予測データから、将来気温が2°C/4°C上昇した場合、日雨量200mmを超える日の年間発生日数の増加率を解析すると、それぞれ1.5倍/2.3倍に増加すると予測されており、これを前述の相関関係に当てはめると、年間土砂災害発生件数は、将来気温2°C上昇の場合には1.8倍、将来気温4°C上昇の場合には3.4倍に増加すると予測されている⁴³⁰¹⁰⁰⁵⁾。NHRCM05を用いて土砂災害リスクの将来変化予測を行った研究では、特に日本の太平洋側の沿岸部において土砂災害リスクがより顕著に増加すると報告している⁴³⁰¹⁰³⁸⁾。また、NHRCM05による降雨予測を用いて、土砂災害警戒情報の発表基準にも使われている降雨指標(CL)を超過する頻度が将来どのように変化するかを地域別に分析した研究では、土砂災害リスクは北海道で顕著に増加し、西日本では7月初夏に、東日本では9月晩夏に増加するという結果が示されている⁴³⁰¹⁰³⁹⁾。表層崩壊、深層崩壊は21世紀末に現在と比較してそれぞれ20%、30%増加すると予測する研究もある⁴³⁰¹⁰¹³⁾。

地域における予測としては下記がある。

d4PDF の過去実験と 4℃上昇実験により、北海道十勝川水系ペケレベツ川の上流部における流出土砂量の変化を分析した事例では、確率年 10 年（対象事象が何年に一度起きるかを示す指標）の降雨量は 1.5 倍、流量は 2.1 倍、流出土砂量は 3.0 倍増加するのに対し、確率年 100 年の降雨量は 1.7 倍、流量は 2.4 倍、流出土砂量は 6.7 倍増加すると示されている。溪床の侵食よりも斜面崩壊を生産源とする土砂の方が、気候変動により増加しやすい傾向が見られる⁴³⁰¹⁰⁴⁰。また、RCP8.5 シナリオに基づき、秋田新幹線区間の将来気候下での斜面崩壊発生数を評価した研究では、21 世紀末には斜面崩壊発生数が現在の約 2.2 倍、線区崩壊頻度（5 つの区間のうち、いずれかの単位区間で 1 件以上の崩壊が発生した日の合計数）は約 1.4 倍となることが示されている⁴³⁰¹⁰⁴¹。同じく RCP8.5 シナリオに基づき、茨城県における 21 世紀末の将来予測を行った研究では、大雨警報（土砂災害）の基準を超過する大雨の回数は現在と比べ約 1.3 倍になると予測している⁴³⁰¹⁰⁴²。平成 29 年 7 月九州北部豪雨で大規模な土砂災害が発生した福岡県朝倉市赤谷川流域を対象に、NHRCM05 で予測された将来降雨を入力降雨として、SiMHiS（流域スケールで降雨流出と土砂の生産・輸送が統合的に計算できるように開発されたシミュレータ）を使用した検証事例では、赤谷川支川の乙石川流域で、現在までの気候では発生しない規模の現象や、流量は小さいが土砂生産量は大きいなど、これまで発生しにくかった形態の現象も、将来の気候では発生しうることなどが予測されている⁴³⁰¹⁰⁴³。

また、流出土砂量の増加は河川生態系にも影響を与える。降水量の変化により大規模洪水の頻度が増加し、土砂・物質の流出量が増大することで、水質（濁度）や河床環境への影響が懸念される。流量パターンの変化は魚類等のライフサイクルに影響を及ぼし、適応困難な種では生息数の減少が予測される。濁度の上昇や細粒土砂堆積による河床環境の変化は、魚類、底生動物、付着藻類等に影響を与える可能性がある。また、流況や土砂流出の変化は河道内植生にも影響し、攪乱状況に応じて種の分布が変化することが考えられる。これらの変化は種間関係を通じ生態系に波及し、外来種の繁殖や新機種の侵入なども懸念される⁴³⁰¹⁰⁰²。詳細は自然生態系分野を参照。

● 土砂災害に伴う曝露人口・被害額の変化

土砂災害の影響人口に関する知見の 1 つとして、令和 2 年（2020 年）に国土交通省が公表した、都道府県別の災害リスクエリア内人口の推移についての分析結果⁴³⁰¹⁰³⁰が挙げられる。この公表資料の中では、土砂災害の影響人口に相当する土砂災害警戒区域の範囲（2019 年 8 月 1 日時点）内の人口（将来推計人口）が、2050 年では全国で 374 万人と予測される旨が記載されている。なお、この分析は 2019 年 8 月 1 日時点の土砂災害警戒区域の範囲を基準として実施されたものであり、気候変動の進行に伴う災害リスクの増大や区域の拡張といった将来的な変化は考慮していない。

全国を対象とした曝露人口に関する研究が報告されている。人口変動を考慮し、共有社会経済経路（SSP）に応じた 2015 年～2100 年にかけての斜面崩壊による曝露人口（斜面崩壊発生確率が 80%を超える地域内に居住する人口）の変化を評価した研究では、SSP シナリオ間の曝露人口減少率は約 55～75%（曝露人口は約 41～56 万人/年）と推定されている。ハザードの高い地域に人口が集中する度合いの高い上位 3 都道府県は石川県、福島県、富山県と示されており、これらの都道府県は人口減少率が低い地域とハザードの高い地域が一致しているため上位となっている⁴³⁰¹⁰⁴⁴。

また、日本における将来の土砂災害の一般資産被害額を予測した研究によると、2050 年期では RCP2.6 シナリオで 126～137 億円、RCP8.5 シナリオで 129～135 億円となることが示され、2100 年期では、

RCP2.6 シナリオで 127～136 億円、RCP8.5 シナリオで 133～143 億円と示された。RCP2.6 シナリオによる被害額に関しては 2050 年期と概ね変化はないが、RCP8.5 シナリオの被害額は 2100 年期にかけて増加することが予測されている（複数の気候予測モデル情報を使用）⁴³⁰¹⁰⁴⁵⁾。

● 降雪による土砂災害への影響

d4PDF を活用し、過去で最も少ない最深積雪をもたらした際の気温及び降水量が発生する頻度を再起年数により求めた研究では、2℃上昇下においても、過去において最低の最深積雪となった年の高温が 1～2 年に 1 度の頻度で出現することが明らかとなった⁴³⁰¹⁰⁴⁶⁾。また、RCP8.5 シナリオの下で北海道全域の積雪深等の水文諸量の推定を行った研究では、北海道全域で年最深積雪の減少を予測している⁴³⁰¹⁰⁴⁷⁾。

RCP8.5 シナリオに基づいて火山灰斜面の地盤災害リスク評価を行った研究では、将来気候において凍結融解と大雨の影響により、斜面傾斜 30 度付近での斜面災害リスクが増大する可能性を示している⁴³⁰¹⁰⁴⁸⁾。d4PDF を用い、北海道中山峠・日勝峠において、降雨と融雪を包括した斜面災害危険度評価を行った研究では、中山峠では通年での斜面災害の危険度が増加することが示された。とくに積雪・融雪期は土砂災害発生危険基準線 (CL) を超過する頻度が倍増し、現在及び将来で夏期より危険度が高い。一方、日勝峠では積雪・融雪期に比べ、夏期の CL の超過回数が著しく増えることが示され、積雪・融雪期は将来的に危険度が減少すると予測されている⁴³⁰¹⁰⁴⁹⁾。また、d4PDF を用い、北海道広尾町野塚トンネル付近における将来気候下での雪崩－土石流現象の災害リスクについて検討した研究では、降水量の増加により同時多発的に雪崩土砂流動が発生し、甚大な被害が出る可能性があることが示唆された⁴³⁰¹⁰⁵⁰⁾。d4PDF を用いて、将来の日本海側の地域の融雪出水ピーク流量を 2℃昇温及び 4℃昇温実験にて求めた研究では、平均的な融雪出水量は減少する傾向が確認されたものの、これまでよりも大きい融雪出水ピーク流量が出現することが示唆された。雪が積もった状態で雨が降る現象 (Rain-on-Snow) 起因のピーク流量も同様に極端化する結果が示されている。原因は、気温上昇等に伴う融雪量の増加ではなく、豪雨の増加である⁴³⁰¹⁰⁵¹⁾。

● 土砂災害に関連する変化

降雨条件が厳しくなるという前提の下で状況の変化が予測されるものを以下にまとめる。

- ① 観測史上最大となるような極めて激しい強度の降雨が増えることで、集中的な崩壊・土石流等が頻発し、山地や斜面周辺地域の社会生活に与える影響が増大する。
- ② 同時多発の土石流等が発生することなどで土砂移動現象の規模が計画を上回り、砂防施設等のハード対策の効果も相対的に低下し、被害範囲が拡大する。
- ③ 高降雨強度の大雨が広い範囲に長く継続することで、流域全体で多数の崩壊や土石流が発生し、また、洪水流量も大きくなることで生産土砂が下流域に運ばれ、土砂・洪水氾濫が発生する。このような大雨の頻度が高まれば、土砂・洪水氾濫の発生頻度も増加すると考えられる。
- ④ 崩壊性土すべりや不明瞭な谷地形における土石流のようなこれまで顕在化していなかった土砂移動現象による被害が生じるおそれがある⁴³⁰¹⁰⁵²⁾。
- ⑤ 強雨の降り始めから短時間で災害が発生することで、警戒避難のためのリードタイムが十分確保できず、ソフト対策の効果が相対的に低下し、人的被害が増大する。
- ⑥ 累積雨量の大きな降雨が増えることで、深層崩壊等の大規模現象が増加し、直接的及び間接的（河道閉塞（天然ダム）の形成などによる）影響が長期化する。

- ⑦ 現象が大規模化する、又はこれまで顕在化しなかった土砂移動現象が顕在化⁴³⁰¹⁰⁵²⁾することなどで、これまで把握されている土砂災害警戒区域等以外での発生も含め、被害が拡大する。

河川への土砂流出量が増大することで、下流河道や貯水池などの河川管理施設等に土砂が多量に堆積し、治水・利水機能を低下させる。流木の流出も土砂流出と同時に増加し、橋梁部などに捕捉されることで洪水氾濫を助長させる。国内の森林蓄積の長期的な増大は崩壊発生や土壌侵食に抑制効果があるものの、極端な大雨により森林域で崩壊が発生すると、流木の流下による下流域への被害のリスクが増大する。花月川流域を対象とした流木発生ポテンシャル（流木発生源の特定の後、各斜面の林相区分から、針葉樹・広葉樹・竹林に区分して、斜面面積に種別の流木流出係数を乗じることで各斜面から発生しうる最大流木量）を評価した研究によると、平成 24 年 7 月九州北部豪雨規模（1 時間雨量 80 mm の確率年は約 40 年）と 200 年に一度の豪雨の規模を比較すると雨量は 1.4 倍であるが、流木ポテンシャルは 2.8 倍となっており、雨量の増加が流木発生量に影響することが示されている⁴³⁰¹⁰⁵³⁾。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

これまで土砂災害が少なかった東北地域、北海道地域にも、近年豪雨による甚大な土砂災害が発生している。大雨の発生域の変動は気候変動の影響であると考えられており、そうすれば、今後東北地域や北海道地域では気候変動の影響で土砂災害のリスクがより高まると考えられる。

将来においては、特に太平洋側の沿岸部において土砂災害リスクがより顕著に増加すること、地すべりリスクは北海道で顕著に増加し、西日本では 7 月初夏に、東日本では 9 月晩夏に増加することも予測される。

累積雨量の大きな降雨が増えることで、深層崩壊等の大規模現象が増加し大規模土砂災害の要因となるだけでなく、直接的及び間接的（河道閉塞（天然ダム）の形成などによる）影響が現れ、その長期化も懸念される。また、深層崩壊や流動性の高い土石流の頻度が増加すると、土砂災害の大規模化する、又は、これまで顕在化しなかった土砂移動現象が顕在化することなどで、土砂災害警戒区域等以外にも影響し、被害が拡大する可能性がある。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、土砂災害の発生頻度の増加への対策を目的とした施設整備、深層崩壊の発生をいち早く把握できる危機管理体制の整備、空中電磁探査などの科学技術の活用、警戒避難のリードタイムが短い土砂災害への対策としての防災訓練、防災教育、危険度評価手法や重点的な対策箇所の評価手法の検討、より安全な土地利用の促進などが挙げられる。前述のような、ハード対策・ソフト対策を一体的に進めていくことが重要となる⁴³⁰¹⁰⁵⁴⁾。

適応策の効果に関して、森林管理についての知見が確認される。山梨県における森林管理による被害軽減額の測定を行った研究では、表面侵食防止効果と表層崩壊防止効果の推計よりそれぞれ 143 億 9,290 万円/年と 1,250 万円/年の便益が生じることが明らかとなった。森林整備費用は 70 億 1,849 万円/年と推計されたため、これより森林整備費用を考慮した森林整備による純便益は 73 億 8,690 万円/年となり、災害抑制効果があることが報告された⁴³⁰¹⁰⁵⁵⁾。別の研究でも、植生による表層崩壊抑止に着目しており、熊本県阿蘇地域を例にとると、二次草地（人為的な干渉によって成立し、維持されている草原）における表層崩壊の確率は、針葉樹林・広葉樹林の約 3 倍、広葉樹二次林の約 9 倍、低木地における崩壊確率は針葉樹林・広葉樹林の約 4 倍、広葉樹二次林の約 10 倍であるとの推計結果も示されている⁴³⁰¹⁰⁵⁶⁾。また、

若齢森林と中齢森林での地すべり数が、それぞれ成熟森林の 2.4 倍及び 1.1 倍と推定している研究もある。同研究では、降雨の変化よりも森林の成熟度の方が地すべり頻度に大きな影響を与える可能性があるとも指摘している（若齢森林、中齢森林、成熟森林はそれぞれ 1～20 年、21～40 年、及び 40 年以上に対応する）⁴³⁰¹⁰⁵⁷⁾。

なお、気候変動を踏まえた土砂災害への適応策を講じていくために解決すべき課題は未だに多いが、そのうちの 1 つとして、計画論上・設計論上の外力（降水量・生産土砂量・流出土砂量）がどの程度増加するのかを推定する手法を構築することが必要である。具体的な方向性としては、降水量の増加に応じてどう生産土砂量が増加するのか、即ち降水量に対する生産土砂量の応答特性を評価する手法の現場実装に向けた検討を進める必要がある。加えて、降水量と生産土砂量の変化だけでなく、適応策の検討の観点から保全対象付近まで流れてくる土砂やそれを制御する対策施設を評価する手法の構築を推進する必要がある⁴³⁰¹⁰⁰⁴⁾。

土砂生産・土砂流出は山地域だけでなく、河川域や海岸域の安全や環境保全にも影響する。したがって、山地域における適応策は下流域や海岸域の問題も考えて実施すべきである。土砂生産から土砂流出にわたる過程において、気候変動により土砂生産量や河川域への土砂供給量、海岸域への土砂流出量が増加することが予想される。これは河川域において過剰な河床変動をもたらし、将来気候における河川の洪水を安全に流下させる機能や利水機能に悪影響が現れるものと推察される。また、河川生態系の物理変化ももたらされる。流砂系（山地域から海岸域まで）総合的土砂管理は山地域での適応策の一つであるが、河川域や海岸域の治水や環境の問題も考えて推進していく必要がある。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 3

- ✧ 【社会】土砂災害による人的被害が既に発生しており、その影響の範囲は全国の土砂災害警戒区域の範囲内に数百万人が居住し、年によっては死者・行方不明者数が百人を超えており、多くの人命の損失が発生するなど、影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ✧ 【社会】土砂災害による影響人口が予測されている。その影響の範囲は、2050 年に全国の土砂災害警戒区域の範囲内に数百万人が居住（将来推計人口のみを考慮した場合）と予測され、また山地だけでなく生産土砂や流木等による下流域への被害リスクの増大も懸念されることから、生活の質・様式への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3~4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】土砂災害の発生件数の増加が予測されている。その影響の範囲は、年間土砂災害発生件数（土石流等、地すべり、がけ崩れ）が 3.4 倍に増加すると予測され、また山地だけでなく生産土砂や流木等による下流域への被害リスクの増大も懸念されることから、生活の質・様式への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、土砂災害防止のための施設整備などの適応策が一部で進められているが、防災訓練、防災教育、森林整備などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

【その他】

(1) 強風等

ここでは、主に強風や台風の変化及び、それによって生じる被害を扱う。台風に伴い発生する高潮等の被害については、自然災害・沿岸域分野の各小項目で取り扱い、近年の災害による二次的な影響については、「3.8 連鎖的・複合的影響」でも整理する。

(現在の状況)

〔概要〕

- 台風の発生数、日本への接近数に有意な長期変化傾向は確認できない。一方で、最近 40 年（1980 年から 2019 年）で見ると、日本の太平洋側に接近する台風の数、期間の後半 20 年の東京への接近数が前半 20 年と比べ約 1.5 倍に増加したと報告している研究もある。
- 急速に発達する低気圧（explosive cyclone）は長期的に発生数が減少している一方で、1 個あたりの強度が増加傾向にある。
- 令和元年房総半島台風では最大瞬間風速が 50m/s を超えた観測地点があり、千葉県では強風による死者が 1 名発生した。また、保険支払額が約 4,700 億円に上るなど、甚大な被害が発生している。古い住家は強風災害へのリスクが高く、被害拡大に影響したが、飛来物により比較的新しい住家でも被災する特徴が見られた。

● 世界の熱帯低気圧の変化

IPCC 第 6 次評価報告書第 1 作業部会報告書によると、北西太平洋とベンガル湾では、1980 年代半ば以降、カテゴリー4～5⁴¹の熱帯低気圧（おおむね「猛烈な台風」（10 分間の平均風速 54m/s 以上）に相当する）の数と発生頻度が増加しており（確信度が中程度）、また、熱帯低気圧の強度のピークが最大になる緯度がより北へ移動している可能性が非常に高く、このような変化は内部変動だけでは説明できない（確信度が中程度）と評価している [4401001,4401002](#)）。ただし、文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」によると、熱帯低気圧は、世界全体でみても、気温などの気象要素と比べてデータ数が少なく、年々変動が大きいため、その変化傾向は捉えるのが難しく、より長期かつ質の高い観測データに基づく研究成果の更なる蓄積を待つ必要があるとしている [4401003](#)）。

北西太平洋を対象に、1980 年から 2018 年における様々な強度の熱帯低気圧の上陸・非上陸の年間発生頻度の変化を解析した研究では、最大風速が 96 ノット以上の熱帯低気圧については、上陸頻度・上陸地点が変化し、中国南部西部・中国東南部・台湾・韓国・日本で増加、ベトナム北部・中国南部東部では減少していることが述べられている。なお、同研究では、熱帯低気圧の強化率（intensification rate）には海面水温が最も重要であり、海面水温の上昇に伴って強化率が上昇し、特に風が強い時間帯に強化率が上昇することも示されている [4401004](#)）。

一方で、台風データの品質が数十年スケールで変化してきていることもあり、トレンドについては慎重な解釈が必要であることも指摘されている [4401005](#)）。

⁴¹ 1 分間平均の最大風速に基づき定義された熱帯低気圧の強さ。カテゴリー1 は 33～42m/s、2 は 43～49m/s、3 は 50～57m/s、4 は 58～69m/s、5 は 70m/s 以上。

● 日本周辺の熱帯低気圧の変化

文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」によると、台風の発生数は、1951 年から 2024 年の期間全体では統計的に有意な変化傾向は確認できないが、1960 年代中頃、1990 年代初め、2010 年代中頃に増加が見られ、1990 年代後半から 2010 年代初めにかけては平年より少ない年が多いなど、数十年スケールの変動や年々の変動が卓越している。また、日本への接近数についても、発生数と似た傾向の変動を示しており、統計的に有意な長期変化傾向は確認できない⁴⁴⁰¹⁰⁰³⁾。

一方で、最近 40 年（1980 年から 2019 年）で見ると、日本の太平洋側に接近する台風の数に関する研究においては、期間の後半 20 年の東京への接近数が前半 20 年と比べ約 1.5 倍になったと示されている⁴⁴⁰¹⁰⁰⁶⁾。

2009～2020 年の台風資料の追加が台風統計量に及ぼす影響を調べた研究では、台風の通過頻度は 2008 年以前と比べて全般的に減少傾向となるものの、極端台風（概ね 965hPa 以下）の発生頻度についてはどの地点でも増加する傾向が見られたと報告している。さらに、変化量は小さいものの、中心気圧の平均値は西日本側で減少、東日本側で増加傾向があると報告している。進行速度については、太平洋上ではやや減少する傾向が見られるが、日本付近では変化が小さく、特に日本海側西部において増加する傾向が見られると報告している⁴⁴⁰¹⁰⁰⁷⁾。

● 日本周辺の急速に発達する低気圧の変化

過去 55 年間（1958～2012 年）に日本周辺で発生した急速に発達する低気圧(explosive cyclone)を解析した結果によると、長期的に発生数が減少している一方で、1 個あたりの強度が増加傾向にあることも報告されている⁴⁴⁰¹⁰⁰⁸⁾。

● 強風被害事例

平成 30 年台風第 21 号は、四国や近畿地方に記録的な暴風をもたらし、広範囲にわたって甚大な被害が発生した。大阪府田尻町関空島（関西国際空港）では、最大瞬間風速 58.1m/s を観測し、当該地点における観測史上最高値を記録した。この暴風により、人的被害や住家の損壊、倒木等が多数発生したほか、関西電力管内では 1,343 本の電力柱が折損・倒壊・傾斜などの被害を受け、4,914 か所で配電線の断線などが発生した。その結果、最大 168 万件、延べ 220 万件の停電が発生し、地域によっては復旧に 2 週間を要する事態となった。また、日本損害保険協会の集計によると、損害保険金支払額は 1 兆 678 億円に達した⁴⁴⁰¹⁰⁰⁹⁾。

令和元年房総半島台風においても顕著な強風被害が見られた。最大瞬間風速は 50m/s 以上を観測し、複数の地点で最大風速の観測史上 1 位の値を更新した。強風による被害が伊豆諸島、千葉県を中心に発生し、特に千葉県によると、2020 年 10 月 30 日時点で同台風による災害関連死が 9 名で、強風による直接的な死者は 1 名であったことを報告している。車両保険、火災保険、新種保険の合計が 4,656.1 億円、農業用ハウス被害額は 25.7 億円に達し、また、風荷重が耐荷力を上回ったために鉄塔やメガソーラー発電所が損壊したとみられるなど、甚大な被害があった^{4401010, 4401011, 4401012)}。建築年を経た古い住家ストックは、強風災害へのリスクが高く、屋根葺材料と建築年代とが被害拡大に影響したが、飛来物によって比較的新しい住家でも被災する特徴が見られた⁴⁴⁰¹⁰¹²⁾。

2012 年に北関東で発生した竜巻においては、木造建築物が多く破損し、筑波の工業団地では鉄筋コン

クリート建造物の屋根材や窓ガラス等に深刻な被害を受けるなど、日本ではあまり見られていない被害が報告されている⁴⁴⁰¹⁰¹³⁾。

(将来予測される影響)

- 日本付近の台風について、将来強度が強まると予測されている。また、風速も一部地域で強くなることが予測されている。
- 台風通過数及び上陸数ともに減少傾向が予測されている。
- 日本周辺における急速に発達する低気圧 (explosive cyclone)の発生数、上陸数は、現在と将来で同程度と予測されている。
- 強い竜巻の頻度が大幅に増加するといった予測例がある。
- 将来気候では年最大風速の中央値が下がるため、日本全体としては建物の年平均被害率は下がるが、100年に1回、50年に1回発生するような高風速の発生頻度は高くなるため、高風速による被害の発生率は上昇すると予測されている。また、台風の経路の変化により日本海側で建物の被害率の増加、太平洋側で減少などの地域差が出ることが予測されている。なお、強風等による被害額の将来予測に関する知見は得られていない。

● 世界の熱帯低気圧の変化

IPCC 第6次評価報告書によると、世界的には、熱帯低気圧の総数は減少するか横ばいと予想されている(確信度は中程度)。一方で、北西太平洋の限られた領域では、強度の強い熱帯低気圧の頻度が増加する可能性があるとして予想されている^{4401014, 4401015)}。RCP4.5に基づいたシミュレーションでは、21世紀末の熱帯低気圧の発生と出現の年間平均頻度は、北太平洋西部でそれぞれ16%と10%増加すると予測されており、発生頻度は台湾周辺の海上と日本の南で最も増加すると予測している⁴⁴⁰¹⁰¹⁶⁾。また、RCP8.5シナリオに基づいた研究では、北西太平洋及び北大西洋における熱帯低気圧強度は、2050年までに最大940hPa程度にまで強化されると示している⁴⁴⁰¹⁰¹⁷⁾。

なお、台風の発生は減少し、台風の平均的な強度は増すと予測する研究が多いようにも思われるが、その見解はいまだに分かれていているとしている文献もある⁴⁴⁰¹⁰¹⁷⁾。

● 日本周辺の熱帯低気圧の変化(強度や平均風速)

日本付近の台風についても、世界と同様に強度が強まると予測している研究が多いことが、文部科学省及び気象庁「日本の気候変動2025」において報告されている(確信度は中程度)⁴⁴⁰¹⁰⁰³⁾。

熱帯低気圧の強度に関する個々の研究・調査としては次のようなものがある。

RCP8.5シナリオの下で21世紀末(2080～2099年)の将来の気候を想定し、2000年から2017年の間に日本に上陸した台風のうち、49個の台風について擬似温暖化ダウンスケーリング実験を行った研究では、台風の強度はピーク時と上陸時ともに増加する傾向を示すことが分かった(中心気圧の平均値の変化量は、ピーク時で-45.7hPa、上陸時で-5.5hPa)⁴⁴⁰¹⁰¹⁸⁾。同じくRCP8.5シナリオを前提とした研究成果として、2075～2099年における最大強度の増大の予測を示したもの(AGCM20による気候予測情報を使用)⁴⁴⁰¹⁰¹⁹⁾や、高強度の台風についてはその風速が約1.1倍高まる可能性を示したものもある(CMIP6の気候予測モデルによる気候予測情報を使用)⁴⁴⁰¹⁰²⁰⁾。また、SRES A1Bシナリオを前提とした研究では、熱帯低気圧の通過頻度は東日本で増加、西日本で減少するとの予測(CMIP6の気候予測モデルによる気

候予測情報を使用)⁴⁴⁰¹⁰²¹⁾や、2074～2087 年において、スーパー台風⁴²⁾の強度も増大する (MRI-AGCM3.1 による気候予測情報を使用)⁴⁴⁰¹⁰²²⁾との予測がある。

d4PDF を用いた調査では、北緯 30 度から北緯 40 度付近にかけて将来実験の最低中心気圧が低くなる傾向にあると予測している^{4401023, 4401024)}。また、再現期間 10 年よりも低頻度な台風については、将来的に台風強度が強まる傾向があるが、d4PDF であたえられている海面水温空間分布の想定の違いにより大きな予測不確実性の幅があると報告している調査事例もある⁴⁴⁰¹⁰²⁵⁾。

地域における傾向として、d4PDF を用いた研究では、大阪・名古屋・東京の都市域における将来の台風は比較的弱い台風の頻度が減り、強い台風の頻度が増加するが、その逆転が生じる閾値などの傾向は都市間でやや異なることが示された⁴⁴⁰¹⁰²⁶⁾。

平均風速に関する知見も確認されている。RCP8.5 シナリオを前提とした 2075～2099 年における台風の平均風速は、九州で強くなり、東北で弱くなると示されている (MRI-AGCM の気候予測情報を使用)^{4401027, 4401028)}。また、100 年に 1 回、50 年に 1 回発生する風速についても、日本の南西部で増加する傾向があるのに対し、日本の北部/東部で減少する傾向が予測されており⁴⁴⁰¹⁰²⁹⁾、地域による差がみられる。

● 日本周辺の熱帯低気圧の変化 (数)

d4PDF を用いた調査では、4℃上昇時における日本近海 (北緯 20～50 度、東経 120～155 度の範囲内) の台風通過数が減少すると報告している⁴⁴⁰¹⁰²⁴⁾。同じく d4PDF を用いた研究において、日本に上陸する台風については、4℃上昇時には、年間上陸数が 1.1 個/年(37.9%)減少する傾向が示されている。ただし、前述したとおり、d4PDF であたえられている海面水温空間分布の想定の違いにより大きな予測不確実性の幅がある⁴⁴⁰¹⁰²⁵⁾。

● 日本周辺の急速に発達する低気圧の変化

日本周辺における急速に発達する低気圧 (explosive cyclone) の発生数 (北緯 0～70 度、東経 100～180 度の範囲内) を比較すると、d4PDF 過去実験と将来実験 (4℃上昇: 2050 年～2111 年) の急速に発達する低気圧の発生数は同程度であった。また、急速に発達する低気圧の日本への上陸数も過去実験と将来実験で同程度であった。日本近海 (北緯 20～50 度、東経 120～155 度の範囲内) の急速に発達する低気圧の通過数を比較すると、日本海側の急速に発達する低気圧の通過数は過去実験と比べて将来実験の方が多く、最低中心気圧がやや低くなる傾向にあった^{4401024, 4401030, 4401031)}。

● 竜巻の変化

d4PDF を用いて 2℃上昇時の竜巻の変化を予測した研究では、強い竜巻が発生しやすい環境が日本の多くの地域、特に日本海側と関東地域で増加し、F2 (約 7 秒間の平均で 50～69m/s) 以上の竜巻の可能性がある日が増えることを予測している⁴⁴⁰¹⁰³²⁾。

SRES A1B シナリオを前提とした研究でも、強い竜巻の頻度が大幅に増加すること (AGCM による気候予測情報を使用)⁴⁴⁰¹⁰³³⁾や、スーパーセルや竜巻の発生しやすいの指標は近未来 (2015～2039 年) 及び長期 (2075～2099 年頃) とともに、沖縄・奄美を除き、すべての季節で当該指標が増加することが予測されている⁴⁴⁰¹⁰³⁴⁾。

⁴²⁾ 気象庁の「猛烈な」台風より強く Saffir-Simpson Hurricane Scale の 4 の上限付近から 5 に相当する。

● 強風被害予測

台風に伴う強風による日本の建物被害率の変化に関する予測研究では、温暖化時の将来気候では年最大風速の中央値が下がる⁴⁴⁰¹⁰³⁵⁾ため日本全体としては建物の年平均被害率は下がるが⁴⁴⁰¹⁰³⁶⁾、100年に1回、50年に1回発生するような高風速の発生頻度は高くなるため、極端な被害の発生率は上昇すると報告されている⁴⁴⁰¹⁰³⁷⁾。また、将来の台風経路の変化によっては、日本海側で被害率の増加、太平洋側で被害率の減少などの地域差が出ることを予測されている^{4401029, 4401037)}。

国土交通省の審議会答申では、過疎化、高齢化が進む中山間地域において、管理の放棄等により森林の荒廃が進む中で、総雨量や短時間降雨強度の増大、台風の激化等による、風倒木災害の増大の懸念が言及されている⁴⁴⁰¹⁰³⁸⁾。その一方で、特定の台風の再現・疑似温暖化実験に基づき、北海道を対象に森林の風倒リスクを調査した場合では、北海道において風の強度が低下することから風倒リスクが減少する傾向を示している研究もある⁴⁴⁰¹⁰³⁹⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

現在の状況では、台風の通過頻度は全般的に減少傾向、中心気圧の変化は小さいものの西日本側で減少、東日本側で増加するという傾向がある。進行速度については太平洋上ではやや減少する傾向が見られるが、日本付近では変化が小さく、特に日本海側西部において増加する傾向がある。日本周辺も含めると、中国南部西部、中国東南部、台湾、韓国、日本では最大風速が96ノット以上の熱帯低気圧の上陸頻度が増加すると予測されている。

将来については、熱帯低気圧の通過頻度は東日本では増加、西日本では減少することが予測されている。2075～2099年における台風の平均風速は、九州で強くなり、東北で弱くなることも報告されている。また、100年に1回、50年に1回発生する風速は、日本の南西部で増加する傾向があるのに対し、日本の北部/東部で減少する傾向が予測されている。台風に伴う強風による日本の建物被害率については、日本海側で被害率の増加、太平洋側で被害率の減少などの地域差が出ることを予測されている。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、建築物に関しては、屋根ふき材に対する新築時のガイドライン工法の採用、既存建築物の屋根ふき材の改修のほか、沿岸部向け（瓦屋根、小屋組）の台風性能の高い緊結方法の検討、住宅性能表示制度の活用等による屋根ふき材の耐風性能の見える化推進、現行の建築基準法の基準風速の妥当性の検証（全国）などが挙げられる⁴⁴⁰¹⁰⁴⁰⁾。

適応策の効果に関する十分な知見は現在のところ確認できていない。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約1℃上昇）	約1.5～2℃上昇時	約3～4℃上昇時	
重大性：レベル3 確信度：レベル2	重大性：レベル3 確信度：レベル2	重大性：レベル3 確信度：レベル2	緊急性：レベル3 確信度：レベル2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【経済】台風による強風で、経済的損害が既に発生しており、その影響の範囲は、令和元年房総半島台風における保険支払額が約 4,700 億円に達するなど、経済損失は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で大きく異なる。強度の強い熱帯低気圧の割合の増加を示唆している文献がある一方で、変化傾向については慎重な解釈が必要と指摘している報告もある。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【経済】高風速による被害の発生率の上昇、個々の熱帯低気圧の強度が強まると予測されており、被害の発生可能性が現在より高まることから、家屋やインフラへの影響は特に深刻である。なお、建物の被害率は地域差があり、日本海側で増加、太平洋側で減少する傾向が予測されている。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果の傾向は文献間で概ね一致している。ただし、増加の程度や地域的・季節的分布は用いる気候予測モデルによって異なるおそれがあるため、不確実性が大きい。また、低頻度の現象であるため、影響の発生確率が高まったとしても、実際の発生は偶然に左右され、影響が必ずしも気候変動によるものとは断定できない。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【経済】高風速による被害の発生率の上昇、個々の熱帯低気圧の強度が強まると予測されており、被害の発生可能性が現在より高まることから、家屋やインフラへの影響は特に深刻である。なお、建物の被害率は地域差があり、日本海側で増加、太平洋側で減少する傾向が予測されている。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果の傾向は文献間で概ね一致している。ただし、増加の程度や地域的・季節的分布は用いる気候予測モデルによって異なるおそれがあるため、不確実性が大きい。また、低頻度の現象であるため、影響の発生確率が高まったとしても、実際の発生は偶然に左右され、影響が必ずしも気候変動によるものとは断定できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。

- ☆ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 重大な影響が既に生じており、基準風速の妥当性の検証等の制度整備などの適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。
- 確信度：レベル 2
 - ☆ 【知見の種類・量等】 影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
 - ☆ 【知見の一致度】 影響の発現時期が文献間で大きく異なる。強度の強い熱帯低気圧の割合の増加を示唆している文献がある一方で、変化傾向については慎重な解釈が必要と指摘している報告もある。

【複合的な災害影響】

複合的な災害とは、一般的にはあるハザードが別の要因により増幅された、あるいは、ある災害対策が別の要因によりその機能を発揮できなくなることを指す。別の要因としては地震や感染症、火山活動等が要因となることが想定されるが、この報告書では特に、気候変動との因果関係に着目し、「土砂災害と洪水氾濫、洪水氾濫と地震など、気象災害を含む複数の要素が同時又は連続して発生し、相互に影響しあうことで、単一で起こる場合と比較して広域かつ甚大な被害をもたらす影響」を「複合的な災害影響」と定義する。災害の外力となる総降雨量の大きい大雨、勢力の強い台風などは、気候変動による発生頻度の増加が予測されている。複合的な災害影響の例を以下に示す。

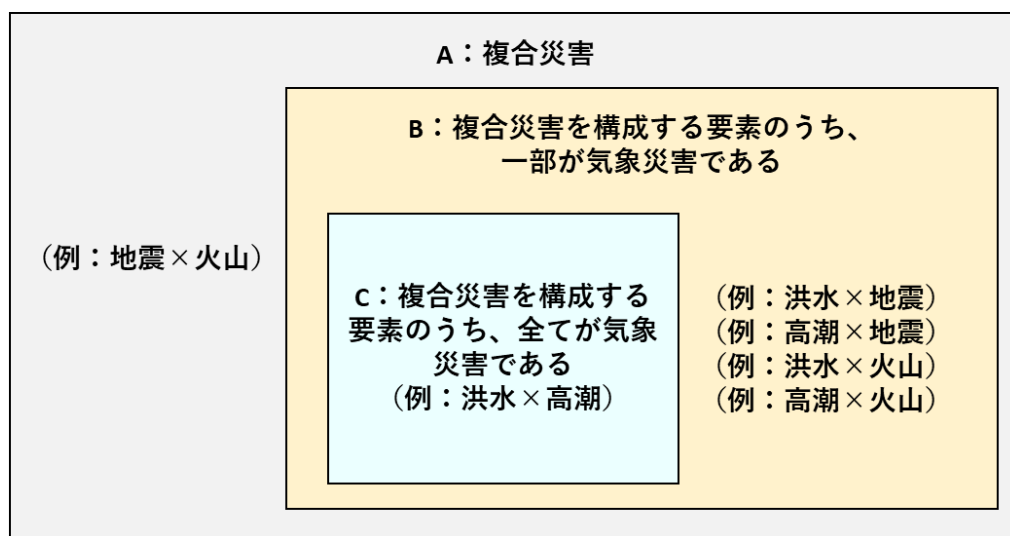


図 複合的な災害影響の概念図

本報告書では、本図の区分 B を対象とする。

なお、自然災害によるインフラ損傷・ライフラインの途絶による影響など、ある影響が分野・項目を超えてさらに他の影響を誘発することによる影響の連鎖や、異なる分野での影響が連続・複合することにより、影響の甚大化をもたらす事象については、「3.8 連鎖的・複合的影響」で取り扱う。

(現在の状況)

● 土砂災害と洪水災害による複合的な災害影響（土砂・洪水氾濫）

豪雨により上流域で多量の土砂が生産され、大出水により流出した多量の土砂が谷出口より下流の河道で堆積することにより、河床上昇・河道埋塞が引き起こされ、泥水だけでなく流砂も氾濫するような現象を「土砂・洪水氾濫」という。また、同時に斜面や河岸の樹木も崩壊や河岸侵食によって流木となって多量に流出し、氾濫による被害を拡大させる。

文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」ではイベント・アトリビューションによる研究結果が示されており、地球温暖化の影響により、平成 29 年 7 月九州北部豪雨・平成 30 年 7 月豪雨の大雨の発生確率や、平成 30 年 7 月豪雨・令和元年東日本台風・令和 2 年 7 月豪雨の強度が大きくなったと報告している⁴⁵⁰¹⁰⁰¹⁾。これらのうち、平成 29 年 7 月九州北部豪雨・平成 30 年 7 月豪雨・令和元年東日本台風では、土砂・洪水氾濫が、規模の大きい災害をもたらした原因となる現象の一つとなった。これらの災害では、線状降水帯が長時間にわたって留まり、比較的広範囲に高強度の雨が降り続けて、流域に多量の降

水量をもたらした。その結果、流域全体に多数の表層崩壊や土石流が発生し、河川の流量も非常に大きくなり、表層崩壊や土石流による直接的な被害だけでなく、多量の生産土砂が大洪水によって下流に運ばれ、下流域で異常な河床上昇が発生し、洪水氾濫を助長するとともに、土砂も河川から氾濫して、災害規模を大きくした。

平成 29 年 7 月九州北部豪雨では、広範囲にわたる斜面崩壊や土石流が直接的な災害の原因となったが、それに伴う多量の土砂が下流域に流出し、河川を埋め尽くすような河床上昇を引き起こすことで、甚大な洪水氾濫を助長する原因となった。このような崩壊・土石流等に起因する洪水氾濫災害は流域規模で発生する土砂災害の一つの形態といえる。また、崩壊によって発生した多量の流木は、溪岸や河岸の樹木の流木化と合わさって、下流域の被害を拡大させた^{4501002, 4501003, 4501004}。

平成 30 年 7 月豪雨は、これまでの前線や台風による大雨事例と比べ、特に 2 日間（48 時間）から 3 日間（72 時間）の降水量が記録的に多い地域が、普段は比較的雨の少ない中国・四国地方の瀬戸内海側も含め、西日本から東海地方を中心に広い範囲に広がっていたことが大きな特徴であり⁴⁵⁰¹⁰⁰⁵、11 府県に特別警報が出され、豪雨災害として初めて特定非常災害に指定された。この豪雨には、地球温暖化に伴う水蒸気量の増加の寄与もあったとされている⁴⁵⁰¹⁰⁰⁵。記録的な長時間の降雨に加え、短時間高強度の降雨も広範囲に発生したことにより、各地で洪水氾濫と内水氾濫が同時に発生するなど、西日本を中心に被害が発生した。この豪雨の際は、上流部で発生した土砂災害による大量の土砂が、継続する降雨により河川内に流入し続けたために、流速が比較的緩やかになる下流部に堆積して、河床上昇を引き起こすとともに、下流で土砂が氾濫したことにより、土砂・洪水氾濫が発生した⁴⁵⁰¹⁰⁰⁶。

令和元年東日本台風に伴う豪雨では、宮城県丸森町の内川、五福谷川、新川の平野部において土砂・洪水氾濫が発生した。五福谷川が最も顕著であり、河床の上昇、橋梁における流木の堆積が確認された⁴³。また、廻倉地区では不明瞭な谷地形において土石流が発生した⁴⁵⁰¹⁰⁰⁷。内川流域内では、山腹崩壊による生産土砂量が約 60 万 m³であるのに対し、溪岸侵食は約 40 万 m³、河道由来のものは約 60 万 m³であると報告されており⁴⁵⁰¹⁰⁰⁸、上流域からの土砂流出のみならず、溪岸侵食による河道への土砂供給量が多かったことも、土砂・洪水氾濫が発生した要因の一つであると考えられている⁴⁵⁰¹⁰⁰⁹。

● 洪水災害と内水災害による複合的な災害影響

神奈川県横浜市の帷子川を対象に、潮位を加味し、洪水氾濫と内水氾濫の同時発生過程をシミュレーションした研究によると、河口の潮位に応じて浸水面積が 0.004km² から 0.149km² まで大きく変化することや、最大潮位時か干潮時かで河川氾濫の発生場所が異なり、浸水域も大きく異なることが報告されている。また、内水氾濫の 50 分後に洪水氾濫が発生するため、内水氾濫発生時に避難を行わないと、その後の洪水氾濫時の避難ができない可能性があるとして指摘している⁴⁵⁰¹⁰¹⁰。

洪水と内水の同時発生時の避難に関する研究では、同時発生時には、安全に避難できると判断される基準を超える地域が広がることや、避難できなくなる避難所が生じること、より早く避難を開始する必要があること、避難所での避難継続時間が長くなることが指摘されている⁴⁵⁰¹⁰¹¹。

● 洪水災害と高潮災害による複合的な災害影響

洪水災害と高潮災害の同時発生に伴う影響被害が想定され、たとえば 2018 年台風第 21 号では淀川河

⁴³ 令和元年 10 月宮城県丸森町における土砂・洪水氾濫等
(https://www.mlit.go.jp/river/sabo/committee_kikohendo/200108/04shiryo2.pdf)

口がそれを彷彿させる状況となった ⁴⁵⁰¹⁰¹²⁾が、そのような影響被害の実例報告は今のところ確認されていない。

シミュレーションによって同時発生の可能性を指摘した研究は複数確認されている。伊勢湾・三河湾の湾奥域を対象とし、伊勢湾で高潮をもたらす台風経路 6 パターン（令和元年東日本台風をベースの気象場とした）を用いて河口における高潮と流量のピーク時刻差を算出した研究では、ピーク時刻差は平均で 180 分、最小で 15 分であり、伊勢湾の天白川、及び三河湾の柳生川・梅田川の 3 河川において、特に同時生起性が高いことが明らかとなった。一方、大河川のピーク時刻差は 614 分であり、大河川よりも小河川の方が影響は大きいと推察している ⁴⁵⁰¹⁰¹³⁾。また、三河湾の柳生川・梅田川（二級河川）を対象にした研究では、高潮と洪水のピークが 1 時間以内で重複するとの指摘もある ⁴⁵⁰¹⁰¹⁴⁾。

これまでの研究成果では、台風に先行する大雨の特性に依存するが、洪水流の流下時間を考慮すると、流域面積が大きく洪水流が河口に到達する時間が長い大河川よりも中小河川の方が高潮との複合的な浸水リスクが高いことが報告されている。

● 気象災害と地震による複合的な災害影響

地震によってその後の降雨による被害が拡大した事例は複数報告されている。2016 年の熊本地震とその直後の梅雨期の大雨により、人的被害を伴う土砂災害が起こったことが挙げられる。大規模地震後の降雨により発生する土砂移動は、地震前よりも少ない降雨量で発生する傾向にあることが報告されている。地震後の土砂移動現象を引き起こす降雨量は地震前の 1～8 割程度であり、その影響は時間の経過とともに小さくなる ⁴⁵⁰¹⁰¹⁵⁾。また、2018 年には、大阪府北部の地震で損壊被害を受けた住宅がブルーシートで応急措置を行っていたが、二か月半後に台風第 21 号が発生し、台風の強風でシートは飛ばされ、激しい雨漏りが多発し、全住家の被害は地震被害を上回る被害種数となった。また、自治体は地震被災地と台風被災地での対応を同時に進めることとなった ⁴⁵⁰¹⁰¹⁶⁾。2024 年 1 月には能登半島地震が発生し、同年 9 月には石川県能登において線状降水帯により猛烈な雨が降り、輪島市、珠洲市等で 1 時間降水量や 3 時間降水量などが観測史上 1 位の値を更新した。地震に伴う土砂崩れや地すべり、河道閉塞により流出した土砂や流木が、豪雨による洪水とともに流下し、橋梁等に捕捉されるなどにより橋梁上流側の水位が上昇し、氾濫の範囲が拡大した ^{4501017, 4501018)}。

降雨によってその後の地震による被害が拡大した事例もある。2018 年には、大雨によって地下水位が上昇したタイミングで北海道胆振東部地震が発生し、大規模斜面崩落や宅地液状化被害などの地盤災害が起こった ^{4501019, 4501020)}。

また、シミュレーションによると、南海トラフ地震と台風が連続して発生した場合、地震により被災した地域で暴風や高潮・高波が発生し、名古屋、大阪の都市機能・経済機能の長期的な機能低下、広域かつ長期的な避難と沿岸域の被災地の人口減少が発生すると予測している ⁴⁵⁰¹⁰¹⁶⁾。また、ため池堤体模型に降雨と地震の複合作用を与える実験を実施した研究では、降雨後の地震では堤体の浸潤線が上昇し下流側法尻の変形が増大する可能性があり、地震後の降雨では地震で発生した亀裂に降雨が侵入することのため池堤体変形が進行すると報告している ⁴⁵⁰¹⁰²¹⁾。

また、2011 年の東北地方太平洋沖地震では、東北地方太平洋沿岸で大規模な地盤沈下が生じ、その後に各種整備が進むまで、沿岸域での浸水頻度が極端に増加した。

● 気象災害と感染症による複合的な災害影響

2009 年の兵庫県佐用町の豪雨災害時には、避難所で新型インフルエンザが蔓延したとの報告がある [4501022](#)。

近年では COVID-19 による影響も報告されている。令和 2 年 7 月豪雨では、体育館のような空調設備が整っていない避難所に数百人が密集することになり、避難所での COVID-19 感染が懸念された [4501023](#)。また、COVID-19 と、その期間中に発生した自然災害の影響や被害の大きかったインド、日本、フィリピン、アメリカの各国 252～276 名を対象としたアンケート調査では、各国とも、COVID-19 が心配で避難しなかったという回答が 10～20%あり、感染症を懸念した避難控えも起こった [4501024](#)。

● 気象災害とインフラ断絶による複合的な災害影響

令和元年房総半島台風では、暴風の影響で電柱 1,996 本が倒壊・傾斜し、大規模な停電被害が発生した。千葉県では最大約 64 万戸が停電、東京電力管内では最大約 93 万戸が停電した。大規模な倒木等の影響で山間部を中心に立入困難な地域が広範囲に存在し、停電復旧までに約 2 週間を要した [4501025](#)。

(将来予測される影響)

● 土石流や表層崩壊、深層崩壊などと洪水災害による複合的な災害影響（土砂・洪水氾濫）

総降雨量の大きい大雨や数時間続く高降雨強度の大雨の発生頻度に増加傾向がみられ、このような大雨時には、土石流や崩壊などの土砂移動現象と洪水が時系列的又は同時に発生する。この状況は土砂災害に遭遇しないように避難行動が洪水氾濫により阻害され、また洪水氾濫からの避難が土石流などによって阻害されるということが生じる。このような複合性は警戒避難システムに多大な影響を与える。

今後、総降雨量の大きな降雨頻度の増大により深層崩壊が増えるとすればそれ自身による大きな被害に加え、それが河川を堰き止め河道閉塞（天然ダム）を形成し、その後の決壊による土石流や大洪水により被害が拡大するとともに、下流部において甚大な洪水被害をもたらす。

広範囲に高強度で総量の大きい雨の頻度が増加すると、同時多発的な表層崩壊・土石流と大出水の発生頻度の増加も予想される。崩壊や土石流により生産された大量の土砂は下流域に運ばれ河床上昇を引き起こし、洪水氾濫の原因を作る。これを土砂・洪水氾濫と呼ぶが、この発生リスクが高まっていることが大きな問題になっている。

下流の貯水池堆砂の急速な進行、土砂流出とともに流水量が増加し、家屋等への直接的被害、橋梁部等への集積・閉塞が洪水氾濫の新たな原因となる可能性がある [4501004](#)。

NHRCM05 を用いて福岡県朝倉市赤谷川と同じ地形・地質を持つ流域で発生する現象の将来変化を考察した研究では、豪雨によって生じる出水の規模、斜面崩壊の流域内の規模、生産土砂の河道への流入・流下による河床上昇とそれに起因した水位上昇が、将来に向けて増加すると評価している [4501026](#)。

● 洪水災害と高潮災害による複合的な災害影響

気候変動により勢力の強い台風の出現頻度の増加が予測され、また、将来の河川における治水計画規模に相当する降雨量の変化倍率は 1.1～1.15 倍と試算されており、高潮と洪水が同時生じた場合には、被害が拡大することが想定される [4501006](#)。また、洪水と高潮が同年又は同日に発生する複合災害において、将来気候下の複合災害の年期待被害額は、2050 年気候で約 1.1～1.2 兆円、2100 年気候で約 1.2～1.4 兆円となる。被害額はそれぞれ 1.4～1.5 倍、1.5～1.8 倍となることから、将来にかけて複合災害被害額は大きく増加することが予測されている [4501027](#)。

個別の地域における将来予測を行った研究は複数確認されている。東京湾・伊勢湾・大阪湾を対象とし、d4PDFを用いた研究では、同一台風により高潮・洪水がともに最大イベントとなるケースはわずかに増加(約3%)し、最大高潮偏差と最大流量の時刻差の将来変化は平均で0.7時間短くなると推定しており、高潮・洪水の規模及び同時生起性がともに増大する可能性が指摘されている⁴⁵⁰¹⁰²⁸⁾。伊勢湾・三河湾を対象に、RCP8.5シナリオを前提として令和元年東日本台風の擬似温暖化台風経路アンサンブル実験を行った研究では、高潮氾濫や洪水氾濫のみならず、高潮と洪水の複合氾濫も発生することや、高潮と洪水の複合氾濫では、高潮のみの計算結果と比べて、平均浸水範囲は約51%、平均浸水深は約23%増加すると報告している⁴⁵⁰¹⁰²⁹⁾。

高知県の鏡川・浦戸湾を対象とし、d4PDFと5kmRCMの雨量を用いて、4℃上昇時の洪水と高潮の同時発生を検討した研究では、現在は大規模洪水と高潮は同時に発生しないことが経験的に考えられているものの、将来気候では中規模ながら複合災害が発生しうることが示唆されている⁴⁵⁰¹⁰³⁰⁾。

● 気象災害と地震による複合的な災害影響

気象災害と地震による複合的な災害の予測は確認できていないものの、東日本大震災を発生させた平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震や、令和6年能登半島地震では、地盤の緩みや地盤沈下、河道埋塞等により、土砂・洪水・高潮に関する各種警報等の発表基準が引き下げられた^{4501031, 4501032)}。実際に、東北地方太平洋沖地震後には地盤沈下により、海拔0m以下の面積は3.4倍、大潮の満潮位以下の面積は1.9倍となった⁴⁵⁰¹⁰³³⁾。地盤沈下に伴い、気仙沼では、潮位の変動により道路の冠水が常習化するなどの被害が発生した⁴⁵⁰¹⁰³⁴⁾。

このような事例を踏まえると、今後、南海トラフ地震をはじめとする大規模地震発生の切迫性が指摘されている中で、気候変動による気象災害と地震との複合的な災害影響が懸念される。また、海面水位の上昇は、沿岸域の浸水被害をさらに悪化させる。

● 雪崩と土砂災害による複合的な災害影響

d4PDFを用い、北海道広尾町野塚トンネル付近を対象とした研究では、4℃上昇時の融雪期に雪崩-土砂災害の複合的な災害の発生頻度が高まる可能性が示されている⁴⁵⁰¹⁰³⁵⁾。

● 海面水位と気象災害や津波による複合的な災害影響

IPCC第6次評価報告書第2作業部会報告書では、将来の海面水位の上昇は、高潮と大雨が組み合わさり、複合的な洪水リスクを増大させる(確信度が高い)と指摘している⁴⁵⁰¹⁰³⁶⁾。

海面水位の上昇と津波の影響の将来予測について、東北を対象とし、浸水被害による経済リスク増加の評価を行った研究によると、東北全体では海面水位が0.5m上昇で22%、1.0m上昇で44%経済リスクが増加すると推計している。部門別では農地、県別では宮城県・福島県の増加率が高いと予測している⁴⁵⁰¹⁰³⁷⁾。また、南海-東南海地震津波を対象とした研究では、海面水位上昇がない場合、現時点で約1,500棟の建物と9,800人が津波の影響を受けると推定しており、海面水位が1.0m上昇した場合には約7,000棟、18,000人が津波の影響を受けると推定している⁴⁵⁰¹⁰³⁸⁾。

海面水位の上昇に加え、台風や冬季の発達した低気圧の強度が増加して高潮や波高が増大すると、河川の取水施設、沿岸の防災施設、港湾・漁港施設等の機能が低下し、安全性が十分確保できなくなる箇所が多くなる可能性が高い^{4501039, 4501040, 4501041, 4501042, 4501043, 4501044)}。

以上のように、複数の要素が同時又は連続して発生することで広域かつ甚大な被害をもたらす「複合的な災害影響」は、既に発生した事例が示されている。また、将来においては気候変動に伴い、その種類も増加することが予測されている。特に、海面水位の上昇は、一度生じると 100 年単位で戻らず日常的となること、広範囲に影響が及ぶことに留意が必要で、様々な複合的な災害影響を発生させることが予測される。

3.5. 健康分野

【気候変動により想定される影響の概略】

健康分野における気候変動による影響の概略は、図 3-5 に示すとおりである。

気候変動による気温上昇は熱ストレスを増加させ、熱中症の発症リスクや死亡リスク、循環器疾患、呼吸器疾患等の様々な疾患による死亡、入院、救急搬送等のリスクを増加させる。特に、暑熱に対して脆弱性が高い高齢者・小児・胎児（妊婦）・基礎疾患有病者で影響が顕著である。

加えて、気温上昇は感染症を媒介する節足動物の分布域・個体群密度・活動を変化させ、日本人渡航者数と訪日外国人の増加に伴う感染者の移動も相まって、節足動物媒介感染症の流行地域や患者発生数に影響を及ぼす可能性がある。また、外気温の変化は水系・食品媒介性感染症やインフルエンザのような感染症の流行パターンについても変化させる。

気候変動はメンタルヘルスへ影響し、精神疾患や自殺リスクを増加させる。また、気候変動により、猛暑や強い台風、大雨等の極端な気象現象の増加に伴い自然災害が増加すれば、被災者の暑熱リスクや感染症リスク、精神疾患リスク等が増加する可能性がある。

人の健康に対しては、気候変動だけでなく、グローバル化に伴う膨大な人と物の移動、土地開発に伴う自然環境の著しい変化、社会制度の変化、個人の対策など、さまざまな要因が関与している。気候変動による影響を評価する上で、そのような他の多様な要因も留意し検討した。

【文献数・構成等の変化】

今回の影響評価において、健康分野全体では、合計 390 件の文献を引用しており、このうち、前回の影響評価から新たに追加された文献は 224 件である。項目別に見ると、「死亡リスク」、「熱中症」、「疾病発生・悪化、死因別死亡」等において、文献数が特に増加している。

前回の影響評価からの構成上の主な変更点として、報告された知見数が増えたことから「疾病発生・悪化、死因別死亡リスク」「メンタルヘルスへの影響」「自然災害に起因する健康影響」の 3 つの小項目を新たに設けて、既存の知見も含めて再分類することとした。

健康分野

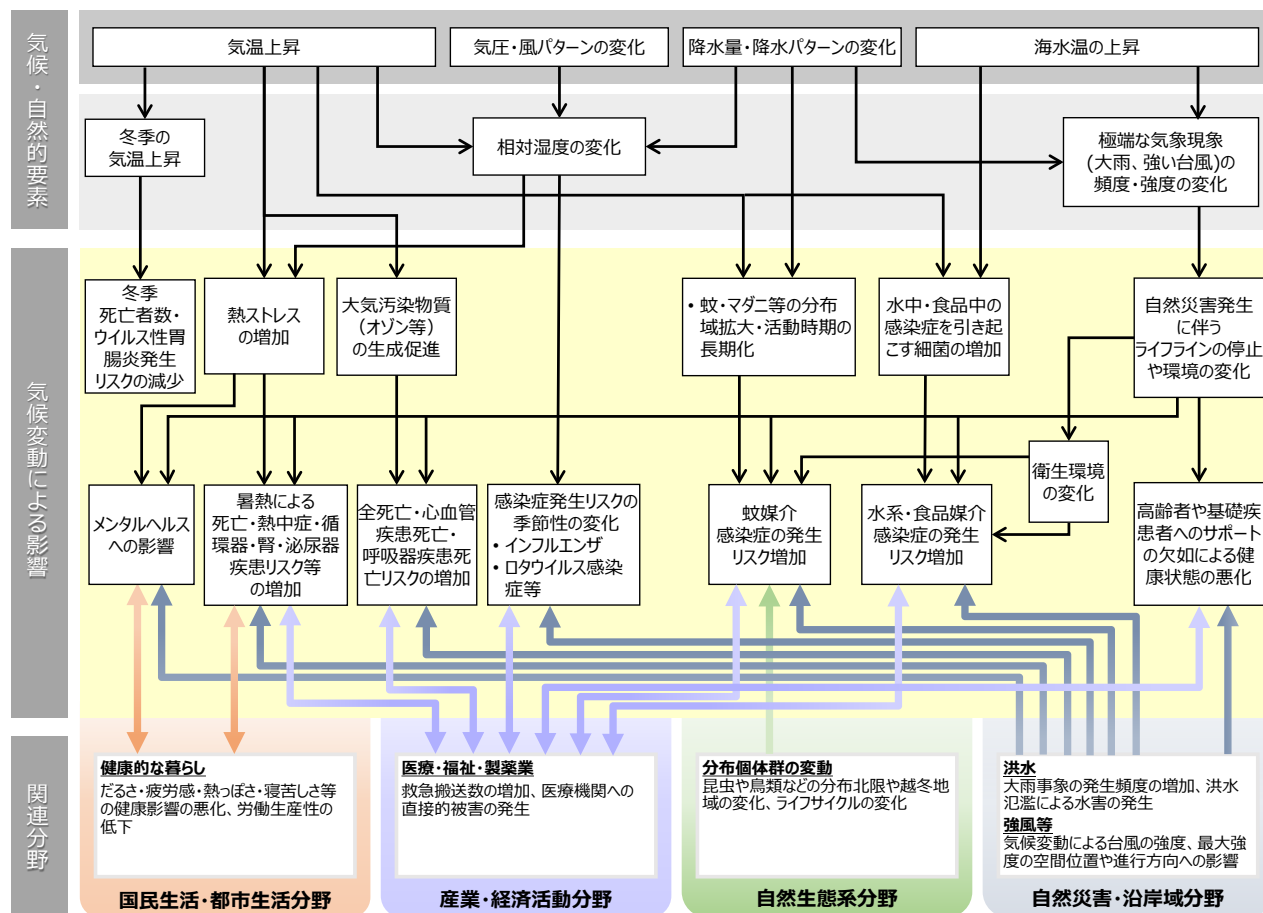


図 3-5 気候変動により想定される影響の概略図（健康分野）⁴⁴

⁴⁴ 本図は、本報告書において引用された科学的知見の中から、国内において想定される健康分野の代表的な影響を選定し、想定される気候・自然的要素（外力）との関係や他分野への影響を概略的に図化したものである。したがって、各分野の影響や項目間の関係性を完全に網羅しているわけではないことに留意が必要である。図の「気候・自然的要素」（上段）は、気候変動の直接的な影響（濃い灰色部分）と、そのほか健康分野に直接的な影響を及ぼす外力（薄い灰色部分）の2段に分けている。図が複雑になりすぎるのを避けるため、気候変動の直接的な影響（濃い灰色部分）のボックス間の因果関係は表示していない。

【暑熱】

(1) 死亡リスク

ここでは、暑熱による影響のうち、熱波や熱帯夜の発生を含む、気温上昇による全死亡⁴⁵のリスクを主に扱う。各種疾病による死亡リスクについては、小項目「疾病発生・悪化、死因別死亡リスク」で取り扱う。国民生活・都市生活分野の「健康的な暮らし」では熱ストレス・睡眠阻害、暑さによる不快感等を主な対象として取り扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 日本全国で高温による超過死亡（日別の気温が高くなることにより全死亡がどの程度増加したかを示す指標）の増加傾向が確認されている。熱関連死亡のうち熱中症による死亡者数は、2000年代に入ってから毎年数百人から千人を超えている。
- 特に高齢者で超過死亡数の増加傾向が大きく、相対的に寒冷な地域で高齢者の死亡率が顕著に増加している。
- 大都市圏でより大きな死亡リスクの増加が見られている。
- 高温に起因した死亡は、所得などの社会経済的要因の影響を受ける。

● 国内外を対象とした知見

気温上昇による死亡の増加については、IPCC 第6次評価報告書第2作業部会報告書において、温帯地域における暖候期の暑さによる死亡の多くの割合が人為的な気候変動と関連している（確信度が中程度）とされており⁵¹⁰¹⁰⁰¹）、WHO による報告書では、暑さによる世界的な死亡の37%が人為的な気候変動によると推定されている⁵¹⁰¹⁰⁰²）。

個別の報告においては、2018年のヨーロッパ北部で発生した熱波は、気候変動により発生確率が高まったと推定され、複数の国で超過死亡の発生が報告されている⁵¹⁰¹⁰⁰³）。韓国においては、2018年の朝鮮半島上空の異常な熱波により熱関連死亡者数が過去4年と比べて4.8倍に増加した⁵¹⁰¹⁰⁰⁴）。また、日本を含む12カ国を対象とした調査では、日単位の極端な高温により、1年程度寿命が短縮されている可能性が指摘されている⁵¹⁰¹⁰⁰⁵）。

気温上昇による死亡の時間的特徴としては、高温による影響は即座に発現し、短期間（1～2日間）で収束すること⁵¹⁰¹⁰⁰⁶）、時期としては晩夏よりも初夏にリスクが大きいことが報告されている⁵¹⁰¹⁰⁰⁷）。

対象者ごとに解析をおこなった研究としては、国際労働機関（ILO）による労働者を対象とした報告において、職業上の過度な暑さへの曝露が、世界全体で18,970人の死亡、209万年の障害調整生存年（DALY）⁴⁶に関連していると推計された⁵¹⁰¹⁰⁰⁸）。年齢層ごとに解析を行った研究としては、高齢者については、65歳以上の熱関連死亡は20年間で70%増加していることが報告されている⁵¹⁰¹⁰⁰²）。カナダにおける2021年の猛暑と2012～2020年の同期間を比較した研究では、統合失調症、慢性腎臓病、虚血性心疾患の有病者において全死亡の増加が見られたと報告されている⁵¹⁰¹⁰⁰⁹）。

一方で、社会経済の発展に伴い、多くの場合、人々の高温による死亡に対する脆弱性が低減されている

⁴⁵ すべての原因による死亡の合計

⁴⁶ 健康寿命より早期の死亡と、障害による健康負担を合計した指標

といった報告がある ^{5101010, 5101011, 5101012}。

● 日本を対象とした知見

日本全国を対象とした研究では、高温による超過死亡が増加傾向にあり、特に高齢者の超過死亡が増加傾向にある ^{5101013, 5101014, 5101015, 5101016}。熱関連死亡のうち熱中症による死亡者数は、2000 年代に入ってから毎年数百人から千人を超え、高齢者の死亡者数に増加傾向がみられる ⁵¹⁰¹⁰¹⁷。特に、熱帯夜の日には全年齢及び高齢者の全死亡が 9～10%増加したことが報告されている ⁵¹⁰¹⁰¹⁸。

地域的な特徴としては、人口密度の高い大都市圏でより大きな死亡リスク増加がみられており、日本国内でも地域によって異なることが報告されている ⁵¹⁰¹⁰¹⁹。また、相対的に寒冷な地域で高齢者死亡率が顕著に増加していることも報告されている ⁵¹⁰¹⁰²⁰。

その他、高温に起因した死亡は所得などの社会経済的要因の影響を受けることが報告されている ^{5101021, 5101022}。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 日本を含む東アジア地域では、RCP2.6 シナリオ、RCP4.5 シナリオ、RCP8.5 シナリオのいずれのシナリオにおいても、今世紀末にかけて暑熱による超過死亡数が増加することが予測されている。
- 日本国内においても、将来期間、排出シナリオ、年代によらず、すべての都道府県で超過死亡数が 2020 年代と比較して 2090 年代には約 2 倍からそれ以上になると予測されている。
- SSP3-7.0、SSP5-8.5 シナリオにおいて、熱関連死亡は 65 歳以上でより大きくなること、SSP2-4.5 シナリオにおいて、人口密度の高い都市、気温の上昇が大きい北部の都道府県、人口は少ないが人口減少が大きい都道府県において、高温による超過死亡率が顕著に増加することが予測されている。
- 一方で、日本を含む複数国を対象とした研究では、気温上昇を 2℃未満に抑えることで、気温に関連した死亡の大幅な増加を抑制することが可能と予測されている。

● 国内外を対象とした知見

気温上昇による将来の死亡増加については、IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書において、気候変動により、熱波への曝露（確信度が非常に高い）や、暑熱関連の疾病の罹患及び死亡（確信度が高い）が増加すると予測されており、適応策が取られた場合でも、気温の変化に伴う死亡は今後増加する（確信度が高い）とされている ⁵¹⁰¹⁰⁰¹。

個別の報告においては、日本を含む 23 カ国を対象とした研究では、日本を含む東アジア地域で RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5 シナリオのいずれのシナリオにおいても今世紀末にかけて、現在（2010～2019 年）と比べて暑熱による超過死亡数が増加することが予測されている ⁵¹⁰¹⁰²³。一方、同地域を対象に COP21 におけるパリ協定の目標（気温上昇を 2℃より十分下方に抑える）に焦点を当てた研究で、気温上昇を 2℃未満に抑えるシナリオでは、気温が 3～4℃上昇するシナリオと比べて気温に関連した死亡の大幅な増加を抑制することが可能となることが報告されている ⁵¹⁰¹⁰²⁴。欧州でも同様の傾向が予測されており、欧州の 27 カ国における RCP4.5 シナリオにおいて、2046 年から 2055 年にかけて 1991 年から 2000 年と比較して年間 85,000 人以上の超過死亡が増加すること、欧州地域の 38 カ国における RCP4.5 と RCP8.5 の

シナリオにおいて、2071 年から 2099 年にかけて、1971 年から 2000 年の気候シナリオと比べ、それぞれ年間 46,000 人と 117,000 人以上の超過早期死亡（premature death）⁴⁷が追加で発生することが予測された [5101025](#)）。熱帯夜の影響についても指摘されており、東アジアの複数都市を対象とした研究で SSP2-4.5 シナリオにおいて、2090 年代まで熱帯夜による死亡リスクへの寄与は 2010 年代と比べて増加し、日平均気温による死亡リスクへの寄与よりも大きくなると予測されている [5101026](#)）。

肥満や年齢などの感受性因子に関する研究としては、日本を含む世界 28 か国を対象とした研究では、5 つの GCM モデル及び 4 つのシナリオ（RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5）において、2010～2099 年の気温上昇に対する超過死亡率は増加すると予測されるが、その傾向には 1 日の気温幅、肥満割合、高齢者割合により大きな地域差があるとされた [5101027](#)）。65 歳以上における世界の暑熱関連の超過死亡数を推計した研究では、SRES A1B シナリオにおいて、2030 年には 90,000 人以上、2050 年には 255,000 人以上の超過死亡が生じることが予測された [5101028](#), [5101029](#)）。

● 日本を対象とした知見

日本全国を対象とした研究としては、RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5 シナリオを用いて、全年齢を対象にして、2031～2050 年及び 2081～2100 年（2010 年基準）の超過死亡数を計算した研究（MIROC5 等複数モデルを使用）では、熱ストレスによる超過死亡数は、将来期間、RCP シナリオ、年代によらず、すべての県において 2 倍以上となることが予測された [5101030](#)）。

高齢者における影響に関する研究としては、65 歳以上を対象とした研究において、気温が 2℃上昇した場合に、冬と夏の気温が高い地域において、気温上昇は年間の死亡率を増加させると予測されている [5101031](#)）。複数の SSP シナリオに基づく死亡率、救急搬送率を推計した研究では、SSP3-7.0、SSP5-8.5 シナリオにおいて、2050 年代と 2090 年代の熱関連死亡と救急搬送数の増加は基準期間（2010 年代）と比べて、65 歳以上でより大きくなった [5101032](#)）。

地域的な特徴についての研究としては、関西の複数都市を対象とした研究で、8 月の熱中症による死者数は、気温上昇のないシナリオでは 1,900 人、RCP8.5 シナリオを考慮した 3.0℃上昇シナリオでは 9,803 人と予想され、大半が大阪、神戸、京都の人口密度の高い都市で発生するとされた。また、エアコンの使用がない場合の熱に起因する死亡の割合は、気温上昇のないシナリオでは全死因死亡の 4%、3.0℃上昇シナリオでは 18%になると報告している [5101033](#)）。複数の SSP シナリオに基づく死亡率、救急車出動件数（疾病負担の指標）を推計した研究では、SSP2-4.5 シナリオにおいて、北海道や青森など気温の上昇が大きいと予想される都道府県や、秋田、山梨、和歌山、高知など、人口は比較的少ないが人口減少が大きい都道府県において、基準期間（2010 年代）と比べて、顕著な高温による死亡率（超過死亡数/人口）や罹患率（超過罹患数/人口）の増加が予測された [5101032](#)）。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

日本における特に強い影響を受ける地域については、人口密度の高い大都市圏においてより大きな死亡リスク増加が報告されている。また、相対的に寒冷な地域で高齢者死亡率が顕著に上昇していることが報告されている。将来的な予測では、気温の上昇が大きいと予想される北部の都道府県や、比較的人口は少ないが人口減少が大きい都道府県において、顕著な高温による死亡率（超過死亡数/人口）や罹患率（超

⁴⁷ 早期死亡（premature death）：平均寿命よりも前に発生する死亡と定義される。

過罹患数/人口)の増加が予測されており、また、冬と夏の気温が高い地域においても、気温上昇が高齢者における死亡率を高めると予測されている。

特に強い影響を受ける年代については、高齢者において特に熱関連超過死亡数が増加傾向にあるとされており、将来的な予測においても、熱関連死亡と疾病の負担増加は65歳以上でより大きくなることが報告されている。

(適応策とその効果)

ここでは小項目「熱中症」「疾病発生・悪化、死因別死亡リスク」も含めた、暑熱に対する代表的な適応策と効果をまとめる。

代表的な適応策としては、暑熱に対する基本的な対策が挙げられる。具体的には、暑さを避ける、こまめな水分補給をする、徐々に暑さに慣れるなどの個人での対策と、教育現場や労働環境における適切な管理・指導など組織での対策が求められる⁵¹⁰¹⁰³⁴⁾。国としての取り組みとしては、地域気候変動適応計画、熱中症対策実行計画の策定、熱中症特別警戒アラート・熱中症警戒アラートの運用、気候変動適応情報プラットフォーム(A-PLAT)の運営、「まちのクールオアシス」運動の実施、学校・社会福祉施設・スポーツ施設へのエアコン及び非常用電源の設置支援⁵¹⁰¹⁰³⁵⁾、指定暑熱避難施設(クーリングシェルター)の設置などが行われている⁵¹⁰¹⁰³⁶⁾。

職場における熱中症の予防については、厚生労働省が暑熱環境を評価する指標として暑さ指数(WBGT⁴⁸⁾)の活用を推奨している⁵¹⁰¹⁰³⁷⁾ほか、毎年「STOP!熱中症 クールワークキャンペーン」を実施し、各種の取組を推進している^{5101035, 5101038)}。特に、高温環境下での労働においては、熱を遮る遮へい物や空調などの作業環境管理、休憩時間や服装などの作業管理、作業者の健康管理が求められている⁵¹⁰¹⁰³⁹⁾。

脆弱性の高い集団における適応策については、糖尿病、高血圧症及び心疾患の患者は脱水症状になりやすく、腎不全の患者は塩分不足になりやすいため、より一層の注意が必要とされる⁵¹⁰¹⁰⁴⁰⁾。高齢者の特徴については、熱中症の発生場所として自宅(庭も含む)が56.5%を占めている⁵¹⁰¹⁰⁴¹⁾。熱中症により救急搬送された高齢者においては、独居・飲水不可・エアコン不所持の3つの要因について現状よりも70%の解消を実現すると、罹病率が40%程度減少することが示されている^{5101031, 5101042)}。太陽光発電の設置の多い地域では、高齢者の熱中症による死亡者数が低かった⁵¹⁰¹⁰³¹⁾。これらを踏まえた対策として、温湿度計の設置、冷暖房利用の促進、梅雨明け後2週間のエアコン使用の啓発、持病の管理、家族による見守り、自治体や町内会等組織による声掛けなどが重要であるとされている^{5101031, 5101034, 5101041, 5101043, 5101044, 5101045, 5101046)}。

適応策の効果に関して、適応策全体の効果については、複数のシナリオを用いた日本における研究で、長期的な暑熱適応がない場合には21世紀末には人口あたりの熱中症発症率や熱中症死亡数が増加し、暑熱適応がある場合にはその増加が小さくなると予測されている^{5101047, 5101048)}。

⁴⁸ 湿球黒球温度、Wet Bulb Globe Temperature。熱中症を予防することを目的に提案された指標で、人体と外気との熱のやりとり(熱収支)に着目し、人体の熱収支に与える影響の大きい①湿度、②日射・輻射など周辺の熱環境、③気温の要素をもとに算出される。気温との混同を避けるため、本報告書ではWBGT単位の摂氏度(°C)を省略して記載する。(環境省 熱中症予防情報サイトをもとに記載)

適応策のうち、エアコンの使用の効果については特に多くの報告があり、日本を対象とした研究において、適切な使用で死亡や熱中症発症のリスクを抑制できるという報告がある [5101049](#), [5101050](#), [5101051](#)。また、欧米と日本を含む複数都市研究において、1972 年から 2009 年にかけて夏季の超過死亡の減少とエアコンの普及率の増加との関連が示されている [5101052](#)。将来予測の研究については、関西の都市を対象とした研究では、RCP8.5 シナリオにおける 2100 年の熱関連死亡は、エアコンの使用によって約半分が回避される可能性があること [5101033](#)、日本全国を対象とした研究では、RCP8.5 シナリオにおける 2031～2050 年の熱中症救急搬送者数は、エアコンの普及に代表されるライフスタイルの変化により約 60%減少することが予測されている [5101049](#)。

暑熱対策製品の効果については、暑熱曝露時の日傘の利用は、身体表面温度の低減等に有効である [5101053](#), [5101054](#), [5101055](#)。労働時にできる対策としては、ファン付き作業服等の暑熱対策技術は、衣服内湿度を下げ、労働安全衛生を確保できる [5101056](#), [5101057](#), [5101058](#)。屋外でのサンシェード使用による暑熱リスク軽減の有効性を示した報告がある [5101059](#)。

その他の対策の効果としては、都市環境における適応策として、壁面緑化と街路樹はヒートアイランド現象の緩和、都市の暑熱化への適応の観点で効果がある [5101060](#), [5101061](#)。神戸市における研究では、日中の市街地における樹木による緩和効果により、平均放射温度が周りより 5℃程度下がることが示された [5101062](#)。その他、行動変容の研究として、豊中市における交通行動に関する研究では、熱中症リスクが高い日に徒歩時刻を 2 時間変更すると、WBGT を累積した熱ストレス指標が 14%低減したことが報告されている [5101063](#)。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 3

◇ 【社会】全国的に高温による超過死亡が既に発生している。その影響の範囲として、熱関連死亡のうち熱中症による死亡者数は 2000 年代に入ってから毎年数百人から千人を超え、特に高齢者の超過死亡・熱中症による死亡の増加傾向が確認されるなど、多くの人命の損失が発生しており、影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

- 重大性：レベル 3
 - ◇ 【社会】気温上昇による超過死亡リスクの増加傾向が予測されており、その影響の範囲として、国内のすべての都道府県で超過死亡が約 2 倍以上になるとされるなど、多くの人命の損失が予測され、影響は特に深刻である。
- 確信度：レベル 3
 - ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
 - ◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

- 重大性：レベル 3
 - ◇ 【社会】気温上昇による超過死亡リスクの増加傾向が予測されており、その影響の範囲として、国内のすべての都道府県で超過死亡が約 2 倍以上になるとされるなど、人命の損失が予測され、影響は特に深刻である。
- 確信度：レベル 3
 - ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
 - ◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

- 緊急性：レベル 3
 - ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
 - ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、指定暑熱避難施設（クーリングシェルター）の設置などの適応策が一部で進められているが、エアコンの使用やこまめな水分補給など個人の対策の推進と、教育現場や労働環境における適切な指導・管理などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。
- 確信度：レベル 3
 - ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
 - ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(2) 熱中症

ここでは、暑熱による影響のうち日本における熱中症のリスクを扱う。国民生活・都市生活分野の小項目「健康的な暮らし」では熱ストレス・睡眠障害、暑さによる不快感等を主な対象として取り扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 年によってばらつきはあるものの、熱中症による救急搬送者数、医療機関受診者数、熱中症死者数の全国的な増加傾向が確認されており、2024 年の熱中症による救急搬送者数は過去最高の 9 万 7 千人以上を記録している。また、人口動態統計をもとにした熱中症による死者数は 2 千人以上となった。
- 熱中症による救急搬送者・熱中症死亡者は高齢者の割合が高く、その多くが住宅内で発症し、また、重症化しやすい傾向にある。若年層では、スポーツ活動時に発症することが多い。
- 労働災害として報告された熱中症による死者数は、業務上疾病による死亡災害における上位を占めており、特に今後増加する高齢労働者を考慮した作業管理が必要であるとされている。
- 暑熱環境に慣れていない梅雨明け直後に熱中症の発生件数の増加がみられる。また、夏季の暑さ指数の平均が低い地域では、熱中症警戒アラートが発表される日最高暑さ指数が 33 のときの人口当たりの熱中症による救急搬送者数が多い。

● 日本全国を対象とした知見

日本全国を対象とした研究では、各地で WBGT の上昇傾向がみられることが報告されている ^{5102001, 5102002}。それに伴い、年によってばらつきはあるものの、熱中症による救急搬送者数 ^{5102003, 5102004, 5102005, 5102006, 5102007, 5102008, 5102009, 5102010, 5102011, 5102012, 5102013, 5102014}、医療機関受診者数 ^{5102015, 5102016}、熱中症死者数 ^{5102007, 5102017, 5102018, 5102019, 5102020} の増加傾向が報告されている。

記録的な高温となった 2018 年の夏季は、全国における熱中症による救急搬送者数の合計が 95,137 人と前年同期間の 52,984 人と比べると 42,153 人増と当時の過去最高となり ⁵¹⁰²⁰²¹、人口動態統計をもとにした熱中症による死者数は 1,581 人で、死亡者の 8 割以上が 65 歳以上の高齢者であった ⁵¹⁰²⁰²²。気候モデルを用いて、温暖化した気候状態と温暖化しなかった気候状態を比較した結果、温暖化がなければ、2018 年 7 月のような猛暑は起こりえなかったことが明らかとなっている ⁵¹⁰²⁰²³。

また 2024 年についても、夏季の平均気温が統計開始以降最も高くなり、熱中症による救急搬送者数の合計は 97,578 人で調査開始以降、最も多い人数を記録した ⁵¹⁰²⁰²⁴。人口動態統計をもとにした熱中症による死者数についても、2,160 人となり平成 7 年以降で最高となっている ⁵¹⁰²⁰²²。また、職場での熱中症による死傷者数の発生状況も 1,257 人と過去最高を記録している ⁵¹⁰²⁰²⁵。

熱中症の発生しやすい時期としては、暑熱環境に慣れていない梅雨明け直後に熱中症の発生件数が増加することも指摘されている ⁵¹⁰²⁰²⁶。

暑熱影響を受けやすい地域について検討した報告としては、全国を対象とした研究において、熱中症警戒アラートが発表される日最高 WBGT が 33 のときの人口当たりの熱中症の救急搬送者数が、夏季の日最高 WBGT の平均値が低い地域ほど多いことが明らかになっている ⁵¹⁰²⁰²⁷。また、日本国内において夏季における日最高 WBGT の平均値が高い地域の方が、低い地域よりも熱中症リスクが低かった ⁵¹⁰²⁰²⁸。これらは地域的な暑熱順化の違いを示していると考えられる ^{5102027, 5102028}。

労働環境における熱中症については、日本の職場における 2021 年の熱中症の死亡災害件数は 20 件であり、新型コロナウイルスによる件数を除き業務上疾病による死亡災害で最多を占めたことが報告されている。また、特に日本の労働現場においては今後増加する高齢労働者を考慮した作業管理が必要であるとされている [5102020](#)。

● 各地域を対象とした知見

各地域を対象とした研究では WBGT と熱中症発症の関係性について調査が行われており、関西 3 都市を対象とした研究では、熱中症による搬送者数のピークの時間帯は 12～14 時の間であり、WBGT が 30 を超えると急増する結果となっている [5102029](#)。同様に、香川県を対象とした解析でも、日最高 WBGT が 29 を超えると、救急搬送者数が増加する傾向が確認されている [5102030](#)。一方で、長崎県内を対象とした研究では、WBGT が高い地域が必ずしも熱中症による救急搬送者が多いわけではなく、その理由として地域ごとの高齢化率の違いや暑熱順化の進行の違いが影響している可能性があると考えられたが、日最高 WBGT が 31 を超える頻度が高い傾向を示した地域では熱中症による救急搬送時の重症度が重くなる傾向が見られた [5102031](#)。東京 2020 オリンピック競技大会の熱中症リスクを予測した文献が複数見られ [5102032](#), [5102033](#), [5102034](#)、マラソンコースで WBGT が「熱中症予防のための運動指針」が規定する「厳重警戒（激しい運動は原則中止）」レベルとなる可能性が指摘された [5102033](#)。本番では選手・スタッフ・観客向けの暑さ対策が実施され、マラソン・競歩は会場を札幌に移して開催された [5102035](#)。

● 高齢者への影響

熱中症による救急搬送者・熱中症死亡者は年齢区分別では高齢者に多く [5102009](#), [5102014](#), [5102015](#), [5102036](#), [5102037](#)、2024 年の 5～9 月の熱中症による救急搬送のうち 65 歳以上が 57.4%であった [5102024](#)。夏季の高温期間の長期化に伴い高齢者の熱中症による救急搬送者数や死亡数が増加傾向にあることが報告されている [5102007](#), [5102019](#), [5102038](#)。WBGT が高くなるにつれて熱中症による救急搬送者数が増加することを報告した研究では、年齢を 10 歳区切りで比較すると、50 歳代までは熱中症発生率が上昇せず、60 歳以上から年齢が高くなるほど上昇する傾向が見られた [5102039](#)。梅雨明け前～梅雨明け 1 か月目に猛暑が連日続いた時あるいは猛暑が連日続いた時に、65 歳以上の高齢者は他の年齢階級と比較して搬送者数の増加が大きく搬送割合が特に高くなることが報告されている [5102026](#)。

熱中症が発生しやすい場所としては、住宅内が多く [5102007](#), [5102019](#), [5102040](#), [5102041](#), [5102042](#), [5102043](#), [5102044](#), [5102045](#)、2015 年の全国の 65 歳以上の熱中症救急搬送者のうち半数以上が住宅内で確認されている [5102046](#)。

高齢者で熱中症の発症が多い理由として、暑熱に対する脆弱性が高く、日射病・熱中症が発症すれば重症化しやすいと報告されて、その原因として、高齢者は体温調節が上手くいかず、暑いと感じるのが遅いことや、体の水分量が少ないこと、発汗量や皮膚血流量が少ないことが指摘されている [5102037](#), [5102040](#), [5102041](#), [5102047](#), [5102048](#)。

● 若年層への影響

若年層については、炎天下でスポーツ等の活動をする際の熱中症発症が多数報告されている [5102003](#), [5102005](#), [5102049](#), [5102050](#)。真夏日・猛暑日の増加により、屋外での運動に配慮を要する日が多数発生しており [5102051](#), [5102052](#)、学校管理下での熱中症死亡のほとんどが体育活動中に発生していることも報告されている [5102053](#)。時期的な傾向としては、大学生のスポーツ選手を対象とした研究において、暑熱環境に慣れてい

ない7月に熱中症の発生件数が増加することも指摘されている⁵¹⁰²⁰⁵⁴⁾。なお、暑さと熱中症発症の時間的なラグについては、熱中症による搬送率について、18歳以上では前日までの暑さの影響が蓄積する傾向がみられる一方で、小児（0～6歳）や少年（7～17歳）では蓄積の程度が弱いことから、当日の気象環境に影響を受けやすいと考えられている⁵¹⁰²⁰¹³⁾。

● 熱中症のリスク要因

熱中症の発症及び死亡のリスク要因については、国内において社会経済的地位との関係性を報告する文献がある^{5102055, 5102056, 5102057, 5102058)}。経済状況について、大阪府と兵庫県における研究では、世帯当たりの消費支出や光熱・水道支出が少ないことは、高齢者の熱中症リスクを高める要因となり、十分な支出により暑熱対策を施すことで、発症率を大きく抑えて健康を維持できることが示唆された⁵¹⁰²⁰⁵⁹⁾。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 気温上昇に伴い、日本各地で WBGT が上昇する可能性が高い。
- RCP2.6 シナリオ程度の気温上昇であっても熱中症救急搬送者数の増加傾向が予測され、21 世紀半ばまでに RCP2.6 シナリオでは現在の 1.8 倍、RCP8.5 シナリオでは 4.5 倍に増加すると予測されている。
- 熱中症発生率の増加は、65 歳以上の高齢者で最も大きくなるとする予測があり、将来の人口高齢化を加味すれば、その影響はより深刻と考えられる。
- ヒートアイランド現象により中心市街地では住宅地よりも熱中症リスクが増加することが予測されている。

● 日本全国を対象とした知見

日本全国を対象として将来の暑さを予測した研究については、気候モデルを使用して、日本各地で気温上昇に伴う WBGT の上昇を予測した文献がある^{5102060, 5102061, 5102062)}。例えば、RCP4.5 シナリオに基づく予測では、今世紀末までに、全国各地で 8 月の WBGT が上昇し、東京以西では 8 月の日中、WBGT が 21 以下⁴⁹⁾の時間がなくなること、中部以西の多くの地点では、WBGT が 31 以上⁵⁰⁾の日数が 8 月中に 20 日を越えることが予測されている⁵¹⁰²⁰⁶³⁾。

将来の熱中症救急搬送の発生数や発生率を予測した研究については、21 世紀半ばの RCP8.5 シナリオを前提とした 4 つの GCM モデルによる予測では、1981～2000 年と比較して、四国を除き 2 倍以上を示す県が多数となり、21 世紀末では、RCP2.6 シナリオを除きほぼ全県において 2 倍以上の搬送者数になること⁵¹⁰²⁰⁶⁴⁾、全国の熱中症救急搬送者数を予測した調査では、1981～2000 年と比較して、熱中症救急搬送者数が 21 世紀中頃には、RCP2.6 シナリオで 1.3～2.9 倍、RCP8.5 シナリオで 1.5～3.7 倍増加し、21 世紀末には RCP2.6 シナリオで 1.4～3.3 倍、RCP8.5 シナリオで 3.2～13.5 倍増加することが予測されている⁵¹⁰²⁰⁶⁵⁾。また、RCP8.5 シナリオにおける 2031～2050 年の熱中症による救急搬送者数は、全国平均でベースライン期間（1981～2000 年）の 2.3 倍になること⁵¹⁰²⁰⁶⁶⁾、SSP5-8.5 シナリオを用いた研究

⁴⁹⁾ 「熱中症予防のための運動指針（日本スポーツ協会）」において、WBGT 21 以下は「ほぼ安全」なレベル（熱中症の危険性は少ないが、激しい運動や重労働時には注意が必要）

⁵⁰⁾ 上記の指針において、WBGT 31 以上は「運動は原則中止」となるレベル

では、21 世紀末には暑熱による救急搬送者数が年間 25 万件（現在の約 4 倍）に達すること ⁵¹⁰²⁰⁶⁷、21 世紀半ばまでに熱中症による救急搬送者数が、1981～2000 年と比べて RCP2.6 では平均 1.8 倍、RCP8.5 では平均 4.5 倍増加すること ⁵¹⁰²⁰⁶⁸ が予測されている。

地域的な傾向については、熱中症の発生率を予測した研究（MIROC を使用）によれば、2031～2050 年、2081～2100 年の熱中症発生率は、九州、関西、愛知、首都圏が高く、北海道、東北、中部・東海・北陸が低い傾向がみられ、一方、現在との比較（対 1981～2000 年比）では、現在発生率の高い地域ほど増加率は低く、現在発生率の低い地域ほど増加率は高い結果となることなどが示されている。増加率は、発生率以上に地域差が明確で、北海道、東北、関東で大きく、四国、九州・沖縄で小さい結果となっている ⁵¹⁰²⁰⁶⁹。気候変動指標と様々な影響指標の相関分析をした研究では、RCP2.6、RCP8.5 シナリオにおいて、1981～2000 年と比較した 2081～2100 年における気温と熱中症救急搬送者数の正の相関は、北海道、東北地方でより大きくなることが示された ⁵¹⁰²⁰⁷⁰。

高齢者における熱中症の将来予測については、熱中症の発生率を予測した研究（MIROC を使用）において、2031～2050 年、2081～2100 年の対 1981～2000 年比の増加率を年齢別にみると、65 歳以上の高齢者で最も大きく、将来の人口高齢化を加味すれば、その影響はより深刻と考えられる ⁵¹⁰²⁰⁶⁹。また、熱中症による救急搬送者数は、RCP8.5 シナリオにおいて 2000 年と比較して 2100 年には、0～64 歳の世代で 3 倍以上となるのに対して、65 歳以上の世代では 6 倍以上増加すると予測されている ⁵¹⁰²⁰⁷¹。別の研究では、人口動態も考慮した結果、基準期間（1981 年から 2000 年）と比較して、RCP2.6・4.5・8.5 シナリオ下での平均熱中症救急搬送者数は、暑熱適応を行わなかった場合に 21 世紀末（2081 年から 2100 年）に 7～17 歳で 1.02 倍、18～64 歳で 1.76 倍、65 歳以上で 5.50 倍に増加すると予想され、高齢者でより増加が大きいとされた ⁵¹⁰²⁰⁷²。

● 各地域を対象とした知見

複数地域を対象とした影響予測としては、東京都及び仙台を対象とした研究で、RCP4.5 シナリオに基づく MIROC4h を使用した予測では、東京都（特に沿岸部）及び仙台市で 2030 年代に、2000 年代と比べて WBGT の上昇に伴い熱中症が増加すること ^{5102073, 5102074}、同じく RCP4.5 シナリオに基づいて複数の気候モデルを使用した予測では、東京都 23 区と仙台市で 2050 年代に、2000 年代と比較して熱中症リスクが 2.4 倍増加することが予測されている ⁵¹⁰²⁰⁷⁵。また、東京都、愛知県、大阪府を対象とした研究では、平均気温が 2℃上昇したシナリオで、2013 年から 2019 年までの平均数と比較して、2040 年に熱中症救急搬送者数が約 2 倍になることが予測されている ⁵¹⁰²⁰⁷⁶。

個別の地域を対象とした影響予測としては、東京都を対象とした研究が多くあり、東京都において 2100 年までの間で WBGT が 28 を超える年間日数が増加し、MIROC6 と MRI-ESM-2.0 を用いたシナリオにおいて RCP2.6 であっても今後、現状（2015～2019 年）と比べて熱中症の発症者が増加することが予測されている ^{5102071, 5102077}。また、熱中症の発生増加に伴い、東京都を対象に、増加が予想される熱中症患者を利用可能な救急車で搬送することが可能かを予測した研究では、50 年に一度生じるような極端高温下において救急搬送困難事案が発生する可能性があることが予測されている ⁵¹⁰²⁰⁷⁸。また、熱中症の発生増加に伴い自治体の経済的負担（救急搬送コスト）が増加することも予測されている ⁵¹⁰²⁰⁷⁹。

高齢者への影響については、高齢者への影響については、東京都都市部における高齢者の暑熱への曝露を予測した研究では、SSP5-8.5 シナリオにおいて現在（2006～2015 年）と比較して 2090 年代には、気候変動により高齢者が暑熱へ曝露するリスクの高い地域は増加する一方で、人口減少によりリスクが懸念

される高齢者数は減少することが予測されている⁵¹⁰²⁰⁸⁰。また、東京都での熱中症による救急搬送者数については、RCP8.5 シナリオにおいて、2100 年には 2000 年と比べて 0～64 歳の世代では 3 倍以上に対して、65 歳以上の世代では 6 倍以上増加すること⁵¹⁰²⁰⁷¹、75 歳以上の高齢者を対象とした研究では、RCP4.5 及び RCP8.5 シナリオにおいて、21 世紀後半には、RCP1.9 シナリオと比較して、熱中症による救急搬送の発生率が 30%以上増加すると予測されたが、一人暮らしの高齢者が 30%減少した場合、熱中症の発生率は 15%低下すること⁵¹⁰²⁰⁸¹が予測されている。

東京都以外を対象とした研究としては、さいたま市を対象とした予測では、RCP2.6・RCP8.5 シナリオ（MRI-CGCM3 モデル）において、21 世紀中頃かつ社会経済条件を現在のままとした場合には、現在（1981～2000 年）と比較して最大約 1.4 倍、21 世紀中頃かつ将来想定される社会経済条件では最大約 1.6 倍、21 世紀末には RCP2.6 シナリオでは最大約 1.7 倍、RCP8.5 シナリオでは最大約 2.5 倍、熱中症リスクが増加すること⁵¹⁰²⁰⁸²、福岡市を対象とした予測では、RCP8.5 シナリオ（MRI-NHRCM02 モデル）において、夏季の平均気温の上昇に伴い、21 世紀末の熱中症リスクは現在の 3～4 倍になること、都市のヒートアイランド現象により、中心市街地での熱中症リスクが住宅地の 1.2 倍になること⁵¹⁰²⁰⁸³、大阪市を対象とした予測では、RCP8.5 シナリオ（MRI-ACGCM3.2 モデル）において、WBGT の増加に伴い、21 世紀末には熱中症搬送者数が現在と比較して 3 倍以上になること⁵¹⁰²⁰⁸⁴、が予測されている。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

特に強い影響を受ける対象については、年齢別にみると、65 歳以上の高齢者の熱中症による救急搬送者・熱中症死亡者が多く、熱中症による救急搬送者数や死亡数が増加傾向にある。また、世帯当たり消費支出が低いほど熱中症発生率が高いことが報告されている。将来の熱中症救急搬送の発生率を予測した研究においては、2031～2050 年、2081～2100 年の熱中症発生率の増加率を年齢別にみると、65 歳以上の高齢者で最も大きくなると予想されている。

特に強い影響を受ける地域としては、熱中症警戒アラートが発表される暑さにおける人口当たりの熱中症の救急搬送者数が夏季の日最高 WBGT の平均値が低い地域ほど多いこと、日本国内において夏季における WBGT の平均値が高い地域の方が低い地域よりも熱中症リスクが低かったことが報告されている。将来の熱中症リスクを予測した研究では、中部以西の多くの地点では「運動は原則中止」となる WBGT が 31 以上の日数が 8 月中に 20 日を越えるようになること、ヒートアイランド現象の影響を受ける中心市街地で住宅地よりも熱中症リスクが増加することが予測されている。

（適応策とその効果）

暑熱に関する適応策は共通しており、小項目「死亡リスク」の（適応策とその効果）を参照のこと。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】 高温による熱中症救急搬送人員数の増加傾向が既に発生している。その影響の範囲として 2024 年には全国で過去最高の 9 万 7 千人以上を記録し、特に高齢者において熱中症の救急搬送者数や死亡数の増加傾向が確認されているなど、多くの人命の損失や重症者が発生しており、影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】 影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】 気温や WBGT の上昇による熱中症救急搬送人員数の増加が予測されており、その影響の範囲として全国で現在の 1.8 倍に増加するとされるなど、多くの人命の損失や重症者の発生が予測され、影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】 影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 影響の事例が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】 気温や WBGT の上昇による熱中症救急搬送人員数の増加が予測されており、その影響の範囲として全国で現在の 4.5 倍に増加するとされるなど、多くの人命の損失や重症者の発生が予測され、影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】 影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 影響の事例が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】 重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 重大な影響が既に生じており、指定暑熱避難施設（クーリングシェルター）の設置などの適応策が一部で進められているが、エアコンの使用やこまめな水分補給など個人の対策の推進と、教育現場や労働環境における適切な指導・管理などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】 影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(3) 疾病発生・悪化、死因別死亡リスク

ここでは、暑熱による影響のうち疾病発生・悪化リスクを扱い、対象とする疾病には循環器疾患、腎・泌尿器疾患、呼吸器疾患、消化器疾患などを含む。また、死因別死亡リスクとして院外心停止や外因死（交通事故、転倒・転落、溺死）を含む。自殺については小項目「メンタルヘルスへの影響」で扱う。

（現在の状況）

〔概要〕

- 高温による、循環器疾患、腎・泌尿器疾患、呼吸器疾患、消化器疾患等による死亡率、入院リスク、救急搬送の増加が見られている。
- 交通事故について、高温によるリスク増加が、転倒・転落、溺死については、特定の気温以上のとき高温によるリスク増加が見られている。
- 高齢者においては、気温の上昇により循環器疾患の発症や死亡、院外心停止が増加している。また、小児や胎児（妊婦）においても高温による各種健康影響リスクの増加が見られている。その他に、気温が高い日における、糖尿病患者の合併症による入院の増加が見られている。

● 海外を対象とした知見

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、気候により影響を受けやすい非感染性疾患として非感染性呼吸器疾患、心血管疾患、糖尿病を含む内分泌疾患を挙げており、気候変動は高温・猛暑などのメカニズムを通じて心血管疾患リスクに影響を与え（確信度が中程度）、いくつかの非感染性呼吸器疾患はその曝露経路から気候変動に敏感であるとしている（確信度が非常に高い）^{5103001, 5103002}。また、糖尿病患者は熱関連疾患及び死亡のリスクが高く（確信度が中程度）、暑さが早産、低出生体重児、死産と関連していることが示されている^{5103003, 5103004}。WHO による報告では、極端な暑さは、心血管疾患、呼吸器疾患、糖尿病関連疾患などの慢性疾患の悪化や急性腎障害を引き起こす可能性があるとして報告されている⁵¹⁰³⁰⁰⁵。欧州地域においても熱波の頻度と強度の増加が観測されており、特にヒートアイランド現象がみられる都市部において熱波が人々の健康に重大な影響を与えていること、その影響は暑さに直接関係する疾病（熱ストレス、脱水、熱射病）及び間接的に関係する疾病（心血管疾患、呼吸器疾患、腎臓疾患、電解質異常の悪化など）にみられることが報告されている⁵¹⁰³⁰⁰⁶。

個別の報告について、複数国を対象とした研究では、24 カ国を対象とした研究で、暖候期の平均気温が上昇すると、循環器疾患死亡率や呼吸器疾患死亡率が増加したこと⁵¹⁰³⁰⁰⁷、27 カ国を対象とした研究で、極端に気温が高い日に循環器疾患死亡リスクが増加したこと⁵¹⁰³⁰⁰⁸が報告されている。また、その他複数の研究で、高温と虚血性心疾患、脳卒中、心不全、不整脈のリスク増加に関連が見られたことが報告されている⁵¹⁰³⁰⁰⁹。

単一の国を対象とした研究では、米国を対象とした研究で、熱波が発生した日における、熱射病、日射病、熱疲労などによる入院リスクの増加が見られた⁵¹⁰³⁰¹⁰。2000 年代に発生した熱波では、オーストラリアや米国において電解質異常や腎不全による救急外来受診や入院の増加が確認されている^{5103011, 5103012}。

労働者を対象とした報告としては、世界労働機関の報告では、職場における過度の暑さへの曝露による慢性腎臓病患者が世界で 2,620 万人発生しているという推計がされている⁵¹⁰³⁰¹³。同報告書では 30 カ国を対象とした研究で、職場で過度の暑さにさらされる労働者の 35%が生理的負担を経験したと報告する

研究結果が紹介されている [5103014](#))。

脆弱性の高い集団についての研究としては、米国では、1999～2010 年に 65 歳以上を対象とした研究があり、85 歳以上と 65～74 歳で高温による体液減少及び熱疲労のリスクが高いと報告されている [5103010](#))。高齢者については、高温環境は脱水や電解質異常から急性腎障害を起こすだけでなく慢性腎障害にも影響を与えるが、これらの影響は特に高齢者で顕著にみられるとされている [5103015](#), [5103016](#), [5103017](#), [5103018](#))。米国における別の研究では、熱波の慢性疾患への影響について、末期腎不全患者の入院や死亡のリスク増加と関連し、特に心不全、慢性閉塞性肺疾患、糖尿病をもつ末期腎不全の患者において、死亡のリスク増加と関連したという報告がある [5103019](#))。ペルーでは、エルニーニョが発生した年に、小児の下痢患者数が 200%増加、さらには妊婦が暑熱に曝露されることによって、低体重出生や妊娠合併症が増加したことが報告されている [5103020](#))。

● 日本全国を対象とした知見

日本の全国のデータを用いた解析では、気温の上昇や変動が様々な疾病の発症や救急搬送、入院や死亡のリスクに影響を与えることが多くの研究で示されている。

各種疾病の発症や救急搬送、入院について解析した研究としては、救急搬送のデータを用いて気温と各種疾病の発症・救急搬送の関連性を研究した事例では、高温・低温が心血管疾患や呼吸器疾患の発症・救急搬送と関係することが報告されている [5103021](#), [5103022](#), [5103023](#))。猛暑による心不全の入院リスクの増加や [5103024](#))、気温の上昇や低下に伴う急性胆嚢炎の入院数の増加も報告されている [5103025](#))。近年では、高温により泌尿器系疾患による救急搬送リスクが増加していることも報告されている [5103026](#))。

各種疾病による死亡について解析した研究としては、心血管系疾患や呼吸器疾患などによる死亡リスクについては、熱帯夜当日にリスクが増加し、その影響は 2 週間は持続すること、初夏の死亡リスクは晩夏よりも高いことを報告した研究がある [5103027](#))。神経系疾患による死亡については、気温の低下は死亡率と関連しているが、暑さとは関連していないとする報告がある [5103028](#))。全国を対象に、温度が死亡に与える影響を評価した研究では、2015～2019 年の暑さによる循環器疾患死亡は 11,000 人以上、呼吸器疾患死亡は 2,600 人以上だったと推定されている [5103029](#))。

外因死（交通事故、転倒・転落、溺死）について調査した研究では、気温と外因死との関連について、交通事故は気温が上昇するにつれてリスクが単調に増加した一方で、転倒と溺死はそれぞれ J 型及び U 型の曲線を示した。また、転倒・溺死の暑熱リスクは北部の都道府県で高かった [5103030](#))。別の研究では、15 歳未満の若年層において気温の上昇とともに非自殺外因死が増加する傾向にあること、15～64 歳、65 歳以上では非自殺外因死と気温に U 字又は V 字の関係性があること示された [5103031](#))。

交通事故と気温の関係を評価した研究では、1972 年から 2000 年にかけて気温による交通事故死亡のリスクが低下したが、2001 年から 2019 年にかけてはリスクのわずかな増加が見られた。その要因として、気温が高いと屋外に出る人が増え、交通量やアルコール消費量が増加することとの関係性も示唆されている [5103032](#))。東京都を対象とした研究では、高温や降水といった気象要素と、交通事故等も含めた外傷患者の搬送者数に関連がみられている [5103033](#))。

● 日本の各地域を対象とした知見

複数地域を対象とした研究として、東京 23 区、大阪市、名古屋市では、夏季の高温で虚血性心疾患による死亡リスクは増加したが、不整脈、心不全、出血性脳疾患、脳梗塞による死亡リスクに増加はみられ

ず、気温の変化によって受ける影響が疾患ごとに異なることが報告されている⁵¹⁰³⁰³⁴⁾。

● 高齢者への影響

高齢者を対象とした研究としては、岡山市の65歳以上を対象とした研究では、梅雨明け後の1カ月間、気温が1℃上昇するごとに、循環器疾患の発症リスクが30～40%有意に高くなると報告されている⁵¹⁰³⁰³⁵⁾。東京23区の高齢者を対象とした研究では、虚血性心疾患の死亡リスクは高温に長期間さらされると高まることが報告され、また、日中の気温が高い日に活動的な高齢者の虚血性心疾患の死亡リスクが高いことが示唆されている⁵¹⁰³⁰³⁶⁾。東京、大阪、福岡県において40歳以上の心疾患による院外心停止患者を対象とした研究では、80歳以上の高齢者において気温の上昇と院外心停止の増加に関連が見られたこと報告されている⁵¹⁰³⁰³⁷⁾。大阪府における呼吸器疾患（COPD）患者の高齢者を対象とした調査では、睡眠時の暑熱環境が呼吸困難感と身体の調子の低下につながることを報告されている⁵¹⁰³⁰³⁸⁾。奈良県のフレイル（虚弱）高齢者9名を対象に睡眠と寝室温度環境の実態調査を行った研究では、夏期に寝室温度が高くなるほど姿勢変更回数や中途覚醒回数が増えたことが報告されている⁵¹⁰³⁰³⁹⁾。

一方で、福岡市を対象に、暑熱による急病発生に伴う救急搬送と気温との関係性を年齢別に見た事例では、高齢者と比較して、屋外で暑熱環境に曝露される可能性が高い20代～60代の年代でよりリスクが高いとの報告がある⁵¹⁰³⁰²²⁾。

● 小児・胎児（妊婦）への影響

小児への影響については、兵庫県神戸市における調査では、高温は小児が夜間頭痛で救急外来を受診する主な要因であったことが報告されている⁵¹⁰³⁰⁴⁰⁾。埼玉県熊谷市の小中学校を対象とした研究では、保健室来室者割合と各地点の全地点平均からの湿度差との相関係数は有意であったが、気温差との相関係数は有意でなかった。また、湿度が高い地域では、保健室来室者の割合が多かった⁵¹⁰³⁰⁴¹⁾。

胎児（妊婦）への影響については、日本全国の気温と単胎早産の関連を解析した研究において、高温と低温の両方で単胎早産のリスクが増加することが報告された⁵¹⁰³⁰⁴²⁾。年間気温の変動と新生児の男児対女児比の関連についても検討されているが、国外の知見と比較して結果は一致していない⁵¹⁰³⁰⁴³⁾。

● 基礎疾患有病者への影響

基礎疾患有病者への影響についての報告としては、全国の糖尿病患者の入院データを用いた研究では、気温の高い日（連続3日間）には、糖尿病の合併症による入院リスクが増加することが報告された⁵¹⁰³⁰⁴⁴⁾。一方で、10都道府県の神経系疾患（主要な神経変性疾患、アルツハイマー病、パーキンソン病）に関連した死亡率を解析した研究では、寒さは神経系疾患に関連した死亡率と関連していたが、暑さとは関連はみられなかった⁵¹⁰³⁰²⁸⁾。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 虚血性心疾患の死亡リスクが、RCP8.5シナリオにおいて21世紀半ばには2009～2019年と比較して29～35%増加すると予測されている。
- 暑熱に関連した超過院外心停止罹患率は、RCP8.5シナリオにおいて21世紀末には2010～2019年と比較して2%増加すると予測されている。

- 国内外を対象とした知見

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、気候変動は、21 世紀末までに心血管疾患による熱関連死亡を増加させると予測されており、特に高排出シナリオ下でその傾向が顕著になるとされている（確信度が高い）⁵¹⁰³⁰⁴⁵。

個別の報告においては、日本を含む 17 カ国対象とした研究では、将来にわたって、気温上昇により心血管疾患による死亡者数が増加することが予測されて⁵¹⁰³⁰⁴⁶、東アジアの 3 カ国（日本、中国、韓国）を対象とした研究では、暖候期の日平均気温と脳卒中死亡率との関連について、2010 年代と比べて 2090 年代に、至適気温（死亡リスクが最も低くなる気温）と比較して気温が高いほど死亡リスクは増加することが予測された⁵¹⁰³⁰⁴⁷。

- 日本を対象とした知見

47 都道府県を対象とした研究では、暑熱に関連した超過院外心停止罹患率は、RCP4.5 シナリオでは 2010～2019 年の 0.3%から、2090～2099 年には 1.0%に、RCP8.5 シナリオでは 2010～2019 年の 0.4%から、2090～2099 年には 2.4%になると予測されている⁵¹⁰³⁰⁴⁸。また、東京都における虚血性心疾患死亡リスクに対する気候変動の影響を評価した研究では、RCP8.5 シナリオにおいて、2009～2019 年のリスクと比較して、2045～2055 年に平均 29～35%増加すると予測されている⁵¹⁰³⁰⁴⁹。複数の SSP シナリオに基づく死亡率、救急搬送率を推計した研究では、SSP2-4.5、SSP3-7.0、SSP5-8.5 シナリオにおいて、2010 年代と比較した 2090 年代の高温による循環器疾患の死亡率（超過死亡数/人口）、救急搬送率（超過救急搬送数/人口）の増加が予測された⁵¹⁰³⁰⁵⁰。

- 小児・胎児（妊婦）への影響

小児影響についての科学的知見は十分ではなく^{5103020, 5103051}、IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書においても、母体の暑熱曝露は、胎児の成長や先天異常を含む、母体・胎児・新生児の健康影響のリスク要因であることが知られているが、この分野の研究は非常に限られており、さらなる研究が必要であるとしている⁵¹⁰³⁰⁵²。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

特に強い影響を受ける対象としては、高齢者、小児・胎児（妊婦）、基礎疾患有病者についての報告がある。

高齢者については、高齢者を対象とした複数の研究では、気温の上昇と各種疾患の発症及び死亡リスクが上昇することが報告されているが、年齢区分ごとの解析を行った研究では、80 歳以上でのみ気温上昇による院外心停止の増加が見られたとする報告がある一方で、気温上昇による救急搬送については、高齢者よりも 20～60 代においてリスクが高いとする報告もある。

小児・胎児（妊婦）については、小児を対象とした研究では、高気温は小児が夜間頭痛で救急外来を受診する主な要因であったことが報告されており、胎児（妊婦）への影響については、高温と低温の両方で単胎早産のリスクが増大することが報告されている。

基礎疾患有病者については、暑熱への曝露は糖尿病患者の合併症による入院を増加させること、統合失調症、慢性腎臓病、虚血性心疾患有病者の高温による全死亡者は他の疾患の有病者と比べて高かったこ

と、特に慢性疾患の有病数が3つ以上の場合は有病数がそれ未満の場合と比べて高温による死亡が増加したことが報告されている。

(適応策とその効果)

暑熱に関する適応策は共通しており、小項目「死亡リスク」の(適応策とその効果)を参照のこと。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状(約1℃上昇)	約1.5～2℃上昇時	約3～4℃上昇時	
重大性：レベル3 確信度：レベル3	重大性：レベル3 確信度：レベル2	重大性：レベル3 確信度：レベル2	緊急性：レベル3 確信度：レベル3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル3

◇ 【社会】気温上昇による循環器疾患、腎・泌尿器疾患、呼吸器疾患、消化器疾患等による死亡率、入院リスク、救急搬送数の増加、交通事故の増加が既に発生している。その影響の範囲は日本各地に及び、多くの人命の損失や重症者が発生するなど、影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル3

◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル3

◇ 【社会】気温上昇による循環器疾患等の死亡・院外心停止リスクの増加傾向が予測されており、その影響の範囲として現在と比べて数十%リスクが増加する疾患があり、多くの人命の損失や重症者の発生が予測され、影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル2

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル3

◇ 【社会】気温上昇による循環器疾患等の死亡・院外心停止リスクの増加傾向が予測されており、その影響の範囲として現在と比べて数十%リスクが増加する疾患があり、多くの人命の損失や重症者の発生が予測され、影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル2

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】 重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 重大な影響が既に生じており、指定暑熱避難施設（クーリングシェルター）の設置などの適応策が一部で進められているが、エアコンの使用やこまめな水分補給など個人の対策の推進と、教育現場や労働環境における適切な指導・管理などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】 影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

【感染症】

(1) 水系・食品媒介性感染症

ここでは、水や食物などの媒介物を通して発生する感染症リスクを取り扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 気温上昇により、ロタウイルス流行時期が日本各地で長期化していることが確認されている。
- 外気温と感染症リスクの関係性について、感染性胃腸炎のリスクは 13℃未満の環境では外気温が上昇するごとに増加し、13℃以上の環境では外気温が上昇するごとにリスクが低下する。
- 海水表面温度の上昇により、夏季に海産魚介類に付着する腸炎ビブリオ菌数が増加する傾向が日本各地で見られている。また、腸炎ビブリオの検出数が増加する海水表面温度 20℃の北限線は年々北上する傾向が見られている。

● 国内外を対象とした知見

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書において、水系感染症について、気温の上昇（確信度が非常に高い）、大雨（確信度が高い）、洪水（確信度が中程度）、干ばつ（確信度が低い）が下痢性疾患の増加と関連するという証拠が増えつつあること、降雨量が多く気温が平年より高いことがコレラ⁵¹のリスク増加と関連していること（確信度が非常に高い）、降雨量の増加、温暖化、干ばつ頻度の増加などは、他の消化器感染症のリスク上昇と関連していること（確信度が高い）⁵²⁰¹⁰⁰¹。食品媒介性感染症については、気温・水温上昇や夏季の長期化が食品媒介感染症の増加と関連していることが報告されている（確信度が非常に高い）⁵²⁰¹⁰⁰²。米国の報告書においては、高温及び豪雨や洪水は、下痢性疾患の増加に関連しており、レプトスピラ症⁵²やクリプトスポリジウム症⁵³など、その他の細菌及び寄生虫感染症を増加させる可能性があるとして報告されている⁵²⁰¹⁰⁰³。

個々の知見では、世界を対象にした研究において、気温の上昇に伴い、非チフス性サルモネラ感染症⁵⁴、細菌性赤痢⁵⁵、カンピロバクター感染症⁵⁶、コレラ、大腸菌性腸炎⁵⁷、腸チフス⁵⁸の発症リスクが増加し、ロタウイルス性腸炎⁵⁹及びノロウイルス性腸炎⁶⁰の発症リスクが低下することが報告されている⁵²⁰¹⁰⁰⁴。また、日本、香港、台湾を対象とした研究では、外気温の低下により急性下痢症発生率が増加し、11℃で発生率が最大になることが報告されている⁵²⁰¹⁰⁰⁵。

● 日本を対象とした知見

日本各地を対象とした研究では、気温の上昇と感染症の流行について、1981～2008 年までの乳幼児の

⁵¹ コレラ菌で汚染された水や食物を摂取することで感染する感染症で、下痢を主症状として発症する

⁵² 水や土壌から経皮感染する細菌感染症で、風邪様症状から出血や腎障害まで多様な症状がみられる

⁵³ 水や食物を介した腸管寄生原虫による感染症で、下痢などの症状を引き起こす

⁵⁴ チフス菌以外のサルモネラ菌によって発生する、我が国で代表的な食中毒の一つ

⁵⁵ 汚染された手指等や、水系感染によって感染する赤痢菌による感染症で、下痢や血便などが現れる

⁵⁶ カンピロバクター属菌への感染により引き起こされる下痢、腹痛、発熱を呈する急性胃腸炎

⁵⁷ 大腸菌で汚染された水や食物を摂取することで発症する胃腸炎

⁵⁸ チフス菌で汚染された水や食物を摂取することによる全身性感染症で、一般のサルモネラ感染症とは区別される

⁵⁹ 汚染された手指等から感染する急性感染性胃腸炎で、特に小児の死亡者・罹患者が多い

⁶⁰ 主に経口感染の急性感染性胃腸炎で、嘔吐や下痢などの症状を引き起こす

ロタウイルス感染の長期的な傾向を分析した研究では、外気温上昇により、ロタウイルス流行時期が長期化していることが確認されている⁵²⁰¹⁰⁰⁶⁾。外気温と感染症リスクの関係性について、感染性胃腸炎のリスクは13℃未満の環境では外気温が上昇するごとに増加するが、13℃以上の環境では、外気温が上昇するごとに逆にリスクが低下することが報告されている^{5201007, 5201008)}。

海水表面温度と感染症の流行については、日本各地で海水表面温度の上昇により、夏季に海産魚介類に付着し、感染すると下痢・腹痛や皮膚疾患等を起こす腸炎ビブリオ菌数が増加する傾向が見られている^{5201009, 5201010, 5201011)}。また、腸炎ビブリオ菌数と海水表面温度及び塩分には正の相関があり、海水表面温度が20℃以上になると検出数が増加するが、この20℃の北限線は近年北上する傾向もみられている^{5201012, 5201013)}。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- RCP シナリオを用いた予測では、RCP4.5 シナリオ及び RCP8.5 シナリオで、2010 年代と比較して 21 世紀末にかけて日本全国で下痢症の罹患率が低下することが予測されている。低下するのは特に冬季のロタウイルス等のウイルス性の下痢症とされている。

● 国内外を対象とした知見

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書においては、水系感染症について、気候変動は適応策がない場合には、将来的な下痢性疾患による追加的な死亡と死亡率の増加に寄与し（確信度が中程度）、他の様々な水系感染症や寄生虫に関連する将来の健康リスクを増加させると予想され、その影響は地域によって異なり（確信度が中程度）、特に大雨や洪水が増加すると予測される地域では、カンピロバクター感染症やその他の腸管感染症のリスクが上昇する可能性がある（確信度が中程度）⁵²⁰¹⁰¹⁴⁾。食品媒介性感染症については、気温の上昇により細菌の増殖が加速するため、サルモネラ感染症の発生率が増加すると予想されている（確信度が中程度）⁵²⁰¹⁰¹⁵⁾。

個々の知見においては、全世界を対象とした研究では、下痢症について、SRES シナリオを用いた予測では、気候変動により高所得地域を除いたアフリカ・アジアで、すべてのシナリオで 2000 年と比べて 2030 年ごろに最も増加することが予測されている⁵²⁰¹⁰¹⁶⁾。別の研究では、東アジア・太平洋地域と中南米・カリブ海地域で、RCP2.6 シナリオにおいて、1990～2005 年と比べてロタウイルス性腸炎やノロウイルス性腸炎などの腸管感染症による死亡が大幅に減少することが予測されている⁵²⁰¹⁰¹⁷⁾。

● 日本を対象とした知見

日本全国を対象とした予測において、RCP4.5 シナリオ及び RCP8.5 シナリオで、2010 年代と比較して 21 世紀末にかけて下痢症の罹患率が低下することが予測されている。ただし、低下するのは特に冬季のロタウイルス等のウイルス性の下痢症とされており、夏季の細菌性の下痢症に対する対策は必要となる点に留意する必要がある^{5201018, 5201019)}。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

本整理では、特に強い影響を受ける地域・対象に関する知見は確認できていない。

(適応策とその効果)

代表的な適応策としては、食品衛生法に基づく衛生管理や、各地の公設研究機関における水質を含む漁場環境のモニタリングが実施されている [5201020](#)。その他、IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、一般保健システムの強化への投資拡大と、特定の気候に敏感な曝露（例：災害早期警報・対応システム、ウイルス媒介性疾患に対する統合的なベクター管理プログラム）に対する防護を強化するための的を絞った投資は、気候変動のペースに少なくとも追いつく形で実施されれば、レジリエンスを高めると示唆している（確信度が高い）[5201021](#)。また新たなワクチン開発・導入により感染症への罹患や死亡の低減が期待される [5201004, 5201017](#)。

適応策の効果については、具体的な知見は認められなかった。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1°C 上昇）	約 1.5～2°C 上昇時	約 3～4°C 上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 2	重大性：レベル 1 確信度：レベル 2	重大性：レベル 1 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 1 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

- ✧ 【社会】気温の上昇に伴うロタウイルス流行時期の長期化、海水表面温度の上昇による海産魚介類に付着した腸炎ビブリオ菌数の増加などが既に発生しており、その影響の範囲は日本各地へ及んでいるが、気候変動による人命の損失や重症者、多くの軽症者が発生していることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 2

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 1

- ✧ 【社会】冬季のウイルス性下痢症は減少することが予測されており、気候変動による人命の損失や重症者、多くの軽症者の発生が予測されることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 2

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3～4°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 1

- ✧ 【社会】冬季のウイルス性下痢症は減少することが予測されており、気候変動による人命の損失や重症者、多くの軽症者の発生が予測されることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 2

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 1

◇ 【影響の発現時期】 重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が低い。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 —

➤ 確信度：レベル 2

◇ 【知見の種類・量等】 影響の発現時期が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】 影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(2) 節足動物媒介感染症

ここでは、感染症を媒介する蚊やダニ等の分布・個体群密度・活動の変化や、それに伴う感染症リスクを取り扱う。感染症に関連しない昆虫等の刺咬被害は、国民生活・都市生活分野の「健康的な暮らし」で扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- デング熱やチクングニア熱などの蚊媒介感染症の国内への輸入感染症例が毎年報告されており、2019年にデング熱の国内感染例、2024年にも国内感染が疑われる事例が発生している。
- デング熱を媒介する蚊（ヒトスジシマカ）の生息域が徐々に北上し、2016年以降に青森県まで拡大していることが確認されている。また、これまで日本には分布していなかった外来性の日本脳炎媒介蚊（ニセシロハシエカ等）が1990年以降石垣島で、2002年には沖縄本島でも確認されている。
- マダニにより媒介される日本紅斑熱、重症熱性血小板減少症候群（SFTS）の全国的な報告件数の増加や発生地域の拡大が確認されている。

● 海外を対象とした知見

IPCC 第6次評価報告書第2作業部会報告書において、第5次評価報告書以降、デング熱⁶¹、マラリア、その他の蚊媒介性疾患について、温暖化や蚊の媒介能力向上によって感染地域が拡大しているという証拠が増えているとされ（確信度が非常に高い）、また、気候変動は北米やヨーロッパにて、ライム病⁶²やダニ媒介脳炎⁶³を媒介するマダニの分布拡大に寄与しているとされる（確信度が中程度～高い）⁵²⁰²⁰⁰¹。温帯気候である英国の気候変動リスク評価書では、蚊媒介感染症が英国で定着するリスクは不確実性があり、リスクを推定するのは現時点では困難であるとしている⁵²⁰²⁰⁰²。

個々の知見では、日本以外のアジア地域において、気温上昇が蚊媒介感染症の発症や、蚊の生態変化に影響していることが多く報告されている。香港を対象とした研究では、デング熱発症と、月平均気温予測値は年間症例数と正の相関を示し、総降雨量予測値は負の相関を示した⁵²⁰²⁰⁰³。中国南部を対象とした研究では、デング熱発症率は、平均気温、月別降水量とそれぞれ正の相関関係が見られた⁵²⁰²⁰⁰⁴。

蚊の気候への適応に関する知見として、南米の温帯地域において、本来熱帯地域にのみ生息していたネッタイシマカの、気温や降水量の変化に伴わない分布拡大や定着が確認されており、実際にデング熱の症例数が増加している地域があると報告されている^{5202005, 5202006, 5202007, 5202008, 5202009}。温暖化だけではなく、蚊の環境への適応による我が国のデング熱発生リスクの増加も懸念される。

● 日本を対象とした知見

国内への蚊媒介感染症の流入については、デング熱やチクングニア熱⁶⁴等の国内への輸入感染症例が毎年報告されている^{5202010, 5202011, 5202012, 5202013}。2014年夏には都内の公園を中心に多数の人がデング熱を

⁶¹ ヤブカ属によって媒介されるデングウイルスの感染症で、比較的軽症のデング熱と、重症型のデング出血熱がある

⁶² マダニによって媒介される細菌感染症で、紅斑が生じ、インフルエンザ様症状を伴うこともある

⁶³ マダニによって媒介されるウイルス感染症で、発熱、頭痛などを発症し、髄膜脳炎に進行する

⁶⁴ ヤブカ属によって媒介されるチクングニアウイルスの感染症で、通常は非致死性の発疹性熱性疾患である

発症する事象が発生しており⁵²⁰²⁰¹⁴⁾、2019 年にもデング熱の国内感染事例が関西地方で確認され、2024 年にも国内感染が疑われる事例が発生している⁵²⁰²⁰¹⁵⁾。このことは、日本で定着していない病原体が海外から日本に侵入し、それが日本で感染症流行を引き起こすリスクがあることを示している。新型コロナウイルス感染症流行下の渡航制限で大幅に減少した日本人渡航者数は 2022 年 4 月以降回復してきており、それに伴い日本国内の輸入デング熱症例数は増加しつつある⁵²⁰²⁰¹⁶⁾。2024 年の年間訪日外客数は 3,687 万人で年間過去最高を更新しており⁵²⁰²⁰¹⁷⁾、海外からの日本への入国者の増加によって、これらの病原体に感染している人の入国事例が増すと予想される。地域の傾向については、デング熱の国内輸入状況リスクの解析によると、宮崎県、鹿児島県、長崎県、沖縄県といった沿岸部南部の県で最も発生リスクが高いという報告がある⁵²⁰²⁰¹⁸⁾。

日本に定着していない感染症媒介蚊の侵入について、2012 年に成田国際空港で初めてネッタシマカが捕獲されて以来、中部国際空港、東京国際空港（羽田）でも捕獲例があり、国際便での侵入が散発的に行われていると考えられる⁵²⁰²⁰¹⁹⁾。

蚊の分布域については、デングウイルス等の媒介生物であるヒトスジシマカの生息域は、1950 年以降、東北地方を徐々に北上し、2016 年以降には青森県で定着が確認されている^{5202020, 5202021, 5202022, 5202023)}。感染症媒介蚊の分布域拡大、またデング熱やチクングニア熱を媒介するヒトスジシマカの個体群密度は全国的に高いが、特に都市部で高いことを鑑みると⁵²⁰²⁰²⁴⁾、輸入感染症例から国内での感染連鎖が発生するリスクが高まることが懸念される。また、これまで日本には分布していなかった外来性の日本脳炎媒介蚊（ニセシロハシエカ等）が 1990 年以降石垣島で、2002 年には沖縄本島でも確認されている⁵²⁰²⁰²⁵⁾。

蚊の活動可能期間については、関東地方にてヒトスジシマカが 12 月を過ぎても観察されたという報告があり、日本でのデング熱流行のリスク期間が長くなっていることが示唆される⁵²⁰²⁰¹⁹⁾。

国内のダニ媒介感染症の発生状況については、日本紅斑熱が全国的に増加傾向にあり、発生地域も拡大している⁵²⁰²⁰²⁶⁾。また、マダニの活動が停滞する冬季を含め、年間を通して患者が発生している。ダニの一種であるツツガムシによって媒介されるつつが虫病⁶⁵⁾については、依然として多くの患者が発生しており、山形県では発生件数と前年度の平均気温・降水量・降雪量・積雪量との間に正の相関性があることが報告されている⁵²⁰²⁰²⁷⁾。さらに、2013 年 1 月に日本でダニ媒介感染症である重症熱性血小板減少症候群（SFTS）⁶⁶⁾の流行が確認され、気候変動との関連は不明であるが年々患者報告数が増加し、2021 年以降は毎年 100 名を超える患者が報告され、2025 年は過去最高の 183 名（2025 年 11 月 2 日時点）の患者が報告されている。また、推定感染地域については、これまで西日本が中心であったが、2025 年には神奈川県、岐阜県、北海道、茨城県、栃木県が新たに追加されている^{5202028, 5202029)}。

近年、ニホンジカやイノシシの分布の北上が確認されており、それらの野生動物にマダニも寄生することから、マダニの生息域及びダニ媒介感染症の流行域変化の可能性がある⁵²⁰²⁰³⁰⁾。新潟県において、1956 年と 2018 年のマダニの種類と個体数を比較した研究で、マダニの種の多様性が増加したと報告され、低緯度地域を中心に生息するマダニの拡大に関しては、気温の上昇や、宿主であるイノシシの分布拡大が関連している可能性がある⁵²⁰²⁰³¹⁾。

⁶⁵ 高熱と発疹を伴うダニ媒介感染症

⁶⁶ 発熱、消化器症状に加え、神経症状や出血症状なども引き起こすダニ媒介感染症。致死率は 6.3～30%と報告されている。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- デング熱については、流行可能地域が日本全域に拡大することが予測されている。
- デング熱やチクングニア熱の主要な媒介蚊であるヒトスジシマカの分布可能域について、RCP8.5 シナリオを用いた予測では、21 世紀末には日本の国土の約 75～96%にまで分布が広がる可能性があるとしてされている。また、活動開始時期が早期化する可能性がある。
- RCP4.5 や RCP8.5 シナリオでは、既に流行確率が高いとされている 7 月や 8 月に加えて、6 月や 9 月でもデング熱の流行リスクが上昇する。また、気温の影響だけでなく、輸入感染者数（流行国からの渡航者数）の増加も大きくデング熱流行確率の上昇に寄与する。
- 日本脳炎の媒介蚊であるコガタアカイエカ及びニセシロハシイエカについても、温暖化に伴い分布域が拡大するとともに、活動時期の拡大が予測されている。

- 国内外を対象とした蚊媒介感染症

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、気候変動により、マラリア、デング熱、黄熱、チクングニア熱、ジカウイルス感染症、ライム病、ダニ媒介脳炎などを媒介する蚊やダニの分布が拡大・変化し、感染地域が拡大するとされている（感染症ごとに確信度が中程度～高い）⁵²⁰²⁰³²）。

個別の知見では、気温の上昇により、2030 年までに現在と比べてインド、ブラジル、米国、日本、ドイツで農業・漁業、流通産業といった労働集約型産業でデング熱感染リスクが増加するといった研究も見られる⁵²⁰²⁰³³）。温帯地域を対象とした RCP8.5 シナリオによる予測結果では、2080 年代までに現在と比べて南・東ヨーロッパ、北米、南アジアにジカウイルス感染症の感染リスク地域が増加し、感染シーズンはアジアの温帯地域で 5～6 カ月間に及ぶ可能性があるとしてされている⁵²⁰²⁰³⁴）。

- 日本におけるデング熱

デング熱の発生に関しては、日本の気候データセットと旅行者数を用いて、47 都道府県における将来のデング熱の発生リスクを調べた研究では、東京都、神奈川県、大阪府といった旅行者数と人口の多い都道府県で発生リスクが高いと予測されている⁵²⁰²⁰³⁵）。RCP8.5 シナリオでの予測では、2030 年には北海道と東北地方にはデング熱の伝播リスクのある地域はみられないが、2050 年には北海道を除く日本全国の沿岸部から内陸部へ拡大し、2100 年には北海道全域にも拡大することが予測された⁵²⁰²⁰³⁶）。また、1990 年から 2100 年にかけて、日本において既にデング熱の流行確率が高いとされている 7 月や 8 月に加えて、気温上昇により 6 月や 9 月でも流行リスクが増加することが示されている。加えて、気温の影響だけでなく、流行国からの渡航者数の増加がデング熱の流行確率の増加に大きく寄与することが示唆されている⁵²⁰²⁰³⁷）。

- 日本における蚊の分布域

デング熱やチクングニア熱の主要な媒介蚊であるヒトスジシマカについては、分布域を予測した研究（MIROC5、MRIC-GCM3.0 等を使用）によれば、全国的な傾向として、現状ではヒトスジシマカの分布域は国土の約 40%弱であるが、21 世紀末の RCP8.5 シナリオ下においては、国土全体の約 75～96%に達すると見込まれる⁵²⁰²⁰³⁸）。さらに、MIROC K1 モデルによる解析結果では、21 世紀末までに、日平均気温がヒトスジシマカの生育に必要な 11℃以上になることで、現在では侵入・定着が確認されていない

北海道南部においても、生息が拡大する可能性が示唆されている⁵²⁰²⁰³⁹⁾。

感染症の流行が予想される時期についての報告もあり、ヒトスジシマカの活動開始時期は初春期の平均気温と相関があり、気温上昇が進めば、活動開始時期が早期化することが予測されている⁵²⁰²⁰⁴⁰⁾。関東地域を対象に活動期間を予測した調査では、気温上昇に伴い、ヒトスジシマカの活動期間は21世紀中頃に5カ月～5カ月半の地域が増加し、21世紀末には6カ月程度活動する地域も出現することが予測されている(MIROC5、RCP8.5シナリオによる予測結果)⁵²⁰²⁰⁴¹⁾。

日本脳炎の媒介蚊であるコガタアカイエカ及びニセシロハシイエカの分布のうち、コガタアカイエカは、温暖化に伴い北方へと拡大する可能性が示唆されており⁵²⁰²⁰³⁸⁾、関東地域を対象に活動期間を予測した調査では、気温上昇に伴い、21世紀末にはアカイエカが7カ月以上活動する地域が出現することが予測されている(MIROC5、RCP8.5シナリオによる予測結果)⁵²⁰²⁰⁴¹⁾。ニセシロハシイエカについても、気温上昇に伴い鹿児島県以北の地域へ分布域が拡大する可能性が指摘されている^{5202025, 5202042)}。

デング熱やジカウイルス感染症の主要な媒介蚊であるネッタイシマカについては、現在は国内には生息していないが空港への侵入がみられ、将来1月の平均気温が3℃上昇した場合、生存するために必要な冬季の気温である10℃を上回る地域は関東の沿岸地域まで北上するとされており、国内に定着する可能性がある^{5202019, 5202043)}。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

将来の節足動物媒介感染症の発生リスクに関して、デング熱については、東京都、神奈川県、大阪府といった旅行者数と人口の多い都道府県でのリスクが高くなることや、媒介蚊であるヒトスジシマカの分布域が北海道まで広がることが予測されている。日本脳炎を媒介するニセシロハシイエカについては、将来的に気温上昇に伴い鹿児島県以北の地域へ分布域が拡大する可能性が指摘されている。デング熱やジカウイルス感染症の主要な媒介蚊であるネッタイシマカについては、南西諸島を除いては定着の可能性は低いと見込まれているが、成田国際空港・中部国際空港・東京国際空港(羽田)では侵入が確認されており、空港周辺でのリスクには注意が必要である。

(適応策とその効果)

代表的な適応策については、感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律(感染症法)に基づき、感染症サーベイランス(感染症発生動向調査)により感染症の発生情報の正確な把握と分析、その結果の国民や医療関係者への迅速な提供・公開が行われている⁵²⁰²⁰⁴⁴⁾。また、感染症に関する普及啓発、ワクチン・治療法等の普及・開発が行われているが、蚊媒介感染症に特化した適応策としては推定感染地での蚊の駆除、蚊を呼び寄せない環境づくり、海外渡航時の注意点の徹底など⁵²⁰²⁰⁴⁵⁾があり、ダニ媒介感染症に特化した適応策としては野生動物管理、入山時や農作業でのダニ対策など⁵²⁰²⁰⁴⁶⁾がある。

適応策の効果に関しては、主に媒介動物からの防除に関する知見が確認できている。

蚊媒介感染症に関しては、たまり水の排除、成虫・幼虫駆除剤の散布、蚊に対する防除(夏に長袖を着る、忌避剤を使用する、蚊が多く生息している場所で過ごすことを避けるなど)に関する認識の向上も挙げられている⁵²⁰²⁰³⁶⁾。予測モデルによる推定では、蚊を直接駆除することよりも、蚊に刺されない努力にコストをかける方が効率が良いとされる⁵²⁰²⁰³⁷⁾。

ダニ媒介感染症に関しては、野生動物を適正な密度に管理することでマダニの密度を抑え、ヒトとマダニとの接触リスクを一定水準以下に抑えることができるとされる⁵²⁰²⁰⁴⁷⁾。また、野外イベント等でのリス

ク低減策として、場所を限定して医薬品医療機器等法で承認された衛生害虫用殺ダニ剤の散布の有効性が確認されている(5202048, 5202049)。個人レベルの対策としては、入山時や農作業での衣服による防護、忌避剤の使用、衣服のダニ除去などが挙げられる(5202046)。また、アライグマの SFTS 抗体保有率が増加している地域や、飼育犬の SFTS 抗体保有と SFTS 患者の発地域の一一致などの研究成果(5202050)が報告されており、外来哺乳類や飼育動物への注意も必要である。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状(約1℃上昇)	約1.5～2℃上昇時	約3～4℃上昇時	
重大性：レベル2 確信度：レベル3	重大性：レベル3 確信度：レベル3	重大性：レベル3 確信度：レベル3	緊急性：レベル3 確信度：レベル3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル2

- ✧ 【社会】外気温の変化に伴い感染症媒介蚊の生息域や活動期間の拡大が既に発生している。また輸入感染症として、デング熱やチクングニア熱などの感染例が毎年発生しており、その影響の範囲は日本各地に及ぶ。多くの人命の損失や重症者の発生は確認されていないものの、人命に関わる感染症の発生しうる地域拡大により社会不安が発生し、社会の維持・発展への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル3

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル3

- ✧ 【社会】感染症を媒介する国内に生息する蚊の分布が広がると予測されており、その影響の範囲は北海道を除く日本全国に及ぶ。多くの人命の損失や重症者の発生は予測されていないものの、人命に関わる感染症の発生する地域の大きな拡大による社会不安が発生し、社会の維持・発展への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル3

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル3

- ✧ 【社会】感染症を媒介する国内に生息する蚊の分布が広がり、年間を通じた伝播リスクが長くなると予測されており、その影響の範囲は日本全国に及ぶ。多くの人命の損失や重症者の発生は予測されていないものの、人命に関わる感染症の発生する地域の大きな拡大による社会不安が発生し、社会の維持・発展への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル3

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、感染症の発生情報の正確な把握と分析、結果の迅速な提供・公開などの適応策が一部で進められているが、未開発の感染症向けのワクチン・特異的な治療薬の開発等の追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(3) その他の感染症

ここでは、まだ既往の研究知見が少ない感染症を「その他の感染症」としてまとめて取り扱っている。便宜上一括で扱うが、必ずしも「その他の感染症」の重要性が低いわけではない。

(現在の状況)

〔概要〕

- インフルエンザ、手足口病、水痘、結核、RS ウイルス、新型コロナウイルスといった感染症発生の季節性の変化や、発生と気象条件（気温・湿度・降水量など）との関連が指摘されている。

● 国内外を対象とした知見

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、インフルエンザについては、流行の時期や規模が気温、湿度、降水量などの気候要因にどの程度依存しているかは明確になっておらず、新型コロナウイルスについては、気温や湿度、大気汚染などの環境要因は蔓延の主要な要因ではないが、感染パターンに影響する証拠が報告されている [5203001](#), [5203002](#)。

世界 26 カ国を対象とした研究では、実効再生産数（1 人の感染症発症例から発生する二次的な発症例の平均数）と平均気温の関係は非線形で、約 10°C 付近で高くその後 20°C まで低下し、それ以上の気温で再び上昇するパターンが報告されている [5203003](#)。

● 日本を対象とした知見

インフルエンザについては、九州・沖縄地方の事例から、発生件数と気象条件の関係性が示されている。鹿児島県及び沖縄県では、梅雨時期の降水量・日照時間と夏季におけるインフルエンザ流行の関係性や [5203004](#)）、沖縄県では高相対湿度と B 型インフルエンザ発生の間に関係性があることが報告されている [5203005](#)。また、福岡県の事例では、インフルエンザ発生件数と海洋の変動であるインド洋ダイポール現象、エルニーニョ現象の発生に相関があることが報告されている [5203006](#)。

手足口病 ⁶⁷については、全国を対象とした事例では、日平均気温 12～30°C で罹患者が発生しやすくなること [5203007](#)）、福岡県の事例では日平均気温と相対湿度の上昇に伴い患者が増加し、特に 10 歳以下の小児で増加が顕著になることが報告されている [5203008](#)）。平均気温の上昇に伴い、水痘患者数が増加すること [5203009](#)）、福岡県の事例では、極端な高温・低温下で結核患者数が増加することが報告されている [5203010](#)）。

RS ウイルス感染症 ⁶⁸については、夏期の RS ウイルス流行には、気温及び相対湿度が高いことが条件となっている。愛知県の事例では、流行時期が 2016 年頃から早期化しており、以前は 12 月であった流行のピークが 2017～2019 年は 9 月であったことが報告されている [5203011](#)）。

また、新型コロナウイルス感染症によって発生したパンデミックのような世界的な健康危機により、人間の行動が変化し、熱中症の減少をはじめとする気温に関連した健康影響や、感染症予防に対する影響も変化させる可能性がある [5203012](#)）。

⁶⁷ 幼児を中心に夏季に流行が見られる、口腔粘膜及び手や足などに現れる水疱性の発疹を主症状とした急性ウイルス感染症

⁶⁸ 年齢を問わず感染し、特に乳幼児期に細気管支炎や肺炎などの症状を引き起こす感染症

ただし、これらの感染症の発症には、社会的要因、生物的要因の影響が大きい点に留意する必要がある。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 海外において、気温や湿度、降水等の気象要素とインフルエンザ流行の相関性が多数報告されており、これらの知見は、国内で将来予測される降水量の変化の観点からみても、重要と思われる。
- 海外において、気温上昇により細菌類の抗微生物薬耐性の増加が報告されており、日本でも今後、懸念事項となり得る。

インフルエンザ等のその他の感染症については、文献が限られており定量的評価を行った知見は得られていない。一方で、気温等との関係性について、注目すべきいくつかの知見が得られている。

インフルエンザについては、気温の上昇に伴い季節性の変化や発生リスクの変化が起こり得る⁵²⁰³⁰¹³⁾。また、従来から、高緯度地方では、低い気温と低い湿度が、インフルエンザ流行に大きく影響すると言われてきたが、紫外線が少ないことの影響も注目されている⁵²⁰³⁰¹⁴⁾。低緯度地方の熱帯・亜熱帯地方では、湿度が高くなる雨季にインフルエンザが増える傾向が指摘されている。さらに、中緯度地方では、相対的に温度が低く雨の多い時期にも、インフルエンザが増える傾向が指摘されている^{5203015, 5203016, 5203017, 5203018, 5203019)}。これらの知見は、最近の日本の気候変動、特に降水量の変化の観点からみても、重要と思われる。インフルエンザ以外にも含めた気候の変化によって生じる様々な感染症類について、今後の将来予測に向け、定量的リスク評価研究の進展が望まれる。

抗微生物薬耐性（微生物に対して抗生物質が効かなくなること）と気温上昇の関係性については、米国や欧州の研究で報告されている。気温が上昇すれば、大腸菌や肺炎桿菌、黄色ブドウ球菌、緑膿菌等の細菌類の抗生物質に対する耐性が増加されることが報告されており、日本においても今後、懸念すべき事項となり得る^{5203020, 5203021)}。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

本整理では、特に強い影響を受ける地域・対象に関する知見は確認できていない。

(適応策とその効果)

代表的な適応策としては、RS ウイルスや手足口病など一部の感染症については、感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律（感染症法）に基づき、感染症サーベイランス（発生動向調査）により感染症の発生情報の把握と分析、その結果の迅速な提供・公開が行われている⁵²⁰³⁰²²⁾。また、新型コロナウイルス感染症やインフルエンザに関しては、予防接種法上の定期ワクチン接種や、定点報告対象として動向の把握が行われている^{5203023, 5203024)}。その他、災害時の避難所の設置・運営について、行政による感染症に関する正確な情報提供や、不安を軽減する精神的なサポートも必要である⁵²⁰³⁰²⁵⁾。

適応策の効果に関しては、新型コロナウイルスの実効再生産数についての知見があり、流行を抑制するために社会的距離とリスクコミュニケーションが効果的であると示唆された⁵²⁰³⁰²⁶⁾。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性と その確信度の評価
現状 (約 1°C 上昇)	約 1.5～2°C 上昇時	約 3～4°C 上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 2	重大性：レベル 1 確信度：レベル 1	重大性：レベル 1 確信度：レベル 1	緊急性：レベル 1 確信度：レベル 1

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

- ✧ 【社会】気温、湿度、降水量など気象条件による各種感染症発生への影響が既に発生しているが、気候変動による人命の損失や重症者、多くの軽症者が発生していることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 2

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 1

- ✧ 【社会】海外において、気温や湿度、降水量上昇の変化がインフルエンザの流行パターンの変化や抗微生物薬耐性に影響を与える可能性があるが、日本における気候変動による人命の損失や重症者、多くの軽症者の発生が予測されることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 1

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<3～4°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 1

- ✧ 【社会】海外において、気温や湿度、気温上昇がインフルエンザの流行パターンの変化や抗微生物薬耐性に影響を与える可能性があるが、日本における気候変動による人命の損失や重症者、多くの軽症者の発生が予測されることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 1

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 1

- ✧ 【影響の発現時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が低い。
- ✧ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】—

➤ 確信度：レベル 1

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

【その他】

(1) 温暖化と大気汚染の複合影響

ここでは、気候変動による大気汚染物質濃度の変化や、大気汚染と高温の複合曝露が与える健康影響を取り扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 高温による生成反応の促進その他のメカニズムにより、光化学オキシダント (Ox) を含む様々な汚染物質の濃度が変化している。海外で Ox 及びその大半を占めるオゾン (O₃) の濃度の経年的増加を示す報告が多く、温暖化も一部寄与している可能性が示唆されているが、日本においては近年、Ox 濃度の注意報発令が多い地域において 8 時間平均値の低下傾向がみられている。
- 温暖化は、大気汚染と気温の相互影響を増強させる可能性があり、高温が O₃ による救急出動件数の増加に与える影響を強める事例、高濃度の O₃ や PM_{2.5} が高温による死亡リスクを増加させる事例が見られている。

● 国内外を対象とした知見

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、心血管疾患については、気候変動による高温や極端な暑さがリスクに影響を与えるが、温度以外の要因によるリスク増加の程度は依然として不明であることが示され、非感染性呼吸器疾患については、砂塵、光化学反応による大気汚染物質の生成、山火事、外気温の上昇による肺機能の低下や慢性肺疾患の増悪、花粉や大気中のアレルゲンなどを通じて、気候変動に対して感受性があるとされている（疾患ごとに確信度が中程度～非常に高い）^{5301001, 5301002}。

個々の研究では、温暖化に伴う大気汚染物質濃度の変化に関して、高温による生成反応の促進その他のメカニズムにより、光化学オキシダント (Ox) を含む様々な汚染物質の濃度の変化が報告されている。大気汚染物質のうち、Ox（及びその大半を占めるオゾン (O₃)）の濃度推移については、経年的増加を示す報告が多く、温暖化も一部寄与している可能性が示唆されているが、日本においては近年、Ox 濃度の注意報発令が多い地域において 8 時間平均値⁶⁹の低下傾向がみられている。^{5301003, 5301004, 5301005, 5301006, 5301007, 5301008, 5301009, 5301010, 5301011, 5301012}。

O₃ への曝露による健康影響については、主に呼吸器疾患死亡・心血管疾患死亡との関連が示されており⁵³⁰¹⁰¹⁰、微小粒子状物質 (PM_{2.5}) については、世界を対象として PM_{2.5} に由来する超過死亡数の算出した研究において、2015 年の推計値はモデルにより違いがあったが 470～870 万人と予測されている⁵³⁰¹⁰¹³。

高温が大気汚染物質による健康影響に与える影響については、高温環境下では、O₃ への短期的曝露に対する身体的反応を悪化させ、死亡リスクが増強されること、PM₁₀ による呼吸器死亡等の影響が増強することを示唆する報告がある⁵³⁰¹⁰¹⁰。

一方、大気汚染物質が高温による健康影響に与える影響については、複数の国を対象とした研究では、PM₁₀、PM_{2.5}、O₃、NO₂ レベルの上昇に伴い、循環器疾患及び呼吸器疾患による死亡率に対する熱の影響が増加すると報告されている⁵³⁰¹⁰¹⁴。

⁶⁹ Ox 濃度の 8 時間値の日最高値の年間 99 パーセンタイル値の 3 年平均値。

- 日本を対象とした知見

高温が大気汚染物質による健康影響に与える影響については、日本の 8 都市を対象とした研究では、気温が短期 O₃ 曝露と救急出動件数の関連にどのように影響するかを検討した結果、全急性疾患による救急出動件数に対する O₃ の推定効果は気温の上昇とともに増加した。一方、心血管疾患及び呼吸器疾患による救急出動件数に対する O₃ の効果は統計的に有意ではなかった ⁵³⁰¹⁰¹⁵⁾。

大気汚染物質が高温による健康影響に与える影響については、日本の 20 都市を対象とした研究では、高濃度の O₃ や PM_{2.5} は、気温による死亡リスクを増加させる可能性があることが報告されている ⁵³⁰¹⁰¹⁶⁾。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 産業や交通の集中で O_x 濃度が高くなっている都市部で、現在のような大気汚染が続いた場合、温暖化によってさらに O_x 濃度が上昇し、健康被害が増加する可能性がある。
- 2020 年代までに O₃・微小粒子状物質 (PM_{2.5}) による早期死亡者数が増加することが予測されている。
- 複数の RCP シナリオに基づく、O₃・PM_{2.5} による超過死亡率の予測では、東アジアにおいて RCP6.0 シナリオで 2050 年に、その他の RCP シナリオでは 2030 年代に超過死亡率がピークに達し、その後低下に転じることが予測されている。
- 東アジアを対象にシベリアの森林火災による 2030 年の影響を予測した研究では、火災による PM_{2.5} 濃度の上昇により死亡率が増加する可能性があるとされている。

- 国内外を対象とした知見

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、気候変動に直接起因する大気汚染関連死亡率は、全球気温上昇を 2℃以内に抑制した場合に達成される大気汚染関連死亡率の減少（確信度が高い）を部分的に相殺する形で、増加する可能性が高く（確信度が中程度）、高齢化や脆弱な人口層の増加といった人口動態の変化は、将来の大気質による健康への影響を左右する重要な要因となる可能性が高いと予想されている（確信度が高い） ⁵³⁰¹⁰¹⁷⁾。

全球を対象に大気質の変化を予測した研究では、2005 年から 2014 年までの平均と比較して SSP1-2.6 シナリオでは、2050 年頃、2100 年頃ともに、すべての地域で O₃、PM_{2.5} の年平均濃度が大幅に低下したが、SSP3-7.0 シナリオでは、ほとんどの地域で、地表の O₃ と PM_{2.5} の年平均濃度が上昇することが予測されている ⁵³⁰¹⁰¹⁸⁾。また、シナリオや地域により O₃ 濃度の増減に差があるものの、すべてのシナリオにおいて 2050 年までに、アジアのほとんどの地域の O₃ レベルは、年間 150 日以上、世界保健機関の勧告するガイドライン値を超えるとする予測がある ⁵³⁰¹⁰¹⁹⁾。一方で、2004～2014 年と 2045～2055 年で比較した研究では、窒素酸化物 (NO_x) と揮発性有機化合物 (VOC) の排出量が多い SSP3-7.0 シナリオでは対流圏の O₃ 濃度が 4%上昇するが、NO_x と VOC の排出量が削減される SSP3-7.0-低 NO_x・VOC シナリオでは 7%低下し、大気中のメタン (CH₄) の混合比が削減される SSP3-7.0-低 CH₄ シナリオでは 5%

低下することを予測した報告がある⁵³⁰¹⁰²⁰⁾。ベンゾ[a]ピレン⁷⁰⁾に関する研究もあり、2008年から2050年にかけてRCP8.5において世界平均濃度は一貫してWHOの限界値を超えると予測されるが、将来の社会的な変化（人口増加によるエネルギー需要増加など）により、東アジアでは低下、アフリカと南アジアでは上昇することが予測されている⁵³⁰¹⁰²¹⁾。

全球を対象とした健康被害の予測については、気候変動はPM_{2.5}とO₃関連の死亡率を増加させ、2000年の死亡率に対してそれぞれ2030年と2050年にピークに達した後、気候変動の影響を上回る排出量の削減により減少することが予想されている⁵³⁰¹⁰²²⁾。また、PM_{2.5}に由来する死亡者数を推計した研究において、2030年の予測値はモデルやシナリオにより2015年と比較して死亡者数の増加も予想されたが、2050年、2100年の予測では死亡者数の減少が予測されており、特に気温上昇を1.5℃以内に抑える温暖化緩和シナリオでは、アジアにおける2050年には濃度要因により2015年と比較して死亡者数が半分に低下すると予測された⁵³⁰¹⁰¹³⁾。

東アジアを対象とした大気質の変化を予測した研究については、複数のSRESシナリオに基づく、2020年代・2050年代・2090年代の東アジアのO₃濃度に関する予測では、SRES A2シナリオを除くシナリオで、2020年代の夏季のO₃濃度が最も高いことが予測されている⁵³⁰¹⁰²³⁾。アジアを対象とした研究では、1995～2014年と比較して2100年までに、SSP1-2.6、SSP5-8.5シナリオ（大幅な大気汚染規制）とSSP2-4.5シナリオ（中程度な大気汚染規制）で、東アジアの年間PM_{2.5}濃度は大幅に低下し、大気汚染の程度を示す指標であるAir Quality Index（AQI値、空気質指数）は大幅に改善すると予測されている⁵³⁰¹⁰²⁴⁾。

東アジアを対象とした健康被害の予測については、複数のRCPシナリオに基づく、2000年と比較した2030年代・2050年代・2100年代のO₃・PM_{2.5}による超過死亡率の予測では、東アジアにおいて、RCP6.0シナリオで2050年に、RCP2.6、RCP4.5シナリオでは2030年代に超過死亡率がピークに達し、その後低下に転じることが予測されている⁵³⁰¹⁰²⁵⁾。また、2003及び2004年と比較して東アジアを対象にシベリアの森林火災による2030年の影響を予測した研究では、火災によるPM_{2.5}濃度の上昇により死亡率が増加する可能性があるとしてされている⁵³⁰¹⁰²⁶⁾。

● 日本を対象とした知見

健康被害の予測については、産業や交通の集中でO_x濃度が高くなっている都市部で、現在のような大気汚染が続いた場合、温暖化によってさらにO_x濃度が上昇し、健康被害が増加する可能性がある⁵³⁰¹⁰²⁷⁾。別の研究では、2000年と比べて2020年代までにO₃・PM_{2.5}による早期死亡者数が増加することが予測されている⁵³⁰¹⁰²⁸⁾。

● 緩和策が考慮された知見

大気汚染対策や気候変動緩和策が考慮された研究としては、日本においてRCP4.5を含むシナリオを用いて予測した結果、ネットゼロ技術の導入により2050年の対流圏オゾン濃度は2015年と比較して大幅に低下することが示された。一方、PM_{2.5}濃度は、短波放射線の増加による二次エアロゾル形成の増加により、同等以上となると予想された。これらの大気質の変化により、2015年から2050年にかけて、日本の早期死亡者数が約4,000人減少すると推計された⁵³⁰¹⁰²⁹⁾。別の研究では、有害物質の処理対策と電

⁷⁰⁾ 多環芳香族炭化水素（石油等の燃焼過程で生じ、発がん性をもつ物質もあることで知られる）の1つ。

化のコベネフィットにより、2010 年から 2050 年までの間に、PM_{2.5} と O₃ 汚染による早期死亡を毎年 65,500 人削減できると予測された⁵³⁰¹⁰³⁰⁾。一方、NO_x 排出削減を行うことで、全球メタン濃度が上昇して放射効果が増加することにより、さらなる緩和策が求められる可能性についても示唆されている⁵³⁰¹⁰³¹⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

日本において、本整理では特に強い影響を受ける地域・対象に関する知見は確認できていない。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、O_x の前駆物質である NO_x や VOC の削減がある。具体的には、NO_x では事業場や自動車等からの排出削減、VOC では事業者からの排出削減のほか、低 VOC 材の普及や給油時の燃料蒸発ガスの抑制などが行われている。また、O_x の環境基準の再評価に向けた検討も行われている⁵³⁰¹⁰³²⁾。

適応策の効果に関する十分な知見は現在のところ確認できていない。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状 (約 1°C 上昇)	約 1.5~2°C 上昇時	約 3~4°C 上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

◇ 【社会】高温が O₃ による救急出動件数の増加に与える影響を強める事例、高濃度の O₃ が気温による心血管疾患の死亡リスクを増加させる事例が既にみられており、その影響の範囲として、人命の損失や重症者が発生するなど、影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

◇ 【知見の種類・量等】大気汚染物質の増加に温暖化が寄与している可能性が示唆されており、影響の事例が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5~2°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

◇ 【社会】日本において、2020 年代までに O₃・PM_{2.5} による早期死亡者数が増加することが予測されており、その影響の範囲は東アジアにおいて 2030 年代から 2050 年に超過死亡率がピークに達するなど、人命の損失が予測され、影響は深刻であるが、その後は減少に転じることが予測されている。

➤ 確信度：レベル 2

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で異なっている。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ 【社会】日本における知見は確認されていないが、東アジアにおける超過死亡率の増加が予測されており、その影響の範囲は 2030 年代から 2050 年に超過死亡率がピークに達するなど、人命の損失が予測され、影響は深刻であるが、その後は減少に転じることが予測されている。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で異なっている。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。なお、超過死亡率は 21 世紀中頃までにピークに達する可能性が高いが、その後、影響は軽減されると予測されている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】—

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】大気汚染物質の増加に温暖化が寄与している可能性が示唆されており、影響の発現時期が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(2) メンタルヘルスへの影響

ここでは、メンタルヘルスへの影響として、自殺、暴力、精神疾患、うつ、不安などを取り扱う。都市における熱ストレス・睡眠阻害、暑さによる不快感等による影響は、国民生活・都市生活分野の小項目「健康的な暮らし」で主に扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 高温はメンタルヘルスに影響し、気温が上昇するにつれて自殺リスクが増加することが報告されている。一方で、気温が一定の温度を超えると横ばいになったとする報告もある。
- 気温上昇に伴って自傷行為による救急搬送リスクが増加する。
- 海外において、高温による自殺件数の増加のほか、うつ病の悪化が見られている。

● 国内外を対象とした知見

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、多様な気候の変化が様々な要因を通じてメンタルヘルスに悪影響を与えることが報告されており（確信度が非常に高い）、高温（確信度が高い）、降水量増加（確信度が中程度）、暴風雨、洪水、熱波、山火事、干ばつを含む極端現象（確信度が非常に高い）、山火事（確信度が高い）、気候変動が経済・社会・食料システムに与える影響（確信度が高い）、などが挙げられる⁵³⁰²⁰⁰¹）。また、直接的な被害がなくても、気候変動への懸念や将来への不安がメンタルヘルスに影響を与える可能性があるとしてされている（確信度が低い）⁵³⁰²⁰⁰¹）。米国による報告書ではストレスや苦痛といった軽微な症状から、不安障害、抑うつ、心的外傷後ストレス、自殺などの症状に至るまで、短期間又は長期の気候・気象事象への曝露から生じる可能性があるとしてされており⁵³⁰²⁰⁰²）、暑熱への曝露と暴力や暴行死に関連性があることが示されている⁵³⁰²⁰⁰³）。

個別の研究について、日本、韓国、台湾を対象とした研究で、高温と自殺率の増加に関連が見られたとしている⁵³⁰²⁰⁰⁴）。個々の国を対象とした研究では、フィンランドを対象とした研究では、気温の上昇と自殺率の増加に相関関係が見られたとしている⁵³⁰²⁰⁰⁵）。韓国では、暑熱への曝露と、暴力や暴行死に関連性があることが示されている⁵³⁰²⁰⁰⁶）。中国の研究では、過去 1 年間の暑さ・寒さへの曝露が、45 歳以上のうつ病のスコアを悪化させた⁵³⁰²⁰⁰⁷）。

● 日本を対象とした知見

全国を対象とした研究では、気温が上昇するにつれて自殺リスクが増加することが報告されているが^{5302008, 5302009}）、気温が閾値を超えると横ばいになったとする報告がある⁵³⁰²⁰¹⁰）。別の研究では、自傷行為と暴行行為による救急搬送のリスクは、同日の気温の上昇に伴って増加することが示された⁵³⁰²⁰¹¹）。1973～2015 年の自殺と気温の関係を評価した研究では、自殺のうち約 20%が非至適気温（暑さと寒さ）に起因すると報告されている⁵³⁰²⁰¹²）。東京を対象とした研究では、気温上昇と犯罪発生件数に正の相関性が見られたことが報告されている⁵³⁰²⁰¹³）。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- RCP8.5 シナリオでは、気温上昇に伴い自殺率が数%増加することが予測されている。

- 海外において、気候変動による自然災害等の増加がメンタルヘルスを悪化させることが予測されている。

- 国内外を対象とした知見

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、気候変動は人々のウェルビーイングに悪影響を及ぼすと予想されており、その一部はメンタルヘルスを脅かすほど深刻なものになると考えられ（確信度が非常に高い）、例として、気候変動により増加すると予測される極端気象（洪水、干ばつ、ハリケーンなど）の変化は、メンタルヘルスとウェルビーイングを直接的に悪化させ不安を増大させるとされている（確信度が高い）⁵³⁰²⁰¹⁴）。また、間接的な影響としては、避難、移住、飢餓、栄養不良、保健・福祉制度の崩壊や劣化、紛争、気候に関連した経済的・社会的損失なども挙げられている（確信度が高い～非常に高い）⁵³⁰²⁰¹⁴）。

- 日本を対象とした知見

過去の統計データに基づき、気温上昇による 21 世紀末の日本全国の犯罪・自殺件数を予測した事例では、RCP8.5 シナリオにおいて、各種犯罪件数（殺人・暴行・窃盗など）と自殺件数はいずれも現在と比べて数%程度増加することが推測されている⁵³⁰²⁰¹⁵）。別の研究では、SSP1-2.6、SSP2-4.5、SSP5-8.5 シナリオにおいて、2010～2019 年と比べて 2090～2099 年には自殺率が 0.6～2.4%増加することが予想されている⁵³⁰²⁰¹⁶）。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

日本において、本整理では特に強い影響を受ける地域・対象に関する知見は確認できていない。

（適応策とその効果）

代表的な適応策としては、こころの健康状態に関する相談先（公的機関やメンタルヘルスの専門家、自助グループなど）の紹介や、継続した治療を受ける場合の健康保険の自己負担額の公的支援、障害者手帳や障害年金といった制度がある⁵³⁰²⁰¹⁷）。また、気候変動と暴力へ対処するためには、政策と一般市民対象の教育・啓発活動が重要と指摘した文献がある⁵³⁰²⁰⁰⁶）。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1°C 上昇）	約 1.5～2°C 上昇時	約 3～4°C 上昇時	
重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 2

- 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

- 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】高温による自殺リスク、自傷行為による救急搬送数、海外におけるうつ病の悪化が既に発生しており、その影響の範囲は日本全国で人命の損失や重症者、多くの軽症者が発生するなど、影響は特に深刻である。

- 確信度：レベル 2
 - ✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
 - ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

- 重大性：レベル 3
 - ✧ 【社会】自殺率が現在と比べて数%増加すると予測されており、その影響の範囲は日本全国で多くの人命の損失が予測され、影響は特に深刻である。
- 確信度：レベル 2
 - ✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
 - ✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

- 重大性：レベル 3
 - ✧ 【社会】自殺率が現在と比べて数%増加すると予測されており、その影響の範囲は日本全国で多くの人命の損失が予測され、影響は特に深刻である。
- 確信度：レベル 2
 - ✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
 - ✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

- 緊急性：レベル 3
 - ✧ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
 - ✧ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、メンタルヘルスに関する相談先の紹介、公的支援等の制度整備などの適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。
- 確信度：レベル 2
 - ✧ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
 - ✧ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(3) 自然災害に起因する健康影響

ここでは、気候変動に関連する自然災害や極端現象として、豪雨、洪水、台風、山火事、熱波などによって、直接的及び間接的に引き起こされる健康影響を本小項目で扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 日本を含む複数の国において、気候変動による災害頻度の増加や激甚化により、災害時における死亡者数や各種疾患の罹患数、感染症の発生が増加し、メンタルヘルスへの悪影響が生じるとされている。
- 水害や台風等の発生による全死亡、心血管疾患死亡及び罹患、レジオネラ菌による肺炎、メンタルヘルスの不調の増加が生じており、自殺者数の増加も示唆されている。
- 災害による環境の変化や介護サポートの欠如により、高齢者の認知機能低下や高齢者施設等への入所リスクの増加、基礎疾患有病患者に対する医療提供体制への影響が見られている。

気候変動により、大雨や短時間豪雨の発生頻度が増加するなど、水害の頻発化・激甚化が進んでいる⁵³⁰³⁰⁰¹⁾。特に、線状降水帯による豪雨災害が近年注目されているが、線状降水帯の発生頻度は西日本で大きく⁵³⁰³⁰⁰²⁾、またイベント・アトリビューション研究によると温暖化により増加傾向にあると推定されている⁵³⁰³⁰⁰³⁾。こうした自然災害や極端現象の増加や激甚化により、様々な健康影響が生じる可能性がある。

● 国内外を対象とした知見

IPCC 第6次評価報告書第2作業部会報告書では、極端な熱波と極端な気温は、健康状態、死亡率（非常に高い確信度）及び罹患率（確信度が高い）へ影響し、豪雨、洪水、干ばつが下痢性疾患や感染症の増加と関連すること（災害ごとに確信度が低い～高い）、暴風雨、洪水、熱波、山火事、干ばつがメンタルヘルスに重大な悪影響を及ぼすこと（確信度が非常に高い）、新型コロナウイルスのパンデミック下に発生した干ばつ、暴風雨、洪水、山火事などの異常気象が重大な複合的影響をもたらしたこと（確信度が高い）が報告されている^{5303004, 5303005, 5303006, 5303007)}。また、慢性疾患患者は、治療中断や薬剤へのアクセス不足により、異常気象の発生中や発生後に特にリスクが高い（確信度が中程度）⁵³⁰³⁰⁰⁸⁾。

豪雨や洪水に関する知見としては、日本を含む世界35カ国を対象とした研究で、洪水後最大60日間、全死亡率、心血管系死亡率、呼吸器系死亡率のリスクが増加すること⁵³⁰³⁰⁰⁹⁾、中国、台湾、韓国、日本を対象とした研究で、豪雨により呼吸器疾患による死亡リスクが増加すると報告された⁵³⁰³⁰¹⁰⁾。

熱帯低気圧・台風に関する知見としては、日本を含む世界14カ国を対象とした研究で、熱帯低気圧の2週間後の死亡率が6%増加し、東アジアで10年あたり28,000人以上の超過死亡が推定された⁵³⁰³⁰¹¹⁾。日本を含む東アジア4カ国を対象とした研究では、熱帯低気圧により全自然死亡及び呼吸器疾患による死亡率が増加した⁵³⁰³⁰¹²⁾。日本を含む18カ国の1980年から2019年の間の熱帯低気圧を対象とした研究では、全体として熱帯低気圧関連の最大持続風速と累積降水量と死亡率の増加がほぼ直線関係がみられ、日本では台風関連の全死因及び心血管疾患による死亡率に増加傾向が見られた⁵³⁰³⁰¹³⁾。

感染症に関する知見として、ヨーロッパでは水害後に、食中毒の原因となるクリプトスポリジウム、ジ

アルジア、ビブリオ菌、サルモネラ菌、カンピロバクターによる感染症の被害が報告されている ⁵³⁰³⁰¹⁴⁾。また、洪水後の二次被害として水道水関連のクリプトスポリジウムやジアルジアの集団発生事例が、先進国でも散見されており ⁵³⁰³⁰¹⁵⁾、今後、水道管や排水管の老朽化に伴う傷やひび割れによる集団発生リスクが懸念されている ⁵³⁰³⁰¹⁶⁾。

メンタルヘルスに関する知見としては、熱波やハリケーン等の自然災害被災者の精神疾患の発症が米国等で報告されている ^{5303017, 5303018)}。韓国における研究で、災害の被災者において自殺念慮のリスクが増加していることが報告された ⁵³⁰³⁰¹⁹⁾。また、世界労働機関の報告 ⁵³⁰³⁰²⁰⁾ では、労働者が異常気象や気候関連災害にさらされると、ストレス、不安、うつ病、薬物乱用、PTSD、自殺などへの悪影響の可能性があること ⁵³⁰³⁰²¹⁾ や、医療従事者や消防士等にメンタルヘルスの悪化が見られる等の結果が紹介されている ^{5303022, 5303023)}。

脆弱性が高い集団に関する知見としては、世界 35 カ国の研究で、洪水による全死亡率や心血管系死亡率の増加が、特に高齢者に多いことが報告された ⁵³⁰³⁰⁰⁹⁾。2009 年台風第 8 号の台湾上陸後、被害地域で急性脳血管疾患と虚血性心疾患の既往歴のある患者の死亡率がさらに高まった ⁵³⁰³⁰²⁴⁾。日本を含む東アジア 4 カ国を対象とした研究では、特に 65 歳以上で熱帯低気圧による呼吸器系死亡率の顕著な増加が見られた ⁵³⁰³⁰¹²⁾。

● 日本を対象とした知見

気候変動による災害頻度の増加や激甚化により、被災地では停電や、計画停電を含む電力消費の削減政策により健康面の影響が懸念され、特に暑熱による死亡や熱中症の増加が問題となる可能性がある。西日本で発生した平成 30 年 7 月豪雨（死者 263 名、行方不明者 8 名、重軽傷者 484 名、最大避難者数約 2 万 8 千名）^{5303025, 5303026)} では、J-SPEED⁷¹⁾ の記録 3,617 件のうち約 5% は熱中症の症例で ⁵³⁰³⁰²⁷⁾、令和元年房総半島台風（台風第 15 号）（死者 9 名、重傷者 20 名、軽傷者 140 名、最大避難者数約 2,200 名）^{5303028, 5303029)} では停電でクーラーが使えず、千葉県では 3 人が熱中症で死亡した ⁵³⁰³⁰³⁰⁾。一方で、2019 年 7 月から 9 月にかけて発生した熱中症救急搬送者数と死亡数のデータと気温、地区レベルの停電（0%～20%）を分析した研究では、停電が地域の 20% で発生した場合、熱中症救急搬送のリスクが 2.3 倍になったが、死亡数には有意な影響はなかったと報告された ⁵³⁰³⁰³¹⁾。また、災害による電力制限時の熱中症に関する知見として、東日本大震災前後の 2008 年から 2012 年にかけて、暖候期のエアコンの設定温度変更や使用時間の削減による消費電力の削減の影響と、熱関連死亡率の関連を評価した研究では、熱関連死亡率は変化しないかむしろ低下したと報告されている。これは職場や家庭における暑熱リスク回避のための広報活動が推進されたことで、熱中症予防の意識向上が影響した可能性があるとされた ⁵³⁰³⁰³²⁾。一方で、2011 年から 2013 年にかけて日本で実施された節電キャンペーンにより、高齢者及び低所得者の多い都道府県では夏場の死亡リスクが有意に高まったことが報告されている ⁵³⁰³⁰³³⁾。

災害に伴う疾患の発症に関する知見としては、令和元年東日本台風災害（死者 118 名、行方不明者 3

⁷¹⁾ 緊急医療チーム（EMT）による災害時の診療記録。災害発生時の EMT には、災害派遣医療チーム（DMAT）、日本医師会災害医療チーム（JMAT）、日本赤十字救護班が含まれる。

名、重傷者 48 名、軽傷者 340 名、最大避難者数約 23 万 7,000 名) ^{5303034, 5303035)}において、長野市では、水害後に心血管疾患、脳血管疾患、不安定狭心症、脳出血が有意に増加したことが報告された ^{5303036, 5303037)}。

感染症の増加に関する知見としては、平成 30 年 7 月豪雨で岡山県倉敷市では、災害後に土壌からレジオネラ菌を含むエアロゾルを吸入する機会が増え、レジオネラ肺炎症例が増加したと推測されている ⁵³⁰³⁰³⁸⁾。また、人獣共通感染症であるレプトスピラ症については、大規模台風や集中豪雨により、被災者が下水や河川、泥などに接触することにより流行する可能性があるとしてされている ^{5303039, 5303040)}。

災害時の蚊の発生に関する知見として、平成 30 年 7 月豪雨で岡山県倉敷市では、用水路や田畑の一部のたまり水からアカイエカの幼虫が確認された。2011 年 3 月の東日本大震災、2016 年 4 月の熊本地震では、災害後のたまり水や、廃棄物や資材の上にたまった雨水により、蚊の発生が多発した ⁵³⁰³⁰⁴¹⁾。気候変動影響による災害でたまり水環境が増えると、感染症を媒介する蚊が発生することが予想される。

避難所での感染症への不安について報告した知見として、新型コロナウイルス感染症のパンデミック下に、感染症対策などへの不安により避難所生活を望まない人が増加したことが報告されている ⁵³⁰³⁰⁴²⁾。

メンタルヘルスへの影響に関する知見としては、平成 26 年 8 月豪雨（死者 77 名、負傷者 68 名、最大避難者数 2,354 名） ^{5303043, 5303044)}直後で広島市において、被災者のメンタル不調だけでなく、被災していない人も災害に影響された可能性が示唆されている ⁵³⁰³⁰⁴⁵⁾。平成 30 年 7 月豪雨では、被災者の健康状況や生活習慣、気分の沈み状態が、被災後 1 年間の何らかの病気と関連する傾向が見られた ⁵³⁰³⁰⁴⁶⁾。J-SPEED の記録のうち災害ストレス関連症状が全体の 10%みられ ⁵³⁰³⁰²⁷⁾、そのうちの多くは災害後最初の 2 週間以内に発生し、19 日目までに低下し、その後再び増加したと報告された ⁵³⁰³⁰⁴⁷⁾。

災害時に脆弱性な集団としては、高齢者や基礎疾患を持つ患者が挙げられる。人工透析治療はライフラインに大きく依存しているため、災害時に治療の継続が困難になり、生命に関わることを懸念されている ⁵³⁰³⁰⁴⁸⁾。また、豪雨時による環境変化で、化学物質過敏症患者やシックハウス症候群患者の重症化の可能性も指摘されている ⁵³⁰³⁰⁴⁹⁾。平成 30 年 7 月豪雨では、高齢者の認知機能低下や高齢者施設等の入所リスクが増加し、環境変化や介護不足が影響したと報告され ^{5303050, 5303051)}、浸水、停電、断水により人工透析治療の医療体制が影響を受けた ⁵³⁰³⁰⁵²⁾。令和元年房総半島台風でも、停電と通信障害により、在宅酸素療法患者や透析患者に深刻な影響が生じた ^{5303053, 5303054)}。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 気温上昇に伴い、極端な大雨の発生頻度、台風の強度や降水量の増加が予測されている。
- 国内における、自然災害に起因する健康への影響に関する知見は確認されていないが、海外において、気候変動の影響による自然災害の頻度や深刻さの増加により、感染症を含む健康リスク増加の可能性が予測されている。

自然災害発生についての将来予測とそれによる健康への影響については、IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書において、気候変動の影響により大雨や洪水、干ばつ、暴風雨、山火事の頻度や深刻さの変化に伴い、大雨や洪水が増加すると予測される地域においてカンピロバクター感染症やその他の腸管

感染症のリスクが上昇すること（確信度が中程度）、洪水、干ばつ、ハリケーンなどがメンタルヘルスとウェルビーイングを直接悪化させ不安を増大させると予測されている（確信度が高い）^{5303055, 5303056}。

米国を対象とした研究では、大雨によって飲料水源に下水が流入することにより、消化器疾患が発生する可能性が指摘されている⁵³⁰³⁰⁵⁷。

国内においても、文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」において、極端な大雨の発生頻度は、RCP2.6 シナリオ及び RCP8.5 シナリオのいずれにおいても全国平均では増加すると予測されている。また、日本付近の個々の台風強度は強まり、台風に伴う降水量も増加することも予測されている⁵³⁰³⁰⁵⁸。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

日本における災害の影響による暑熱への脆弱性を示す知見として、東日本大震災後の節電キャンペーンにより、高齢者及び低所得者の多い都道府県では夏場の死亡リスクが高まったことが報告された。また豪雨災害によるライフライン障害、環境や医療体制の変化により、高齢者や基礎疾患患者が影響を受けたと報告された。

（適応策とその効果）

国内の知見に基づく適応策としては、自然災害発生時の対策としては、暑さ対策や水分・栄養の確保、食事やトイレの衛生等に注意することが厚生労働省より呼びかけられているほか⁵³⁰³⁰⁵⁹、DMAT をはじめとする災害医療チームの派遣がある⁵³⁰³⁰⁶⁰。また、感染症パンデミック下での災害時の避難所の設置・運営について、行政による感染症に関する正確な情報提供や、不安を軽減する精神的なサポートが重要とされている⁵³⁰³⁰⁴²。

災害後の復旧作業における対策としては、洪水後の復旧作業で土壌からレジオネラ菌を含むエアロゾルを吸入する危険があることから、土壌に曝露する際には、マスクや手袋を着用するなどの予防措置をとることが重要である⁵³⁰³⁰³⁸。

自然災害への事前の備えとしては、災害時に水道管や排水管の老朽化による傷やひび割れが原因で汚水が水道水に侵入し感染症のアウトブレイクを引き起こす危険性を秘めているため、上下水道管の整備が重要であるとされるほか⁵³⁰³⁰¹⁶、感染症媒介蚊の発生が予想されるたまり水環境の除去及び殺虫剤などの散布も有用であるとされる⁵³⁰³⁰⁴¹。また、沖縄県では、日頃から外部電源整備を推進する一方、台風等による停電が懸念される場合に在宅人工呼吸器患者を事前に入院させる「台風避難入院」が制度として確立し、人工呼吸器患者のリスク低減に寄与している⁵³⁰³⁰⁶¹。

適応策の効果については、十分な知見は現在のところ確認できていない。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】水害や台風等の発生による全死亡、心血管疾患死亡及び罹患、レジオネラ菌による肺炎、メンタルヘルスの不調、自殺者数の増加が既に発生している。また、高齢者の認知機能低下や高齢者施設等の入所リスクの増加、基礎疾患有病患者に対する医療提供体制への影響もあるとされている。それらの影響の範囲は日本全国に及び、多くの人命の損失や重症者が発生するなど、影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】大雨の頻度増加、台風強度の増加が予測されており、その影響の範囲は日本全国に及ぶ。その結果、自然災害による健康被害の増加が懸念され多くの人命の損失や重症者の発生が予測され、影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】大雨の頻度増加、台風強度の増加については多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。ただし、健康影響の具体的な予測結果は示されていない。
- ◇ 【知見の一致度】大雨の頻度増加、台風強度の強まりについては影響の予測結果が文献間で概ね一致している。健康影響については知見が見られず判断できない。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】大雨の頻度増加、台風強度の増加が予測されており、その影響の範囲は日本全国に及ぶ。その結果、自然災害による健康被害の増加が懸念され多くの人命の損失や重症者の発生が予測され、影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】大雨の頻度増加、台風強度の増加については多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。ただし、健康影響の具体的な予測結果は示されていない。
- ◇ 【知見の一致度】大雨の頻度増加、台風強度の強まりについては影響の予測結果が文献間で概ね一致している。健康影響については知見が見られず判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、日頃からの自然災害への備えなど個人の対策の推進と、災害医療チームの派遣等の適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(4) 冬季の健康影響

ここでは、極端な寒さによる死亡リスクや冬季の気温の上昇に伴う死亡率の低下等を取り扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 低温による死亡者数・死亡率は 1990 年代以降増加傾向にあり、特に高齢者で増えている一方で、若年～中年者では減少傾向にある。
- 低温に対する相対危険度⁷²は増加傾向にあり、極端な高温環境下に比べて、極端な低温環境下の方が、死亡リスクが高い。

現時点で収集された文献からは、主に低温と死亡・疾患との関係を報告する文献が確認できる。一方で、温暖化による冬季死亡率の低下が既に生じているとの報告は少ない。

● 海外の全死亡に関する知見

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書においては、全世界的に見ると、低温に起因する DALY (障害調整生存年) の負担は高温に起因する負担の 2.2 倍であったとされており、特に社会人口統計学的指標が高い国、主に中緯度の温帯から冷涼な気候の高所得国では、寒冷関連の負担が暑さ関連の負担の 15.4 倍大きいとされ、また、多くの地域で冬の気温上昇が観測されているが、冬季の死亡率が低下していることを示す証拠にはばらつきがあると報告されている⁵³⁰⁴⁰⁰¹。英国の気候変動リスク評価書では、冬の気温が高いことで寒さ関連死亡者数と医療負担が一定程度減るが、人口の高齢化で冬季温暖化の恩恵は相殺される可能性が高く、公衆衛生上の対応は引き続き重要であるとされている⁵³⁰⁴⁰⁰²。

複数国を対象とした研究では、全死亡について世界 43 カ国の気温との関連を調べた研究で、9.43%の死亡が非至適気温と関連しており、8.52%が寒冷関連、0.91%が暑熱関連であったと報告されている⁵³⁰⁴⁰⁰³。別の研究でも、低温は 2019 年の世界の非感染性疾患の障害調整生存年 (DALY) の 5.42%に関連しており、死亡の原因のうち 7.18%を占める。気象条件に加え適応行動を考慮したモデルにより解析した研究では、極端な寒さ (5℃未満の日数の増加) は死亡率を有意に上昇させた。この結果より、気温上昇は冬場の死亡率を低下させる効果があることが示唆されている⁵³⁰⁴⁰⁰⁴。

個別の国・地域を対象とした研究では、香港における 2016 年 1 月の寒波で、2007 年から 2015 年と比較して、最大 10 週間にわたり毎日の死亡率が有意に高い結果となり、寒波前と比較して最大 5 週間、都市全体の死亡率を増加させていた可能性がある⁵³⁰⁴⁰⁰⁵と報告されている。

● 海外の疾病発生リスク、死因別死亡に関する知見

国外を対象とした研究で、低温環境と冠状動脈硬化などの心血管疾患の関連が示されている^{5304006, 5304007, 5304008}。一方で、心血管疾患による突然死は、冬季よりも、気温の変動の大きい秋季に多いという報告もあり⁵³⁰⁴⁰⁰⁹、室温の調整や適切な冠状動脈硬化の予防を行うことが必要となる。

● 国内の全死亡に関する知見

⁷² 相対危険度：ある原因により、それを受けた個人の疾病リスクが何倍高まるかを表す指標をいう。

低温による死亡については、1990 年代以降、低温による死亡者数・死亡率は増加傾向にあり、特に高齢者で増え、若年～中年者で減少傾向にあることが報告されている⁵³⁰⁴⁰¹⁰。また極端な高温環境下に比べて、極端な低温環境の方が死亡リスクや救急搬送リスクが高いこと^{5304011, 5304012, 5304013, 5304014, 5304015, 5304016, 5304017}、低温による影響は低温発生日から遅れて発現し、長期間（10 日間前後）継続することが報告されている⁵³⁰⁴⁰¹⁴。全国を対象とした研究でも、寒波の日にはその他の日より死亡率が高いことが報告されており⁵³⁰⁴⁰¹⁸。別の 47 都道府県の死亡の季節変動をみた研究では、外気温が低いほど月別死亡割合が高くなるが、寒冷地ではその傾向はあまりみられず、温暖地ほど顕著なことが報告されている⁵³⁰⁴⁰¹⁹。

● 国内の疾病発生リスク、死因別死亡に関する知見

低温と疾患との関係については、低温に対する相対危険度は増加傾向にあること⁵³⁰⁴⁰²⁰、極端な低温環境では全疾患や循環器疾患（脳卒中、院外心停止、虚血性心疾患、心不全）、呼吸器疾患のリスクが増加する可能性が報告されている^{5304016, 5304021, 5304022, 5304023, 5304024, 5304025, 5304026, 5304027, 5304028, 5304029, 5304030}。10 都道府県の神経系疾患（主要な神経変性疾患、アルツハイマー病、パーキンソン病）に関連した死亡率の解析の結果、寒さは神経系疾患に関連した死亡率のすべてのカテゴリーと関連していたが、暑さとは関連していなかった⁵³⁰⁴⁰³¹。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 冬季の平均気温は、RCP4.5 シナリオの場合、2030 年代に、全国的に 2000 年代よりも上昇し、全死亡（非事故）に占める低温関連死亡の割合が減少することが予測されている。一方、影響を最も大きく受ける高齢者人口が増加するため、低温関連死亡数自体は増加することが予測されている。
- 気温上昇はヒートショックなどに起因する冬の死亡者数を減らし、冬と夏の気温が低い地域では、冬の死亡率の低下が、夏の死亡率の上昇を上回るため、気温上昇は年間の死亡率を減少させるが、冬と夏の気温が高い地域では、気温の上昇は年間の死亡率を増加させると予測されている。
- 世界全体を対象とした予測では、RCP8.5 シナリオにおいて、日本を含む東アジアで、気温の上昇に伴う低温関連死亡が 2010 年代に比べて 2090 年代には減少することが予測されている。

● 海外を対象とした知見

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書においては、将来の暑さによる死亡の増加は、寒さに関連する死亡を上回ると予想されているが（確信度が高い）、暑さや寒さに関連する死亡率には地域ごとの顕著な差が生じるとされており、北半球では冬季気温の上昇により寒さによる死亡率が減少する傾向が見られるが、その程度は最小から中程度にとどまる⁵³⁰⁴⁰³²。メンタルヘルスとウェルビーイングに関しては、極端な寒冷日数の減少が一定の恩恵をもたらす可能性はあるが、研究結果は一貫しておらず、高温の増加による悪影響がその恩恵を上回ると予測されている⁵³⁰⁴⁰³³。

個々の研究では、全球を対象とした、4 つの RCP シナリオを前提とした ISI-MIP の 5 つの気候モデルによる予測結果として、RCP8.5 シナリオの場合、現状で低温による超過死亡率が高い北ヨーロッパ、東アジア、オーストラリアでは、気温の上昇により、低温による超過死亡率が 2010 年代の 7.4～8.7%から 2090 年代には 3.7～5.9%に低下することが予測されている⁵³⁰⁴⁰³⁴。

● 日本を対象とした知見

国内における死亡に関する研究としては、1970 年代、2000 年代、2030 年代の関東及び日本のメッシュ別の気温データ、死亡推定数、低温に曝露されることによる健康影響の推定値を用いて低温関連死亡数等を予測した研究によれば、RCP4.5 シナリオを前提とした NICAM モデルによる予測情報を用いた場合、2030 年代の冬季の平均気温は全国的に 2000 年代よりも上昇し、全死亡（非事故）に占める低温関連死亡の割合は全国的に低下する。一方、影響を最も大きく受ける高齢者人口が増加するため、低温関連死亡数自体は増加し、都市部で多くみられる⁵³⁰⁴⁰³⁵⁾。また、別の RCP4.5 シナリオを用いた研究では、日本の寒冷関連超過死亡率は、2010～2019 年の 8.3%と比較して、2090～2099 年には 6.9%に低下すると予測されている⁵³⁰⁴⁰³⁴⁾。また、気温上昇はヒートショックなどに起因する冬の死亡者数を減らすため、気温が 2℃上昇した場合の 65 歳以上の死亡率をシミュレーションした研究では、冬と夏の気温が高い地域において、気温上昇は死亡率を高める一方、冬と夏の気温が低い地域においてむしろ死亡率を減らすことが予測されている⁵³⁰⁴⁰³⁶⁾。

死亡以外の影響に関する研究としては、国内の寒冷に関連した院外心停止の超過リスクについて、2010～2019 年の 19.9%と比較した 2090～2099 年の増加率は、RCP8.5 シナリオでは 13.8%とより小さくなったことが報告されている⁵³⁰⁴⁰³⁷⁾。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

現在を対象とした研究において、低温による死亡者数・死亡率は増加傾向にあり、特に高齢者で増えている。冬季の死亡リスクは外気温が低いほど高くなり、温暖地ほどその影響を受ける。

（適応策とその効果）

地球温暖化により冬季の低温関連死亡数自体は減少することが予測されているため、適応策は想定されない。なお、英国の気候変動リスク評価書では、冬の気温が高いことで寒さ関連死亡者数と医療負担が一定程度減るが、人口の高齢化で冬季温暖化の恩恵は相殺される可能性が高く、公衆衛生上の対応は引き続き重要であるとされている⁵³⁰⁴⁰⁰²⁾。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 2	重大性：レベル 1 確信度：レベル 2	重大性：レベル 1 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 1 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

- ✧ 【社会】低温による死亡は特に高齢者で増加傾向にある。極端な高温環境下に比べて、極端な低温環境では死亡が増加する可能性があるが、気候変動による冬季の気温の変化が冬季死亡率に影響を与えるという事例はなく、人命の損失や重症者、多くの軽症者が発生していることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】低温と死亡・疾患の関連については多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。ただし、気候変動による冬季死亡率の低下は確認できない。
- ◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 1

- ◇ 【社会】気温上昇に伴い低温関連死亡の割合は全国的に減少することが示されている。気候変動による人命の損失や重症者、多くの軽症者の発生が予測されることを示す知見は確認されていない。ただし、影響を最も受ける高齢者人口の増加により低温関連死亡数は増加する可能性も指摘されている。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 1

- ◇ 【社会】気温上昇に伴い将来の低温関連死亡率が減少することが予測されている。気候変動による人命の損失や重症者、多くの軽症者の発生が予測されることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 1

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が低い。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】—

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

(5) その他の健康影響

ここでは、まだ既往の研究知見が少ない健康影響を「その他の健康影響」としてまとめて取り扱っている。昆虫等の刺咬被害については国民生活・都市生活分野の小項目「健康的な暮らし」で扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 花粉飛散量は、年次変動を繰り返しながら増加傾向にあり、飛散量増加の要因としては、1970 年以降のスギ人工林の成長に伴い、雄花を付け始めると考えられる 20 年生以上のスギ林の面積が増加してきていることが考えられる。スギ花粉飛散量の多い年では再診の増加や治療日数の長期化が見られている。
- 日本沿岸の海水温度の上昇により自然毒を産生する微細藻類の生息域の北上が推測され、日本を含む温帯地域でシガテラ中毒が確認されている。

● 海外を対象とした知見

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書においては、気候変動により、アレルギー疾患、特にアレルギー性鼻炎とアレルギー性喘息の負担が変化している可能性（確信度が中程度）、化学物質、屋外の紫外線、かび毒アフラトキシンへの曝露の増加などによりいくつかの悪性腫瘍のリスクを増加させる可能性（確信度が高い）、などが予測されている [5305001](#), [5305002](#)）。

● 日本を対象とした知見

花粉症について、花粉飛散量は年次変動を繰り返しながら増加傾向にあり、飛散量増加の要因としては、1970 年以降のスギ人工林の成長に伴い、雄花を付け始めると考えられる 20 年生以上のスギ林の面積が増加してきていることが考えられる [5305003](#)）。1987～2021 年にかけて日本の 9 都市を対象とした研究では、スギ・ヒノキの雄花が形成される時期である 6～8 月の平均気温が増加傾向にあり、翌年の花粉捕集数と正の相関関係があることが報告されている [5305004](#), [5305005](#)）。花粉量は前年の夏の気温や湿度に関連しているが、近年の極端な地球温暖化による気象条件の変化が、翌年の花粉飛散予測に影響を及ぼす可能性がある [5305006](#), [5305007](#)）。スギ花粉飛散量の多い年には、一部の医療センターでは、スギ花粉症患者の再診割合の増加や抗アレルギー剤投与日数の長期化も報告されている [5305008](#)）。

熱帯・亜熱帯のサンゴ礁の周辺に生息する毒化した魚類を食べることによって起こるシガテラ中毒 ⁷³ は、近年、亜熱帯地域だけではなく、温帯地域（日本の本州、四国、九州地域を含む）でも報告されており [5305009](#)）、原因物質シガトキシン類を生産する渦鞭毛藻の生息域が北上していることが推測されている [5305010](#), [5305011](#)）。これまでは熱帯地域で発生していたアフラトキシンによるコメの汚染が国内で発生する可能性も実験により明らかとなっている [5305012](#)）。

(将来予測される影響)

⁷³ 中毒の原因はシガトキシンなどの天然毒であり、シガトキシンは、海藻などに付着する渦鞭毛藻と呼ばれる微細藻類の一種によって生産され、その微細藻類を魚介類が食べ、食物連鎖によって魚の毒化が起こる。神経症状のほか、消化器系症状、循環器系症状も呈することがある。神経症状は、軽症では 1 週間程度で治まるが、重症な場合には数ヶ月から 1 年以上継続することがある。

〔概要〕

- 国内における気候変動と花粉の飛散量、花粉症の罹患数に関する将来を予測した知見は確認されていない。
- 日本沿岸の海水表面温度の上昇により、シガテラ中毒のリスク増加が予想されているとともに、麻痺性貝毒の発生増加も懸念される。

- 海外を対象とした知見

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書においては、気候変動により、大気中のアレルゲンに関連する疾病負担が増加すること（確信度が高い）、環境中や食料中のアフラトキシン等のかび毒（マイコトキシン）がより多く見られるようになること（確信度が低い～中程度）、有害藻類の大量発生が世界的に増加し毒素により魚介類汚染のリスクが高まること（確信度が高い）、地域によってはシガテラ中毒のリスクを高めること（確信度が中程度）が予測されている [5305013](#), [5305014](#)。

- 日本を対象とした知見

花粉症への影響については、気候変動とスギなどの花粉飛散量との関係から将来予測を行った知見は確認できず、現時点で評価をすることができない。

海水表面温度・塩分と渦鞭毛藻属個体群の関係性を研究した文献では、日本海沿岸域で海水表面温度の上昇が続けば、熱帯性である渦鞭毛藻属個体群の増加及び分布拡大が生じ、シガテラ中毒のリスクが増加することが予想されている [5305015](#)。また、北海道オホーツク海沿岸の麻痺性貝毒に関する総説では、同じく渦鞭毛藻を原因とする麻痺性貝毒 ⁷⁴ の発生も懸念されている [5305016](#)。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

海洋プランクトン由来の食中毒であるシガテラ中毒は、近年、亜熱帯地域だけではなく、温帯地域（日本の本州、四国、九州地域を含む）でも報告されている。また、日本沿岸域で海水表面温度の上昇が続けば、熱帯性である渦鞭毛藻属個体群の増加及び分布拡大が生じ、シガテラ中毒のリスクが増加することが予想されている。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、花粉症に対しては、花粉症に対する治療など対処法の実施、花粉の発生源となるスギ人工林の伐採・植替え等の推進、精緻化されたデータを民間事業者に提供すること等による民間事業者の花粉飛散量の予測精度の向上支援などがある [5305017](#), [5305018](#)。シガテラ中毒に対しては、都道府県ごとに中毒事例のある有毒種を中心に食用としないよう指導、啓発が行われている [5305019](#), [5305020](#)。

⁷⁴ 主に二枚貝が毒素をもった植物プランクトンを餌として食べることによって、体内に毒を蓄積させる現象。毒が蓄積した貝類を人が食べると、麻痺などの中毒症状を引き起こすことがある。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性と その確信度の評価
現状 (約 1°C 上昇)	約 1.5～2°C 上昇時	約 3～4°C 上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ 【社会】花粉飛散量は年次変動を繰り返しながら増加傾向にあり、夏季の気温と翌年の花粉飛散量に正の相関がみられ、多くの花粉症患者が発生している。この健康影響は広範囲に及び、影響は深刻である。また、シガテラ中毒の原因となる微細藻類の生息域変化が既に発生していることが推測され、亜熱帯地域だけではなく温帯地域でもシガテラ中毒が確認されている。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ 【社会】海水温上昇によるシガテラ中毒の発生リスクの増加が予測される。今後影響が軽減することを示す知見も確認されていないことから、現状と同じレベルと判断した。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予想結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。ただし、花粉症に関する明確な予測結果は示されていない。
- ◇ 【知見の一致度】魚介類の中毒については影響の予想結果が文献間で概ね一致している。

<3～4°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ 【社会】海水温上昇によるシガテラ中毒の発生リスクの増加が予測される。今後影響が軽減することを示す知見も確認されていないことから、現状と同じレベルと判断した。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予想結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。ただし、花粉症に関する明確な予測結果は示されていない。
- ◇ 【知見の一致度】魚介類の中毒については影響の予想結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】—

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

3.6. 産業・経済活動分野

【気候変動により想定される影響の概略】

産業・経済活動分野における気候変動により想定される影響の概略は、図 3-6 に示すとおりである。

気候変動による降水量や降水パターンの変化は、干ばつや豪雨による農作物や樹木への被害をもたらす。食料品製造業や原材料業に影響を及ぼす。加えて、極端な気象現象による土砂災害や浸水被害の頻発により、運輸業では道路や鉄道などインフラの寸断による物流の混乱が生じる。保険業においても、災害被害による保険金支払額の増加等の影響が考えられる。

気圧や風のパターンの変化によって、建設業では設計基準の見直し、エネルギー産業では風力発電量の減少等の影響が懸念される。

気温の上昇は、冷房需要の増大や熱中症リスクの高まりを引き起こし、電力業界では夏季のピーク負荷への対応が求められ、医療では熱中症の救急搬送者数増加による医療現場のひっ迫が懸念される。また、労働環境の悪化、労働力の不足等が生じる可能性がある。そのほか、客の動向や嗜好の変化によってサービス業や商業、衣料品製造業の売上が変化する可能性がある。

海面水位の上昇は、沿岸部に立地する製造拠点や港湾インフラに浸水リスクをもたらす。運輸業、製造業、食料品製造業、原材料業、商業、情報・通信業、製薬業、衣料品製造業といった多数の業種のサプライチェーンに影響を及ぼす。

海水温の上昇は、発電施設等への影響や、サンゴの白化をはじめとする観光資源に深刻な影響を与える。

【文献数・構成等の変化】

今回の影響評価において、産業・経済活動分野全体では、合計 203 件の文献を引用しており、このうち、前回の影響評価から新たに追加された文献は 98 件である。項目別に見ると、「全般」、「運輸業」、「海外からの 2 次的影響」等において、文献数が特に増加している。

前回の影響評価からの構成上の変更点としては、小項目を総務省日本標準産業分類・CDP 気候変動レポート・TCFD ガイダンスを参考に整理した。具体的には、「全般」、「食料品製造業」、「原材料業」、「情報・通信業」、「運輸業」、「不動産業」、「サービス業」、「衣料品製造業」を追加した。また「医療」は「医療・福祉・製薬業」とし、「その他（海外影響等）」を「海外からの 2 次的影響」とした。国内のサプライチェーンに関する内容は各小項目に含め、海外のサプライチェーンに加え、食料安全保障、その他安全保障については「海外からの 2 次的影響」で扱う。

産業・経済活動分野

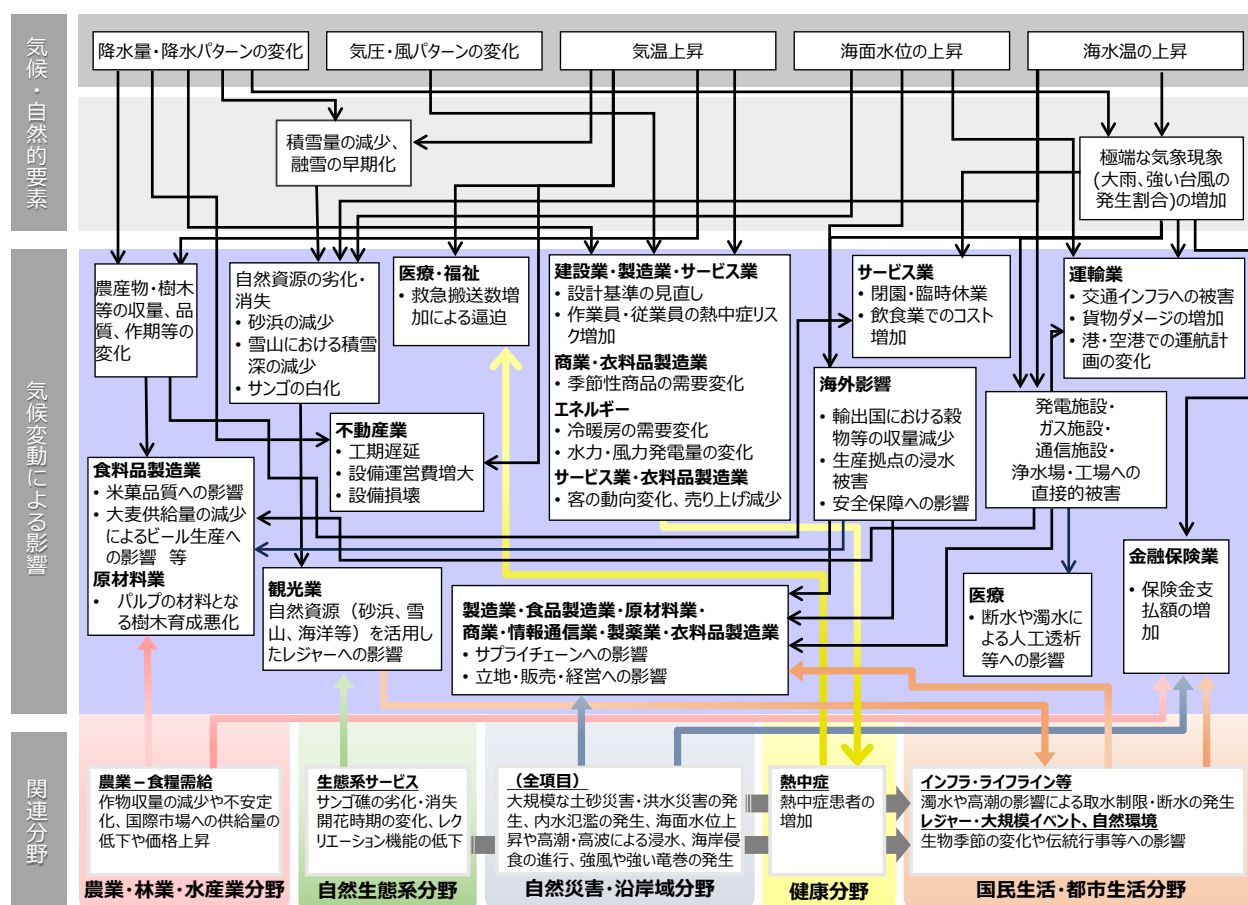


図 3-6 気候変動により想定される影響の概略図（産業・経済活動分野）⁷⁵

⁷⁵ 本図は、本報告書において引用された科学的知見の中から、国内において想定される産業・経済活動分野の代表的な影響を選定し、想定される気候・自然的要素（外力）との関係や他分野への影響を概略的に図化したものである。したがって、各分野の影響や項目間の関係性を完全に網羅しているわけではないことに留意が必要である。図の「気候・自然的要素」（上段）は、気候変動の直接的な影響（濃い灰色部分）と、そのほか産業・経済活動分野に直接的な影響を及ぼす外力（薄い灰色部分）の2段に分けている。図が複雑になりすぎるのを避けるため、気候変動の直接的な影響（濃い灰色部分）のボックス間の因果関係は表示していない。

【産業】

(1) 全般

本項目では気候変動による日本の産業・経済全体への影響を扱う。各業種に対する影響は産業・経済活動分野の各小項目で扱う。また、気象災害による経済損失額（業種や対象別でなく一括して示されているもの）は自然災害・沿岸域分野の各小項目で扱う。

（現在の状況）

〔概要〕

- 世界では、以下の影響が発生している。
 - 気候変動による経済的損害が農業、林業、漁業、エネルギー産業、観光業に現れている。
 - インフラの損傷による、経済的損失、サービスの中断、福祉への悪影響。
 - 屋外労働者の生理的負担の増加や生産性の低下。
 - 気候変動による経済的損失額は 42 カ国合計で約 5 千億ドル。
- 国内では、以下の影響が発生している。
 - 2018 年～2022 年の 5 年間ににおける水害による被害額は合計 3,625 億円。
 - 2019 年の台風災害では企業が水没や強風による停電や断水で甚大な影響を受けた。また、自社に影響がなくても、物流網やサプライチェーンの寸断により多くのメーカーが部品供給の停止で操業を停止。令和元年東日本台風の一般資産の総被害額は 1 兆 1,500 億円。
 - 気候変動による雪不足で中小スキー場の倒産が相次ぎ、レジャー産業に深刻な影響。
 - 労働者の熱中症被害も増加しており、2020 年～2024 年の 5 年間に職場で発生した熱中症による年間死傷者数は合計 4,710 人。

● 世界における影響

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、気候変動に起因する世界的な経済的損害が、農業、林業、漁業、エネルギー産業、観光業に対して地域的な影響を及ぼし（確信度が高い）、例えば屋外労働者の生産性の低下などに現れている（確信度が高い）としている。また極端な気象現象が短期的に経済成長を低下させている（確信度が高い）ほか、交通システム、水道、下水システム及びエネルギーシステムを含むインフラが気象現象によって損傷した結果、経済的な損失、サービスの中断、福祉に対する悪影響を与えている（確信度が高い）と報告されている。さらに、都市等では重要インフラへの気候影響が、水や食料システム全体の損失と損害につながっており、経済活動に影響を及ぼしている（確信度が高い）と指摘されている ^{6101001, 6101002, 6101003}。ILO は、40 を超える職業の 4 億 4,700 万人以上の労働者を含む 30 か国を対象としたメタ分析で、職場で通常又は頻繁に過度の暑さにさらされる労働者（1 日あたり最低 6 時間、週 5 日、年間 2 か月間）の 35%が生理的負担を経験し、30%が生産性の低下を経験していると報告している ⁶¹⁰¹⁰⁰⁴。また国際対応型の LCIA（ライフサイクル影響評価）手法を活用した 42 か国の環境負荷を調査した研究では、気候変動による経済的損失額は 42 カ国合計で 5190 億 USD、そのうち人間の健康に関する被害額は 2920 億 USD、生物多様性に関する被害額は 2260 億 USD と試算された ⁶¹⁰¹⁰⁰⁵。

● 国内のリスク

日経平均株価構成企業の国内関係会社が所在する地方の割合は、関東地方が最も高く、近畿地方、中部

地方がそれに次ぐ。関東地方の割合が高いのは通信業、保険業、不動産等であり、それ以外の地域の割合が多いのは自動車、電力、機械等となっている。一方、水害による累積経済被害は中部地方の割合が最も高く、九州地方、東北地方がそれに次いでいる [6101006](#)。

日経平均株価構成企業のTCFD⁷⁶提言に基づく情報開示における物理的リスクの認識として、事業・操業停止や店舗・工場等の被害の割合が最も高く、サプライチェーンの混乱・断絶、原材料・エネルギー等のコスト上昇がそれに次いでいる [6101006](#)。

● 災害による国内における影響

国内では近年、極端な降雨等の災害によるさまざまな被害が報告されている。2018年から5年間の水害による産業全体⁷⁷における被害額は合計3,625億円であり、年別に見ると340億円(2022年)、164億円(2021年)、104億円(2020年)、1,697億円(2019年)、1,320億円(2018年)と報告されている [6101007](#)。過去の洪水が日本経済に与えた影響や被害額を調査した結果、気象庁のアメダスデータと地域ごとの一般資産⁷⁸被害額との関係の調査では、日降水量100mm以上の日数が1%増加すると、一般資産の被害額が平均で2%増加するという結果が得られた。また洪水被害による経済的影響については、以下のような分析結果がある。GDPは最大で0.10%減少し、その影響は5年以上続く可能性がある。資本ストックは即座に減少し、経済的影響発生後5年以上にわたって続くと考えられる。消費は減少しその影響は長期間続くと同時にGDPの回復が遅れるため、消費は持続的に低迷する。労働投入量は短期的に減少するが長期的には回復する [6101008](#)。

2019年の令和元年房総半島台風と令和元年東日本台風の際には多数の企業が没水や強風による被害を受け、停電や断水の長期化、従業員の通勤困難等のかたちで、甚大な影響を受けた。さらに物流網やサプライチェーンの寸断により、自社工場に影響がなくても、部品供給が途絶えたために操業を停止せざるを得ないメーカーが多数発生した [6101009](#)。令和元年東日本台風の一般資産の総被害額は1兆1,500億円とされ、これは2019年第3四半期の日本の民間部門の固定資本ストック1,128兆円の約0.1%に相当する [6101008](#)。平成30年7月豪雨(2018年)の際、高速道路ネットワークの寸断によって物流網やサプライチェーンに大きな影響があった。広島県内での影響を調査した研究では、通勤への影響、物流や交通の乱れによる営業・操業時間への影響、業務内容への影響や売上・出荷の増減等の影響が確認された。アンケート結果をもとに算出した被害額は1,500億円との推定もある [6101010](#)。脆弱性⁷⁹を活用した平成30年7月豪雨での浸水災害による資産被害率の調査では、非製造業の方が製造業より10%程度被害を受けやすいとされた。さらに従業員規模が大きくなるほど製造業の方が、被害額が大きくなることが明らかになった [6101011](#)。さらに被災した企業へのアンケートから、売上の復旧に1ヶ月以上を要する事業所の割合が回答社のうち約6割あり、設備の復旧が完了しても売上が回復しない事業所も多数確認された [6101011](#)。同じく平成30年7月豪雨でJR呉線が寸断されたことによる直接被害額は全国で約1兆3,500億円、広島県で約3,500億円と推計された [6101012](#)。

⁷⁶気候関連財務情報開示タスクフォース。企業に対し気候変動リスクと機会に関する情報を「ガバナンス・戦略・リスク管理・指標と目標」の4項目で開示することを推奨する国際的枠組み。

⁷⁷ 鉱業、建設業、製造業、卸業・小売業・飲食業、運輸業・通信業、電気・ガス、サービス・その他。

⁷⁸ 企業の減価償却資産や在庫資産、農業・漁業世帯の資産、住宅・事業用建物等。被害額には公共インフラの損害や民間企業の事業中断損害は含まない。

⁷⁹ 特定の強度の外部刺激(地震、風、洪水等)に対して、構造物やシステムが損傷を受ける確率。

● 気温や降水量の変化による国内における影響

気温や降水量などの変化による影響としては、近年、雪不足のため各地で中小規模のスキー場の倒産が相次いでいる。長期的な影響は、自然環境に依存したレジャー産業や農林水産業などでは特に深刻だが、空調用の電力費の増加、水不足などのかたちで、その他の製造業にも影響を及ぼす⁶¹⁰¹⁰⁰⁹⁾。また労働者への影響も現れている。厚生労働省によると、過去5年間（2020～2024年）の職場における熱中症の年間死傷者数は合計4,710人であり、年間それぞれ1,257人（2024年）、1,106人（2023年）、827人（2022年）、561人（2021年）、959人（2020年）と報告されている⁶¹⁰¹⁰¹³⁾。2025年6月より事業者にあらかじめ、熱中症のおそれがある作業者を早期に見つけるための体制整備、重篤化を防止するための措置の実施手順の作成、体制及び手順の作業者への周知が義務付けられた。これは作業者の熱中症重篤化防止につなげることを目的としている。対象となるのは、「WBGTが28以上又は気温31度以上の環境下で連続1時間以上又は1日4時間を超えて実施」が見込まれる作業としており⁶¹⁰¹⁰¹⁴⁾、制度の変更により様々な産業に影響が及ぶと予想される。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 現行の環境政策を維持した場合、洪水被害によって2100年に資本ストックが0.75%、GDPが0.18%減少する可能性が予測されている。
- 国内の洪水被害の予測では、全国の工業団地の約3割が浸水リスクを抱えているとされ、また代表的な港湾のうち広島湾と三河湾の被害額が特に大きいことが予測されている。
- 日本沿岸域では海面上昇により、SSP1-2.6で2050年に最大445万人が影響を受け、浸水被害額は最大143兆円、SSP5-8.5では最大470万人、浸水被害額は最大170兆円に達すると予測されている。SSP5-8.5の2100年にはこの被害額が最大430兆円に達すると予測されている。
- 海面上昇による土地喪失による直接的経済影響と、サプライチェーンを通じた間接的経済影響を総合的に予測した結果、特に土地消失が大きいと想定される地域では、顕著なマイナスの直接的影響が予測されている。一方、海面上昇の影響が小さい東北地域等ではプラスの間接的影響が予測されている。
- 海面上昇による津波被害額の増加率は、0.5mの上昇で9%、1.0mで21%と予測されている。

● 世界における影響

IPCC第6次評価報告書第2作業部会報告書では、世界全体での経済的損害は、一般的に地球温暖化の水準に伴って増大する（確信度が高い）と予測されている。経済的損害は、経済市場において指標があるものもないものも含め、3℃以上の地球温暖化の水準に比べて、1.5℃において小さくなると予測される（確信度が高い）⁶¹⁰¹⁰¹⁵⁾。

アジア全体に関しては気候変動影響によって、経済的損失が格差を広げ、経済発展が妨げられるという見方もある。気温上昇は農業・建設業・鉱業等にも影響する。理想的な年平均気温である14.2℃を超えると経済的な生産性は低下するとされる。アジア新興国31カ国の3分の2はこれを超えており、現在の気温上昇が続けば、気候が不変であった場合に比較して2100年にアジア地域のGDPが10%低下するという予測がなされている⁶¹⁰¹⁰¹⁶⁾。

● 災害による国内における影響（海面上昇除く）

極端な気象現象によっておこる洪水については、さまざまな影響の予測がされている。例えば、洪水による国内の経済的影響を予測した研究において、現行の環境政策を維持したシナリオでは、2080 年以降に洪水による経済的影響による資本減価償却率が急速に増加し、2100 年時点で資本ストックが 0.75%、GDP が 0.18% 減少する可能性がある。一方で 2050 年までにネットゼロを実現したシナリオでは、2100 年時点で資本ストックと GDP の減少がそれぞれ 0.37% と 0.03% に抑えられる可能性があるとされている⁶¹⁰¹⁰⁰⁸⁾。全国約 2,000 の工業団地の浸水リスクを調査した結果、約 3 割の工業団地で浸水のリスクがあり、その半数以上は浸水深 2.0m 以上となっているほか、富山県、埼玉県、新潟県などでは 7 割以上の工業団地でリスクがあることが明らかになった⁶¹⁰¹⁰¹⁷⁾。また、耕地による保水効果（田んぼダムなど）による減災効果についても推定した。その結果、水田面積比率が高い地域では、日最大水量がある閾値を超えると水害被害を助長する可能性がある（堤防の決壊と類似した現象が生じうる）ことが明らかになった⁶¹⁰¹⁰¹⁸⁾。

その他、産業以外も含む被害額全体に関する予測は自然災害・沿岸域分野の小項目「洪水」「内水」参照。

● 海面上昇による国内における影響

海面上昇による影響の予測もなされている。日本沿岸域における海面上昇と潮汐による浸水影響を国土交通省の治水経済調査マニュアル（案）に基づいて評価した結果、全国影響人口は 2050 年に SSP1-2.6 で 445 万人、SSP5-8.5 で 470 万人、2100 年には SSP1-2.6 で 376 万人、SSP5-8.5 で 492 万人、浸水被害額は 2050 年に SSP1-2.6 で 143 兆円、SSP5-8.5 で 170 兆円、2100 年には SSP1-2.6 で 229 兆円、SSP5-8.5 で 430 兆円と推計され、SSP1-2.6 は影響人口、被害額のいずれも SSP5-8.5 よりも小さくなると予測されている。被害額の内訳としては、建物用地、幹線交通用地、償却・在庫資産が大半を占める結果となった。浸水域のうち農地、畑地栽培、田栽培が全体の 3 割以上を占めるが、これら農業関連の被害額は全体の被害額に対して 0.5% 程度にとどまるとともにゴルフ場被害額も全体の中では極めて少額であると予測されている⁶¹⁰¹⁰¹⁹⁾。47 都道府県マクロモデルを用いて、海面上昇による土地喪失がもたらす経済影響を評価した研究では、土地喪失地域外においてもサプライチェーンを通じて、生産に悪影響が生じることが明らかとなった。一方、被災地での生産量が減少することで、被災地で分担していた生産が、被災地外に移動することによるプラスの効果をもたらすこともある。最も大きな土地喪失による被害は佐賀県で、-35% の実質域内総生産（GRP）の減少（うち直接効果 21%、間接効果 14%）となった。これは佐賀県の、農地及び市街地の土地喪失率が 26% と最も高かったことが原因と考えられる。土地喪失率が 2 番目に高い愛知県では実質 GRP が 11%、同位の東京都では 8% 減少するという結果が得られた。海面上昇による土地喪失が予測されている地域は主に西日本に位置しているため、実質 GRP へのマイナスの影響も、西日本で大きくなる傾向にある。一方、海面上昇による土地の喪失が相対的に小さい青森県、岩手県、北海道等では、サプライチェーンを通じてプラスの効果が生じるため、GRP が増加すると予測される⁶¹⁰¹⁰²⁰⁾。また海面上昇によって津波による被害が増大することも指摘されている。具体的には、沿岸部に位置する鋳工業が津波被害を受け、間接被害を含めた被害が急増する可能性があるとしている。被害額の増加率としては、0.5m の海面上昇で 9%、1.0m の海面上昇で 21% とおおよそ線形的に増加することや、間接被害額の割合は 65 % を超えることが予測されている⁶¹⁰¹⁰²¹⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

洪水や海面水位の上昇の被害を受けやすい、川沿いの地域、沿岸の低平地では、被害が大きくなることが予測される。浸水被害を工業団地に限って見ると富山県、埼玉県、新潟県などが大きいと予測された。また海面上昇による影響としては、建物用地や影響人口が集積する東京湾、伊勢湾、大阪湾の被害額がより大きいと予測されている。

(適応策とその効果)

洪水や海面水位の上昇に対する適応策は、自然災害・沿岸域分野の小項目「洪水」・「海面水位の上昇」を参照。熱中症に対する適応策は、健康分野の小項目「熱中症」を参照。

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性と その確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

◇ 【経済】水害による影響が既に発生しており、その影響の範囲は 2018 年からの 5 年間の国内産業における被害額が合計 3,625 億円である他、台風等による営業停止やサプライチェーン等の寸断による間接的な被害も報告されており、産業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

◇ 【経済】海面上昇に伴い経済的損害が増大することが予測されており、その影響の範囲は海面上昇による影響人口が 445 万人、浸水被害額は 143 兆円とされ、産業への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

◇ 【経済】海面上昇に伴い経済的損害が増大することが予測されており、その影響の範囲は海面上昇による影響人口が 470 万人、浸水被害額は 170 兆円とされ、産業への影響は特に深刻である。

- 確信度：レベル 2
 - ✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
 - ✧ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。
- 緊急性とその確信度の評価の根拠：
 - 緊急性：レベル 3
 - ✧ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
 - ✧ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、エアコンの使用などの適応策が一部で進められているが、ハザードマップの活用などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。
 - 確信度：レベル 3
 - ✧ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
 - ✧ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(2) 製造業

本項目では国内の製造業に及ぼす影響を主に取り扱い、海外において発生した自然災害等によりもたらされる国境を越えた影響については、産業・経済活動分野の小項目「海外からの2次的影響」で主に取り扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 製造業では極端現象の頻度や強度の増加に伴う水害により 2018 年～2022 年の 5 年間で合計 1,294 億円の被害が発生している。また大洪水時に鉄工所で油流出事故（2019 年）が発生しており、大雨発生回数の増加により水害リスクが増加している。
- 製造業において、2020 年～2024 年の 5 年間に発生した熱中症による年間死傷者数は 897 名で、建設業に次いで多く発生している。
- CDP 気候変動質問書（2022 年）の回答では、製造業においては気候変動の影響を事業活動へのリスク要因とみる一方で、機会要因とも捉える企業が多い結果を得ている。

● 国内のリスク

CDP 気候変動質問書⁸⁰（2022 年）の回答では、気候変動の影響による物理的リスクとして生産能力の減少に起因した売上減少の認識が高い（回答した製造業の合計 43%）一方で、自然災害に対する製品の耐久性向上を通じた付加価値の創出による収益向上や、画像 IoT・センシングソリューションの売上増加など機会としても認識されている⁶¹⁰²⁰⁰¹。また企業の環境報告書等からは、基幹原料の品質・調達への影響や物流障害による供給不可のリスクを懸念する内容がみられる一方で、気候変動の影響に対して新たに生じる需要に対応するための技術開発の促進など、新たな機会を活用する内容が見られる⁶¹⁰²⁰⁰²。

● 災害による国内における影響

極端現象の頻度や強度の増加によって、製造業は水害による被害が毎年発生している。2018 年から 5 年間の水害による被害額は合計 1,294 億円であり、年別では 109 億円（2022 年）、34 億円（2021 年）、33 億円（2020 年）、702 億円（2019 年）、416 億円（2018 年）と報告されている⁶¹⁰²⁰⁰³。大雨発生回数の増加による工場の被災や設備の損傷等の水害リスクの増加が指摘されている⁶¹⁰²⁰⁰⁴。中小企業には、近年の大規模な自然災害⁸¹により、工場・事務所等の破損や損壊、従業員の出勤困難やインフラの途絶による操業の停止、販売先・顧客の被災による売上の減少、取引先の被災による原材料の供給停止など様々な被害が発生しており、経済的損失を受け、営業停止に追い込まれる事業者も存在していることが報告されている⁶¹⁰²⁰⁰⁵。また、洪水による化学物質等の流出による周辺的环境汚染の被害も報告されている。2019 年 8 月下旬に九州北部地方を襲った大洪水時に佐賀県の鉄工所で発生した油流出事故では、洪水により工場内で焼入れ油約 110,100 リットルと金属加工油約 3,000 リットルが放出されたと推定され、住民が避難する事態となり、健康被害リスクもあったとしている⁶¹⁰²⁰⁰⁶。自動車産業におけるサプライチェーンの国

⁸⁰ 企業の気候変動対策を評価するための質問書で、温室効果ガス排出量やリスク管理、戦略などの情報開示を求めるもの。世界中の企業が参画している。

⁸¹ ここで言う自然災害には風水害だけでなく地震等も含まれている。

を超えた影響を研究した事例では、米国、日本、ドイツのサプライチェーンに関わる海外労働者は、国内労働者よりも高い気候関連災害リスクに直面していることや、フィリピンの製造業における暴風雨のリスクは、日本とアメリカのサプライチェーンにおいて高いことが明らかになった⁶¹⁰²⁰⁰⁷。

● 気温上昇による国内における影響

気温上昇による影響も報告されている。厚生労働省によると、過去5年間（2020～2024年）の業種別の熱中症の死傷者数合計は、建設業の961名に次いで製造業で897名と多く発生しており、全体の約4割がこれら2つの業種で発生している⁶¹⁰²⁰⁰⁸。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 最も大きな海面水位の上昇幅を前提として、沿岸対策を取らなかった場合、2090年代には、東京湾周辺の製造業において、多額の生産損失が生じると予測されている。
- 気象災害によるリスクとしては、風水害や大雪による工場被災や幹線道路閉鎖に伴う生産停滞、従業員の通勤や出張への影響、自社工場の操業停止、サプライチェーンの寸断、海面上昇による工場浸水、設備故障、生産拠点移転の必要性が生じることなどが挙げられる。
- 平均気温の変化による影響としては、生産過程、生産物の販売、生産施設の立地に直接的・物理的な影響が生じるとともに、温度制御のためのコスト増大、労働環境の悪化と生産性の低下、夏季期間の労働自粛による売上減少などが想定されている。
- 企業の情報開示では、以下のようなリスクや事業機会が想定されている。
 - 気象災害による事業所やサプライチェーンへの影響、海面上昇による水不足などが想定されており、特に4℃上昇シナリオでは地下水の減少により上水道を利用することに伴うコスト上昇や工場の操業停止、災害対策費用増加による競争力の低下を予測する企業もある。
 - 事業機会として異常気象・自然災害による影響を未然防止するための情報技術ソリューション、気候変動に適応する天然物由来の農業資材製品の展開等が挙げられる。

● 世界における影響

IPCC 第6次評価報告書第2作業部会報告書では、極端な気象と気候は、サプライチェーン、市場及び天然資源の流れを通じ、国境を越えて経済的・社会的影響を引き起こしており、部門をまたいで国境を越えたリスクが増大する（確信度が高い）と指摘している⁶¹⁰²⁰⁰⁹。また、海面水位の上昇による東京湾周辺での生産損失額を推計した研究によれば、IPCC 第4次評価報告書において評価されたシナリオのうち最も海面水位の上昇が大きい海面水位の上昇幅0.59mを想定した場合⁸²、生産損失額は約8兆円に上ると予想されている⁶¹⁰²⁰¹⁰。ただし、海面水位の上昇幅を下回った土地に立地している製造業の生産額すべてが失われるとの想定による試算であることに留意が必要である。

● 災害による国内における影響

⁸² 海面水位の上昇幅0.59mを想定した場合：SRES A1FI シナリオに相当。1980～1999年を基準とした2090～2099年の世界平均地上気温の上昇幅が最良の推定値で4.0℃、海面水位変化が0.26～0.59mとなるシナリオ。

気象災害による影響が懸念されており、災害企業の TCFD 提言に基づく情報開示、及び統合報告書・サステナブルレポート等で想定されている代表的なリスクとして、機械・電気機器製造における、風水害や大雪などによる工場被災や幹線道路閉鎖による生産停滞、豪雨・洪水などによる従業員の通勤や出張への影響、自社工場の操業停止、サプライチェーンの寸断、顧客の操業停止・遅延による営業やサービスの停滞がある。また、海面上昇や河川氾濫による工場浸水、設備故障などによる操業停止や設備対策費用と復旧費用の増加、生産拠点移転の必要性も挙げられる。精密機械製造に関しては、災害発生による事業継続のリスクが挙げられている ⁶¹⁰²⁰⁰¹。

● 気温上昇による国内における影響

平均気温の変化による影響としては、企業の生産過程、生産物の販売、生産施設の立地などに直接的、物理的な影響を及ぼすとともに、国内で導入される気候政策を通じて要素価格や生産技術の選択、その他の生産費用と経営環境等にも影響を及ぼすとされている ⁶¹⁰²⁰¹¹。企業の TCFD 提言に基づく情報開示、及び統合報告書・サステナブルレポート等によると、精密機械製造では製造等の過程で重要な温度管理が困難になることや温度制御のためのコスト増大、電子機器への耐熱要求が厳しくなること、機械や電気機器製造では労働環境の悪化と生産性の低下や空調エネルギーコストの増加、夏季期間の労働自粛による売上減少などが想定されている ⁶¹⁰²⁰⁰¹。

また、気候変動は、地域固有の文化・歴史を育む、地域固有の気候に根ざした地場産業にも影響する ⁶¹⁰²⁰¹²。

● 企業で懸念されているリスク

企業による TCFD 提言に基づく情報開示では、各企業への具体的なシナリオ別の影響が想定されている。1.5°C、4°C 上昇シナリオ（1.5°C：IEA The Net-Zero Emissions by 2050 Scenario (NZE)、IPCC AR6 SSPI-1.9 等、4°C：IEA World Energy Outlook 2021/ IEA World Energy Outlook 2018/ IPCC AR6 SSP5-8.5 より想定）において 2030 年時点の影響を評価した企業のシナリオ分析では、1.5°C、4°C 上昇シナリオいずれにおいても、大雨、洪水、台風などの異常気象の深刻化・増加により、事業所・工場やサプライチェーンが被害を受け、コスト上昇や事業活動の中断リスク、海面上昇により井戸水の元となる淡水に海水が流れ込み、淡水の入手が困難になる可能性を挙げる企業もある。加えて、海外での干ばつによる水不足のため、原料の調達が困難になる可能性（中国、ヨーロッパ等）が挙げられており、4°C 上昇シナリオに限り降雪量が少なくなり、地下水が減少し井戸水が使えず工業用水（上水道）を利用することによるコスト上昇、さらには上水道を製造用水に使用するために追加の投資・コスト発生が想定されている ⁶¹⁰²⁰¹³。他の企業では、1.5°C 上昇シナリオにおいて原材料コストの上昇、原材料の入手困難化、既存事業の採算悪化、4°C 上昇シナリオにおいて気候変動に適応する製品・技術の需要増加、気象災害の激甚化による海岸、河岸に立地する工場の操業停止、災害対策費用増加による工場のコスト競争力の低下、農業生産性低下に伴う関連需要の減少が想定されている ⁶¹⁰²⁰¹⁴。一方で、いずれのシナリオにおいても財務上重大と認めるリスクは現時点では無いと想定する企業もある ⁶¹⁰²⁰¹⁵。

一方、事業機会も挙げられている。企業の TCFD 提言に基づく情報開示、及び統合報告書・サステナブルレポート等での代表的なものとして、機械製造に関しては、気象災害で損傷したインフラや設備の復旧への貢献、国土強靱化に向けたインフラ整備の需要増加、省人化や遠隔化推進によるデジタル化需要の増加が挙げられている。また、気温上昇による顧客からのコールドチェーン・e コマース・省人化に向け

た自社製品・サービス需要の増加がある。輸送用機器製造に関しては、災害対応可能な車両の需要増加や災害に強靱なインフラサービスへのニーズ拡大が想定されている。ほかにも、電気機器製造では急性的な自然災害への安全・安心の期待から、異常気象・自然災害による影響を未然防止し予防保全型インフラメンテナンスを実現する画像IoT・センシングソリューションや災害医療現場で活用できるX線撮影診断、超音波診断など画像を活用したヘルスケアソリューションなどが想定されている⁶¹⁰²⁰¹⁶⁾。他に、気候変動に適応する天然物由来の農業資材製品等の展開、農業や感染症のグローバルな環境変化に適応したソリューションの提供等を想定する企業もある⁶¹⁰²⁰¹⁴⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

洪水などの気象災害を受けやすい立地においては、工場の被災や設備の損傷等の水害リスクがあるほか、将来においては、沿岸では海面水位の上昇による生産損失が予測される。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、災害発生に対しては、BCPの策定と運用、水害や土砂崩れなどのリスクが高い土地から低い土地への施設移転等が挙げられる。渇水リスクの増加に対しては、サプライチェーンの強化や製造過程での水の再利用等が挙げられる。気温上昇による熱中症や蚊媒介感染症等、従業員の健康リスク増加に対しては、作業環境の温度管理や害虫駆除が挙げられる。気温上昇等による品質低下やコスト増加に対しては、工場等の室温管理や原料の品質・コスト、生産可能期間の短期化の影響がより少ない地域への拠点の移転等が挙げられる⁶¹⁰²⁰¹⁷⁾。なお、調査により、被災経験の差による知識の差が適応行動に大きな差を与えている可能性が示されている。災害に対する適応行動や事業継続に関する認証制度の整備を通じて事業所による事前対策が進むような仕組み作りが必要となる⁶¹⁰²⁰¹⁸⁾。

適応策の効果に関する十分な知見は集まっていない。

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状(約1°C上昇)	約1.5~2°C上昇時	約3~4°C上昇時	
重大性：レベル1 確信度：レベル3	重大性：レベル2 確信度：レベル1	重大性：レベル3 確信度：レベル1	緊急性：レベル2 確信度：レベル1

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル1

- ✧ 【経済】水害や熱中症による影響が既に発生しており、2018年からの5年間で合計1,294億円の水害被害や2020年からの5年間に発生した熱中症による年間死傷者数が897名であることが報告されているが、その影響の範囲はいずれも業界全体への影響は限定的であり、製造業への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル3

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等と少数の企業による情報開示で定量的に示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ 風水害や海面上昇による影響が予測されており、その影響の範囲は工場被災、幹線道路閉鎖による生産停滞、従業員の通勤や出張への影響、サプライチェーンの寸断などの広範囲に及び、製造業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が学術論文・官公庁報告書等では示されていないものの、少数の企業による情報開示では示されている。
- ◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【経済】風水害や海面上昇による影響が予測されており、その影響の範囲は 1.5～2℃上昇時に生じる影響に加え、水の供給不足によるコスト増加や工場の操業停止、災害対策費用増加による競争力の低下が想定されており、製造業への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が学術論文・官公庁報告書等では示されていないものの、少数の企業による情報開示では示されている。
- ◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 2

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が高い。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】—

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が学術論文・官公庁報告書等では示されていないものの、少数の企業による情報開示では示されている。
- ◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

(3) 食料品製造業

本項目では国内の食料品製造業と流通に及ぼす影響を主に取り扱う。食料品製造のための原材料となる農業・水産業に関する変化は農業・林業・水産業分野の各小項目で扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 製造業全体として、極端現象の頻度や強度の増加に伴う、水害による被害が報告されており、2018年～2022年の過去5年間の被害額は合計1,294億円にのぼる。
- 自然を活用する地場産業への事例調査では、気温上昇による生産可能期間の短期化に伴う生産効率の悪化や製品品質の低下、生産コスト上昇等の影響が挙げられている。

自然を活用する地場産業への事例調査では、気温上昇による生産可能期間の短期化に伴う生産効率の悪化や製品品質の低下、生産コスト上昇等の影響が挙げられている。企業の気候変動影響に対する認識について、CDP 気候変動質問書（2022年）の回答では、降水パターンの変化や気象パターンの極端な変動によるリスクの認識が他業種に対して高く（回答企業数の43.3%）、また生産能力低下に起因した売上減少を影響として認識している企業の割合もアパレル業界に次いで高かった（同53.8%）⁶¹⁰³⁰⁰¹）。

近年、極端現象の頻度や強度の増加によって、製造業⁸³には水害被害が発生しており、大雨発生回数の増加による工場の被災や設備の損傷等の水害リスクの増加が指摘されている⁶¹⁰³⁰⁰²）。2018年から5年間の水害による製造業における被害額は合計1,294億円にのぼり、年間被害額は109億円（2022年）、34億円（2021年）、33億円（2020年）、702億円（2019年）、416億円（2018年）と報告されている⁶¹⁰³⁰⁰³）。中小企業には、近年の大規模な自然災害⁸⁴により、工場・事務所等の破損や損壊、従業員の出勤困難やインフラの途絶による操業の停止、販売先・顧客の被災による売上の減少、取引先の被災による原材料の供給停止など様々な被害が発生しており、経済的損失を受け、営業停止に追い込まれる事業者も存在していることが報告されている⁶¹⁰³⁰⁰⁴）。

気温上昇による影響として、長野県茅野市の伝統産業である天然寒天生産への気候変動影響に関する事例調査によれば、生産可能期間の短期化に伴う生産効率の悪化、高温化による品質の悪化や生産コストの上昇等も挙げられている^{6103005, 6103006}）。気候変動影響により増加が懸念される乳白粒のコメの混入が米菓の品質に与える影響を実験した事例調査によれば、形状、表面の亀裂や断面に空隙等を与えることが確認されている⁶¹⁰³⁰⁰⁷）。また従業員の健康リスクも懸念される。厚生労働省によると、過去5年間（2020～2024年）の業種別の熱中症の死傷者数合計は、建設業の961名に次いで製造業⁷⁵で897名と多く発生しており、全体の約4割がこれら2つの業種で発生している⁶¹⁰³⁰⁰⁸）。

このような気候変動影響によるリスクが生じる一方で、気候変動等の課題に対応可能な（周年の計画生産が可能な）植物工場の稼働数が増加していることも確認されている⁶¹⁰³⁰⁰⁹）。

⁸³ 食品製造業に限らない。

⁸⁴ ここで言う自然災害には風水害だけでなく地震等も含まれている。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 油脂製造に関する調査では、異常気象や気温上昇によりダイズの生産量が不安定になるリスクがあり、大豆油の高騰が他の食用油の価格にも影響を与える可能性がある」と指摘されている。
- 近年の豪雨など気象災害により、農業への被害も報告されており、食料品製造のための原材料に影響が生じる可能性もある。
- 企業の情報開示では、下記のようなリスクや事業機会が想定されている。
 - 生産拠点が水害に遭遇した場合の固定資産・在庫の毀損による損害額を 17.3 億円、操業停止による損害額を 67.2 億円と試算する企業がある。
 - 水の供給不足に伴う工場操業停止による影響額を 65 億円、農産物の収量減を原因とする調達コストの増加による影響額を 51 億円と想定する企業がある。
 - 集中豪雨・洪水・干ばつ等による製造拠点・物流経路の操業停止や配送停止、復旧のためのコストアップのほか、飼料コスト増加、水質悪化や渇水リスク増加、気温上昇による感染症の拡散が製品需要に影響を与えるリスクを指摘する企業がある。
 - 海面上昇による沿岸部工場の操業停止リスクを想定する企業がある。
 - 平均気温上昇による事業機会として、熱中症対策商品の需要拡大や、新たな健康問題に対する免疫改善・高栄養商品の市場拡大を見込む企業がある。

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、極端な気象と気候がサプライチェーン、市場、及び天然資源の流れを通じ、国境を越えて経済的・社会的影響を引き起こしており、水、エネルギー食品の部門をまたいで国境を越えたリスクが増大すると予測されている（確信度が高い）⁶¹⁰³⁰¹⁰。

企業の TCFD 提言に基づく情報開示及び統合報告書・サステナブルレポート等で想定されている代表的なリスクとしては、集中豪雨・洪水・干ばつ等による製造拠点・物流経路の操業や配送の停止、復旧のためのコストアップ、飼料コスト増による調達コストの増加が挙げられている。また降水・気温パターンの変化による水質の悪化・渇水のリスクの高まりや、平均気温上昇に伴う感染症の発生頻度・拡散時期・拡散エリアの変化による製品需要変動も挙げられている。さらに、海面上昇によって災害に脆弱な沿岸部の工場操業停止リスクも想定されている⁶¹⁰³⁰⁰¹。

具体的な研究事例は限られているが、油脂製造に関する調査として、ダイズは干ばつや豪雨のような異常気象による一時的な被害と、3℃以上の気温上昇による中長期的な被害を受け生産量が不安定になり、大豆油の高騰によってパーム油や菜種油などの他の食用油の価格にまで影響を与える事態が予想されると指摘するものがある⁶¹⁰³⁰¹¹。

各企業の TCFD 提言に基づく情報開示では、4℃シナリオでの 21 世紀中頃において、水の供給不足に伴う工場操業停止による影響額を 65 億円、農産物の収量減を原因とする調達コストの増加による影響額を 51 億円と試算する企業⁶¹⁰³⁰¹²や、4℃シナリオでの 21 世紀末において、グループの生産拠点が台風や水害に遭遇した場合の影響を試算した結果、固定資産・在庫の毀損による損害額を 17.3 億円、操業停止による機会損失による損害額を 67.2 億円とする企業⁶¹⁰³⁰¹³がある。

企業の TCFD 提言に基づく情報開示及び統合報告書・サステナブルレポート等で想定されている代表的な事業機会としては、平均気温の上昇によって、熱中症対策のニーズが高まり、止渴系飲料や熱中症対策商品の需要が拡大すること、またこれまでにない地域における感染症の発生・熱中症の拡大によって新

たな健康問題が惹起され、それらを予防する免疫改善・高栄養・高たんぱく商品の需要や市場拡大の見込みが挙げられている ⁶¹⁰³⁰⁰¹。

近年の豪雨など気象災害により、農業への被害が報告されており（詳細は農業・林業・水産業分野の小項目「農業生産基盤」参照）、具体的な研究事例は確認できていないものの、食料品製造のための原材料に影響が生じる可能性もある。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

現状では特に強い影響を受ける地域・対象に関する十分な知見が集まっていない。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、災害発生に対しては、BCP の策定と運用、水害や土砂崩れなどのリスクが高い土地から低い土地への施設移転等が挙げられる。渇水リスクの増加に関しては、サプライチェーンの強化や製造過程での水の再利用等が挙げられる。気温上昇による熱中症や蚊媒介感染症等、従業員の健康リスク増加に関しては、作業環境の温度管理や害虫駆除が挙げられる。気温上昇等による品質低下やコスト増加に関しては、工場等の室温管理や原料の品質・コスト、生産可能期間の短期化の影響がより少ない地域への拠点の移転等が挙げられる ⁶¹⁰³⁰¹⁴。

適応策の効果に関しては、油脂産業における減収に対する代替作物に関する知見が確認できている。気候変動に強く単位面積当たりの油脂獲得量に優れた落花生をダイズで代替し、大豆油と大豆ミールの不足分を落花生油と落花生ミールで補う方法が提案されている。落花生種子の油脂含有率が 50%と高く、搾油粕がミールとして使用できることから、落花生の搾油率を 17~33%の範囲で運用すれば、同じ面積から得られる油脂とミールの生産量、及びそれらの価格全てにおいてダイズより有利となる。南米における試算ではあるが、ダイズのみを栽培した場合、気候変動による 9%の減収被害による油脂の減少量は 322 万トンと想定される。ダイズ栽培面積の 1 割を落花生に切り替え、落花生の減収被害は 1%であったと仮定し、落花生を 17%の搾油率で搾油した場合、油脂の減少量は 294 万トンまで軽減される。ここでさらに搾油量を 33%に調節していた場合、油脂の減少分が相殺され、71 万トンの増収が可能と推定される ⁶¹⁰³⁰¹¹。原材料供給国や国内での実施によって効果が期待できる。

（重大性、緊急性、確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5~2℃上昇時	約 3~4℃上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	重大性：レベル 3 確信度：レベル 1	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 1

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

✧ 【経済】製造業全体として水害による損害が既に発生しており、その影響の範囲は 2018 年からの 5 年間で合計 1,294 億円の被害等が報告されている。加えて、自然を活用する地場産業において、生産可能期間の短期化に伴う生産効率の悪化や高温化による商品の品

質悪化と生産コストの上昇も報告されており、食料品製造業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

- ✧ 【知見の種類・量等】食品製造業のうち限られた対象に対してのみ、ごく少数の学術論文・官公庁報告書等にて影響の事例が示されている。
- ✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ✧ 【経済】水害や干ばつ、平均気温上昇、海面上昇による影響が予測されており、その影響の範囲は製造拠点や物流経路の停止、復旧のためのコストアップ、飼料コスト増、水質の悪化、渇水リスクの増加、沿岸部の工場操業停止などの広範囲に及び、食料品製造業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

- ✧ 【知見の種類・量等】食品製造業のうち限られた対象に対してのみ、ごく少数の学術論文・官公庁報告書等と少数の企業による情報開示にて影響の予測結果が示されている。
- ✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- 【経済】水害や水の供給不足による農産物への影響が発生することが予測されており、その影響の範囲は 1.5～2℃上昇時に生じる影響に加え、生産拠点が水害に遭遇した場合の固定資産・在庫の毀損による損害額を 17.3 億円、操業停止による損害額を 67.2 億円とする試算や、水の供給不足に伴う工場操業停止による影響額を 65 億円、農産物の収量減を原因とする調達コストの増加による影響額を 51 億円とする事例もあり、食料品製造業への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

- ✧ 【知見の種類・量等】食品製造業のうち限られた対象に対してのみ、ごく少数の学術論文・官公庁報告書等と少数の企業による情報開示にて影響の予測結果が示されている。
- ✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ✧ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
- ✧ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、代替作物の利用などの適応策が一部で進められているが、BCP の策定と運用、作業環境の温度管理や害虫駆除などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 1

- ✧ 【知見の種類・量等】食品製造業のうち限られた対象に対してのみ、ごく少数の学術論文・官公庁報告書等と少数の企業による情報開示にて影響の発現時期が示されている。
- ✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

(4) エネルギー産業

本項目では、エネルギー需給量やエネルギー事業者に及ぼす影響を取り扱う。エネルギー供給インフラへの影響（災害による破損等）とそれに伴う国民生活への影響については、国民生活・都市生活分野の小項目「インフラ・ライフライン等」で主に扱う。

（現在の状況）

〔概要〕

- 発電に関する電力需要の変化としては、2018 年夏季において、猛暑により事前の想定を上回る電力需要を記録した。また、2000 年から 2015 年にかけて大阪府の民生部門と交通部門（自動車のみを対象）におけるエネルギー消費は夏季の増加量が冬季の減少量を上回るため合計はプラスの値となった。
- CDP 気候変動質問書（2021 年）の回答では、発電に関する企業では、生産能力低下に起因した売上減少や直接費の増加などがリスクとして認識されている。

● 世界における影響

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、交通システム、水道、下水システム及びエネルギーシステムを含むインフラが、極端現象及び緩やかに進行する現象によって損なわれ、その結果、経済的な損失、サービスの中断、福祉に対する悪影響を与えている（確信度が高い）と指摘している ⁶¹⁰⁴⁰⁰¹）。

● 国内におけるエネルギー需要

国内における事例として、2018 年夏季においては、猛暑により全国各地で事前の想定を上回る電力需要を記録した ⁶¹⁰⁴⁰⁰²）。

大阪府の民生部門と交通部門（自動車のみを対象）におけるエネルギー消費全体の気温影響を分析した研究では、2000 年から 2015 年かけて、電力は夏季の増加量が冬季の減少量を上回るため合計はプラスの値、都市ガスは住宅用途で変化量が大きくマイナスとなるために合計は大きくマイナスの値、油系は全用途で変化量がマイナスの値（中でも住宅用途が支配的）、車両燃料はガソリンと軽油ともに変化量がプラスの値（中でもガソリンが支配的）となったと示されている。エネルギー消費量の年間変動量は、2000 年では 2.2PJ／年、2015 年では 0PJ／年となり、2015 年は都市ガス消費変化量が増加することで全体としては影響が相殺されるとされている ⁶¹⁰⁴⁰⁰³）。

● 企業で懸念されているリスク

CDP 気候変動質問書（2021 年）の回答によると、発電に関する企業では、生産能力低下に起因した売上減少（回答した発電に関する企業の合計 46.5%）、直接費の増加（回答した発電に関する企業の合計 31.4%）などへの懸念を示す回答が見られる ⁶¹⁰⁴⁰⁰⁴）。

企業の環境報告書等では、局地的な降雨等に伴う災害に対して貯蔵施設の被害や燃料輸送の遅延・停滞の可能性への懸念を示す内容が見られる ⁶¹⁰⁴⁰⁰⁵）。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- エネルギー消費や需要について、国内では下記の予測がある。
 - 部門別エネルギー消費においては、運輸・産業部門では気温上昇による影響はほとんど見られないものの、民生部門では気温が1度上昇するごとに、家庭のエネルギー消費は北海道・東北で3～4%、その他の地域で1～2%減少するが、業務では1～2%増加すると予測されている。
 - 空調電力需要は、SSP シナリオに基づく予測では、夏季の冷房需要が増加し、冬季の暖房需要が減少する地域が多いことが示されている。
 - 地域別エネルギー消費は、北海道・東北では年間の電力需要が減少する可能性があるが、沖縄と九州では夏季の電力需要が増加することによって、年間の電力消費量も増加すると予測されている。
- 再生可能エネルギーの発電量について、国内では下記の予測がある。
 - 水力発電：RCP8.5 シナリオの2075年～2099年では、流況の変化等により全国的に発電量ポテンシャルが減少するが、一部の地域では大幅に増大するという予測事例がある。
 - 太陽光発電：SRES A2 シナリオの2040年代において、主に日射量の減少によって、多結晶シリコン型太陽電池パネル1枚あたりの年間発電量が全国的に減少するという予測事例がある。
 - 風力発電：RCP4.5 及び RCP8.5 シナリオでは、21世紀を通して、日本を含む北半球中緯度帯において、産業用風力タービン1機あたりの発電量が減少するという予測事例がある。

● 世界における影響

IPCC 第6次評価報告書第2作業部会報告書では、都市、居住地及び重要なインフラに対する気候変動リスクは、更に地球温暖化が進むにつれ、特に高温に曝される場所、沿岸域、又は脆弱性の高い場所において、中・長期に急速に増大する（確信度が高い）、とされている。また、ビル、交通、エネルギーを含む都市インフラの保守及び再建コストは、地球温暖化の水準の上昇とともに増大する（確信度が中程度）ことが予測されている。都市や居住地では、重要インフラに与える気候影響が、水や食料システム全体の損失と損害につながっており、経済活動に影響を及ぼし、気候ハザードによって直接影響を受ける地域を超えて影響が広がる（確信度が高い）ことが指摘されている [6104006, 6104007](#)）。

● 全国のエネルギー消費

気温上昇程度に応じたエネルギー消費量を部門別にマクロ評価した報告によれば、運輸部門、産業部門⁸⁵では気温上昇によるエネルギー消費への影響はほとんど見られなかったとの結果が示されている。一方、民生部門（家庭とサービス業等の業務系施設）では、通年で気温が1度上昇すると、家庭でのエネルギー

⁸⁵ 一般的には、運輸部門には自動車、船舶、鉄道や航空等が、産業部門には製造業や建設業等が含まれるが、文献中では明示されていない。

消費量は北海道・東北で3～4%、その他の地域で1～2%減少するが、業務では1～2%増加するとしている。

空調電力需要については、1990年代と比較して、2040年代から2090年代にかけて、全国的に冷房ピーク負荷が増加し、暖房ピーク負荷が減少することが予測されている（SRES A2 シナリオを前提とした RCM20 による予測）^{6104008, 6104009}）。日本全域を対象とし、SSP1-2.6・SSP3-7.0・SSP5-8.5 を前提とした研究では、7月と8月には、冷房需要を引き起こす閾値温度が北海道と東北を除くすべての地域でほとんどの日において超えるとされている。また、日本のほとんどの地域で SSP3-7.0 及び SSP5-8.5 の下で気温上昇による電力需要の減少を示している（北海道及び北陸で最大で-3.2%）。一方、沖縄と九州といった暑い地域で、日別の電力需要が実質的に増加する（九州で最大で1.6%、沖縄で最大11.1%）。SSP1-2.6 の下での電力需要の変化は、沖縄を除くすべての地域で小さく、-0.1%から0.5%の範囲であると予測されている。このように、北海道のような寒冷地域で年間の電力需要が減少する可能性があるが、沖縄や九州のような暑い地域での夏季の電力需要の増加によって、年間では増加につながるとされている⁶¹⁰⁴⁰¹⁰）。RCP8.5 シナリオを前提とし全国を対象とした研究では、2020年から2080年にかけて、夏季には14.2%(10.7～18.0%)の増加、冬季には7.9%(6.8～10.1%)の減少が予測され、夏季の需要増と冬季の需要減、及び南部の需要増と北部の需要減による相殺から、全国の年間電力消費量の変化は1.8%(0.3～3.0%)の増加に抑えられることが示された。また、気候変動による電力需要増加は、2080年にかけて、南から北へ、真夏から初夏・秋へ、日中から夜間へ拡大することが予測された。さらに、年間の電力消費量が増加しない地域（北海道、東北、北陸）ですら、夏季におけるスパイク需要の値と頻度が増加することも明らかとなった。たとえ全国の年間電力消費量の増大は僅かであっても、南部における年間電力消費量の増加や、地域を問わない夏季の電力消費量・スパイク需要の増加は著しく、これら需要増に備える必要があるとされている⁶¹⁰⁴⁰¹¹）。

気候変動がGDPに与える影響に関して分析した研究（応用一般均衡モデルを使用）では、2050年、2100年いずれにおいても、家庭におけるエネルギー需要は負の影響を被る、つまりエネルギー需要は低下することを予測している⁶¹⁰⁴⁰¹²）。ただし、これはエネルギー需要の変動対象として家庭のみを考慮した予測結果であり、家庭部門以外での経済活動等におけるエネルギー需要の変動は考慮されていないことに留意が必要である。

気温とエネルギー消費量に関する報告に加えて、湿度の上昇が電力需要の増加に繋がるとする報告もある⁶¹⁰⁴⁰¹³）。

さらに、気候変動がエネルギー需給に与える影響を包括的にまとめた報告によれば、気温上昇や降雨の時空間分布の変化、海面水位の上昇、極端な気象現象や、それに伴う自然生態系の変化などは、冷暖房の需要などのエネルギー消費や、発電施設の運用面等のエネルギー供給にも様々な影響を与えることが予想されている⁶¹⁰⁴⁰¹⁴）。

● 地域のエネルギー消費

気温の変化がエネルギー需給の変動に与える影響について日本の8都市域を対象とした研究では、対象地域の民生部門全体において概ね需要が低下することが予測されている⁶¹⁰⁴⁰¹⁵）。東京都を対象に気温とエネルギー消費の関係について調査を実施した報告においては、年間を通して気温が1℃上昇すると、東京都全体や23区では減少する一方で、都心では増加することが示されている⁶¹⁰⁴⁰¹⁵）。東京都内のオフ

イスビルでは、近未来にかけて、暖房負荷は年率約 0.8～2.1%減少し、冷房負荷が年率約 0.02～0.25%増加し続けることが予測されている（SRES A1B シナリオ及び B1 シナリオを前提とした予測）⁶¹⁰⁴⁰¹⁶）。

名古屋市域では、気温上昇により 2070 年夏季に現状と比較して最大 25%冷房電力需要が増加することが予測されている（SRES A2 シナリオを前提とした MIROC3.2 による予測）^{6104017, 6104018}）。

大阪府では、年間を通して気温が 1℃上昇した場合、民生、産業、運輸の各部門の総合影響のうち、民生部門でのエネルギー消費量の年間変動量が 2.5PJ/年の増加と突出しており、運輸部門では 0.2PJ/年の増加にとどまるとの結果が示されている⁶¹⁰⁴⁰¹⁹）。気温が 1℃変化した際の電力供給量の日変動を地区別に調査した報告では、地区に住宅の占める割合が大きい場合に供給量の変動度が上昇することが示されている⁶¹⁰⁴⁰²⁰）。RCP8.5 シナリオを前提とし 2040 年（2015 年から 1.1 度上昇）における大阪府での民生部門と交通部門（自動車のみを対象）のエネルギー消費の影響を予測した研究では、2040 年の各エネルギー消費変化量の総和はプラスとなり、電力は夏季の変化量が冬季を大きく上回って年間の合計も大きくプラスの値、都市ガスは住宅用途が支配的となりマイナスの値、油系は全用途で変化量がマイナスの値（特に住宅用途が支配的）とされている。また、外気温上昇によるエネルギー消費量の変化は、2015 年では 0PJ/年⁸⁶、2040 年では 3.9PJ/年となり、気温上昇によるエネルギー消費への影響は増加すると示されている⁶¹⁰⁴⁰⁰³）。さらに、通年で評価をすると大阪府都心部では 2.5%増加するが、郊外地域では影響がほとんど見られないとの結果が、年間を通じた評価では、夏季の増加と冬季の減少で相殺され、それほど大きな影響とはならないとの結果が示されている⁶¹⁰⁴⁰²¹）。

● 再生可能エネルギーの発電量変化

水力発電については複数の研究が確認できている。

現状の水力発電設備が維持された場合、流況の変化等により、全国的に 2075～2099 年の発電量は 11%減少する一方、一部の地域で発電量の大幅な増大（北海道で約 17%の増加）が見込まれると予測する研究事例がある（RCP8.5 シナリオを前提とした MRI-AGCM3.2S モデルによる予測情報を利用）⁶¹⁰⁴⁰²²）。

21 世紀末の水力発電の発電量について、牧尾ダム流域を対象とした研究では（SRES A1B シナリオを前提とした MRI-AGCM モデルによる予測）、夏季の発電量は将来気候で減少することが予測されており、水供給の面では、堆砂進行による有効貯水量の減少や温暖化による夏季流入量の減少により多大な経済損失が出る可能性がある⁶¹⁰⁴⁰²³）。北海道を対象とした研究では（MRIRCM20 モデルによる気候予測結果を使用）、21 世紀末において、融雪出水が早まることにより、洪水調整が必要になることや発電用放流のタイミングを調整する必要性が生じる可能性が示されている⁶¹⁰⁴⁰²⁴）。北陸地方の手取川流域手取川ダムを対象に、気象庁気象研究所 MRI-AGCM3.2S8 による 21 世紀末までの 150 年間の連続気候実験データを用いて、ダムの発電・利水運用の将来変化と影響の基礎的な評価を実施した結果では、21 世紀後半（本研究では 2052～2087 年）では貯水量や年間発電量が極端に小さくなる頻度が増加する可能性が示された⁶¹⁰⁴⁰²⁵）。只見川水系の水力発電ダムを対象に、河川流況変化とそれに伴う水力発電量変化の予測、評価を行った研究では、年間水力発電量に関して、気候変動が進行するにつれて減少する結果が示された。特に、多雪地域の阿賀野川水系只見川では、特に夏期の発電量が大きく減少することが予測された⁶¹⁰⁴⁰²⁶）。

SRES A2 シナリオの将来気象データを用いて、日本各地（833 地点）における多結晶シリコン型太陽電池パネル 1 枚あたりの年間発電量を予測した研究では、1990 年代と比較して、2040 年代には主に日射

⁸⁶ PJ はペタジュール。1PJ は 1,000,000,000,000,000J。

量の減少によって、年間発電量が全国的に減少すると予測されている。特に、太平洋側の一部地域では、年間発電量が 10%程度減少することが予測されている⁶¹⁰⁴⁰²⁷⁾。一方で、福島県を対象とした研究では (RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5 シナリオを前提とした GFDL-CM3、GFDL-ESM2M、HadGEM-2-ES、IPSL-CMA5A-LR、MIROC5h、MIROC-ESM-CHEM、MRI-CGCM3.0 モデルによる予測情報を利用)、主に日射量の増加により 2030 年に平均 1.7%、2050 年に平均 3.9%、2070 年に平均 4.9%の太陽光発電量の増加を予測している⁶¹⁰⁴⁰²⁸⁾。RCP4.5 シナリオ及び 8.5 シナリオでは、21 世紀を通して、日本を含む地域等の北半球中緯度帯において、産業用風力タービン 1 機あたりの発電量が減少し、特に北半球の冬季にその傾向が顕著であることを予測した事例がある⁶¹⁰⁴⁰²⁹⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

現在のところ、夏季におけるエネルギー消費量の増加が報告されている。

将来においては、全国的な電力需要の増加が、地域的には南から北へ、季節的には真夏から初夏・秋へ、さらに 1 日の中では日中から夜間へ拡大することが予測される。特に、沖縄・九州では夏季の電力需要が増加し、年間の電力消費量も増加する。たとえ全国の年間電力消費量の増大は僅かであっても、南部における年間電力消費量の増加や、地域を問わない夏季の電力消費量・スパイク需要の増加は著しく、これら需要増に備える必要があるとされている。また、東京都や大阪府では、郊外より都心においてエネルギー消費が増加するとされている。水力発電については、2075～2099 年に全国的に発電量が 11%減少するが、北海道では約 17%増加すると予測されている。太陽光発電については、SRES A2 シナリオの 2040 年代において、主に日射量の減少によって、多結晶シリコン型太陽電池パネル 1 枚あたりの年間発電量が全国的に減少するという予測事例がある。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、災害と電力に関しては、復旧見込み・節電呼びかけ等の情報発信、更なる供給力等の対応力の確保、災害に強い再生可能エネルギーの導入促進などがある⁶¹⁰⁴⁰³⁰⁾。その他、BCP の策定と運用、ハザードマップの作成と活用、施設の水密化・レジリエンス強化などがある⁶¹⁰⁴⁰³¹⁾。

適応策の効果に関する十分な知見は確認できていない。

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状 (約 1°C上昇)	約 1.5～2°C上昇時	約 3～4°C上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 2	重大性：レベル 2 確信度：レベル 3	重大性：レベル 2 確信度：レベル 3	緊急性：レベル 2 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

- ✧ 【経済】猛暑によって想定を上回る電力需要が発生するといった影響が既に発生しているが、その影響の発生年は限られており、エネルギー産業への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ 【経済】エネルギー需要への影響が発生することが予測されており、その影響の範囲は沖縄や九州のような暑い地域において、夏季の電力需要の増加によって年間でも電力消費量が増加すると予測されており、エネルギー産業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ エネルギー需要への影響が発生することが予測されており、その影響の範囲は沖縄や九州のような暑い地域において、夏季の電力需要の増加によって年間でも電力消費量が増加すると予測されており、エネルギー産業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 2

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が高い。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】—

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(5) 原材料業

本項目では国内の鋳業、鉄鋼業、その他素材製造業に及ぼす影響を主に取り扱い、海外において発生した自然災害等によりもたらされる国境を越えた影響については、産業・経済活動分野の小項目「海外からの2次的影響」で主に取り扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 2018年～2022年の5年間に発生した鋳業における水害被害額は計231.4億円であった。
- 土砂崩れによる生産施設への被害が発生している。
- CDP 気候変動質問書（2021年）への企業の回答によると、国内素材業の52.9%がサイクロンや洪水などの異常気象の重大性と頻度の上昇をリスクと認識しており、35.1%が降水パターンや気象パターンの変化をリスクと認識している。

CDP 気候変動質問書への企業による回答では、サイクロンや洪水などの異常気象の重大性と頻度の上昇をリスクと認識しているのは国内の素材業のうち52.9%、降水パターンや気象パターンの変化をリスクと認識しているのは35.1%という結果であった⁶¹⁰⁵⁰⁰¹。

実際に水害による被害も報告されている。2018年から5年間の水害による鋳業における被害額は231.4億円であり、年別に見ると4億円（2022年）、0.4億円（2021年）、81億円（2020年）、75億円（2019年）、71億円（2018年）であった⁶¹⁰⁵⁰⁰²。また土砂災害による生産施設への被害が実際に確認されている⁶¹⁰⁵⁰⁰³。土砂崩れによる化学物質の流出事故による損失額の試算では、例えば原油等の屋外貯蔵タンクが転倒し、防油堤が機能しない場合は被災者への補償を含めた損失額は約70億円となった⁶¹⁰⁵⁰⁰⁴。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 企業の情報開示では、以下のようなリスクや事業機会が想定されている。
 - 鉄鋼製造業では、気象災害の激甚化による原料調達の不安定化をリスクと認識する企業がある。
 - パルプ・紙製造業では、異常気象による電気等のインフラ停止やサービス機能の停止、自社設備損壊、サプライチェーン寸断、樹木育成悪化、病虫害発生をリスクを挙げている企業がある。
 - ガラス・土石製品製造業では、水不足による操業停止や別工場でのコスト増を想定している企業がある。
 - 自然災害による工場被害、輸送遅延、保険料増加、生産性低下、環境設備投資コスト増大が懸念されており、洪水による生産拠点の被害増加額を50～400億円と予測する企業がある。
 - 防災・減災や感染症対策製品の売上が増加すると期待する企業がある。

企業によるTCFD提言に沿った情報開示で示されている代表的な影響として、パルプ・紙製造については、異常気象の激甚化による電気等のインフラ網やサービス機能の停止、自社設備損壊、サプライチェーン寸断のほか、気候や生態系の変化による樹木の育成悪化と病虫害の異常発生が挙げられている。ガラ

ス・土石製品製造については、水不足による操業停止・減少と別工場での生産コスト・対応コスト増加も想定される ⁶¹⁰⁵⁰⁰¹。

各企業による TCFD 提言に沿った情報開示では、自然災害の激甚化によって、工場被害による操業停止・生産減少、配船難、輸送の遅延等による収益減少のほか、販売・購買機会逸失による収益減少、保険料や修繕・復旧コストの増加を想定している企業がある。また、平均気温上昇による、労働時間の制限等による生産性の低下や環境設備投資コストの増大を懸念している企業もある ⁶¹⁰⁵⁰⁰⁵。また、鉄鋼製造業において、気象災害の激甚化によって原料調達の不安定化をリスクと認識している企業もある。すでに代替調達・ソース分散、設備能力増強といった対策を進めている。またこの企業では台風や大雨、渇水による被害の増加と海面上昇による浸水被害を懸念しており、洪水・渇水についてはすでに対策を進めている ⁶¹⁰⁵⁰⁰⁶。定量的な被害想定としては、洪水が発生した際の生産拠点の被害増加額を RCP8.5 シナリオの 2030 年時点で 100 億円、2050 年時点で 330 億円と見積もった企業もある ⁶¹⁰⁵⁰⁰⁷。

一方、事業機会として、防災・減災、感染症拡大防止等適応に貢献する製品の売上が 40%増加すると想定する企業もある ⁶¹⁰⁵⁰⁰⁷。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

川沿いの地域や沿岸部では、水害による工場被害、サプライチェーン寸断、環境設備投資コスト増大などが懸念される。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、BCP の策定・運用、施設の最適配置、製造拠点の移転、製造工程での水の再利用、作業環境管理、工場の室温管理等がある ⁶¹⁰⁵⁰⁰⁸。

適応策の効果に関して、土砂災害による影響軽減に関する知見が確認できている。上記の他に、施設付近の土砂崩れ防止の事前工事を施すことにより、例えばタンクが倒壊し防油堤が機能しない最悪の場合でも、事前工事をすることで便益が工事費用を上回り、事故が起きる確率を考慮しても経済的に合理的な対策であるとの評価もある ⁶¹⁰⁵⁰⁰⁴。

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状 (約 1°C 上昇)	約 1.5~2°C 上昇時	約 3~4°C 上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 2	重大性：レベル 3 確信度：レベル 1	重大性：レベル 3 確信度：レベル 1	緊急性：レベル 2 確信度：レベル 1

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

✧ 【経済】風水害や土砂災害による生産施設への被害が既に発生しており、2018 年からの 5 年間の鉱業における水害被害額が合計 231 億円と報告されているが、その影響の範囲は業界全体に対しては限定的であり、原材料業への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【経済】風水害や水不足による影響が想定されており、その影響の範囲は電気等のインフラ網やサービス機能の停止、自社設備損壊、サプライチェーン寸断の他、生産コスト等の増加などの広範囲に及び、原材料業への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が学術論文・官公庁報告書等では示されていないものの、少数の企業による情報開示では定量的に示されている。
- ◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【経済】風水害や水不足による影響が想定されており、その影響の範囲は、電気等のインフラ網やサービス機能の停止、自社設備損壊、サプライチェーン寸断の他、生産コスト等の増加などの広範囲に及ぶ。また企業による試算では、洪水による生産拠点の被害増加額を 50～400 億円と見積る事例もあり、原材料業への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が学術論文・官公庁報告書等では示されていないものの、少数の企業による情報開示では定量的に示されている。
- ◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 2

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が高い。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】—

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が学術論文・官公庁報告書等では示されていないものの、少数の企業による情報開示では定量的に示されている。
- ◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

(6) 商業

本項目では国内の卸売業・小売業等に及ぼす影響を主に取り扱い、海外において発生した自然災害等によりもたらされる国境を越えた影響については、産業・経済活動分野の小項目「海外からの2次的影響」で主に扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 飲料やエアコンの販売数と気温上昇との間に関係があることが報告されている。
- 急激な気温変化や大雨の増加等により季節商品の需給予測が難しくなっている。また、大雨や台風により百貨店やスーパー等の臨時休業や売上低下等が生じている。

日本における商業への影響について、具体的な研究事例が一定程度見られる。飲料やエアコンの販売数と気温上昇との間に関係があることが報告されている。例えば、平均気温の上昇に伴い冷たい飲料の販売数が増加するとともに、飲料の種類によって販売数が増加する気温が異なることや^{6106001, 6106002}、エアコンの販売数と平均気温の平年差との間に相関があることが報告されている⁶¹⁰⁶⁰⁰³。また、急激な気温変化や大雨の増加などにより季節商品の需要予測が難しくなっている事例や、大雨や台風により百貨店やスーパーなどの売上の増減や臨時休業が起きる事例等が報告されている⁶¹⁰⁶⁰⁰⁴。平成30年7月豪雨等により、中国地域では百貨店での上売やスーパーでの衣料品の売上が低下したが、スーパーやドラッグストアでは飲料水、缶詰等の売上が増加し、ホームセンターでは土のう袋やブルーシートの売上が増加した事例や⁶¹⁰⁶⁰⁰⁵、台風上陸による臨時休業や空港の一時閉鎖等による訪日客の減少等から、百貨店・スーパーの販売額が低下したとの報告もある⁶¹⁰⁶⁰⁰⁶。

企業の環境報告書等からは、世界各地のサプライチェーンにおける異常気象による農作物の不作による調達リスク、冷夏や暖冬による季節性商品の売上が減少することによる業績への影響、食中毒等の増加に対するリスク等が懸念されている⁶¹⁰⁶⁰⁰⁷。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 気候変動による温暖化が飲料の需要を通年で増加させ、魚介類・肉類の需要を通年で減少させる効果があると指摘されている。
- 企業の情報開示等では、以下のリスクが想定されている。
 - 材料卸売業では、洪水等により原料事業所在国の施設の破損や操業中断、渇水等による操業への影響が懸念される。
 - 食品卸売業では、世界的な海水温上昇・海面上昇等によって、養殖適地への影響や病害・赤潮等の増加に伴う斃死率の上昇及び生産コストが増加することなどが懸念される。
 - 降水・気象パターンの変化に伴い、配送遅延や事故等が増加し、配送費・人件費・保険料等のコストが増加することに加え、植生や木材調達地域の変化による木材調達コスト・木材を原料とする商品の調達原価の増加が挙げられている。
- 企業の情報開示等では、事業機会としては、下記が想定されている。

- 卸売業では、気温上昇等に伴う食料産地の変化や異常気象によるサプライチェーンへ影響が及ぶことによる食料資源の確保と安定供給ニーズの高まりが挙げられている。
- 小売業では、運営施設の災害対策充実による利用客増加や評判の向上が挙げられている。

気象災害による影響として、企業の TCFD 提言に基づく情報開示、及び統合報告書・サステナビリティレポート等で、商業に関する様々なリスクが想定されている。例えば材料卸売業に関しては、巨大サイクロンや洪水が原料炭事業の所在国で発生した場合の施設の破損や操業中断等が予想されている。また銅事業では、渇水や水不足が所在国で発生した場合、操業への影響が懸念される。さらに食品卸売業では、世界的な海水温上昇・海面上昇等によって、養殖適地への影響や病害・赤潮等の増加に伴う斃死率の上昇及び生産コストが増加することなどが懸念されている。小売業に関する代表的なリスクとしては、平均気温の上昇による、物流施設・事業所、配送車両の冷房・冷蔵等に必要なエネルギーコストの増加、森林火災・樹木の病害虫等の発生による木材調達コスト・木材を原料とする商品の調達原価の増加が挙げられる。また降水・気象パターンの変化に伴い、配送遅延や事故等が増加し、配送費・人件費・保険料等のコストが増加することに加え、植生や木材調達地域の変化による木材調達コスト・木材を原料とする商品の調達原価の増加が挙げられている ⁶¹⁰⁶⁰⁰⁸。

各企業の TCFD 提言に基づく情報開示では、2℃未満、4℃いずれのシナリオにおいても店舗への被害・営業休止、サプライチェーンへの影響のほか ⁶¹⁰⁶⁰⁰⁹、⁶¹⁰⁶⁰¹⁰、風水害を補償する保険料支払い額の増加を懸念する企業もあった ⁶¹⁰⁶⁰¹¹。2030 年時点で、水害などによって休業せざるを得ない場合の自社の損害を 1 日当たり 9 億円と推計した事例や ⁶¹⁰⁶⁰¹²、国内コンビニエンスストアにおける自社の被害額を 112 億円（店舗被害、商品損害、休業による売上の損失、復旧費用等を含む）と推計した事例も見られる ⁶¹⁰⁶⁰¹³。気温上昇による影響としては、消費者の外出頻度の減少に伴う店舗での売上減少 ⁶¹⁰⁶⁰¹² が挙げられており、計 20 日間の猛暑日による自社の売上減少を 4 億円と推計した事例もある ⁶¹⁰⁶⁰¹²。加えて、消費者の嗜好変化による防寒商品の売上減少を想定する企業もある ⁶¹⁰⁶⁰⁰⁹。

一方、気候変動による商業への事業機会も想定されている。

企業の TCFD 提言に基づく情報開示、及び統合報告書・サステナビリティレポート等では、卸売業においては、気温上昇等に伴う食料産地の変化や、異常気象によるサプライチェーンへ影響が及ぶことによる食料資源の確保と安定供給ニーズの高まりが挙げられている。小売業においては、運営施設の災害対策充実を図ることにより、競合優位となり利用客増加や評判の向上につながることで、また平均気温の上昇に対して、運営施設での高効率な断熱・空調設備を導入することで快適な空間を創出し、集客の増加や従業員の満足度向上につながることで挙げられている ⁶¹⁰⁶⁰⁰⁸。

各企業の TCFD 提言に基づく情報開示では、消費者の防災意識が高まることによる災害対策商品の需要増加の見込みや暑熱による消費者の外出頻度の減少に伴う EC サービスの利用増加、消費者の嗜好変化による暑熱時に好まれる商品（冷感商品）の売上増加を予測する企業がある ⁶¹⁰⁶⁰¹³。

また、少子高齢化と地球温暖化が日本の食料需給に与える影響を定量的に分析した研究によると、温暖化は飲料の需要を通年で増加させ、魚介類及び肉類の需要をほぼ年間を通して減少させる効果があると指摘している ⁶¹⁰⁶⁰¹⁴。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

現状では特に強い影響を受ける地域・対象に関する十分な知見が集まっていない。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、災害と建物・設備に関しては、BCP の策定・運用や建築物・インフラのレジリエンス強化が挙げられる。不作や不漁による調達リスクの増加、原材料調達価格の高騰に対しては、シナリオ分析による適応戦略の策定・実施やサプライチェーンの見直し・改善がある。具体的には輸送不要な調達施設の整備や商品産地の多角化等である⁶¹⁰⁶⁰¹⁵⁾。また企業の TCFD 提言に基づく情報開示、及び統合報告書・サステナビリティレポート等では、小売業での適応策として、「災害時の迅速な発注制御」が挙げられている。緊急事態では、通常 1 日かかる発注制御を短縮することで、製造工場などでの作業負荷軽減・廃棄される食品の発生を抑えることができる。2021 年 1 月の北陸・上越の降雪による影響があった際、この取組により、損害金額を 50%以下に抑えられたとの事例がある⁶¹⁰⁶⁰⁰⁸⁾。

適応策の効果に関する十分な知見は現在のところ確認できていない。

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状 (約 1℃上昇)	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 2	重大性：レベル 3 確信度：レベル 1	重大性：レベル 3 確信度：レベル 1	緊急性：レベル 2 確信度：レベル 1

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

✧ 【経済】大雨や台風による売上低下や臨時休業といった影響が既に発生しているが、気温上昇により飲料やエアコンの販売数が伸びるなどの影響も発生しており、その影響の範囲は限定的であり、商業への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 2

✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
 ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

✧ 【経済】風水害や降水・気象パターンの変化による影響が予測されており、その影響の範囲は施設の破損や操業中断、配送費・人件費等のコスト増などの広範囲に及び、商業への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が学術論文・官公庁報告書等で示されていないものの、少数の企業による情報開示では定量的に示されている。
 ✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

✧ 【経済】風水害や降水・気象パターンの変化による影響が予測されており、その影響の範囲は施設の破損や操業中断、配送費・人件費等のコスト増などの広範囲に及び、商業への

影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が学術論文・官公庁報告書等で示されていないものの、少数の企業による情報開示では定量的に示されている。
- ◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 2

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が高い。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 —

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が学術論文・官公庁報告書等で示されていないものの、少数の企業による情報開示にて示されている。
- ◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

(7) 金融・保険業

本項目では国内の金融・保険業に及ぼす影響を主に取り扱い、海外において発生した自然災害等によりもたらされる国境を越えた影響については、産業・経済活動分野の小項目「海外からの2次的影響」で主に扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 近年の傾向として、保険金支払額が著しく増加しており、平成30年台風第21号による保険金支払額が1兆円に達したことが報告されるなど、保険会社への影響が増している。
- 保険会社では、従来のリスク定量化の手法だけでは将来予測が難しくなっており、今後の気候変動の影響を考慮したリスクヘッジ・分散の新たな手法の開発が必要となっている。
- 長期での損害保険の支払い予測が困難になったため、長期火災保険の保険期間が短縮されるとともに、近年の自然災害による保険金支払額増加等の理由により参考純率（保険料のうち保険金の支払いに充てられる部分）が引き上げられている。
- 洪水による金融仲介への影響を評価した研究では、被災による経済的影響がGDPを引き下げる圧力をかけ、企業及び金融仲介機関のバランスシート（貸借対照表）を悪化させ、金融仲介の混乱を引き起こすとしている。

現時点で収集された文献からは、日本については、特に保険分野への影響が既に生じているとの報告がある。

1980年からの約30年間の自然災害とそれに伴う損害保険の支払額の推移を見ると、近年の傾向として、社会的・経済的要因が相まって、支払額が著しく増加し、恒常的に被害が出る確率が毎年高まっており（[6107001](#), [6107002](#)）、保険会社の経営への影響が増している（[6107003](#), [6107004](#), [6107005](#), [6107006](#), [6107007](#), [6107008](#)）。一般社団法人日本損害保険協会がまとめた過去の主な風水害による保険金支払額を見ると、上位10件のうち7件を2014年以降の災害が占めており、平成30年台風第21号による保険金支払額が最も大きく1兆円に達している（[6107009](#), [6107010](#), [6107011](#)）。極端な気象現象の頻度や将来の気候の不確実性が今後増していくことから、保険引受の際の保険料計算やリスク分散のあり方にも影響を及ぼしている。保険会社では、過去のデータに依存した従来のリスク定量化の手法だけでは適切な損害予測が難しくなっているため、気候の将来リスクに基づき、今後の気候変動の影響を考慮したリスクヘッジ・分散の新たな手法の開発が必要となっている（[6107002](#)）。なお、保険会社等が会員になる損害保険料率算出機構は、自然災害による保険金支払額が増加していること、IPCC第5次評価報告書等近年の気候変動研究の成果から、自然災害による損害の将来リスクが不透明で、長期のリスク評価が難しくなったことを理由に、火災保険の契約期間の最長年数を35年から10年に引き下げており（[6107012](#), [6107013](#)）、更に現在は5年まで引き下げられている。また実際に近年の自然災害による保険金支払額増加等の理由により、参考純率の引き上げが続いている（[6107014](#)）。また、洪水が日本経済と金融仲介に与える影響について、これまでの洪水統計データを用いてモデルを推定し定量的に評価した研究では、被災による経済的影響がGDPを引き下げる圧力をかけ、企業及び金融仲介機関のバランスシートを悪化させ、金融仲介の混乱を引き起こすとしている。さらに、たとえば洪水による損害が保険で完全に補償された場合でも、同じメカニズムが内生的に働くと指摘されている（[6107015](#)）。

民間企業の環境報告書等からは、金融業では、自然災害により、保有資産や投融資先の資産等が被災するリスク、国内外の店舗・電算センター等の施設が被災するリスク、企業の経営状況の悪化等が財務状況に影響を及ぼすリスク等が示されている⁶⁴¹⁰⁰⁸⁾。また、洪水が日本経済と金融仲介に与える影響についてモデルを推定し定量的に評価した研究では、洪水による経済影響（洪水ショック）発生直後に投資は減少する一方、約2年後に回復しプラスに転じるという結果が得られた⁶¹⁰⁷⁰¹⁵⁾。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 気候変動が金融の安定性やマクロ経済状況に影響を及ぼす可能性が指摘されている。
- 保険業では、自然災害による保険損害が増加し、保険金支払額や再保険料の増加が予測されている。
- 不動産の観点から気候変動と社会経済の変化による水害リスクの分析を行った研究事例では、東京の水害リスクは増大するものの、人口減少や適応策を考慮すると、2100年相当においてもリスクを低減していくことが可能であることが示唆されている。
- 企業の情報開示では、以下のリスクや事業機会が想定されている。
 - 金融業では、与信コストの増加が予測されている一方で、適応事業融資や天候デリバティブの開発などの新たな機会を挙げている企業がある。
 - 保険業では、台風の勢力や発生頻度の変化により保険金支払額が変動する可能性を示している損害保険会社があり、気温上昇により死亡保険金の増加を予測している生命保険会社もある。

金融市場に及ぼすリスクや機会が世界的に議論され、指摘されている。

気候変動が金融部門に及ぼす影響について、日本を含む世界90ヵ国あまりの中央銀行及び金融監督機関を中心としたネットワークである気候変動リスクに係る金融当局ネットワークが報告書を公表しており、気象災害等による物理的な影響及び脱炭素・低炭素経済への移行の影響により、気候変動が金融の安定性やマクロ経済状況に影響を及ぼす可能性を指摘している。例えば、物理的な影響による借り手の債務返済能力の低下や担保価値の低下は貸し手の信用リスクを増大させる可能性があり、貸し手の収益の減少は金融市場に反映され、投資家や資産所有者に影響を及ぼす。また脱炭素・低炭素経済への移行にはエネルギー、インフラ、産業システムなど広範囲にわたる移行が必要となり、金融部門にリスクと機会をもたらす⁶¹⁰⁷⁰⁰⁹⁾。

企業によるTCFD提言に基づく情報開示では、担保資産への損害や気象の変化による経済コストの上昇などのリスクが想定されている。国内融資先の国内重要拠点と国内の不動産担保への洪水被害を分析した結果、RCP2.6シナリオ及びRCP8.5シナリオ下で2050年までに累計で50億円程度の与信コストの増加となり、与信ポートフォリオに与える影響については限定的と予測する企業がある⁶¹⁰⁷⁰¹⁶⁾。日本国内及び海外における想定浸水深を算出し、気候変動シナリオごとに洪水が発生する確率を考慮の上、担保への影響及び顧客の財務状況への影響を踏まえ、2050年までに水災発生に伴い想定される与信関係費用を算出すると、2050年までに累計670～850億円（国内450～580億円）程度の追加的な与信関係費用が発生するとしている企業⁶¹⁰⁷⁰¹⁷⁾や、単年で最大900億円の損失を予測している企業⁶¹⁰⁷⁰¹⁸⁾がある。また同企業は水害以外のリスクによる単年での与信コストを主とした損害を山火事で300億円、干ばつで15億

円と見積もっている他、気温上昇による損失として単年で 400 億円と予測している ⁶¹⁰⁷⁰¹⁸⁾。一方で、適応事業融資、天候デリバティブの開発などの事業機会が示されている ^{6107002, 6107007, 6107019)}。

日本を含む世界全体では、再保険会社などが自然災害に伴う経済損害額について定量的予測を示している。1 つのシナリオ ⁸⁷⁾は、2040 年までに単年で 1 兆米ドルを超える直接損失を少なくとも 1 回は生じさせるとの予測を示している ⁶¹⁰⁷⁰¹⁹⁾。

日本の保険分野においても、自然災害とそれに伴う保険損害が増加し、保険金支払額が増大すると予測され、再保険料（高額な保険を引き受けた保険会社が、自社の負担能力を超える部分を他の保険会社に引き受けてもらう保険料）の増加が予測されている ⁶¹⁰⁷⁰⁰²⁾。ただし、その定量的な予測の方法については明示されていない。

気候変動と社会経済変化による東京都市圏での水害リスクへの影響について、不動産の観点を取り込み分析した研究によると、2100 年相当での地域気候シナリオ（S-8 共通シナリオ第 1 版補稿）を考慮した場合、東京の水害リスクは 2000 年代と比較して増大するものの、2050 年時点の社会経済シナリオを考慮した場合は人口が減少することで 2000 年代と比較して水害リスクは低下するため、水害危険地域からの撤退等の適応策を実施することにより 2100 年相当においてもリスクを低減していくことが可能であることが示唆されている。ただし、不動産価格や保険市場等の市場メカニズムを通じた家計や企業の自然災害リスクの順応的管理の機能には、自然災害リスクを地価に反映させていく等の検討が必要であるとしている ⁶¹⁰⁷⁰²⁰⁾。

各企業による TCFD 提言に基づく情報開示では、台風自体の変化により、4°Cシナリオ（RCP8.5）では、2050 年における台風の自社の保険金支払額は、「勢力」の変化によって約+5%～約+50%、また、「発生頻度」の変化によって約-30%～約+28%、各々変化する可能性があることや、台風による高潮の変化により、2°Cシナリオ（RCP4.5）、4°Cシナリオ（RCP8.5）では、2030 年及び 2050 年における保険金支払額が、いずれの場合も数%程度増加する可能性があるという結果が示されている例がある ⁶¹⁰⁷⁰²¹⁾。また、SSP5-8.5 シナリオ下での死亡保険金増加額が、2050 年代で 13 億円増加、2090 年代で 45 億円増加すると想定する企業もある ⁶¹⁰⁷⁰²²⁾。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

- 金融分野

沿岸地域では洪水や高潮のリスクが高まり、担保資産の価値が低下する可能性がある。これにより、借り手の債務返済能力が低下し、金融機関の信用リスクが増大する可能性もある。

- 保険分野

低平地に多くの資産と人口が集中する東京などの大都市圏では、気候変動と社会経済変化による水害リスクが増大し、保険分野へも影響を及ぼす可能性がある。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、災害時のオペレーショナルリスク増加に対しては、災害発生時の適切な人員配置やシミュレートの実施、システムのバックアップサイトの設置がある。災害による保険引き受けリスク

⁸⁷⁾ ここで言うシナリオは、自然災害による経済損失等のコストに関する近年のトレンド等から将来生じうる気候変動関連の損害の予測を示したものである。

の増加に対しては、リスクの変化や保険金支払実績に応じた保険料の見直し、異常危険準備金⁸⁸の積立、再保険の手配等がある。災害による与信関係費用の増大に対しては、投融資顧客に対するより適切な与信管理等が挙げられる⁶¹⁰⁷⁰²³。

適応策の効果に関する十分な知見は現在のところ確認できていない。

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状 (約 1℃上昇)	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 3	重大性：レベル 1 確信度：レベル 2	重大性：レベル 1 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 1 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

◇ 【経済】風水害による影響が既に発生しており、平成 30 年台風第 21 号による保険金支払額が 1 兆円に達したことなどが報告されているが、その影響の範囲は業界全体に対しては限定的であり、金融・保険業への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 1

◇ 【経済】水害発生に伴う与信コストの増加、自然災害に伴う支払保険金額の増加や再保険料増加などの影響が予測されているが、その影響の範囲は業界全体としては限定的であり、金融・保険業への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 2

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等や、少数の企業による情報開示で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 1

◇ 【経済】水害発生に伴う与信コストの増加、自然災害に伴う支払保険金額の増加や再保険料増加などの影響が予測されているが、その影響の範囲は業界全体に対しては限定的であり、金融・保険業への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 2

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等や、少数の企業による情報開示で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

⁸⁸ 単年度の保険料収入では吸収しえない異常災害のために積立てる準備金。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 1

◇ 【影響の発現時期】 重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が低い。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 —

➤ 確信度：レベル 2

◇ 【知見の種類・量等】 影響の発現時期が少数の学術論文・官公庁報告書等や、少数の企業による情報開示にて示されている。

◇ 【知見の一致度】 知見の量が少ないため判断できない。

(8) 観光業

本項目では森林、雪山、砂浜、干潟などの自然資源を活用したレジャーを主体に扱っている（人工施設、屋内におけるレジャーは扱っていない）。

（現在の状況）

〔概要〕

- 積雪地域等では、スキー場の雪不足、滝の凍結度の減少、流水の減少など発生している。
- サンゴの白化や分布北上、藻場の分布南限における衰退などが発生しており、これらを観光資源としている地域でも影響が生じていると考えられる。
- 桜まつりへの出店者に対するインタビュー調査では、サクラの開花時期の変化について、商売に与える影響への意識には地域差があることが報告されている。
- 沿岸域に分布する観光資源や指定文化財では台風・高潮被害が増加傾向にあり、洪水による浸水リスクが高くなっている。

気候変動の観光業への影響は、観光地によっても異なる。以下、積雪地域等・海・桜まつり・その他の3つに分けて記載する。

● 積雪地域等

暖冬によるスキー場への影響（積雪量の不足）が報告されている^{6108001,6108002}。2007年から2016年までの長野県のスキー場来客数に対する気象的要因と社会的要因の影響を重回帰分析した報告では、当該期間におけるスキー場来客数の減少は主に社会的要因の影響が大きいことが示唆されたものの、気温上昇、積雪深の減少によって来客数が減少することが明らかになった⁶¹⁰⁸⁰⁰³。

12～2月の気温上昇により茨城県袋田の滝の凍結度が減少傾向にある⁶¹⁰⁸⁰⁰⁴こと、世界遺産が位置する知床半島の流水が減少していること⁶¹⁰⁸⁰⁰⁵などが報告されている。

● 海

サンゴの白化や分布北上、藻場の分布南限における衰退などが発生しており（詳細は自然生態系分野の小項目「亜熱帯」・「温帯・亜寒帯」参照）、これらを観光資源としている地域で影響が生じていると考えられる。

● サクラ

全国3か所（秋田県角館町、長野県小諸市、東京都中野区）における桜まつりへの出店者等に対するインタビュー調査によると、約9割はサクラの開花時期の変化を認識しているものの、商売に与える影響への意識には地域差があることが報告されている⁶¹⁰⁸⁰⁰⁶。

● その他

RCEP（地域包括的経済連携）に加盟する15カ国を対象に、1995年から2018年のデータを用いて都市化や災害が観光開発に与える影響を分析した研究では、炭素排出量の増加や気温の上昇、降雨量の増加は観光業の発展には不利に働き、都市化は地球温暖化、降雨量の増加、酸性雨をもたらし、洪水や土砂崩

れなどの自然災害は観光業の発展にとって大きな脅威であるとされた⁶¹⁰⁸⁰⁰⁷⁾。

風水害による影響として、広島県厳島神社で台風・高潮被害が増加傾向にあること⁶¹⁰⁸⁰⁰⁸⁾が報告されているほか、大阪湾周辺では多くの観光資源や指定文化財が沿岸域に分布しており、洪水による浸水リスクが高いと指摘されている⁶¹⁰⁸⁰⁰⁹⁾。

企業の環境報告書等からは、レジャーランドでの訪問客の待機時における暑さ対策の必要性、ゴルフ場での大雨や熱波による芝の病気等に対する管理費用の増大や夏場の入場者の減少による利益損失が挙げられている⁶¹⁰⁸⁰¹⁰⁾。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 2050 年頃には、夏季は気温の上昇等により観光快適度⁸⁹⁾が低下するが、春季や秋～冬季は観光快適度が上昇すると予測されている。また、2050 年、2100 年のいずれにおいても観光需要は増加することが予測されている。
- 降雪量及び最深積雪が、2031～2050 年には北海道と本州の内陸の一部地域を除いて減少することで、ほとんどのスキー場で積雪深が減少すること、それによりスキー場への来客数と営業利益が減少することが予測されている。そのほか、積雪地域では、雪まつりやスポーツ大会の開催、社寺への訪問者などへも影響があると予測されている。
- 海面水位の上昇により砂浜が減少することで、海岸部のレジャーに影響を与えると予測されている。気候変動に加えて人口の変化を考慮した場合の砂浜レクリエーション価値の損失額は、SSP1-2.6 で 2,577 億円/年、SSP2-4.5 で 2,900 億円/年、SSP5-8.5 で 2,678 億円/年と推定されている。
- サングの白化や生育適域の消滅、藻場生態系の劣化などが予測されており、これらを観光資源としている地域では大きな影響が発生することが想定される。
- 気温の上昇に伴い、サクラの開花から満開までの期間が短縮し、花見ができる日数が減少することにより、サクラを観光資源としている地域では負の影響が発生する可能性がある。
- その他、風水害による観光客や観光資源への影響が想定される。

観光業全体に対する知見として、気候変動が観光快適度 (TCI : Tourism Climate Index)⁹⁰⁾に及ぼす影響を予測した研究 (A1B シナリオを前提とした MIROC3.2、及び CMIP3 から 5 モデル (CSIRO-Mk3.5, MPI-ECHMAN5, GFDL-CM2.0, CSIRO-Mk3.0, MIROC-3.2-HIRES モデル) による予測情報を使用) によれば、現在、観光快適度が観光適値 (50) を超える地域は、北緯 25 度以南であるが、2050 年頃⁹¹⁾には、このラインが北上すると予測している。時期別にみると、6～8 月は気温が上昇して不快域に入るため日本全土で TCI が低下し、近畿地方では月総降雨量の増加も加わってさらに TCI が低下すると予測されている。一方、3～5 月と 9～2 月には TCI が 50 を超える地域が増加すること等が示されている⁶¹⁰⁸⁰¹¹⁾。また、気候変動が GDP に与える影響に関して世界を 8 地域に区分して分析した研究 (応用一般均衡モデルを使用) では、2001 年と比較して 2050 年、2100 年のいずれにおいても、日本の観光部門では観光需

⁸⁹⁾ 観光快適度：気温や降水量、日射量などから観光するにあたっての気候の快適性を指標化したもの。

⁹⁰⁾ 観光快適度 (TCI) とは、観光業を気象条件から評価する指標であり、TCI の値が 50 以上の場合に観光に適していると考えられる。

⁹¹⁾ 正確には MIROC を用いた予測は 2041～2050 年、CMIP3 の 5 モデルを用いた予測は 2046～2055 年が対象である。

要が増加することを予測している⁶¹⁰⁸⁰¹²⁾。

気候変動の観光業への影響は、観光地によっても異なる。以下、積雪地域等・海岸部・海・サクラ・その他の5つに分けて記載する。

● 積雪地域等

スキーに関しては、2031～2050年には降雪量及び最深積雪は北海道と本州の内陸の一部地域を除いて減少し、ほとんどのスキー場で積雪深が大きく減少すると予測されている⁶¹⁰⁸⁰¹³⁾。富山県のスキー場に及ぼす影響を予測した研究(A1Bシナリオを前提としたMRI-AGCM3.2Sモデルによる予測情報を使用)によれば、今世紀後半(2075年～2099年)にかけて約50cm程度の積雪深の減少を予測しており、また、積雪量と来客数の実績データから、来客数と営業利益の大幅な減少を予測している⁶¹⁰⁸⁰¹⁴⁾。2007年から2016年までの長野県のスキー場来客数に対する気象的要因と社会的要因の影響を重回帰分析した報告では、気温は負に有意、積雪深は正に有意となり、気候変動の進展により気温の上昇、積雪深の減少が起きた場合に、スキー場来客数がさらに減少していくことが予測されている⁶¹⁰⁸⁰⁰³⁾。気候変動による長野県のスキー場来客数の変化を、旅行費用法を用いて算出した報告(RCP2.6、RCP8.5シナリオを前提としたMIROCモデルによる2031年～2050年、2081年～2100年の2つの対象期間の予測情報を使用)によれば、2031年～2050年におけるRCP2.6シナリオの下での長野県全体の被害額は、3.04億円/年であり、現在の雪山のレクリエーション価値の4.43%の被害率となった。一方、RCP8.5のシナリオでは6.26億円/年であり、9.13%の被害率となった。2081年～2100年におけるRCP2.6シナリオの下での長野県全体の被害額は4.96億円/年であり、7.23%の被害率となった。一方、RCP8.5のシナリオでは24.43億円/年であり、35.60%の被害率となった⁶¹⁰⁸⁰¹⁵⁾。愛媛県を対象にした研究(RCP8.5シナリオを前提としたMRI-AGCM3モデルによる予測情報を、NHRCMを用いてダウンスケーリング)においても、今世紀後半(2076年～2096年)にかけて降雪量の減少及び営業日数の減少を予測している。標高が低いスキー場では、人工降雪機を用いても、営業日数が大幅に減少すると予測している⁶¹⁰⁸⁰¹⁶⁾。降雪量の変化に関して、さっぽろ雪まつりでの採雪可能量の変化が採雪費用に及ぼす影響を予測した事例(RCP8.5シナリオを前提としたNHRCM02モデルによる予測情報を使用)では、21世紀末(2076年～2095年)に、札幌市内の平地における採雪は困難となり、採雪費用が現在よりも約2.2倍になると予測している⁶¹⁰⁸⁰¹⁷⁾。

栃木県日光市の社寺を対象に、旅行費用法を用いて、降雪量を考慮(SRES A1Bシナリオを前提としたMRI-AGCM3.2Sによる予測情報)した冬季における需要関数を設定し、日光の社寺のレクリエーション価値を算出した研究によれば、今世紀後半(2075～2099年)にかけて、降雪量が減少することで交通費用が低下し、現在の訪問客数と比較して年間2万人程度増加し、3.19億円程度増加することを予測している⁶¹⁰⁸⁰¹⁸⁾。

気候変動による影響として白神山地の世界自然遺産登録の抹消を想定し、それによる観光への影響(観光客数とレクリエーション価値への影響)を、アンケート及び仮想行動法を用いて算出した研究によれば、登録抹消時には観光客が約34%減少し、年間約786億円のレクリエーション価値の損失を予測している⁶¹⁰⁸⁰¹⁹⁾。同様の手法により白川郷を対象にした研究では、年間278億円のレクリエーション価値の損失を予測している⁶¹⁰⁸⁰²⁰⁾。

● 海岸部

海岸部のレジャーに関しては、旅行費用法を用いた砂浜の経済価値評価に関する研究がいくつか見ら

れる。先行研究^{6108021, 6108022)}の結果を踏まえて、30cm、65cm、100cmの海面水位の上昇により56.5%、81.7%、90.3%の日本全国の砂浜が消失すると仮定して消失する砂浜のレクリエーション価値を試算した例では、それぞれの海面水位の上昇幅において、522億円/年(現在価値13,044億円)、753億円/年(同18,829億円)、832億円/年(同20,811億円)としている⁶¹⁰⁸⁰²³⁾。また、前述した砂浜の消失率を用いて、レクリエーション需要量の減少に伴い生じる等価変分⁹²及び消費者余剰⁹³の変化を被害額として試算した例では、それぞれ247億円/年、440億円/年、551億円/年としている⁶¹⁰⁸⁰²⁴⁾。一方、都道府県別の砂浜侵食率の違いを考慮した被害額から日本全体の経済的被害額(レクリエーション価値の損失)を試算した例では、海面水位の上昇幅30cm、65cmでそれぞれ約290億円/年、約530億円/年としている⁶¹⁰⁸⁰²⁵⁾。応用一般均衡モデルと砂浜の物理的将来予測データを用いて、砂浜侵食による経済的被害額を推計した研究(RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5の3シナリオを前提に、MIROC5、MRI-CGCM3、HadGEM2-ESの3つの気候予測モデルによる2031年～2050年、2081年～2100年2つの対象期間の予測情報を使用)では、いずれの期間及びRCPシナリオにおいても、沖縄県、神奈川県、新潟県、兵庫県の被害額合計が、日本全体における総被害額のうちの約40%から45%を占め、いずれの期間でも、気温上昇が大きくなるほど、砂浜侵食の被害額は大きくなることが示された⁶¹⁰⁸⁰²⁶⁾。

将来の砂浜侵食及び人口変動による都道府県別の砂浜レクリエーション価値の損失額の計測では、将来の社会経済状況を考慮しない場合では2100年における砂浜侵食の被害額は1,565億円/年(RCP2.6)～1,912億円/年(RCP8.5)と推定されているが、その一方で人口の変化を考慮した場合の砂浜被害額はSSP1-2.6で2,577億円/年、SSP2-4.5で2,900億円/年、SSP5-8.5で2,678億円/年と推定されており、将来の社会経済状況の違いによっては必ずしも気温上昇が大きいほど、砂浜侵食による被害費用が大きくなるとは限らないとの報告がある⁶¹⁰⁸⁰²⁷⁾。

新潟県と石川県の砂浜侵食と気象の変動による被害額を推計した例では、新潟県全体では、中期的・RCP2.6では約5.3億円/年(被害率7.8%)、長期的RCP2.6では約15.5億円/年(被害率23.0%)となり、中期的・RCP8.5では約5.3億円/年(被害率7.9%)、約31.5億円/年(被害率46.6%)であった。石川県全体では、中期的・RCP2.6では約0.8億円/年(被害率5.7%)、長期的・RCP2.6では約2.1億円/年(被害率16.2%)となり、中期的・RCP8.5では約0.5億円/年(被害率3.9%)、長期的・RCP8.5では約3.0億円/年(被害率23.0%)と推計している⁶¹⁰⁸⁰²⁸⁾。

また、気温上昇が大きくなるほど養浜事業による適応策の費用対効果が得られる都道府県が増加している⁶¹⁰⁸⁰²⁶⁾。

● 海

サンゴの白化や生育適域の消滅、藻場生態系の劣化などが予測されており(詳細は自然生態系分野の小項目「亜熱帯」・「温帯・亜寒帯」参照)、これらを観光資源としている地域では大きな影響が発生することが想定される。

● サクラ

気温の上昇に伴い開花から満開までに必要な日数が短くなる可能性や開花が早期化する可能性がある

⁹² 等価変分：変化前の価格の下で、価格上昇後と同じ効用の状態にするために消費者が支払う金額。

⁹³ 消費者余剰：消費者が財の消費から得る効用の貨幣的価値から、その財を得るのに支払った費用を引いた差額(大辞林第三版)。

とされており（詳細は国民生活・都市生活分野の小項目「レジャー・大規模イベント」参照）、サクラを観光資源としている地域では負の影響が発生することが想定される。

● その他

都市の観光客への影響についての報告として、インバウンドが急増している大阪・ミナミ地区では、2018年の大阪府北部地震や台風災害時に帰国や移動ができない等の影響を受けた観光客が数多くいたことが報告されており⁶¹⁰⁸⁰²⁹⁾、気候変動により風水害が増加すれば災害時の観光客の対応も必要となることが想定される。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

現在、気温上昇により、滝の凍結度や流水の減少、スキー場における積雪深の減少が報告されている。

将来においては、気温上昇により夏季は気温の上昇等により観光快適度が低下すると予測されるほか、さらなる積雪深減少によりスキー場や雪まつり・スポーツ大会などへの影響が予測される。また、砂浜レクリエーションが盛んな地域では、海岸侵食による経済被害が予測され、特に沖縄県、神奈川県、新潟県、兵庫県で大きな被害が予測されている。サンゴ礁や藻場を観光資源としている地域でも大きな影響が出ると想定される。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、スキー場では人工降雪機等の導入がなされているまた設備規模の適正化として、高度の低い敷地内リフト・駐車場数のリストラ、集客力の強化として、温泉等他の観光メニューとのパッケージツアーの企画、グリーンシーズンの活用として夏季・通年のマウンテンレジャーの展開などがある⁶¹⁰⁸⁰³⁰⁾。

適応策の効果に関して、砂浜レクリエーションに対しては、砂浜の復元や侵食を食い止めるような対策事業が日本の多くの地域で効果的であるとされている^{6108027, 6108028)}。また、一部のスキー場では既に、広域連携によるスケールメリットの創出、伝統を観光要素として残しインバウンド需要を見込むといった魅力の拡大のほか、オールシーズンリゾート化といった適応策がなされており⁶¹⁰⁸⁰³¹⁾、これらを今後全国的に拡大していくことが考えられる。

（重大性、緊急性、確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約1℃上昇）	約1.5～2℃上昇時	約3～4℃上昇時	
重大性：レベル1 確信度：レベル1	重大性：レベル2 確信度：レベル2	重大性：レベル2 確信度：レベル2	緊急性：レベル2 確信度：レベル2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル1

- ☆ 【経済】スキー場における雪不足の影響が既に発生しているが、その影響の範囲は業界全体に対しては限定的であり、観光業への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の事例がごく少数の学術論文・官公庁報告書等で示されているが、対象が限定的である。
- ◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ 【経済】スキー場や砂浜レクリエーションへの影響が発生することが予測されており、ほとんどのスキー場において積雪深が減少し、砂浜レクリエーション価値の損失額は 2,500 億円以上となる。一方で、地域によっては観光快適度の上昇や観光需要の増加といった正の影響を受けるとする報告もある。その影響の範囲は複数の観光資源に及び、観光業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】個々のレジャータイプ毎の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ 【経済】スキー場や砂浜レクリエーションへの影響が発生することが予測されており、ほとんどのスキー場において積雪深が減少し、砂浜レクリエーション価値の損失額は 2,500 億円以上となる。一方で、地域によっては観光快適度の上昇や観光需要の増加といった正の影響を受けるとする報告もある。その影響の範囲は複数の観光資源に及び、観光業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】個々のレジャータイプ毎の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 2

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が高い。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が高いが、スキー場のオールシーズンリゾート化などの適応策が一部で進められており、スキー場の雪不足対策（人工降雪機の導入や広域連携によるスケールメリットの創出など）、砂浜の復元や侵食を食い止めるような対策事業など短時間で十分な効果が発揮される追加的な適応策があることから、概ね 10 年以内に意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】個々のレジャータイプ毎の影響の発現時期が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

(9) 建設業

本項目では、気候変動による建設業への2次的な影響を取り扱うが、自然災害・沿岸域分野や国民生活・都市生活分野の小項目「都市インフラ・ライフライン」では、気候変動による都市インフラ・ライフラインへの直接的な影響を取り扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 夏季の気温上昇により、コンクリートの質を維持するための暑中コンクリート工事の適用期間が長期化している。
- 2020年～2024年の5年間の職場における熱中症による死傷者数は961人であり、全業種の中で最多となっている。
- 2018年～2022年の5年間の水害による建設業における被害額は合計137億円となっている。

夏季の気温上昇により、以下の影響が報告されている。

コンクリートの質を維持するための対策を行う暑中コンクリート工事の適用期間が日本の西南地域を中心に長期化している事例が報告されている^{6109001, 6109002, 6109003}。

熱中症による建設業従事者の死傷者数は、厚生労働省によると、過去5年間（2020年～2024年）で合計961人であり、年別に見ると228人(2024年)、209人(2023年)、179人(2022年)、130人(2021年)、215人(2020年)と報告されており、他の業種と比較して建設業が最も多くなっている⁶¹⁰⁹⁰⁰⁴。

近年、極端な降雨等の災害によるさまざまな被害が報告されている。

2018年から5年間の水害による建設業における被害額は合計137億円であり、年別に見ると13億円(2022年)、9億円(2021年)、3億円(2020年)、32億円(2019年)、80億円(2018年)と報告されている⁶¹⁰⁹⁰⁰⁵。そのほかの建物への被害としては、台風による店舗建物の屋根材等のはく離・建具の脱落等・窓の損傷後に強風が屋内に吹き込むことによる天井や内壁の脱落等の事例等が報告されている。また、竜巻により木造建物のべた基礎の底面が地盤から離れ、建物が裏返しになった事例や鉄骨建物の屋根が脱落・飛散する事例等が報告されている。大雪では、大規模な屋根を有する建物や屋根の勾配が緩い建物で屋根が崩落した事例等が報告されている⁶¹⁰⁹⁰⁰⁶。

企業の環境報告書等からは、施工現場での熱中症対策の重要性や木材資源の調達へのリスクが懸念されている⁶¹⁰⁹⁰⁰⁷。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 建築物の空調熱負荷増加やパーティクルボードの剥離強さ低下、設計風速の設定への影響が予測されている。
- 企業の情報開示では、夏季の気温の上昇による屋外労働環境の悪化と健康被害の増加、作業員の健康管理維持増強によるコスト増加、労働者不足の深刻化を想定している企業がある。

気候変動が関東地方の夏季 8 月の建築物の空調熱負荷へ与える影響について研究した事例（RCP4.5 シナリオを前提とした MIROC4h モデルを使用）では、近未来（2029 年 8 月）は現在（2001～2010 年）と比べ顕熱負荷が 26%上昇し、潜熱負荷が 10%上昇すると予測されている⁶¹⁰⁹⁰⁰⁸）。

気候変動がパーティクルボードの剥離強さに与える影響について研究した事例（RCP2.5・RCP4.6・RCP8.5 の 3 つのシナリオを前提に、MIROC5 モデルによる 2031 年～2050 年の予測情報を使用）では、気候変動の進展に伴い剥離強さが低下することを予測している⁶¹⁰⁹⁰⁰⁹）。

設計風速については、d4PD を用いて再現期間 50 年・500 年の風速の将来変化を計算すると、再現期間・昇温度合・地域ごとに風速の上昇率が異なるため、気候変動を考慮した設計風速を設定する際は、それらの違いを考慮する必要があるとの指摘がある⁶¹⁰⁹⁰¹⁰）。

2025 年の建築物省エネ法の改正により、すべての新築住宅を対象に省エネ基準適合が義務化されるなど、住宅の設計基準が変更された⁶¹⁰⁹⁰¹¹）。これにより、高い施工品質や設備の追加が求められ、コストや業務負担が増加するといった影響が予想される。

企業による TCFD 提言に基づく情報開示、及び統合報告書・サステナブルレポート等で想定されている代表的なリスクとしては、夏季の気温の上昇による屋外労働環境の悪化と健康被害の増加、作業員の健康管理維持増強によるコスト増加、労働者不足の深刻化が挙げられている。また、植生・木材調達地域の気温の上昇、降水・気象パターンの変化による木材調達コストの増加が想定されている。台風・豪雨・洪水等の自然災害の激甚化による、建設資機材のサプライヤーの被災等への対応リスクの増加、工場の操業停止による売上減少、工期の遅れ、保有設備の復旧活動等による建設コストの増加、洪水の多い地域の不動産価値の減少、森林資源の減少による木材調達コストの増加も想定されているほか、投資開発事業では保有物件のライフラインの被災の際の事業補償やレピュテーションリスクの増大が想定されている⁶¹⁰⁹⁰¹²）。

各企業による TCFD 提言に基づく情報開示では、4°Cシナリオ（公表政策シナリオ等）、RCP8.5 では、夏季の工事効率低下による、工期の長期化と作業員の健康リスクの増加^{6109013, 6109014}）、異常気象の激甚化による、自社施設の被災と保険料の上昇に伴う間接コスト増やサービス事業の休業と、それに伴う売上減⁶¹⁰⁹⁰¹⁴）、不動産事業への物理的リスクの増加⁶¹⁰⁹⁰¹³）、サプライヤーの被災による稼働停止や道路の寸断等による輸送経路への影響と建設工期の長期化を想定する企業がある^{6109014, 6109015}）。一方で、物理的リスクの顕在化や対策への機運の高まりにより防災・減災工事の発注の増加⁶¹⁰⁹⁰¹³）、災害に強い住宅のニーズの高まり、断熱性能へのニーズの高まりを想定する企業もある⁶¹⁰⁹⁰¹⁵）。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

現在、日本の西南地域を中心に、コンクリートの質を維持するための対策を行う暑中コンクリート工事の適用期間が長期化している。また、熱中症による死傷者数は他の業種と比較して建設業が最も多くなっている。風や積雪、洪水などによる荷重や浸水対応のため、建築物の設計条件や基準の見直しが必要とされている。

将来においては、木材調達コストの増加、サプライチェーンの被災対応リスクの増加、洪水の多い地域の不動産価値の減少が懸念される。また、夏季の建築物の空調熱負荷が増加すると予測される。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、BCP の策定・運用、気象情報の早期入手と防災対策の実施、労働環境の改善、耐水性建築やグリーンインフラなどの建築物・インフラのレジリエンス強化、重要設備の上層階への配置、性能確保のための設計基準の見直し、気候レジリエンス／環境性能の高い建物の建設、防災・減災工事への注力、メンテナンス・リニューアル工事への注力、復旧工事への対応などがある ⁶¹⁰⁹⁰¹⁶⁾。

日本建築学会に設置されている「気候変化による災害防止に関する特別調査委員会」において建築物の気候変動への対応に関し、建築物個々の自助対策や公的なインセンティブなど公助に対する課題、設計基準の見直しの必要性等が示されている ^{6109017, 6109018, 6109019)}。さらに、同学会に設置されている「気候災害特別調査委員会」等において、水害への防災・減災対策として、水流と建築の構造的耐力との関係整理、浸水しても機能停止に陥らない建築構造や重要設備等の配置、早期復旧が可能で健康被害も小さい建築計画、リスクの高い地域の居住を避ける施策提案等、気候変動に適応した建築計画・都市計画の在り方が議論されている ^{6109018, 6109019)}。

適応策の効果に関して、浸水対策に関する知見が確認できている。木造住宅では、修復容易化・建物防水・高床化・屋根上避難計画・生活回復機能追加といった対策を行うと、各対策で敷地の浸水特性に応じて一定の適用性が認められる。分譲マンションでは浸水時に多額の修復費用を要する区画やそこに至る浸水経路への対策、ピット式駐車場などの脆弱な設備への対策に優先的に取り組む必要性が高い。RC 造建物 1 階の小規模な事業所では、一次止水区画・二次止水区画を設けることや、従業員等が止水板を設置する上での障害を少なくすることなどが浸水対策になるとされている ⁶¹⁰⁹⁰²⁰⁾。なお、浸水対策においては、再現期間の小さな降雨に対するハザード情報が無対策時の被害額の期待値に大きく影響する場合もあるため、各事業者が経済的に合理的な水害対策を行うためには、ハザードマップの情報に加え、様々な降雨規模におけるハザード情報が詳細に必要であるとの指摘もある ⁶¹⁰⁹⁰²¹⁾。

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状 (約 1℃上昇)	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

- ✧ 【社会】熱中症による被害が既に発生しており、その影響の範囲は 2020 年から 5 年間の熱中症による死傷者数が全業種の中で最多である 961 人とされており、人命の損失と多数の軽症者が発生している。
- ✧ 【経済】気温上昇による工事の方法への影響が既に発生しており、その影響の範囲は、暑さ対策が追加的に必要な工事の適用期間の長期化など建設業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

- 重大性：レベル 3
 - ◇ 【経済】建築物の耐久性や、屋外労働環境・健康への影響、作業員の健康管理維持増強によるコスト増加、労働者不足などの影響が発生することが予測されており、その影響の範囲は現在より悪化するとされ、建設業への影響は特に深刻である。
- 確信度：レベル 2
 - ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等のほか、多数の企業による情報開示で示されている。
 - ◇ 【知見の一致度】予測結果が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

- 重大性：レベル 3
 - ◇ 【経済】建築物の耐久性や、屋外労働環境・健康への影響、作業員の健康管理維持増強によるコスト増加、労働者不足などの影響が発生することが予測されており、その影響の範囲は現在より悪化するとされ、建設業への影響は特に深刻である。
- 確信度：レベル 2
 - ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等のほか、多数の企業による情報開示で示されている。
 - ◇ 【知見の一致度】予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

- 緊急性：レベル 3
 - ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
 - ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、建設物の浸水対策などの適応策が一部で進められているが、重要設備の上層階への配置などによる、建築物のレジリエンス強化のための追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。
- 確信度：レベル 3
 - ◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
 - ◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

(10) 情報・通信業

本項目では、電話やインターネットなどの情報・通信業への影響を扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 2018 年～2022 年の過去 5 年間の運輸・通信業における水害被害額は合計 199 億円であった。

近年、極端な降雨等の災害によるさまざまな被害が報告されている。2018 年から 5 年間の水害による運輸・通信業における被害額は合計 199 億円であり、年別に見ると 50 億円(2022 年)、9 億円(2021 年)、3 億円(2020 年)、83 億円(2019 年)、54 億円(2018 年)と報告されている⁶¹¹⁰⁰⁰¹⁾。ただし、対象分野として運輸業も含まれていることに留意が必要である。その他情報・通信業への障害に関する報告は確認できていない。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 豪雨・洪水・台風の増加による、基地局の停波・損傷、通信サービスの不安定な供給、信頼性の低下、製品・サービスの需要・売上の減少、販売代理店の操業停止、サプライチェーン寸断による製品・サービスの中止が想定されている。
- 真夏日の増加や平均気温上昇により、設備冷却用空調電力の消費量増加による電力コスト増加が想定されている。
- 企業の情報開示では、SSP1-1.9・SSP2-4.5 シナリオを前提とした 21 世紀末における営業利益増減について、それぞれマイナス 30 億円・マイナス 70 億円と想定している企業がある。

企業の TCFD 提言に基づく情報開示、及び統合報告書・サステナブルレポート等で想定されている代表的なリスクとしては、豪雨・洪水・台風の増加による、基地局の停波・損傷、通信サービスの不安定な供給、信頼性の低下、製品・サービスの需要・売上の減少、販売代理店の操業停止、サプライチェーン寸断による製品・サービスの中止が想定されている。また、真夏日の増加や平均気温上昇により、設備冷却用空調電力の消費量増加による電力コスト増加が発生することも想定されている。事業機会として、気候パターンの変化による、対応策の構築に向けたコンサルティング事業へのニーズの増加や、データ損失回避のためにクラウド化されたデータセンターの活用が加速化することなどが想定されている⁶¹¹⁰⁰⁰²⁾。

各企業の TCFD 提言に基づく情報開示では、SSP1-1.9・SSP2-4.5 シナリオを前提とした 21 世紀末における自社の営業利益増減は、それぞれマイナス 30 億円・マイナス 70 億円と想定している企業があり、その要因として、自然災害による操業停止・生産減少・設備復旧などのコスト増加、水不足などによる製造能力減少などを挙げている⁶¹¹⁰⁰⁰³⁾。また、21 世紀中頃までに発生が予見されるリスクとして、SSP5-8.5 シナリオでは物理リスクとして豪雨災害による停電や伝送路支障に伴い、基地局被害の発生頻度が増加することを、SSP1-1.9 シナリオでは移行リスクとして力使用量増加に伴う炭素税をはじめとする法規制リスクを想定している企業もある⁶¹¹⁰⁰⁰⁴⁾。

なお、各企業の TNFD 提言に基づく情報開示では、自然災害激化による設備の災害対策・復旧コスト増やサービス断長期化による減収、水ストレス地域の拡大による調達や事業用水確保への影響などがリ

スクとして想定している企業がある ⁶¹¹⁰⁰⁰⁴。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

現在・将来共に、豪雨・洪水・台風といった風水害の影響を受けやすい地域での、基地局の停波・損傷、通信サービスの不安定な供給、信頼性の低下、製品・サービスの需要・売上の減少、販売代理店の操業停止、サプライチェーン寸断による製品・サービスの中止が想定される。また、温暖な地域では、真夏日の増加や平均気温上昇により、設備冷却用空調電力の消費量増加による電力コスト増加がさらに発生することも想定される。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、気象条件・機器の稼働状況・通信状況の観測・比較、施設や端末の耐熱性向上・高性能空調の導入、気象条件に応じた電波出力の調整や変調方式の利用、通信施設の増設などがある ⁶¹¹⁰⁰⁰⁵。

適応策の効果に関する十分な知見は確認できていない。

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性と その確信度の評価
現状 (約 1°C 上昇)	約 1.5~2°C 上昇時	約 3~4°C 上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 1	重大性：レベル 1 確信度：レベル 1	重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	緊急性：レベル 1 確信度：レベル 1

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

✧ 【経済】水害による損害などが既に発生しているが、その影響の範囲は 2018 年からの 5 年間の被害額が運輸業と合わせて合計 199 億円と業界全体に対しては限定的であり、情報・通信業への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 1

✧ 【知見の種類・量等】情報・通信業に限定した影響の事例が学術論文・官公庁報告書等、及び企業による情報開示を含めて示されていない。

✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<1.5~2°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 1

✧ 自然災害の増加や気温上昇による事業活動の損失が予測されているが、その影響の範囲は企業による情報開示において軽微な営業利益の減少が想定されるのみで限定的であり、情報・通信業への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 1

✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が学術論文・官公庁報告書等では示されていないものの、少数の企業による情報開示では示されている。

✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ 自然災害の増加や気温上昇による事業活動の損失が予測されており、その影響の範囲は企業による情報開示において 1.5℃～2℃上昇時の 2 倍以上の営業利益の減少が想定され、情報・通信業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が学術論文・官公庁報告書等では示されていないものの、少数の企業による情報開示では示されている。
- ◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 1

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が低い。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】—

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が学術論文・官公庁報告書等では示されていないものの、少数の企業による情報開示では示されている。
- ◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

(11) 運輸業

本項目では、鉄道、道路、水運、航空を含む人や貨物を輸送するサービスへの影響について扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 2020～2024 年の過去 5 年間の運輸業での熱中症の死傷者数は、建設業、製造業に次いで 3 番目に多く、合計 659 人であった。
- 風水害により貨物鉄道ネットワークへの影響が発生しており、その経済的インパクトは輸送貨物の発着地域に留まることなく、全国各地域へと波及している。
- CDP 気候変動質問書（2021 年）の回答では、物理リスクとして、生産能力低下に起因した売上減少、間接費（運営費）の増加等が挙げられている。

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、交通システム、水道、下水システム及びエネルギーシステムを含むインフラが、極端現象及び緩やかに進行する現象によって損なわれ、その結果、経済的な損失、サービスの中断、福祉に対する悪影響を与えている（確信度が高い）と指摘している ⁶¹¹¹⁰⁰¹）。

国内では、気温上昇による影響が報告されている。厚生労働省によると、過去 5 年間（2020～2024 年）の運輸業での熱中症の死傷者数は合計 659 人であり、年別に見ると 186 人（2024 年）、146 人（2023 年）、129 人（2022 年）、61 人（2021 年）、137 人（2020 年）であった。建設業、製造業に次いで 3 番目に多くなっている ⁶¹¹¹⁰⁰²）。

風水害による貨物鉄道ネットワークへの影響とその経済インパクトは大きく、輸送貨物の発着地域に留まることなく、全国各地域へと波及しているとの指摘がある。平成 30 年 7 月豪雨では、山陽線の寸断期間は 100 日間に及んだ。輸送貨物の停滞による直接被害額が最も大きかったのは九州であるが、間接被害額については関東が後方連関効果、前方連関効果ともに他地域に比較して大きく、また中部・近畿を含め、大都市圏・産業集積地への経済的インパクトが顕著であった ⁶¹¹¹⁰⁰³）。なお、日本の気候変動 2025 によると、この豪雨では地球温暖化の影響が大雨の発生確率と強度を大きくしたとされている。

CDP 気候変動質問書（2021 年）の回答では、気候変動の影響による物理リスクとして、生産能力低下に起因した売上減少（回答した運輸サービス業の合計 24.8%）、間接費（運営費）の増加（回答した運輸サービス業の合計 20.0%）等が挙げられている ⁶¹¹¹⁰⁰⁴）。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 企業の情報開示では、以下のリスクが想定されている。
 - 異常気象の増加や自然災害の頻発・激甚化による、運休の発生、貨物ダメージの増加、影響を受けやすい地域における需要の短期的な低下、機器トラブル等を想定している企業がある。
 - 海運業・空運業では、海面上昇に伴い、荷況の変化や、埋め立て空港における運航計画や需要の変動等を想定している企業がある。
 - 2℃上昇・4℃上昇を前提とした 21 世紀中頃における営業利益増減について、自然災害増加による設備被害額の増加によりそれぞれマイナス 30 億円・マイナス 100 億円、自然災害に

よる運休増加による収入減によりそれぞれマイナス 15 億円・マイナス 45 億円と想定している企業がある。

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、ビル、交通、エネルギーを含む都市インフラの保守及び再建コストは、地球温暖化の水準の上昇とともに増大し（確信度が中程度）、とりわけ寒冷地の永久凍土や沿岸域に位置する都市、居住地、インフラについてはこれに伴う機能不全が大規模になると予測される（確信度が高い）と指摘している [6111005](#)。

港の年平均稼働率についての知見が確認されている。RCP8.5 シナリオを用いて 21 世紀末の北海道苫小牧港西港区・紋別港を対象とした研究によると、苫小牧港西港区では波浪の変化により年平均稼働率は上がるが、紋別港については気候変動による流氷の減少に伴って吹送距離（風が吹き渡る距離）が増加するため、来襲波高の増大から稼働率は下がるとしている [6111006](#)。

企業による TCFD 提言に基づく情報開示、及び統合報告書・サステナブルレポート等で想定されている代表的なリスクとしては、異常気象の増加や自然災害の頻発・激甚化による、運休の発生、貨物ダメージの増加、影響を受けやすい地域における需要の短期的な低下、機器トラブルなどが想定されている。また、海運業・空運業では、海面上昇に伴い、荷況の変化や、埋め立て空港における運航計画や需要の変動なども想定されている。一方、事業機会として、災害時の迅速対応による、安全で安定したサービスの確立や、顧客と企業の資産保全が想定されている [6111004](#)。

各企業の TCFD 提言に基づく情報開示では、2℃上昇・4℃上昇を前提とした 21 世紀中頃における自社の営業利益増減を、自然災害増加による設備被害額の増加によりそれぞれマイナス 30 億円・マイナス 100 億円、運休増加による収入減によりそれぞれマイナス 15 億円・マイナス 45 億円と想定している企業がある [6111007](#)。また、21 世紀中頃までに発生が予見されるリスクとして、4℃上昇時には物理的リスクとして顧客の施設や産物の被災による収益減少や、海面上昇に伴い沿岸エリアの物流拠点の水害対策費用・保険料が発生すること、2℃上昇時には移行リスクとして低炭素車両や設備の導入に伴う費用増加等を想定している企業もある [6111008](#)。

また、積雪寒冷地の雪の変化による影響を抽出した研究では、融解・凍結の機会が増えることによって路面が滑りやすくなることや道路の陥没も多発すること、除雪でなく融雪剤対応が増えることによる塩害、湿雪の着雪による航空機への影響等が挙げられている [6111009](#)。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

現在、運輸業での熱中症の死傷者数は、建設業、製造業に次いで 3 番目に多い。

将来においては、沿岸域では海面水位の上昇に伴い空港や物流拠点に影響が生じることが想定されている。積雪寒冷地では雪の変化により、路面が滑りやすくなることや道路の陥没も多発すること、融雪剤対応が増えることによる塩害、湿雪の着雪による航空機への影響などが挙げられている。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、代替網の確保、気象サービスの利用、雨量計観測等による運転可否の判断、定期点検、事前訓練、高効率空調の導入促進などがある [6111010](#)。

鉄道事業者の災害リスク対策として、構造物・線路等のインフラを対象とする保険の他、車両も対象となる「企業財産包括保険」が利用できる [6111011](#)）ほか、夏季の高温によるレールの変形を防ぐ取組として、

変形の高リスクの箇所予測と検査、列車による高温時特別巡回警備を実施するとともに [6111012](#) [6111013](#)、
レール温度管理アプリの開発をはじめとした技術導入がなされている [6111014](#)。

適応策の効果に関して、災害時の対応についての知見が確認できている。例えば、強い台風の上陸や浸水被害が予想される場合における航空機・車両の事前避難が挙げられる。令和元年東日本台風の事例に合わせた考察の結果、社会的には被災確率の小さな洪水でも事前避難を実施すべきこと等が定量的に示された [6111011](#)。また、利用可能な道路にバス専用レーン等を設置する BRT (Bus Rapid Transit) についての知見も確認できている。平成 30 年 7 月豪雨の際、一般車両が通行止めとなった広島呉道路の一部区間を、バスも通行可能とする全国初の「災害時 BRT」を導入したことにより、活動困難者も移動が可能になり、企業活動の再開が早まったとされる。さらに渋滞緩和や公共交通利用者の増加等によって経済損失の抑制だけでなく経済効果も発生していると考えられる [6111015](#)。

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状 (約 1℃上昇)	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 1	重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	重大性：レベル 3 確信度：レベル 1	緊急性：レベル 2 確信度：レベル 1

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

✧ 【経済】風水害による損害なども既に発生しているが、その影響の範囲は業界全体に対しては限定的であり、運輸業への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 1

✧ 【知見の種類・量等】限られた事例に対してのみ、影響の事例がごく少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

✧ 【経済】自然災害の増加や海面上昇による事業活動の損失が予測されており、その影響の範囲は企業による情報開示において設備被害額の増加による営業利益減や運休増加による収入減が想定され、運輸業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が学術論文・官公庁報告書等では示されていないものの、少数の企業による情報開示では示されている。

✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

✧ 【経済】自然災害の増加や海面上昇による事業活動の損失が予測されており、その影響の範囲は企業による情報開示において設備被害額の増加による多額の営業利益減や運休増加による大幅な収入減が 1.5℃～2℃上昇時の 3 倍以上と想定され、運輸業への影響は特に深

刻である。

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】限られた対象に対してのみ予測結果がごく少数の学術論文で示されており、その他の影響の予測結果が少数の企業による情報開示で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 2

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が高い。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が高いが、巨大台風の上陸や浸水被害が予想される場合における航空機・車両の事前避難などの適応策が一部で進められており、「災害時 BRT」の導入など短時間で十分な効果が発揮される追加的な適応策があることから、概ね 10 年以内に意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】限られた対象に対してのみ影響の発現時期がごく少数の学術論文で示されており、その他の影響の発現時期が少数の企業による情報開示で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

(12) 不動産業

本項目では、不動産業への影響について扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 現時点で気候変動による不動産業への影響に関する知見の報告は見つかっていない。

現時点で気候変動による不動産業への影響に関する知見の報告は見つかっていない。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 自然災害は、住宅ストックを破壊する等、広く経済活動に影響を及ぼすとされている。
- 湿雪の増加や積雪期の降雨による重量増加から雪害が懸念されている。
- 企業の情報開示では、以下のリスクが想定されている。
 - 平均気温上昇による工期遅延、クーラーといった設備運営費増大、海水面の上昇に伴う、高潮による沿岸物件での被害、異常気象の激甚化による、工期遅延、保有資産の設備毀損などのリスクが想定されている。
 - 2℃上昇・4℃上昇時において海面上昇による被害の影響度が連結事業利益に対して 5～10% となると予測する企業がある。

自然災害が経済活動に及ぼす影響に関する各種分析研究をレビューした文献では、自然災害は、住宅ストックを破壊し、広く経済活動に影響を及ぼすと述べられている⁶¹¹²⁰⁰¹⁾。また同文献では、自然災害の発生やそのリスクの高まりは、住宅を所有するか賃貸するかを選択への影響も考えられるとし、例えば、深刻な自然災害に見舞われた地域に移住した世帯では、持ち家の所有率が 3～5%低下する⁶¹¹²⁰⁰²⁾という米国における研究結果も紹介している。

気候変動に伴う雪の変化に着目したレビュー論文では、湿雪の増加や積雪期の降雨による重量増加から雪害が懸念され、空き家対策が必要との指摘もある⁶¹¹²⁰⁰³⁾。

2025 年の建築物省エネ法の改正により、すべての新築住宅を対象に省エネ基準適合が義務化されるなど、住宅の設計基準が変更された⁶¹¹²⁰⁰⁴⁾。これにより、不動産の資産価値や査定額に影響が及ぶことが予想される。

企業の TCFD 提言に基づく情報開示、及び統合報告書・サステナブルレポート等で想定されている代表的なリスクとしては、平均気温上昇による工期遅延、クーラーといった設備運営費増大、海水面の上昇に伴う、高潮による沿岸物件での被害、異常気象の激甚化による、工期遅延、保有資産の設備毀損などが想定されている⁶¹¹²⁰⁰⁵⁾。

各企業の TCFD 提言に基づく情報開示では、1.5℃上昇・2℃上昇・4℃上昇時の海面上昇・風水害の激甚化による損害増・気温上昇被害を想定し、海面上昇による被害の影響度は 2℃上昇・4℃上昇時において中（連結事業利益への影響度 5～10%）、その他は小（連結事業利益への影響度～5%）としている企業がある⁶¹¹²⁰⁰⁶⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

沿岸域では、海面水位の上昇に伴い空港や物流拠点に影響が生じることが想定されている。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、BCP の策定・運用、立地選定、設計条件の見直し、不動産取引時の情報提供、浸水対策や高性能断熱などの建物・インフラのレジリエンス強化、重要設備の上層階への配置、(雪を観光資源としている施設において)人工降雪機等の利用、気候レジリエンス/環境性能の高い建物の建設、持続可能で強靱な街づくりへの投資、防災・減災工事への投資、施設の維持・管理強化などがある⁶¹¹²⁰⁰⁷⁾。なお、BCP・BCM や CRE 戦略は、防災・減災のみならず、社会や地域における企業・組織の責任の観点からも必要とされているとの指摘もある⁶¹¹²⁰⁰⁸⁾。

日本建築学会に設置されている「気候災害特別調査委員会」等において、水害への防災・減災対策として、水流と建築の構造的耐力との関係整理、浸水しても機能停止に陥らない建築構造や重要設備等の配置、早期復旧が可能で健康被害も小さい建築計画、リスクの高い地域の居住を避ける施策提案等、気候変動に適応した建築計画・都市計画の在り方が議論されている^{6112009, 6112010)}。

適応策の効果に関する十分な知見は現在のところ確認できていない。

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性と その確信度の評価
現状 (約 1°C 上昇)	約 1.5~2°C 上昇時	約 3~4°C 上昇時	
重大性：— 確信度：—	重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	緊急性：レベル 2 確信度：レベル 1

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：—

✧ 現時点で気候変動による不動産業へ影響に関する知見はないことから、現状では評価できない。

➤ 確信度：—

✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が学術論文・官公庁報告書等、及び企業による情報開示も含めて示されていない。

✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<1.5~2°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

✧ 【経済】平均気温や海面上昇による影響が予測されており、その影響の範囲は企業による情報開示において工事遅延や沿岸物件への被害、など事業利益への影響が想定され、不動産業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されているが、予測対象は様々である。

◇ 【知見の一致度】 知見の量が少ないため判断できない。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

◇ 【経済】 平均気温や海面上昇による影響が予測されており、その影響の範囲は企業による情報開示において工事遅延や沿岸物件への被害など事業利益への影響が想定され、不動産業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の種類・量等】 影響の予測結果がごく少数の学術論文・官公庁報告書等では示されているが、予測対象は様々である。

◇ 【知見の一致度】 知見の量が少ないため判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 2

◇ 【影響の発現時期】 重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が高い。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 —

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の種類・量等】 影響の発現時期がごく少数の学術論文・官公庁報告書等では示されているが、予測対象は様々である。

◇ 【知見の一致度】 知見の量が少ないため判断できない。

(13) サービス業

本項目では、宿泊・飲食・娯楽等を含むサービス業への影響を扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 2018 年～2022 年の 5 年間のサービス業における水害被害額は計 702 億円である。
- CDP 気候変動質問書（2021 年）への回答で、国内サービス業の 56.6%がサイクロンや洪水などの異常気象のリスクを認識し、14.0%が降水パターンや気象パターンの変化をリスクと認識している。

CDP 気候変動質問書への企業による回答では、サイクロンや洪水などの異常気象の重大性と頻度の上昇をリスクと認識しているのは国内のサービス業のうち 56.6%、降水パターンや気象パターンの変化をリスクと認識しているのは 14.0%という結果であった⁶¹¹³⁰⁰¹⁾。

実際に水害による被害も報告されている。2018 年から 5 年間の水害によるサービス業における被害額は合計 702 億円であり、年別に見ると 52 億円（2022 年）、23 億円(2021 年)、26 億円(2020 年)、390 億円(2019 年)、211 億円(2018 年)であった⁶¹¹³⁰⁰²⁾。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 企業の情報開示では、以下のようなリスクや事業機会が想定されている。
 - アミューズメント業では、平均気温上昇によるゲストの来園動向変化、猛暑日の増加によるゲストや従業員の体調悪化、異常気象による閉園やサプライチェーン寸断等のリスクのほか、財務への影響が極めて大きいリスクとして、労働条件悪化に伴う人材確保の難易度の高まりやエネルギー使用量の増加を想定する企業がある。
 - 飲食業では、平均気温上昇による電気使用量増加、従業員の作業能率低下、作物の収量低下や品質劣化、降水量増加や干ばつによる原材料価格の高騰、洪水や高潮によるコスト増加、異常気象・気象災害の頻発化に伴う被害増加、復旧費用の増加、休業による売上減少等のリスクを想定する企業がある。一方、平均気温上昇に伴う商品・サービスの開発により売上増加を想定する企業もある。
 - リゾート地におけるリスクとして、災害によるホテルやレストランの食材価格の高騰、気温上昇による四季の景観や観光資源の喪失、リゾート地としての魅力低下を挙げる企業がある。

各企業による TCFD 提言に沿った情報開示において、アミューズメント業では、平均気温の上昇によって、ゲストの来園動向変化・屋外で勤務する従業員の労働条件悪化に伴う人材確保の難易度の高まり・快適気温維持に伴うエネルギー使用量の増加を 4℃シナリオで事業と財務への影響が極めて大きくなる（極大）と想定、2℃シナリオ、1.5℃シナリオでは事業と財務への影響が大きい（大）と想定する企業がある。同時に猛暑日の増加によるゲストの来園動向変化・ゲストや従業員の体調悪化を 4℃シナリオで極大、2℃シナリオ、1.5℃シナリオで大と想定した。さらに異常気象による閉園・サプライチェーン寸断・

資産の被災規模拡大と頻度増加のリスクを 4℃シナリオで大と想定している ⁶¹¹³⁰⁰³⁾。飲食業では、平均気温の上昇による影響度を大とし、具体的には店舗・工場・配送センターなどにおける電気使用量の増加、従業員の作業能率低下による生産性悪化、作物の収量低下や品質劣化などを想定する企業がある。また降水量の増加や干ばつが農畜水産物の収量・品質に悪影響を及ぼし、原材料価格が高騰するとしている。洪水や高潮による影響として、2030 年時点における洪水による自社への影響は 4℃シナリオで 26.3 億円のコスト増加、2℃(1.5℃)シナリオで 14.9 億円のコスト増加、高潮による影響は 4℃シナリオで 3.4 億円のコスト増加、2℃(1.5℃)シナリオで 3.3 億円のコスト増加を想定している。さらに、異常気象・気象災害の頻発化・激甚化、サプライチェーン断絶による調達コストの増加による影響度を大とし、具体的には店舗の浸水・停電等による被害増加、復旧費用の増加、休業による売上の減少、保険料増加、従業員被災による欠員増加と機会損失、原材料確保のためのコスト増加を見込む一方、事業機会としては平均気温上昇による消費者嗜好の変化に合わせた商品・サービスの開発による売上増加、暑い天候により喫茶需要が増加すると想定している ⁶¹¹³⁰⁰⁴⁾。

各企業における TNFD 提言では、リゾート地におけるリスクとして、災害の発生によるホテルやレストランの食材価格の高騰や、気温上昇による四季の景観や観光資源として重要な自然現象の喪失、リゾート地としての魅力の低下などを挙げている企業がある ⁶¹¹³⁰⁰⁵⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

洪水や高潮によるリスクが見積もられており、川沿いの地域や沿岸部では大きな影響が出ることが予測されている。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、BCP の策定・運用、代替調達による仕入れ対応、サプライチェーンの分散化や調達地域のレジリエンス強化、緊急時における対応マニュアルの策定、滞在支援、帰宅支援の実施、暑さ対策用のアメニティの準備などがある ⁶¹¹³⁰⁰⁶⁾。

適応策の効果に関する十分な知見は現在のところ確認できていない。

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状 (約 1℃上昇)	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 1	重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	重大性：レベル 3 確信度：レベル 1	緊急性：レベル 2 確信度：レベル 1

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

- ✧ 【経済】水害による損害などが既に発生しているが、その影響の範囲は 2018 年からの 5 年間で計 702 億円と業界全体に対しては限定的であり、サービス業への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 1

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の事例がごく少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】 知見の量が少ないため判断できない。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

◇ 【経済】 洪水や高潮、気温上昇による事業活動の損失や財務影響などが予測されており、その影響の範囲は企業による情報開示においてコストの増加や財務への影響が大きいと想定され、サービス業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の種類・量等】 影響の予測結果が学術論文・官公庁報告書等では示されていないものの、少数の企業による情報開示では示されている。

◇ 【知見の一致度】 知見の量が少ないため判断できない。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

◇ 【経済】 洪水や高潮、気温上昇による事業活動の損失や財務影響などが予測されており、その影響の範囲は企業による情報開示においてコストの増加や財務への影響が極めて大きいと想定され、サービス業への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の種類・量等】 影響の予測結果が学術論文・官公庁報告書等では示されていないものの、少数の企業による情報開示では示されている。

◇ 【知見の一致度】 知見の量が少ないため判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 2

◇ 【影響の発現時期】 重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が高い。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 ー

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の種類・量等】 影響の発現時期が学術論文・官公庁報告書等では示されていないものの、少数の企業による情報開示では示されている。

◇ 【知見の一致度】 知見の量が少ないため判断できない。

(14) 医療・福祉・製薬業

本項目では、医療・福祉・製薬業への影響を扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 現時点で、医療・福祉への影響について、以下のような報告がある。
 - 災害による停電と断水により、診療活動・人工透析・手術を停止又は延期せざるを得ない状況が生じた。
 - 洪水による浸水で閉じ込めや冷房の復旧の遅れが発生した。
 - 災害による停電と断水による入院患者や要介護高齢者の熱中症・肺炎が増加した。
 - 道路寸断によって緊急搬送や血液や医薬品の輸送、通院が阻害された。
 - 異常高温によって救急搬送量に影響が生じた。
 - 熱帯あるいは亜熱帯地域に存在する病原細菌の院内感染が発生した。
- 製薬業では、感染症薬の需要増加に伴う供給不足のリスクが認識されている。

国内では、近年、極端な降雨等による災害が医療や福祉にもたらす影響が報告されている。洪水による浸水が発生した福祉施設への調査では、機械類の被害が多く、入居者の多くからは冷房の復旧を要望されたことが報告されている。また、医療機関への調査では、入居者が施設内に閉じ込められたことが報告されている⁶¹¹⁴⁰⁰¹⁾。2016 年台風第 10 号では、岩手県岩泉地域唯一の透析施設が停電・断水のため維持透析継続不能となったほか、インフラ寸断による通院困難のため透析困難患者が発生した⁶¹¹⁴⁰⁰²⁾。2018 年の西日本豪雨では 6 日間の断水のため、緊急性を要するもの以外の手術を延期する事態となった⁶¹¹⁴⁰⁰³⁾。2019 年の令和元年房総半島台風の際、千葉県では停電と断水のため診療活動を停止（場合により縮小）せざるを得ず、入院患者や要介護高齢者の熱中症や肺炎等が通常よりも多く発生した⁶¹¹⁴⁰⁰⁴⁾例や、道路寸断により医療機関への搬送ができなかった例⁶¹¹⁴⁰⁰⁵⁾がある。2020 年 7 月に九州全域で発生した集中豪雨により河川の氾濫・土砂災害により陸路が寸断され、献血血液と血液製剤の搬送体制に重大な懸念が発生した⁶¹¹⁴⁰⁰⁶⁾。

また 2007 年から 2010 年における 47 都道府県の救急搬送量を分析した事例では、異常高温が救急搬送数に影響することが報告されている⁶¹¹⁴⁰⁰⁷⁾。福岡県でのデータを用いて分析した事例では、23.5℃を超えると若・中年層の救急搬送が増加する傾向にあることが報告されているほか⁶¹¹⁴⁰⁰⁸⁾、熱帯あるいは亜熱帯地域に存在する病原細菌（クロモバクテリウム・ビオラセウム）の国内での院内感染の事例も報告されている⁶¹¹⁴⁰⁰⁹⁾。

製薬会社に関して、民間企業の環境報告書等によると感染症薬の需要が増加した場合に供給不足となるリスク、研究拠点等の浸水リスク、交通寸断などにより一時操業停止の可能性を懸念する一方で、需要に適切に対応することがビジネス機会につながる可能性が認識されている⁶¹¹⁴⁰¹⁰⁾。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 製薬業について、企業の情報開示では、リスクとして気象災害（大雨・洪水・台風）の発生頻度増加と規模拡大、交通寸断による一時操業停止の可能性等が挙げられている一方、機会として医薬品や疾病検査薬のニーズ拡大等が挙げられている。

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、回避できない海面水位上昇は、連鎖的複合的な影響をもたらす（確信度が高い）と指摘している ⁶¹¹⁴⁰¹¹。

医療に関して、東京における、WBGT を考慮した熱中症による救急搬送の件数を予測した研究によると、WBGT が 28 を超える日の割合は、RCP2.6 シナリオでは 5 年ごとに 0.16%、RCP4.5 では 0.31%、RCP8.5 では 0.68% ずつ増加すると予測された。熱中症による救急搬送の件数が 2100 年には、2000 年と比較して、0～64 歳では 3 倍以上、65 歳以上では 6 倍以上になると予測された ⁶¹¹⁴⁰¹²。また東京での極端高温下における、熱中症による救急車要請に対応する救急車の稼働率の評価を行った研究によると、現在のピークが 50% なのに対し、21 世紀半ばでは SSP1-RCP2.6 で 110%、SSP5-RCP8.5 で 200% と予測された。また、21 世紀後半では SSP1-RCP2.6 で 135%、SSP5-RCP8.5 で 738% 予測された。このことから、将来では救急搬送困難事案の発生可能性が高まることが懸念される ⁶¹¹⁴⁰¹³。

企業の TCFD 提言に基づく情報開示、及び統合報告書・サステナブルレポート等で想定されている製薬業における代表的なリスクとしては、気象災害（大雨・洪水・台風）の発生頻度増、規模拡大による安定供給への不安の高まり、交通寸断などによる一時操業停止の可能性、気温上昇による本社、研究開発、製造拠点での空調コスト増、水不足による操業停止、生物多様性の喪失による天然化合物由来製品の生産性低下が想定されている。事業機会として、降水パターンの変化、海面上昇、平均気温の上昇による、治療に寄与する医薬品や疾病検査薬のニーズ拡大、熱中症、感染症の拡大による既存薬、新薬、クリティカルケア事業の需要拡大、抵抗性の発現による既存製品の販売への影響、集団感染症・疾病の増加によって熱帯性の感染症や疾病に対する医療ニーズが拡大することにより、対応する製品・サービス、新たな感染症を含む検査薬・ワクチンの需要の増加、流行サイクル変動に応じたワクチンの安定供給体制構築への要請の増加が想定されている ⁶¹¹⁴⁰¹⁰。

各企業の TCFD 提言に基づく情報開示では、財務影響として、4℃シナリオでの豪雨・洪水・台風等によって操業の一時中断せざるを得ない場合の自社の損害を最大 100 億円と見積もった企業（2035 年想定）や ⁶¹¹⁴⁰¹⁴ や、1.5℃シナリオと 4℃シナリオいずれにおいても 106.5 億円とした企業（2030 年想定）がある ⁶¹¹⁴⁰¹⁵。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

川沿いの地域や沿岸地域では洪水や高潮のリスクが高まり、医療機関や福祉施設、高齢者施設等が浸水被害を受けやすい。停電・断水のために医療サービスが継続できなくなった事例も報告されている。また、熱帯・亜熱帯地域では、気温上昇により、熱帯病や感染症のリスクが増加しており、国内でも熱帯地域に存在する病原細菌による感染事例が報告されている。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、BCP の策定・運用、浸水対策の強化、施設の移転、遠隔診療・介護の導入、ワクチン・抗菌薬の開発などが挙げられる⁶¹¹⁴⁰¹⁶⁾。その他、医療現場への負担軽減の観点から、熱中症の発生件数を減少させることによる救急搬送の負担軽減や、救急車の効率的かつ適切な運用が挙げられる⁶¹¹⁴⁰¹³⁾。

適応策の効果に関する十分な知見は現在のところ確認できていない。

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 1

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

- 重大性：レベル 2
 - ✧ 【経済】風水害による医療サービスの停止などが既に発生しており、その影響の範囲は全国各地に及び、医療・福祉・製薬業への影響は深刻である。
- 確信度：レベル 1
 - ✧ 【知見の種類・量等】個別の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されているが、業界全体への定量的な影響は示されておらず、企業による情報開示でも定量的な影響は示されていない。
 - ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

- 重大性：レベル 2
 - ✧ 【経済】自然災害の増加による財務影響が予測されており、その影響の範囲は製薬業の企業による情報開示において操業の一時中断による多額の損害が想定され、医療・福祉・製薬業への影響は深刻である。
- 確信度：レベル 1
 - ✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が学術論文・官公庁報告書等では示されていないものの、少数の企業による情報開示では示されている。
 - ✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<3～4℃上昇時>

- 重大性：レベル 2
 - ✧ 【経済】自然災害の増加による財務影響が予測されており、その影響の範囲は製薬業の企業による情報開示において操業の一時中断による多額の損害が想定され、医療・福祉・製薬業への影響は深刻である。
- 確信度：レベル 1
 - ✧ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が学術論文・官公庁報告書等では示されていないものの、少数の企業による情報開示では示されている。

◇ 【知見の一致度】 知見の量が少ないため判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

◇ 【影響の発現時期】 重大な影響が既に生じている。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 —

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の種類・量等】 影響の発現時期が学術論文・官公庁報告書等では示されていないものの、少数の企業による情報開示では示されている。

◇ 【知見の一致度】 知見の量が少ないため判断できない。

(15) 衣料品製造業

本項目では、衣料品の製造や流通への影響について扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 大雨や台風による売上の低下が生じている。
- 企業の情報開示では、実際に浸水した場合の休業や売上影響を想定している企業がある。

大雨や台風による影響の事例が報告されている。中国地域では、平成 30 年 7 月豪雨等により、百貨店やスーパーでの衣料品の売上が低下した⁶¹¹⁵⁰⁰¹⁾。また、大雨により店舗の時間短縮を余儀なくされた事例も発生している⁶¹¹⁵⁰⁰²⁾。

各企業による TCFD 提言に基づく情報開示では、店舗が存在する地域の洪水ハザードマップでは 0.5m～3m 未満の浸水予想となっており、実際浸水した場合には 3 店舗合計で最大 67.6 日間の休業を余儀なくされ、売上に対して 2,700 万円の影響が出る可能性があるとする企業がある⁶¹¹⁵⁰⁰²⁾。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 企業の情報開示では、財務への影響として、1.5～2℃上昇時にはマイナス数千万円～10 億円程度、4℃上昇時にはマイナス 1 億円～十数億円程度を想定している企業がある。

各企業の TCFD 提言に基づく情報開示では、1.5℃(2℃未満)上昇時・4℃上昇時の財務インパクトをそれぞれマイナス 9 億 1,660 万円・マイナス 14 億 5,750 万円と想定している企業や⁶¹¹⁵⁰⁰³⁾、2℃上昇・4℃上昇を前提とした財務インパクトを、それぞれマイナス 5,900 万円・マイナス 1 億 800 万円と想定している企業がある⁶¹¹⁵⁰⁰²⁾。そのほか、気温上昇による影響として、販売データと気象観測データの分析により、季節性を有する製品の売上が気温の変化と密接に関係していることが示されている⁶¹¹⁵⁰⁰⁴⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

現在、風水害の影響を受けやすい立地にある店舗では、売上減少や営業時間短縮といった影響が発生しており、将来においても同様の傾向となることが想定される。

また、季節性を有する製品の売上は気温の変化と密接に関係しているとされている。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、BCP の策定・運用、建築物・インフラのレジリエンス強化、シナリオ分析による適応戦略の策定・実施、サプライチェーンの見直し・改善、気象データの活用、実店舗以外の販売ルート確立などがある⁶¹¹⁵⁰⁰⁵⁾。

適応策の効果に関する十分な知見は現在のところ確認できていない。

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性と その確信度の評価
現状 (約 1°C 上昇)	約 1.5~2°C 上昇時	約 3~4°C 上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 1	重大性：レベル 1 確信度：レベル 1	重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	緊急性：レベル 1 確信度：レベル 1

● 重大性とその確信度の評価の根拠

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

- ◇ 【経済】自然災害による売上低下が既に発生しているが、その影響の範囲は業界全体に対しては限定的であり、衣料品製造業への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】ごく限られた地域の事例を除くと、影響の事例が学術論文・官公庁報告書等では示されていないものの、少数の企業による情報開示では示されている。
- ◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<1.5~2°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 1

- ◇ 【経済】気温上昇による事業活動の損失が発生することが予測されているが、その影響の範囲は企業による情報開示において軽微な営業利益の減少が想定されるのみで限定的であり、衣料品製造業への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が学術論文・官公庁報告書等では示されていないものの、少数の企業による情報開示では示されている。
- ◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<3~4°C 上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ 【経済】気温上昇による事業活動の損失が予測されており、その影響の範囲は企業による情報開示において 1.5°C~2°C 上昇時の 2 倍程度の営業利益の減少が想定されており、衣料品製造業への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が学術論文・官公庁報告書等では示されていないものの、少数の企業による情報開示では示されている。
- ◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 1

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が低い。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】—

➤ 確信度：レベル 1

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が学術論文・官公庁報告書等では示されていないものの、少数の企業による情報開示では示されている。
- ✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

【海外影響】

(1) 海外からの 2 次的影響

本項目では、食料安全保障、気候安全保障を含む、海外での気候変動影響が日本の産業・経済活動に与える影響を取り扱う。農作物に関連した海外影響を扱う場合、どちらかといえば貿易への影響（貿易量、価格、品目の変化など）や、それらを材料とする製品への影響（飲料生産や加工食品生産への影響など）を取り扱うが、農業・林業・水産業分野の大項目「食料需給」では、主にコメ・トウモロコシ・コムギ・ダイズの主要輸入国における生産量や栽培適地の変化などの影響を取り扱う。

（現在の状況）

〔概要〕

- 食料安全保障
 - 主要な穀物の収量が低下し、食料価格が上昇した事例がある。
- その他安全保障
 - 夏季に北極海の氷が融けることにより利用可能となる、北極海航路の産業利用が議論されている一方で、多数の国が同航路を利用して北極圏に進出することによる我が国の安全保障への影響が懸念されている。
- サプライチェーン
 - 災害による影響として、2011 年のタイ国チャオプラヤ川の洪水では、多数の日系企業が被害を受け、ハードディスクのサプライチェーンにおける日系企業の損失は約 3,150 億円と試算されている。また、日本の損害保険会社が日系企業に支払う保険金の額が 2011 年の地震・津波に対して企業に支払った額を上回った。
- 気候変動に伴う農業生産量の変動や食料価格の高騰、農業への影響や災害による経済成長の低下、環境難民の流入等が紛争リスクの要因の一つとなっている可能性がある。

● 食料安全保障

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、干ばつ、洪水及び熱波の強度と頻度の増大、そして海面水位上昇の継続によって、食料安全保障に対するリスクが高まる（確信度が高い）と報告されている⁶²⁰¹⁰⁰¹）。全球規模での農業生産性に関して作物収量に対する気候変動の負の影響は、正の影響に比べてより一般的に見られるとしている⁶²⁰¹⁰⁰²）。世界的に重要な穀物生産地で生じた干ばつにより生産量が減少し、食料価格が上昇した事例がある⁶²⁰¹⁰⁰³）。気候変動がトウモロコシ、コメ、コムギ、ダイズの 1981 年から 2010 年の平均収量に与えた影響について、過去の実際の気候条件下で推定した収量と、温暖化が起きなかったという仮定の下で推定した収量を比較した研究によると、コメを除き、トウモロコシ 4.1%、コムギ 1.8%、ダイズ 4.5%の低下が推定された。また、これら収量への影響に 2000 年頃の世界の収穫面積分布と国別の生産者価格（2005 年から 2009 年の平均値）を乗じて算出した生産額の減少は、それぞれ年間 223 億ドル、136 億ドル、65 億ドルに上ると見積られている⁶²⁰¹⁰⁰⁴）。

● その他の安全保障

気候変動と安全保障に関する米国の報告では、日本は総輸入量の約 17%を気候変動に関連した安全保障上の脅威が中程度以上に高い国々から輸入していることを指摘している⁶²⁰¹⁰⁰⁵）。これらにより、生産拠

点の自然災害リスクをいかに軽減するかという課題は、国内だけでなく海外にも存在することが示唆される。ただし、サプライチェーンの影響の試算は複雑であり、周辺国の各産業への影響を含めた海外での間接的被害の総額は現時点では推計されていない。

気候変動と安全保障の関係についての報告では、両者の連動する関係性から気候安全保障の概念を導入し、国際社会における安全保障上の脅威とその対応について示している⁶²⁰¹⁰⁰⁶。

夏季において北極海の氷が融けることで、北極海航路としての利用や資源の開発等が議論されている一方、安全保障面への影響を懸念する報告がある⁶²⁰¹⁰⁰⁷。

気候変動に伴う紛争リスクについて世界規模での既存文献を米国の研究者がレビューしており、例えば、農業生産量の変動や食料価格の高騰、農業への影響や災害による経済成長の低下、環境難民の流入等が紛争リスクの要因の一つとなっている可能性があることを示している⁶²⁰¹⁰⁰⁸。

● サプライチェーン

日経平均株価構成企業の海外関係会社が所在する地域の割合は、アジアに次いでアメリカと欧州が同程度となっている。アジアの割合が高い業種は運輸業（鉄道・バス）、小売業、その他金融（銀行・証券・保険以外）であり、それ以外の地域の割合が多いのは通信、サービス、医薬品等となっている。一方水害による累積経済被害はアメリカが最も高く、次いでアジア、欧州の順に多くなっている⁶²⁰¹⁰⁰⁹。

例えば 2011 年に発生したタイ国チャオプラヤ川の洪水に関して、日系企業の被害を調査した報告は複数見られる^{6201010, 6201011, 6201012, 6201013, 6201014, 6201015}。チャオプラヤ川の洪水が、気候変動が主たる影響であるかは別にして、これらの報告によると、自動車、精密機械や化学産業等の多くの工場が操業停止に至った上に、生産に必要な図面や金型等の資材が水没したために代替生産・調達に時間を要したことが報告されている⁶²⁰¹⁰¹³。さらにハードディスクのサプライチェーンの例では日系企業の損失は約 3,150 億円と試算されていることや⁶²⁰¹⁰¹¹、モーター工場の浸水によるハードディスクに搭載するモーターの供給不足から、ハードディスクの価格が 1.8 倍程度に上昇したこと⁶²⁰¹⁰¹⁴、日本の損害保険会社が日系企業に支払った金額が 2011 年の地震と津波に対して企業に支払った金額を上回ったこと⁶²⁰¹⁰¹⁵、特定の工業団地に技術集約度の高い製品と関連部品メーカーの集積が進んだことによりグローバルサプライチェーンにまで影響が及んだこと^{6201010, 6201015}などが報告されている。

● その他影響

アジア・太平洋地域における気候変動の影響及び社会経済的分析を行った報告があるが、それら国外の影響が日本に及ぼす影響については述べられておらず、さらなる検討・分析が必要であるとしている⁶²⁰¹⁰¹⁶。

（将来予測される影響）

〔概要〕

● 食料安全保障

- 気温の上昇により、世界全体では作物生産量が変動し、価格に影響を及ぼす可能性がある。
- 海外での暴風や洪水は日本の輸出入に影響を及ぼし、特にトウモロコシや工業製品が影響を受けやすい。輸入に依存する日本は他の G20 諸国よりも脆弱である。
- 気温上昇や降水量の変化が、コメ、トウモロコシ、コムギの貿易量に変化を及ぼす。海外の

大麦生産地での干ばつ等によりビール生産向けの大麦供給量が減少し、それに伴い、日本を含めた世界的なビール消費量の減少及び価格の上昇が生じると予想されている。

- 気候変動が日本の貿易相手国の土地利用や労働者の健康へ及ぼす影響は、日本が輸入する農畜産物や工業製品に直接的・間接的に影響を生じさせると評価されている。

- その他の安全保障

- 日本では、気候変動対策が主に経済成長戦略として捉えられ、安全保障としての視点が弱いとの指摘がある。食料安全保障や気象災害による貿易への影響も懸念されており、特に洪水や暴風が貿易に及ぼす影響についての研究が進められている。

- サプライチェーン

- 極端な気象と気候がサプライチェーン、マーケット、天然資源の流れを通じて国境を越え、経済的・社会的影響を引き起こすことが予測される。

- 食料安全保障

食料安全保障への気候変動影響として、IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、気候変動は特に脆弱な地域において、食料生産とアクセスに対する圧力を増大させ、食料安全保障と栄養摂取を低下させること（確信度が高い）、干ばつ・洪水及び熱波の強度と頻度の増大・海面水位上昇によって食料安全保障に対するリスクが高まる（確信度が高い）ことが報告されている。また海面水位上昇は連鎖的で複合的な影響をもたらす、沿岸域の生態系と生態系サービスの喪失、地下水の塩水化、洪水や沿岸域のインフラの損害をもたらす、短期から長期にわたって食料と水の安全保障に対するリスクをもたらす（確信度が高い）と報告されている ^{6201001, 6201017}。

貿易等の要因が関与する間接的な影響について、研究事例がある。例えば、気候変動がコムギ、コメ、トウモロコシの貿易量の変化に与える影響を分析した事例 ⁶²⁰¹⁰¹⁸ では、世界全体で気温が平均 3℃上昇する場合、コムギ・コメ・トウモロコシはそれぞれ 8.91%輸出減少、1.13%輸出増加、0.15%輸出減少となり、世界全体で年平均降水量が 10%増加する場合、それぞれ 2.25%輸出減少、0.84%輸出増加、3.15%輸出増加となる。干ばつの発生がオオムギの収量等に与える影響を分析した事例（RCP2.5 シナリオから RCP8.5 シナリオまでの 4 通りの排出シナリオを前提に 5 つの気候予測モデル（GFDL-ESM2M、HadGEM2-ES、IPSL-CM5A-LR、MIROC-ESM-CHEM、NorESM1-M）を使用）⁶²⁰¹⁰¹⁹ では、3～17%のオオムギ収量の減少、日本への輸出量の減少、ビール生産向けのおオオムギの減少とそれに伴うビール消費量の減少及び価格の上昇を予想している。気候変動が作物生産量に及ぼす影響を予想する事例（RCP2.5 シナリオから RCP8.5 シナリオまでの 4 通りの排出シナリオによる気温上昇を想定）では、気温が 1℃上昇するごとに、コメ、ダイズ、トウモロコシ、コムギの収量がそれぞれ 3.2%、3.1%、7.4%、6.0%減少すると予想している。他方で、気温上昇を加味した 2030 年における作物生産量と価格を予想する事例（SRESA1B シナリオを前提とした ECHAM5 モデルを使用）⁶²⁰¹⁰²⁰ では、世界全体での作物生産量の 1.7～6%の増加（作物生産変動：EU3%増加、米国 8%増加、ロシア 10%増加）及び作物価格の低下（熱帯地域のブラジル・東南アジア・マレーシア・インドネシアでは上昇）を予想している。2021 年の研究では、トウモロコシ、ダイズ、コムギはアメリカにおいて減収するリスクが高く、輸入についてもアメリカへの依存度が大きいと、潜在的な輸入量の増減が将来大きくなると予想している。キウイ、バナナ、オレンジは気候変動に関しては特段強い懸念材料はないとしている ⁶²⁰¹⁰²¹。コーヒー生産に関する総論では、2050 年のアラビカ種収穫量が 2015 年の半減となるという予測 ⁶²⁰¹⁰²² や、将来的にはコーヒー栽培

に適さなかった地域で作付けが始まる可能性があること、今後移動が予想される適作地域は国立公園などの保護区にあたる可能性があり必ずしも「コーヒー栽培が可能な地域」を意味するわけではないことなどが示されている⁶²⁰¹⁰²³⁾。また、コーヒーは、日本の主な輸入対象国では気候変動による大きな減収はない一方、世界全体では減収する、との予測もある⁶²⁰¹⁰²¹⁾。

その他に、土地利用や労働者の健康への気候変動の影響が日本への輸入品に及ぼす影響を分析した事例^{6201024, 6201025)}では、輸入対象の農畜産物（トウモロコシ、穀物、豚肉製品、エビ等）や工業製品（電子部品や繊維製品等）に直接的・間接的な気候変動の影響が生じることで脆弱性が高いと評価している。このような食料生産等への影響が、海外食料依存度の高い日本に与える影響については、留意が必要と考えられる。

● その他の安全保障

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、中長期的に、大雨・洪水・熱帯低気圧・干ばつ強度の増加・海面水位上昇強度の増加によって強制移住が増加する（確信度が高い）こと、高い地球温暖化の水準では、極端な気象と気候、特に干ばつの影響が高まることで国内の紛争に大きな影響を与える（確信度が中程度）と予想されている⁶²⁰¹⁰²⁶⁾。気候変動による国外の影響が自国内に及ぼす影響について、英国では科学技術庁が 2011 年に取りまとめを行っている。その中には、英国だけでなく我が国においても同様に想定されうる内容が多く見受けられる。例えば、健康面では、海外での感染症パターンが変化することで感染症の媒介者が増加し、英国への移住や旅行を通じて国内で拡大する可能性があるとしている。また、企業の競争力の観点からは、海面水位の上昇の影響を受けやすい海外の沿岸域に立地する英国企業のサプライチェーンを通じて、貿易や国内の金融、産業が影響を受ける可能性があることが指摘されている。加えて、海上における暴風雨の増加や発生パターンの変化は、海上輸送時間や輸送ルート変更をもたらし、サプライチェーンへの影響を生じさせ、製品や資源の輸送の後れや輸送費用の増加等に繋がることも指摘されている。エネルギーの輸入先においてエネルギー関連インフラが気候変動影響により損傷を受けることで、エネルギーセキュリティや燃料輸入価格等に影響し、さらに、農水産物の輸入先での極端現象の頻度や期間の増加、水資源の減少、海洋の酸性化、水温の変化等は、農水産物の輸入価格に影響を与える可能性があることも示唆されている⁶²⁰¹⁰²⁷⁾。以上のような、海外への移住・旅行等を通じた感染症拡大の可能性、海外にサプライチェーンをもつ企業が現地での海面水位の上昇あるいは極端現象等により経済活動上の大きな打撃を受ける可能性、エネルギーや農水産物の輸入価格変動の可能性等は、日本においても同様にその可能性を否定できないものであり、今後、このような分野の影響の顕在化あるいは将来生じる可能性についてのさらなる調査・研究が必要と考えられる。

気候安全保障に関して、米国政府の国際関係に気候変動が及ぼす影響に関する報告では、気候変動の影響が途上国の経済成長を悪化させることにより、米国が実施する国際支援や投資を弱体化させ、人道支援や災害支援の必要性が増加する可能性、また、気候変動の影響が他の要素と相互に関係し、紛争が悪化することにより国家安全保障に影響を及ぼす可能性、加えて、国境にまたがる資源の管理に影響を及ぼす可能性を指摘している⁶²⁰¹⁰⁰⁸⁾。

気候変動が国防に及ぼす影響に関する報告では、2018 年の英国防衛省の報告⁶²⁰¹⁰²⁸⁾では防衛及び安全保障計画の前提を改めて確認する必要性について述べており、オーストラリア⁶²⁰¹⁰²⁹⁾やニュージーランド⁶²⁰¹⁰³⁰⁾は気候難民の移住による紛争の増加への懸念を指摘している。

気候変動の影響による国際社会の安全保障へのリスクをまとめたドイツの報告では、資源管理、環境移

民、脆弱な人々への補償等をめぐり、気候変動が国際社会の不安定化を深める可能性を指摘している。特に、気候変動による主要な影響として、淡水資源の劣化、農業生産量の減少、自然災害の増加及び環境移民の増加を挙げ、これらによるリスクとして、気候変動に脆弱な国家の増加、工業生産とインフラへの被害が世界経済に与えるリスク、温室効果ガス排出量が少ないが気候変動の影響を受けやすい国と主要排出国との補償や人権をめぐるとの対立、環境移民の増加とその補償等に関する対立、社会的に不安定な地域の増加による安全保障政策の拡大リスクを挙げている⁶²⁰¹⁰³¹。

近年の研究動向の調査と分析から、現代世界において気候安全保障への関心が高まり、学術及び政策文書でもその存在感が高まっているにも関わらず、今日の日本では気候変動対策を安全保障上の課題というよりも経済成長戦略として強く打ち出す傾向にあり、日本の気候変動対策は安全保障としての観点が弱いことが明らかとする見方⁶²⁰¹⁰³²や、日本では、海面上昇による領域や排他的経済水域の損失を含め、伝統的な安全保障の観点や人権保障の観点からの気候変動リスクの検討や関連政策への統合が十分に成されておらず、今後の政策上・研究上の課題であるとする見方⁶²⁰¹⁰³³がある。また、世界人口の増加、地球の温暖化の進展などによる世界の食料需給の変化や、日本の食料の国内生産の実態などからすると、日本の食料安全保障が影響を受ける可能性は否定できないことや、環境への負荷がなるべくかからないような食料の生産、流通及び消費の取り組みを徹底することが重要であるとの指摘もある⁶²⁰¹⁰³⁴。

気象災害の発生回数が貿易量に与える影響（食料品に限らない）を調査した研究では、暴風の発生率が現在の2倍になる場合、石油ガス等、電子回路、送信装置の3つが最も貿易量が変化しやすく、洪水の場合は、オイル、石炭、薬剤、原油以外の石油等、鉄鉱石、銅鉱石、データ処理機の7つが最も貿易量が変化しやすいと予測された。また国別に比較すると、輸入に関して日本は他のG20国よりも気象災害に対して脆弱である一方、輸出総量については、サウジアラビアの原油が支配する輸出は影響を受けず、輸入量と同様に暴風と洪水に対する気象災害の感度を有するが、輸出量は暴風の方が洪水よりも強く影響を受けると予測された。さらに国内サプライチェーンと気象災害による影響の高い貿易商品の関係を調査したところ、家計消費は、電力や自動車の燃料需要に起因して化石燃料の輸入需要が全体的に多いが、伝送装置、調理済み食品、医薬品や衣料品の輸入に対する依存が高く、医薬品と調理済み食品は特に洪水によって強く影響を受ける結果となった⁶²⁰¹⁰³⁵。

● サプライチェーン

サプライチェーンに関して、IPCC第6次評価報告書第2作業部会報告書では、極端な気象と気候は、サプライチェーン・市場・天然資源の流れを通じ、国境を超えて経済的・社会的影響を引き起こしており、水・エネルギー・食品の部門をまたいで国境を超えたリスクが増大すると予測されている（確信度が高い）。また特殊な商品と重要なインフラに依存するサプライチェーンは、極端な気象と気候によって混乱しうる。海洋資源の分布の変化が漁業利用者間の国境を超えた管理をめぐるとの対立のリスクを高め、食料供給サービスの衡平な分配に負の影響を及ぼし、気候情報に基づく国境を超えた管理と協力の必要性が高まる（確信度が高い）としている⁶²⁰¹⁰³⁶。具体的に、西太平洋での台風によって貿易や世界経済へ与える影響をモデル化した研究によれば、台風による海上輸送の混乱により、短期的には、中国や東アジアなど、直接的に影響を受ける経済圏では、貿易相手としての需要が低下し、一方でヨーロッパやNAFTAは貿易相手としての需要が増加することが分かった。しかし、貿易の年次変化に焦点を当てると、西太平洋の貿易経路での短期的な輸送の混乱にもかかわらず、年間の輸出量が増加することがわかった⁶²⁰¹⁰³⁷。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

現在、主要な穀物の収量低下と価格上昇が報告されている。また、風水害によるサプライチェーンへの影響も報告されている。

将来においては、台風による海上輸送の混乱により、貿易相手としての需要が低下する可能性が示唆されている。

(適応策とその効果)

食料安全保障に関して、代表的な適応策は、食料安全保障の状況の把握のための食料供給に係るリスク分析・評価や海外食料需給情報の活用がある。また、食料の安定供給の確保・向上のための適応策として、国内の農業生産の増大や安定的な輸入、備蓄の活用がある。不測の事態への適応策としてはBCPの策定やTCFD提言に基づくシナリオ分析が挙げられる。さらに国は、緊急事態食料安全保障指針を策定し、国民が最低限度必要とする食料供給の確保が図られるよう、対策を整理している⁶²⁰¹⁰³⁸⁾。

適応策の効果に関する十分な知見は確認できていない。

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状(約1°C上昇)	約1.5~2°C上昇時	約3~4°C上昇時	
重大性：レベル1 確信度：レベル1	重大性：レベル1 確信度：レベル1	重大性：レベル1 確信度：レベル1	緊急性：レベル1 確信度：レベル1

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル1

◇ 【経済】食料安全保障やサプライチェーン等への影響が既に発生しており、水害による海外にある日系企業への損失額が約3,150億円と試算された例もあるが、その影響の範囲は産業全体に対しては限定的であり、産業への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル1

◇ 【知見の種類・量等】日本への影響は、ごく一部の事例を除き、学術論文・官公庁報告書等では示されていない。

◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<1.5~2°C上昇時>

➤ 重大性：レベル1

◇ 【経済】食料安全保障やサプライチェーン等への影響が発生することが予測されているが、その影響の範囲は産業全体に対しては限定的であり、産業への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル1

◇ 【知見の種類・量等】世界を対象とした影響の予測結果は多数の学術論文・官公庁報告書等で示されているものの、日本への影響は示されていない。

◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 1

- ◇ 【経済】食料安全保障やサプライチェーン等への影響が発生することが予測されているが、その影響の範囲は産業全体に対しては限定的であり、産業への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】世界を対象とした影響の予測結果は多数の学術論文・官公庁報告書等で示されているものの、日本への影響は示されていない。
- ◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 1

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が低い。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】—

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】世界を対象とした影響の発現時期は多数の学術論文・官公庁報告書等で示されているものの、日本への影響の発現時期は学術論文・官公庁報告書等で示されていない。
- ◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

3.7. 国民生活・都市生活分野

【気候変動により想定される影響の概略】

国民生活・都市生活分野における気候変動による影響の概略は、図 3-7 に示すとおりである。

気候変動による短時間強雨や強い台風の増加、降水量・降水パターンの変化などは、交通・電力・通信・水道・廃棄物処理などの生活に密接に関わる様々なインフラ・ライフラインに直接的に影響を及ぼすことで、医療・福祉・教育等の公共サービスにも影響を及ぼし、人々は平常時と同様のサービスを受けることが出来ないような事態を引き起こす。また、台風等により住宅に被害が生じると、人々は避難所等への避難を余儀なくされ、それは地域コミュニティの変化や社会参画への機会の喪失につながる可能性がある。これらの影響は、特に高齢者等災害弱者と呼ばれる層に現れやすく、公平性の観点でも大きな課題である。

また、気候変動による気温の上昇は、熱ストレスを増大させ、睡眠の質の低下やだるさ・疲労感の増加などといった形で現れる。このような影響は、気温の上昇と相対湿度の変化にヒートアイランド現象が加わる都市部において特に顕著である。さらに、気温の上昇による熱中症リスクの高まりは、学校生活にも影響を及ぼす。そして、オリンピックや国際博覧会のような大規模イベントの開催においては、暑さから人々を守るための様々な対策が求められるような状況を生じさせる。

この他、気温上昇に伴う生物季節の変化等は、国民の季節感や、サクラ・紅葉の名所等での伝統行事・観光、あるいは、地場産業などに影響を及ぼす。また、気候や気象の変化は、歴史的建造物等にも影響を及ぼすことが懸念されている。

【文献数・構成等の変化】

今回の影響評価において、国民生活・都市生活分野全体では、合計 318 件の文献を引用しており、このうち、前回の影響評価から新たに追加された文献は 197 件である。項目別に見ると、「インフラ・ライフライン」、「健康的な暮らし」、「レジャー・大規模イベント」等において、文献数が特に増加している。

前回の影響評価からの構成上の変更点としては、生活者の立場から、自分の生活にどのような影響があるのかという視点で項目を大幅に整理し直した。まず、大項目としては、健全な生活とそれを支える基盤として「健全な生活とその基盤」と快適な生活を送るうえで必要な「精神的な基盤」、さらに、気候変動からの影響の受けやすさを考慮して「世代間・世代内公平性」とした。この大括りの大項目に対し、「健全な生活とその基盤」については、小項目として「インフラ・ライフライン」、「医療・福祉、教育」、「飲食」、「住宅・住居」、「労働・消費」、「健康的な暮らし」、「レジャー・大規模イベント」、「災害避難」の 8 つ、「精神的な基盤」については、「自然環境」、「文化・歴史」、「地域社会」の 3 つ、「世代間・世代内公平性」については、「公平性・社会的弱者への配慮」にわけ、それぞれの内容を整理した。

なお、本報告書において対象としている各分野の影響について、最終的にはすべて国民生活・都市生活と関連してくるものである。本項目においては、最終的に国民が受ける影響という視点での整理を行った。

国民生活・都市生活分野

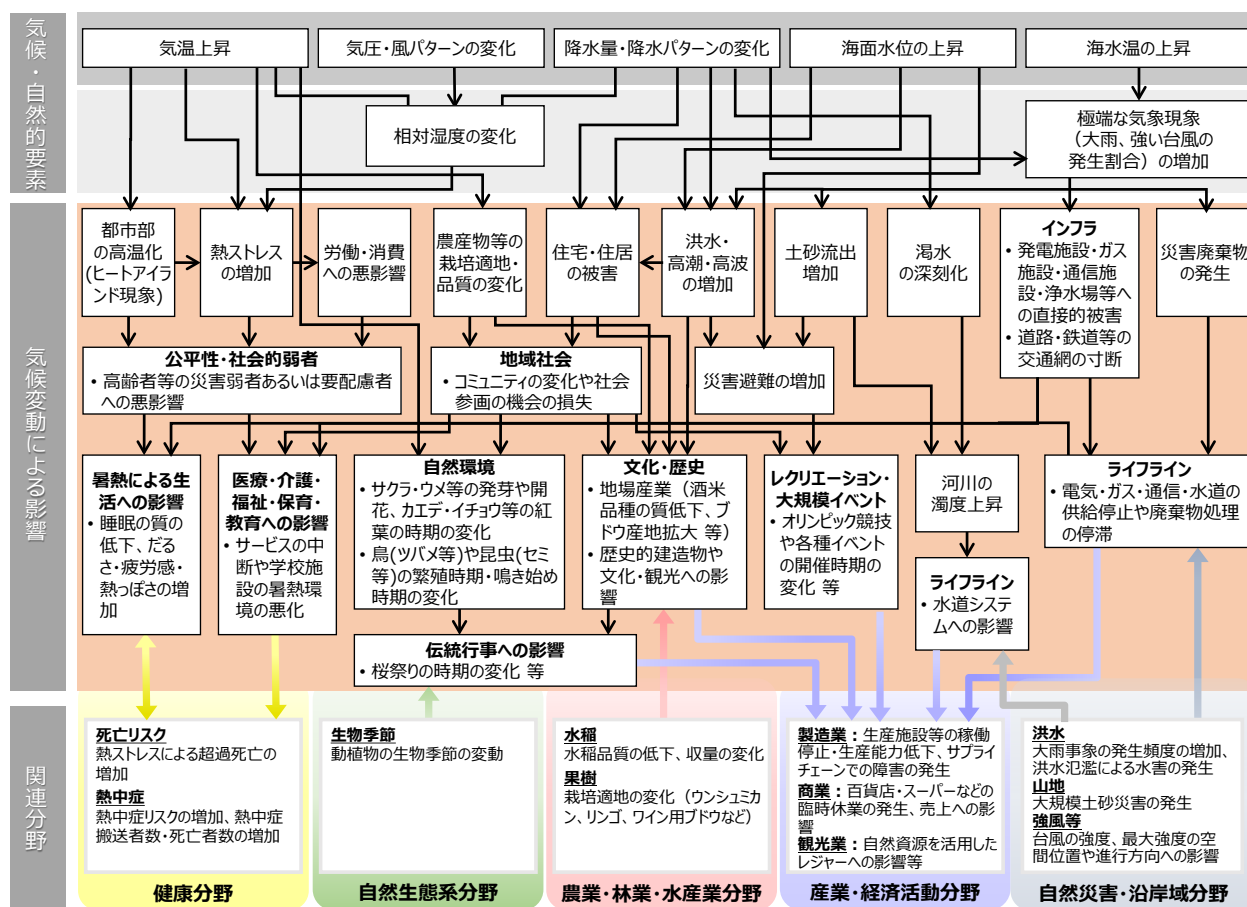


図 3-7 気候変動により想定される影響の概略図（国民生活・都市生活分野）⁹⁴

⁹⁴ 本図は、本報告書において引用された科学的知見の中から、国内において想定される国民生活・都市生活分野の代表的な影響を選定し、想定される気候・自然的要素（外力）との関係や他分野への影響を概略的に図化したものである。したがって、各分野の影響や項目間の関係性を完全に網羅しているわけではないことに留意が必要である。図の「気候・自然的要素」（上段）は、気候変動の直接的な影響（濃い灰色部分）と、そのほか国民生活・都市生活分野に直接的な影響を及ぼす外力（薄い灰色部分）の2段に分けている。図が複雑になりすぎるのを避けるため、気候変動の直接的な影響（濃い灰色部分）のボックス間の因果関係は表示していない。

【健全な生活とその基盤】

(1) インフラ・ライフライン等

ここでは、主に交通・電力・通信・ガス・上下水道・廃棄物処理などの様々なインフラ・ライフラインの障害の発生や寸断、設備への直接的被害を扱う。「3.8 連鎖的・複合的影響」では、自然災害に伴うインフラ・ライフラインへの影響について、近年の被害実態を取り扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 世界各地の、都市部において観測された気候変動は、人間の健康、生計、重要インフラに影響を与え、交通、上下水道及びエネルギーシステムを含むインフラが損なわれることにより、経済的な損失、サービスの中断、福祉に対する悪影響を引き起こしている。
- 近年、国内各地で、大雨、台風等による各種インフラ・ライフラインへの影響が生じている。
- 大雨や台風による交通網の寸断やそれに伴う孤立集落の発生、電気・ガス・水道、通信、廃棄物処理のライフラインの寸断等により、数十万戸に停電や断水の被害が出るケースが複数生じており、影響人口は非常に多い。
- 全国のバス営業所の約 42%が、洪水や土砂災害の災害リスクにさらされている。
- その他、水道インフラに関連しては、ダムの利水貯水量の枯渇、取水制限の実施などの渇水被害が全国各地で発生している。

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、生態系、人間、居住地、インフラに対して広範囲に及ぶ影響は、陸域や海洋の極端な高温、大雨、干ばつ、火災の発生しやすい気象条件など、極端な気候と気象の頻度と強度の観測の増加に起因している（確信度が高い）ことが指摘されている⁷¹⁰¹⁰⁰¹。また、都市部において観測された気候変動は、人間の健康、生計、重要インフラに影響を与える（確信度が高い）こと、複数の気候及び非気候のハザードが時には同時に発生して損害を増大させる（確信度が高い）ことが指摘されている⁷¹⁰¹⁰⁰¹。さらに、交通システム、水道、下水システム及びエネルギーシステムを含むインフラが、極端現象及び緩やかに進行する現象によって損なわれ、その結果、経済的な損失、サービスの中断、福祉に対する悪影響を引き起こしている（確信度が高い）ことが指摘されている⁷¹⁰¹⁰⁰²。

我が国においても、大雨、台風、渇水等によるインフラ・ライフラインへの影響が確認されている。

ここでは、文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」において、イベント・アトリビューションを用いた解析によって、地球温暖化の影響により大雨の発生確率や強度が大きくなったことが示された現象を対象に⁷¹⁰¹⁰⁰³、これらの現象がインフラ・ライフラインに与えた影響を紹介する。

平成 30 年 7 月豪雨においては、道路崩壊等による孤立集落の発生や電気・ガス・水道等のライフラインの寸断の発生など、住民の生活に大きな影響を与えた⁷¹⁰¹⁰⁰⁴。愛媛県松山市では、道路施設や河川施設等の被災は約 500 箇所、長期間通行止めになるなど、市民生活に影響した⁷¹⁰¹⁰⁰⁵。福岡県の被害状況を整理した結果は、生活の利便性や安全性向上を目指す人間活動が被害の増減に影響を与えている姿が鮮明になったことを示した⁷¹⁰¹⁰⁰⁶。例えば、氾濫しにくい段丘に建てられた小学校がため池の決壊により通常を越す氾濫水が到来して被災した例、氾濫しやすい旧河道の宅地は後背湿地の高さまで盛土されていたため浸水被害を免れた例、元水田だった宅地が内部氾濫で浸水し、さらにポンプアップ能力が十分ではなかったために被害が増した例、水門を閉鎖して河川水をポンプアップしたものの十分ではなく、内

部氾濫した例などである [7101006](#))。また、広島空港において、空港アクセス（バスと JR ルート）が同時に運休したため、空港ビル内に大量の滞留者が発生したことが報告されている [7101007](#))。

令和元年東日本台風（台風第 19 号）では、鉄道の運休等の交通障害が発生したとともに、道路損壊や道路への土砂の流入、橋梁の流出などにより多数の孤立地域が発生し、住民生活に大きな支障が生じた [7101008](#))。東京都多摩西部においては、主要地方道 33 号（檜原村本宿）、一般都道 184 号（日の出町大久野）、一般都道 204 号（奥多摩町日原）の 3 か所において、道路が全断面崩落した。それぞれ代替迂回路がなく集落が孤立した [7101009](#))。なお、令和元年東日本台風では、洪水ハザードマップにおいて大きな浸水深が想定されていたにも関わらず、浸水に対する事前の備えを講じていなかったインフラ設備があった。「都市型水害」によるインフラ・ライフラインの機能停止が市民生活に及ぼす影響は甚大であることから、改めて対策を見直していく必要があるとの指摘がなされた [7101010](#))。

令和 2 年 7 月豪雨では、九州、東海、東北地方を中心に停電や断水、通信障害の発生などのライフラインや道路や鉄道等の交通インフラに大きな被害が生じた [7101011](#))。熊本県南部に大規模な被害が集中し、球磨川の氾濫、主要アクセス道路（国道 219 号の八代市～人吉市間約 50 km）の寸断などにより多くの孤立集落が発生することとなった [7101012](#))。

なお、上記以外の台風や集中豪雨によっても、地域のインフラ・ライフラインに与えた被害が多数報告されている [7101013](#), [7101014](#), [7101015](#), [7101016](#), [7101017](#), [7101018](#), [7101019](#), [7101020](#), [7101021](#), [7101022](#))。

近年見られる極端な降水の強度の増加傾向に対して、計画上の治水安全度（被害を発生させずに安全に流せる洪水の発生する確率（確率年）が現在の気候における大雨に対して十分なものとなっておらず、都市部では内水氾濫の頻発などにつながっていることが報告されている [7101023](#))。東京などの都市化が進んでいる地域では、すでに下水道や都市河川からなる雨水排除システムが整備されているが、設計降雨強度を超える豪雨では、特に地下空間や道路アンダーパスで深刻な浸水被害が引き起こされているとの報告がある [7101024](#))。今後、このような災害によるインフラ・ライフラインへの影響がますます懸念される。

以下に、インフラ・ライフラインの種類毎に、気候変動による影響について紹介する。

● 交通

交通インフラに関しては、鉄道事業者が被害を受けた気象災害を分析した結果から、近年、降水の時空間分布の変化により、土砂流入・土石流及び落石による被害の割合が増加していることが報告されている [7101025](#))。

令和元年東日本台風では、北陸新幹線の車両基地の浸水被害が発生した [7101026](#))。大阪市内の地下鉄路線を対象とした研究では、局所的な集中豪雨により内水・外水氾濫が生じれば、地下鉄駅が浸水し、地下鉄利用者の安全に影響が生じる可能性が指摘されている [7101027](#), [7101028](#), [7101029](#))。さらに、気象災害が契機となって路線廃止となった事例も報告されている [7101030](#))。

道路について、海面水位の上昇や高潮・高波の増加により、海岸道路に來襲する高波の頻度が増加傾向にあり、高波による道路の交通障害や越波による事故の発生が報告されている [7101031](#), [7101032](#))。さらに、大雨や台風による影響として、高速道路緑地における第三者被害が生じる恐れがある倒木事象の増加、高速道路の切土斜面の崩壊、鉄道の盛土の流出による交通への支障、流木による道路の通行障害の発生や河道閉塞による被害が報告されている [7101033](#), [7101034](#), [7101035](#), [7101036](#))。

空港では道路や鉄道の機能不全により空港内に多くの滞留者が発生したとの報告がある。これらの災

害を教訓に、航空会社・アクセス交通事業者等との連携強化、SNS 等を活用した航空便の運行情報や空港アクセス等に関する情報を利用者に多言語で発信する等の対策の改善が行われている [7101007, 7101008](#))。

全国の複数のバス事業者を対象に調査した結果では、全国のバスの営業所の約 42% (998 営業所) が、洪水や土砂災害等のリスクにさらされていることが明らかになった [7101037, 7101038](#))。

気象災害以外に、夏の気温上昇に伴う被害も想定される。鉄道において、レール温度が過度に上昇すると、軌道座屈（軌道の張り出し：レールの温度上昇に伴いレールに生じた圧縮の軸力により、軌道全体が水平方向に張り出す現象）の危険性が高まることが指摘されている。近年の我が国における気温が 40℃ を超える酷暑を記録するような温暖化に伴いレール温度は上昇傾向にあるとの指摘がある [7101039](#))。

● エネルギー（電気、ガス）

電力インフラでは、2018 年夏季に、猛暑により全国各地で事前の想定を上回る電力需要を記録した [7101040](#))。また、2022 年 6 月には、6 月にしては異例の暑さによる需要の大幅な増大により、東京電力管内を中心に需給がひっ迫し、経済産業省より電力需給ひっ迫注意報が発出された [7101041, 7101042](#))。さらに、2024 年夏にも、想定以上の高い気温に伴う需要増加により、需給ひっ迫のおそれが認められ、電気事業法の規定に基づき、需給状況改善のための指示がたびたび発出された [7101043](#))。

この他にも、強い台風等により、電力設備の損壊など、エネルギー供給インフラが被害を受け、電力やガスの安定供給に影響が生じた事例が報告されている [7101044, 7101045, 7101046, 7101047](#))。水力発電所においては、豪雨災害による被害事例がその他の災害・事故に比べて多く、設備の冠水や放水路の埋没などの被害が報告されている [7101048](#))。令和元年房総半島台風（台風第 15 号）では、記録的な暴風により、送電線の鉄塔や電柱の倒壊、倒木や飛散物による配電設備の故障等が発生し、首都圏をはじめとして最大約 93 万 4,900 戸の大規模な停電が発生した。電力に関しては、現場の被害状況の確認や倒木の処理に時間を要したこと等により、復旧作業が長期化するなど、大きな被害が生じた [7101008, 7101049](#))。電柱の倒壊や電線切断については、地盤が安定していると信頼されていた森林が甚大な被害を被ったことが原因の一つとして挙げられている [7101036](#))。一方、令和元年東日本台風において、関東甲信越、東北地方を中心に最大約 52 万戸が停電し、ライフラインに大きな被害が生じた [7101008](#))。また、長野県内では、約 6 万戸で停電し [7101050](#))、電力供給に約 5 日を要したほか [7101051](#))、ガス供給も約 900 戸で停止し [7101052](#))、復旧までに約 9 日間を要した。このような被害が拡大・長期化した直接的要因として、変電所や整圧所といった供給施設の浸水による機能損傷であったと報告している [7101010](#))。

● 通信

通信への影響として、国土強靱化推進会議（第 8 回）資料において、大規模な台風・集中豪雨等の影響により停電、光ファイバ断線等で、携帯電話基地局の停波が発生することがあることが示されている [7101053](#))。令和元年房総半島台風において、強風による倒木等の影響により電柱の倒壊、通信線の断線等が多数発生した。また、停電が長期間に及んだため、携帯電話基地局等における非常用電源が維持できない等の理由により、千葉県をはじめとして通信障害が広範囲・長期間にわたり発生した [7101054](#))。令和 2 年 7 月豪雨においては、熊本県球磨川等の決壊や土砂崩れ等による道路崩落や橋梁落下等により、携帯電話基地局同士をつなぐ基幹的な伝送路の断線等による基地局の停波や、固定電話の中継ケーブルの断線や水没等によるサービス中断が発生したことが示されている [7101055](#))。

● 上下水道

水道インフラについては、大雨や台風による浄水場施設の冠水、水没や水管橋などの破断などの施設そのものへの影響が確認されている^{7101056, 7101057, 7101058, 7101059}。近年では、毎年 1 万戸以上の断水被害が発生し、その原因は、送電線鉄塔や電柱の倒壊に伴う大規模な停電、浄水場等の冠水、土砂崩れによる配水管の破損等とされている。平成 30 年 7 月豪雨では、広島県、岡山県、愛媛県等、18 道府県 80 市町村の 111 水道事業体で 26 万 4 千戸に断水被害が発生、この断水は、最大 8 月 13 日まで続いた。台風等の災害は、水道施設への直接的な被害だけでなく、水道システムを含むインフラ・ライフラインの途絶によって、国民生活や事業活動に甚大な影響をおよぼすとされる⁷¹⁰¹⁰⁶⁰。令和元年東日本台風では、関東甲信越、東北地方を中心に最大 16.8 万戸が断水した⁷¹⁰¹⁰⁰⁸。

水道事業に関する影響として、上述の台風等に伴う影響の他に、給水制限等を伴う渇水がほぼ毎年発生しているとの報告がある。2008 年の渇水では、全国のダムで取水制限が行われ、144 万人が影響を受けたと報告されている⁷¹⁰¹⁰⁶⁰。2013 年（平成 25 年）夏は、関東、中部、四国地方を中心に、平年に比べ降水量が少ない状況が続き、全国 18 水系 23 河川の一級河川で取水制限が実施され、減圧給水によりプールの利用停止や公営施設の入浴停止等の影響があったことが報告され⁷¹⁰¹⁰⁶¹、2018 年度には減圧給水又は夜間断水が 3 事例、2019 年度は減圧給水が 5 事例あったことが報告されている⁷¹⁰¹⁰⁶⁰。社会資本整備審議会（2015）では、近年も、ダムの利水貯水量の枯渇や、全国各地において取水制限が実施されるなどの渇水被害が発生しているとしている⁷¹⁰¹⁰⁶¹。

このほか、気候変動による影響を類推させる研究として、紀ノ川流域及び大淀川河流域での自然災害に対する水道事業体の脆弱性を既存の各種ハザードマップを用いて評価した調査がある。本調査では、洪水による浄水場及び取水点での浸水被害、がけ崩れによる水道管の被害及び土石流による被害の発生の因果関係を示している⁷¹⁰¹⁰⁶²。

下水道に関連した影響として、地下室のシンクやトイレの水面の高さより、それがつながる建物前面の道路下の下水管の水面のほうが高くなる豪雨時には、下水道の水が逆流したり悪臭がしたりするとの指摘がある⁷¹⁰¹⁰²⁴。

● 廃棄物処理

廃棄物処理施設・廃棄物処理システムについては、豪雨や台風などの気象災害により、廃棄物の収集運搬車両の通行に影響が生じたり、処理施設そのものが浸水して稼働が停止するなど、廃棄物の処理工程に影響が生じ、適正処理の維持に影響が生じる可能性がある⁷¹⁰¹⁰⁶³。実際に、平成 30 年 7 月豪雨、令和元年房総半島台風や同年東日本台風では、家屋損壊等に伴う災害廃棄物の大量発生や固形廃棄物処理施設、廃棄物焼却施設、リサイクル施設、し尿処理施設の浸水、設備破損、施設稼働率低下に加え、前述の施設や最終処分場への搬入路の寸断等の影響が生じている^{7101050, 7101064, 7101065}。また、災害廃棄物を平時のごみ出しに使用している集積所へ排出することで、片付けごみと通常ごみが混ざり、収集・処理の効率が下がるとの指摘もある⁷¹⁰¹⁰⁶⁶。一方、仮置場を設置した場合でも、災害廃棄物が仮置場以外に排出され、処理に支障をきたすこともある。平成 29 年 7 月九州北部豪雨で被災した朝倉市では、当初は想定していなかった地域ごとの集積場所が 50 か所程度発生し、処理の負担となった。平成 30 年 7 月豪雨では、自治体指定の場所とは違う「勝手仮置場」が多数発生した。特に倉敷市では、至る所に排出された災害廃棄物の撤去が、発災初期の最大の課題であったことが報告されている⁷¹⁰¹⁰⁶⁶。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 気候変動による豪雨の頻発化と激甚化により、斜面崩壊に伴う道路途絶を通じて孤立地域の発生可能性が増加すると予測されている。
- 鉄道ネットワークにおける水害リスクは、SSP5-8.5 シナリオにおいて 21 世紀末におけるリスクが基準気候と比較して最大で約 1.37 倍に増加し、特に、主要都市間を結ぶ幹線路線や新幹線でリスクが顕著に増加することが予測されている。
- 道路のメンテナンス、改修、復旧に必要な費用が増加することが予測されている。また、極端な降雨による鉄道の軌道への影響や、洪水・土砂災害による道路網への影響、鉄道輸送の安定性への影響が予測されている。
- 電力インフラに関して、台風や海面水位の上昇等による発電施設への直接的被害や冷却水として利用する海水温の上昇による発電出力の低下等の影響が予測されている。
- その他、水道インフラでは河川の微細浮遊土砂の増加による水質管理への影響、気候変動に伴う降水パターンの変化や積雪量の減少、融雪時期の早期化等により、渇水が頻発化、長期化、深刻化すること等、渇水被害がさらに拡大することが予測されている。また、気象災害による廃棄物の適正処理への影響や、洪水氾濫による水害廃棄物の発生等も予測されている。

文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」において、極端な大雨の発生頻度は、RCP2.6 シナリオ及び RCP8.5 シナリオのいずれにおいても増加すると予測されている。また、日本付近の個々の台風強度は強まり、台風に伴う降水量も増加すると予測されている ⁷¹⁰¹⁰⁰³⁾。IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、都市、居住地及び重要なインフラに対する気候変動リスクは、さらに地球温暖化が進むにつれ、特に高温に曝される場所、沿岸域、又は脆弱性の高い場所において、中・長期に急速に増大する（確信度が高い）とされている ⁷¹⁰¹⁰⁶⁷⁾。都市や居住地では、重要インフラに与える気候変動影響が、水や食料システム全体の損失と損害につながり（確信度が高い）、不可避である海面水位上昇は、沿岸域の生態系と生態系サービスの喪失、地下水の塩水化、洪水及び沿岸域のインフラへの損害をもたらす、短期から長期にわたり、生活、居住地、健康、福祉、食料と水の安全保障、及び文化的価値観に対するリスクにつながる（確信度が高い）ことが指摘されている ⁷¹⁰¹⁰⁶⁸⁾。

● 交通

国内では、交通インフラに関して、異常気象の増加に伴い、今世紀中頃及び 21 世紀末に道路のメンテナンス、改修、復旧に必要な費用が増加するとの報告がある ⁷¹⁰¹⁰⁶⁹⁾。GCM（全球気候モデル）に基づく今世紀中頃の年間平均最大コストは適応策を講じた場合には 4 億 3600 万ドル、講じなければ 10 億 2300 万ドル、世紀末には 4 億 5300 万ドル、17 億 1200 万ドルに増加するとされている ⁷¹⁰¹⁰⁶⁹⁾。低平地に位置する地域で、内水氾濫による地下空間・地下鉄の浸水に対する脆弱性が大きいことが予測されている ⁷¹⁰¹⁰⁷⁰⁾。

気候変動による豪雨の頻発化と激甚化は、斜面崩壊に伴う道路途絶を通じて孤立地域の発生可能性を増大させ、特定地域に深刻な課題をもたらしている。岐阜県下呂市を対象とした分析では、水害や斜面崩壊が 2031～2050 年及び 2081～2100 年に増加傾向を示し、特に SSP5-8.5 シナリオでは孤立地域の発生可能性が最大 30%増加すると予測されている ⁷¹⁰¹⁰⁷¹⁾。また、ネットワークの構造を考慮した道路網の水

害・土砂災害リスクの評価手法を検討した研究において、水害では橋梁への影響が特に大きく、橋梁を多く含む区間のリスクが高く評価され、土砂災害では山間部を通る区間でリスクが顕著であり、特に都市間輸送を担う主要路線で高い危険性が示された⁷¹⁰¹⁰⁷²⁾。

水害による鉄道路線への影響を、水害時の不通日数と迂回による損失時間で評価した研究では、人口変化を考慮しない土地利用固定シナリオの場合、基準気候（基準とした期間：1980-2018 年）と将来気候を比較すると、水害リスク値は、東北地方、九州地方などの、基準気候で比較的水害リスク値の小さい路線では微減の傾向、東京・名古屋・大阪を結ぶような、基準気候で比較的水害リスク値の大きい路線では増加の傾向が見られたとしている。近未来（2050 年）では SSP1 シナリオと SSP5 シナリオ間に大きな差はないが、水害リスク値は、21 世紀末（2100 年）において、SSP1 シナリオでは微増であるのに対し、SSP5 シナリオでは大きく増加との結果が得られた。また、人口変化を考慮する土地利用変化シナリオの場合、近未来では、SSP1 シナリオと SSP5 シナリオ間に大きな差はないが、水害リスク値は、21 世紀末において、SSP1 シナリオでは選択する全球気候モデルによって基準気候よりも減少するという結果が得られた⁷¹⁰¹⁰⁷³⁾。鉄道路線が長期不通となり得る規模の水害の発生確率について評価した別の研究では、SSP5-8.5 シナリオにおいて 21 世紀末における水害リスクが基準気候と比較して最大で約 1.37 倍に増加することが明らかになった。特に、主要都市間を結ぶ幹線路線や新幹線では、リスクの増加が顕著であり、これらの路線が寸断された場合、広範囲な輸送網に重大な影響を及ぼす可能性が示唆された^{7101037, 7101074)}。

また、大雨の強度や頻度が増加に伴い、列車運転規制の増加による鉄道輸送の安定性の低下も想定されている⁷¹⁰¹⁰⁷⁵⁾。現在と 21 世紀末における運転中止の実施頻度と実施時間の変化を評価した結果、21 世紀末では現在に比べて、運転中止の実施頻度が東北の線区で平均 3.1 倍、関東の線区で平均 1.4 倍、運転中止の実施時間が東北の線区で平均 4.2 倍、関東の線区で平均 2.1 倍となったことが報告されている⁷¹⁰¹⁰⁷⁵⁾。さらに、降水による土砂崩壊について、東北及び関東地域の線区での発生件数の将来変化を検討した結果、21 世紀末では、現在に対して関東地域の線区で 3.4 倍、東北地域の線区で平均 2.5 倍になると想定されている⁷¹⁰¹⁰⁷⁶⁾。

全国のバスの営業所を対象に、水害や土砂災害を中心にリスクを分析した研究では、特に河川沿いの営業所では水害リスクが顕著であり、山間部の営業所では土砂災害による機能低下が長期間に及ぶ可能性が高いことが確認された^{7101037, 7101038)}。

なお、英国においても、洪水や土砂崩れ等により道路への被害が生じやすくなることや極端な降雨により鉄道レール等への被害が生じやすくなることが推測されている⁷¹⁰¹⁰⁷⁷⁾。

● エネルギー（電気、ガス）

電力インフラに関しては、気候変動による電力需要増加が 2080 年にかけて、南から北へ、真夏から初夏・秋へ、日中から夜間へ拡大することが予測されている⁷¹⁰¹⁰⁷⁸⁾。空調電力需要について、1990 年代と比較して、2040 年代から 2090 年代にかけて、全国的に冷房ピーク負荷が増加し、暖房ピーク負荷が減少することが予測されている（SRES A2 シナリオを前提とした RCM20 による予測）ため^{7101079, 7101080)}、北海道のような寒冷地域で年間の電力需要が減少する可能性があるが、沖縄や九州のような暑い地域での夏季の電力需要の増加によって、年間では増加するとされている⁷¹⁰¹⁰⁸¹⁾。さらに、年間の電力消費量が増加しない地域（北海道、東北、北陸）でも、夏季におけるスパイク需要の値と頻度が増加することが明らかとなった⁷¹⁰¹⁰⁷⁸⁾。

また、2050 年代頃までに台風や海面水位の上昇、高潮・高波により、海岸に立地する発電・送電施設

が直接的被害を受けること、冷却水として利用する海水温が上昇することにより、火力発電所や原子力発電所の出力が低下するとした報告もあり⁷¹⁰¹⁰⁸²⁾、人々の生活に影響を及ぼす可能性がある。

都市ガスについては、洪水氾濫の規模の大きい状況では、広域にわたり深刻な供給停止が発生し得ることが予測されている⁷¹⁰¹⁰⁸³⁾。

● 通信

通信インフラについては、企業の TCFD 提言に基づく情報開示及び総合報告書・サステナビリティレポート等において、豪雨・洪水・台風の増加による、基地局の停波・損傷、通信サービスの不安定な供給、信頼性の低下が想定されている（詳細は、産業・経済分野の【情報・通信業】を参照）。また、英国においても、洪水等の異常気象によりデータセンターや国際通信ネットワークが被害を受けることで、インターネット・電話通信が影響を受けるリスクが増大することが推測されている⁷¹⁰¹⁰⁷⁷⁾。これは、我が国の通信インフラにおいても想定されることであると考えられる。

● 上下水道

水道インフラに関しては、気候変動の進行により、洪水などのリスクが高まり、水道事業のリスクも高まることが示されている⁷¹⁰¹⁰⁸⁴⁾。

渇水被害に関しては、気候変動に伴う降水パターンの変化や積雪量の減少により、渇水が頻発化、長期化、深刻化し、渇水被害がさらに拡大することが懸念されている⁷¹⁰¹⁰⁶⁰⁾。過去と将来の水収支の比較を行い、将来の渇水リスクを評価した結果は、21 世紀末時点において渇水の発生回数、規模、期間のいずれも増大する傾向にあることを示している⁷¹⁰¹⁰⁸⁵⁾。

21 世紀中頃及び 21 世紀末の日本国内の河川の微細浮遊土砂量を予測した研究では(RCP2.6 シナリオ、RCP4.5 シナリオ、RCP8.5 シナリオを前提とした、複数の気候モデルを使用した予測)、いずれのシナリオでも微細浮遊土砂量が増加し、処理工程の水質の悪化や水質管理に影響を与える可能性があることが示された⁷¹⁰¹⁰⁸⁶⁾。

● 廃棄物処理

廃棄物処理に関しては、首都圏の河川が広域的に氾濫した場合、浸水継続時間に応じて水害廃棄物が大量に発生する可能性がある⁷¹⁰¹⁰⁸⁷⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

特に高温に曝される場所、沿岸域、又は脆弱性の高い場所において、気候変動の影響を受けやすい。また、計画上の治水安全度が十分ない都市部において内水氾濫が発生しやすいことが報告されている。東京などの都市化が進んでいる地域では、下水道や都市河川からなる雨水排除システムが整備されているが、設計降雨強度を超える豪雨では、地下空間や道路アンダーパスにおいて深刻な浸水被害が起こりやすい。

国内において気候変動によってインフラ・ライフラインが受ける影響は、洪水等の災害から引き起こされるものが多い。特に強い影響を受ける地域についての詳細は、自然災害・沿岸域分野の各小項目を参照されたい。

(適応策とその効果)

以下に代表的な適応策を記載する。

なお、インフラの老朽化と人口減少や高齢化は、気候変動影響に対する脆弱性を増大させることから、気候変動への対応と日本が直面する人口減少・高齢化をはじめとする社会的課題の解決を両立させるには、統合的アプローチが重要であり、適応策を自治体の総合計画や環境基本計画の中に組み込み、温暖化対策計画と密接に連携させることが重要であるとされている [7101037](#)。

適応策の効果については、現状では十分な知見の確認には至っていない。

● 交通

道路交通インフラの適応策には、ハード面とソフト面がある。ハード面では、災害リスクへの対応や道路構造の強化、代替道路の確保など、ソフト面では、災害時の対応を平時から協議することが挙げられる。具体例として、道の駅の防災拠点化や輸送影響リスクを確認できるシステムの運用のほか、豪雨災害と気温上昇に対応する舗装材の開発も進められている [7101088](#)。また、後者の気温上昇に対応する舗装材については、快適で暮らしやすい環境創出のため、神戸市が取り組んでいる「異常高温対策」や東京都の「道路のヒートアイランド対策」において、遮熱性舗装・保水性舗装が行われ [7101089](#)、[7101090](#)、東京都においては、センター・コア・エリア（首都高速中央環状線（C2）内側の地域）を中心とした事業エリアで、令和6年度末現在、累計で約200 km整備したこと、遮熱性塗装では、路面温度の上昇を最大8℃程度、保水性舗装では最大10℃程度抑制できたことを報告している [7101091](#)。

鉄道では、土砂災害などの降雨災害から列車の安全を確保するために、雨量計の観測値に基づいて運転中止などの措置をとる列車運転規制を実施している [7101075](#)。猛暑日のレールのゆがみ対策として、レール温度の監視や運転規制が行われている。さらに、広域のレール温度分布を予測するシステムの開発も進行中である [7101039](#)。地下鉄では、浸水防止策や避難行動の迅速化が重要で、具体的には止水板や防水扉の設置、非常灯の整備、避難経路の掲示などが行われている [7101088](#)。

港湾や空港での適応策には、気候変動に対応するための設備や施設の見直しや災害リスクの周知がある [7101088](#)。

● エネルギー（電気、ガス）

インフラの強靱化における電力確保の適応策として、大規模停電を回避するための供給力の確保や地域間連携の強化が挙げられる。具体的には、供給信頼度基準の検討、調整力の見直し、地域間連系線の増強、蓄電池を利用した再生可能エネルギーの非常用電源の活用などがある [7101088](#)。また、家庭用太陽光発電も停電時に役立つことが示されている。電力以外のエネルギーについては、災害時にも平常時と同様に出荷できるよう設備対策を行い、緊急配送用タンクローリーの整備や移動式給油設備の運用体制の構築、病院や避難所への燃料タンク自家発電機の整備支援などがある [7101088](#)。

● 水道

水道システムの適応策として、水源管理、浄水場の強化、給配水系のバックアップ体制の確保が挙げられる。具体的には、ダムの管理、水質・水位の監視、浄水処理システムの強化、自動監視システムの導入、施設整備の強化、配水管網の整備、緊急水源の確保などがある [7101088](#)、[7101091](#)。また、緊急水源の確保としては、地下水の利用や他の利水からの一時転用、給水制限のための資機材や車両の準備が挙げられる [7101091](#)。

豪雨などによる水道原水の濁度上昇に対する水道事業体の対応策を調査した『令和3年度 厚生労働科学研究費補助金 健康安全・危機管理対策総合研究』では、水源河川の水位を観察することで原水濁度の管理に役立っていること、そしてデータに基づく相関解析の結果、水道の原水濁度と水源の水位には高い相関があり、豪雨時には原水濁度の監視と水源河川の水位を注視することが有効であると示された⁷¹⁰¹⁰⁹²⁾。

● 廃棄物処理

廃棄物・リサイクル施設に対する浸水リスクに対しては、防水扉の設置や配水能力の強化、非常用電源設備の設置など、また、収集・運搬作業の遅延や中断を防ぐために、回避ルート計画の策定、他の地方公共団体との連携、気象情報の把握による事前避難が推奨されている⁷¹⁰¹⁰⁶³⁾。

● 個人で実施可能な適応策

水害などの災害によるインフラ・ライフラインへの影響に対する適応策として、物資の備蓄が重要である。首相官邸ウェブサイト『災害が起きる前にできること』では、電気やガス、水道が止まった場合に備え、3日分の食料、飲料水の確保、応急給水拠点の確認のほか、簡易トイレ、カセットコンロなどの備蓄が推奨されている⁷¹⁰¹⁰⁹³⁾。また、災害時の安否確認方法や集合場所を事前に話し合うことも重要である。

将来の渇水リスクに対しては、漏水防止や節水の重要性を広報・普及することが求められている^{7101091, 7101094)}。

猛暑による電力ひっ迫に対しては、家庭やオフィスでの適切な節電行動が求められる^{7101095, 7101096)}。

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状 (約1°C上昇)	約1.5~2°C上昇時	約3~4°C上昇時	
重大性：レベル3 確信度：レベル3	重大性：レベル3 確信度：レベル3	重大性：レベル3 確信度：レベル3	緊急性：レベル3 確信度：レベル3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル3

✧ 【社会】大雨や台風による交通網の寸断や電気・ガス・水道等のライフラインの寸断、電力インフラや水道インフラ、廃棄物処理施設への直接的被害といった影響が既に発生しており、その影響の範囲は全国各地に広がり、影響人口も非常に多いため、生活の質・様式への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル3

✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5~2°C上昇時>

➤ 重大性：レベル3

✧ 【社会】道路のメンテナンス費用の増加、発電施設への直接被害、水質管理への影響などが予測されており、その影響の範囲は全国各地に広がり、影響人口も非常に多いため、生活

の質・様式への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3~4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

◇ 【社会】道路のメンテナンス費用の増加、発電施設への直接被害、水質管理への影響などが予測されており、その影響の範囲は全国各地に広がり、影響人口も非常に多いため、生活の質・様式への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、各種インフラ・ライフラインに対する様々な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(2) 医療・福祉、教育

ここでは、公共サービスとして、主に医療や、介護・保育などの福祉、教育などが受ける被害及びそれに関連した事項を扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 世界各地で洪水などの極端現象によって、保健医療サービスの提供が阻害されている。また、都市部において、極端現象によりインフラが損なわれ、サービスの中断や福祉に対して悪影響を与えている。
- 国内では、台風や豪雨に伴う被災により平時と同様の医療・介護・保育サービスが受けられないケースが発生している。
- 小中学校、全日制高校における熱中症発生比率は、運動場や校庭よりも、プール、体育館、校舎内で増加傾向が顕著であり、冷房をつけても教室内の暑さが解消できないことにより、多くの子供が暑さに苦しんでいる。

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、洪水などの極端現象によって、保健医療サービスの提供が阻害されていると指摘されている（確信度が高い）こと、また、都市部においては、極端現象及び緩やかに進行する現象によって交通システム、水道、下水システム及びエネルギーシステムを含むインフラが損なわれ、その結果、経済的な損失、サービスの中断、福祉に対して悪影響を与えている（確信度が高い）ことが指摘されている [7102001](#), [7102002](#)）。

高齢者を対象とした介護等の公共サービスについては、令和元年房総半島台風において、千葉県の高齢者の在宅生活継続には、ライフライン被害、特に停電の影響が大きいことが示された。また、被災により、平時と同じ医療・介護サービスが受けられないことの影響も認められた。災害時に地域の虚弱な高齢者を支え、在宅生活継続のためには、医療・介護サービスの早期復旧が重要であることが示された [7102003](#)）。被災後 1 年を経過した時点における被災者を対象とした訪問調査の結果から、前期高齢者については、被災において、経済面、精神面、生活面の不安があり、それらの支援が課題となることが指摘されている [7102004](#)）。また、家屋・家財の早期復旧、経済的支援、就業への復帰サポート、意欲向上のための支援が求められる [7102004](#)）。一方、後期高齢者は、「避難方法」、「被災後の手続きの方法」に不安を感じており、地域の実情に合わせた避難方法や支援体制の検討が必要とされている [7102004](#)）。

子どもを対象とした公共サービスについて、保育園は、就労支援施設であり、被災しても速やかに保育が再開されることが期待されている [7102005](#)）。平成 30 年 7 月豪雨において広島県内の保育所では複数の施設で土砂流入や浸水のため、他の施設での応急保育が行われたこと、園舎再建や大規模修復が必要となった施設では、複数の施設を利用した分散保育、他の保育所を利用した合同保育が行われたことが報告されている [7102006](#)）。令和元年東日本台風においては、県内においても各地で浸水被害が発生し、長野市と千曲市では 4 つ保育園が床上浸水被害を受け、長期にわたって別施設での保育継続を余儀なくされたことが報告されている [7102007](#)）。一方、令和 4 年 8 月の日本海から東北北部に伸びる停滞前線の影響による豪雨では、青森県鮎ヶ沢町の市街地で浸水被害が発生したが、町の中心部にある保育園では、被災当日に代替保育施設の検討が行われ、休園することなく保育が継続されたという例もある [7102005](#)）。

学校施設の温熱環境のリスクを調査した研究においては、2005 年～2017 年の期間、小学校、中学校、

全日制高校において、熱中症発生比率は経年増加傾向にあり ($p < 0.05$)、増加傾向は、運動場や校庭より、プール、体育館、校舎内で顕著であったことが示された [7102008](#)。

学校施設の空調設備の設置について、2022 年 9 月時点で公立小中学校の空調（冷房）設置率は普通教室で 95.7%、特別教室で 63.3%に達しているが、温暖化の深刻化によって冷房をつけても教室内の暑さが解消できず、全国の多くの子供が暑さに苦しんでいること、一方で、冷房に係る電気代負担の増加が問題になりつつあることが報告されている [7102009](#)。この背景として、学校校舎の「断熱」性能が著しく不足していることが挙げられている [7102009](#)。一方、体育館については、文部科学省の資料に、空調設置率は約 2 割にとどまり、更なる設置促進が必要な状況であること、既存体育館の多くは断熱性能が確保されておらず、冷暖房効率が悪いことが課題であることが示されている [7102010](#)。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 気候変動による医療・福祉・教育などの公共サービスへの影響に関する予測は確認されていないが、現在既に重大な影響が生じており、今後影響が軽減することを示す知見も確認されていない。

医療・介護などの保険医療・福祉サービスや教育などの公共サービスが、将来の気候変動によるインフラ・ライフラインへの影響の増大に伴い、より大きな影響を受ける可能性があることが想定されるが、十分な知見がない。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

気候変動による保健医療・福祉サービスへの悪影響について、洪水等による都市部のインフラ・ライフラインの損傷の結果として起こることが指摘されており、これらが起こりやすい地域が特に悪影響を受けやすいと言える。

また、気候変動による学校教育への影響について、特に断熱性能が欠如した学校施設で教室内の気温の上昇などが起こることが指摘されている。

（適応策とその効果）

代表的な適応策としては以下のようなものがある。

気候変動による災害に対する高齢者や、障害者、児童福祉サービス、施設の適応策として、事業継続計画（BCP）の策定が挙げられ [7102011](#), [7102006](#)、厚生労働省は各施設向けに BCP 策定ガイドラインを作成している。

学校教育では、教室内の気温上昇に対する対策として、断熱性能の向上や ZEB（Zero Energy Building）化が進められている [7102012](#)。また、教室や、特別室、体育館への空調設備（冷房）の設置が進められている。さらに、各教育現場で熱中症対策のガイドライン作成や教職員研修が行われている [7102013](#)。

なお、子供たちの学習・生活の場であるとともに、災害時には避難所としても活用される体育館等については、耐災害性向上の観点から、空調整備促進が図られ、令和 6 年、空調設備整備臨時特例交付金为新設（補助時限：令和 15 年度まで）された [7102014](#)。

子供たちが参加するスポーツ大会では、熱中症対策ガイドライン（例えば公益財団法人日本サッカー協会の熱中症対策ガイドライン）に基づき、WBGT（Wet Bulb Globe Temperature）の値に応じて開催条

件や試合の中止・時間変更が設定されている。2023 年 8 月に開催された『第 45 回全国スポーツ少年団軟式野球交流大会』では、公益財団法人日本スポーツ協会日本スポーツ少年団が、選手の熱中症を予防するために、試合開始時間を 17 時 30 分以降に変更（日中の試合開催の中止）、開閉会式と少年野球教室の中止、試合の実施内容（イニング数、試合時間、投手の投球数制限）の変更を行った例がある⁷¹⁰²⁰¹⁵。

災害時の公共サービスとして、防災情報の提供が実施されており、テレメータデータ（観測された雨量や水位をはじめ水質、気象といった様々なデータを取り込み、上位装置に伝送する装置）を活用した迅速な防災体制の構築が求められている⁷¹⁰²⁰¹⁶。

適応策の効果については、現状では十分な知見が認められない。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性と その確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 3	重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

◇ 【社会】大雨や台風等により平時と同様の医療・介護・保育サービスの提供が阻害される影響がすでに生じており、その影響の範囲は全国各地で事例が報告されているなど、生活の質・様式への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

◇ 【社会】気候変動による医療・福祉・教育などの公共サービスへの影響に関する予測は確認されていないが、現在既に重大な影響が生じており、今後影響が軽減することを示す知見も確認されていないことから、現在と同じレベルと判断した。

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が学術論文・官公庁報告書等では示されていない。
◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

◇ 【社会】気候変動による医療・福祉・教育などの公共サービスへの影響に関する予測は確認されていないが、現在既に重大な影響が生じており、今後影響が軽減することを示す知見も確認されていないことから、現在と同じレベルと判断した。

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が学術論文・官公庁報告書等では示されていない。

◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、当分野に影響を及ぼすインフラ整備や施設への空調設備の導入などの適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(3) 飲食

ここでは、主に生活の場における飲食物に関して、食品の価格や食料不足、断水による水道供給の停止など、消費者としての国民の食生活への影響を扱う。なお、主要穀物等の生産については農業・林業・水産業分野の小項目「食料需給」にて、水道水の被災については本分野の「インフラ・ライフライン等」、水道水源ダム貯水池・河川の水質悪化については水環境・水資源分野の小項目「湖沼・ダム湖」・「河川」、食中毒等は健康分野の小項目「その他の健康影響」にて扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 世界各地で、気候変動による食料不安や水不足が発生しているほか、主要穀物等（コムギ、ダイズ、トウモロコシ、コメ）を中心に、収量等への影響が生じている。
- 国内では、洪水や渇水により、水道水供給に影響が生じている。
- シガテラ中毒の原因となる魚種の分布域が拡大している。

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、気候変動は食料及び水の安全保障を低下させ、持続可能な開発目標を達成するための取組を妨げており（確信度が高い）、極端な気象と気候の増加によって、何百万人もの人々が急性の食料不安にさらされ、水の安全保障が低下し、アフリカ、アジア、中南米、小島嶼、及び北極域の多くの場所及び/又はコミュニティで最も大きな影響が観測されている（確信度が高い）ことが報告されている ⁷¹⁰³⁰⁰¹）。同時に、食料生産との食料へのアクセス（入手性）の突然の喪失は、食生活の多様性の低下と相まって、多くのコミュニティで栄養不良を増大させ（確信度が高い）、その影響は特に先住民、小規模な食料生産者及び低所得世帯で大きく（確信度が高い）、とりわけ子ども、高齢者、妊婦が影響を受けている（確信度が高い）こと、世界の人口の約半分が現在、少なくとも 1 年の一部期間、気候駆動要因及び非気候駆動要因に起因する深刻な水不足に陥っている（確信度が中程度）ことが報告されている ⁷¹⁰³⁰⁰¹）。

収集した個別の文献においては、食料不安や穀物生産、水道水、食中毒について、次のような知見が確認できている。

気温の上昇と世界的な食料不安の関係を解析した研究では、気温異常が 1℃増加するごとに、重度の食料不安は 2014 年には 1.4%、2019 年には 1.64%増加し、中度～重度の食料不安は、2014 年には 1.58%、2019 年には 2.14%増加したとされている。以上より、気温上昇は食料不安の確率を増加させただけでなく、この影響の大きさは時間と共に増加していることが示唆された ⁷¹⁰³⁰⁰²）。

穀物等の生産については、コムギ、ダイズ、トウモロコシ、コメを中心に世界各地で気候変動による収量等への影響が報告されている（詳細は農業・林業・水産業分野の小項目「食料需給」参照）。水道水については、洪水や渇水により、水道水供給に影響が発生している（詳細は本分野の「インフラ・ライフライン等」参照）。また、水温上昇による水道水源ダム貯水池・河川の水質悪化も報告されている（詳細は水環境・水資源分野の小項目「湖沼・ダム湖」・「河川」参照）。

熱帯・亜熱帯のサンゴ礁の周辺に生息する魚を食べることによって起こるシガテラ中毒⁹⁵の発生や毒化した魚種の分布域の拡大がみられる。また、熱帯地域でみられるかび毒アフラトキシンによるコメの汚染の可能性が実験により報告されている（詳細は健康分野の小項目「その他の健康影響」参照）。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 世界全体として、気温上昇が主要穀物等（コムギ、ダイズ、トウモロコシ、コメ）の収量を減少させ、食料需給に影響を及ぼすことが予測されている。また、干ばつ、洪水、熱波の強度と頻度の増加、海面水位上昇が食料安全保障のリスクを高めることが予測されている。
- 洪水や渇水、融雪時期の早期化による河川流量の減少などにより、水道水の供給断などが懸念されている。また、海面水位の上昇により、地下水の塩水化が懸念され、地下水を利用している自治体では、水道水等への影響が発生する可能性がある。
- 飲料水については、気温の上昇による需要増加が懸念されている。
- シガテラ毒や貝毒といった魚介類の毒素による食中毒のリスク増加が懸念されている。

IPCC 第6次評価報告書第2作業部会報告書では、気候変動は、特に脆弱な地域において、食料生産とアクセスに対する圧力を増大させ、食料安全保障と栄養摂取を低下させる（確信度が高い）こと、干ばつ、洪水及び熱波の強度と頻度の増大、そして海面水位上昇の継続によって、食料安全保障に対するリスクが高まる（確信度が高い）こと、地球温暖化は、陸域の多くの地域及び海洋において漸進的に、土壌の健全性や受粉などの生態系サービスを弱め、有害生物や疫病によるストレスを増加させ、海洋動物のバイオマスを減少させ、食料生産性を低下させる（確信度が中程度）こと、長期的な3℃以上の地球温暖化の水準において、気候関連のハザードに曝される地域は、2℃以下の地球温暖化の水準に比べて大幅に拡大し（確信度が高い）、食料安全保障のリスクの地域的な不均衡を悪化させる（確信度が高い）ことが報告されている（7103003）。

また、都市や居住地では、重要インフラに与える気候影響が、水や食料システム全体の損失と損害につながっており、経済活動に影響を及ぼし、気候ハザードによって直接影響を受ける地域を超えて影響が広がる（確信度が高い）こと、回避できない海面水位上昇は、連鎖的及び複合的な影響をもたらす、沿岸域の生態系と生態系サービスの喪失、地下水の塩水化、洪水及び沿岸域のインフラへの損害をもたらす、短期から長期にわたり、生活、居住地、健康、福祉、食料と水の安全保障、及び文化的価値観に対するリスクをもたらす（確信度が高い）ことが指摘されている（7103004）。

収集した個別の文献においては、干ばつ、穀物生産、コメの生産や価格、食中毒、水道水・飲用水についての予測結果が報告されている。

干ばつの深刻化については、日本を含む東アジアにおける地域別温室効果ガス排出シナリオに基づく将来の干ばつ強度の予測では、3つの排出シナリオ（NIER-L、NIER-H、RCP8.5）による予測結果は、

⁹⁵ 中毒の原因はシガトキシンなどの天然毒であり、シガトキシンは、海藻などに付着する渦鞭毛藻と呼ばれる微細藻の一種によって生産され、その微細藻を魚介類が食べ、食物連鎖によって魚の毒化が起こる。神経症状のほか、消化器系症状、循環器系症状も呈することがある。神経症状は、軽症では1週間程度で治まるが、重症な場合には数ヶ月から1年以上継続することがある。

高緯度地域における干ばつの深刻化が将来も続くことを示唆している。また、すべてのシナリオにおいて、干ばつは予測期間終了の2100年まで更に深刻化していくことが予測されている⁷¹⁰³⁰⁰⁵。

穀物等の生産に関して、世界全体では気温上昇はコムギ、ダイズ、トウモロコシ、コメの収量を減少させることが多数の文献を調査した研究で確認されている（詳細は農業・林業・水産業分野の小項目「食料需給」参照）。また、産業経済分野の小項目「食品製造業」において、将来、異常気象や気温上昇により食用油の価格が上昇する可能性や、自然災害の増加により、製造拠点や物流が影響を受ける可能性が指摘されているが、これらの食品製造業への影響は、国民の生活においても、食費の値上がり等の影響を与える可能性があると推察される。

食中毒に関する知見として、シガテラ毒や麻痺性貝毒⁹⁶といった魚介類の毒素による食中毒のリスク増加が懸念されている。（詳細は健康分野の小項目「その他の健康影響」参照）。

水道水、飲用水については以下のような知見がある。

水道水への影響として、洪水や渇水などのリスクが高まることや、融雪時期の早期化による代かき期の河川流量の減少とこれに伴う水需供のミスマッチにより、供給断などが懸念される（詳細は本分野の小項目「インフラ・ライフライン等」・水環境・水資源分野の小項目「水供給（地表水）」参照）。また、さらに、海面水位の上昇により、地下水の塩水化が懸念され、地下水を利用している小規模自治体では、水道水等への影響が発生する可能性がある（詳細は水環境・水資源分野の小項目「水供給（地下水）」参照）。

飲料水については、気温の上昇による需要増加が懸念される（詳細は水環境・水資源分野の小項目「水需要」参照）。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

現在、世界では主要穀物等（コムギ、ダイズ、トウモロコシ、コメ）を中心に収量等への影響が報告されている。国内では、シガテラ中毒の原因となる魚種の分布域拡大も報告されている。また、洪水や渇水により、水道水供給に影響が発生している。

将来においては、世界で食料安全保障の低下が予測され、また、気温上昇とともに食料不安が増大するとの指摘がある。また、水道水については、洪水や渇水による供給断、地下水の塩水化による影響が予測される。飲料水については、気温の上昇による需要増加が懸念される。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、食料需給に関しては、食料供給に係るリスク分析・評価、海外食料需給情報の活用、国内の農業生産の増大、安定的な輸入、備蓄の活用、事業継続計画・TCFD提言に基づくシナリオ分析などがある⁷¹⁰³⁰⁰⁶。水道水に関する適応策については、詳細は本分野の小項目「インフラ・ライフライン等」を参照のこと。

⁹⁶ 主に二枚貝が毒素をもった植物プランクトンを餌として食べることによって、体内に毒を蓄積させる現象。毒が蓄積した貝類を人が食べると、麻痺などの中毒症状を引き起こすことがある。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性と その確信度の評価
現状 (約 1℃上昇)	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 1 確信度：レベル 1	重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	緊急性：レベル 2 確信度：レベル 1

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

◇ 【社会】日本国内での影響の範囲は水道水供給等への影響は報告されているが、飲食への影響は限定的であり、生活の質・様式への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の種類・量等】日本国内の影響の事例がごく少数の学術論文・官公庁報告書等では示されている。

◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

◇ 【社会】国際的な食料需給への影響や食料安全保障リスクの増大が予測され、国内では、水道水の供給断や、食中毒（シガテラ中毒）の発生リスクの増大などが予測されており、その影響の範囲は現在より拡大し、生活の質・様式への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の種類・量等】日本国内の影響の予測結果がごく少数の学術論文・官公庁報告書等では示されている。

◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

◇ 【社会】国際的な食料需給への影響や食料安全保障リスクの増大が予測され、国内では、水道水の供給断や、食中毒（シガテラ中毒）の発生リスクの増大などが予測されており、その影響の範囲は現在より拡大し、生活の質・様式への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の種類・量等】日本国内の影響の予測結果がごく少数の学術論文・官公庁報告書等では示されている。

◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 2

◇ 【影響の発現時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が高い。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可

能性が高いが、食料供給に係るリスク分析・評価、海外食料需給情報の活用など短時間で十分な効果が発揮される適応策があることから、概ね 10 年以内に意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 1

- ✧ 【知見の種類・量等】日本国内の影響の発現時期がごく少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

(4) 住宅・住居

ここでは、主に住宅・住居が受ける被害、及び住環境に関する影響を扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 2020 年時点において全国の建設物ストックの約 42%は洪水浸水区域内に存在している。
- 令和元年東日本台風において建物が 29,556 棟浸水するなど、風水害による住居・住宅への影響が出ている。
- 住まい方によっては屋内であっても熱中症被害が発生している。
- 気候変動は日照や採光等を重視してきた住宅や建築、都市における既存概念の一部に変化を促している。

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、気候変動による住居・住宅への影響として、風水害による被害が挙げられており、住宅やインフラの破壊を含む気候変動影響が個人の生計に影響し、ジェンダー衡平性や社会的衡平性にも悪影響を及ぼしている（確信度が高い）ことが指摘されている ⁷¹⁰⁴⁰⁰¹）。最近の研究では、世界的に洪水ハザードエリアの人口が増加していると指摘されており、ハザードエリア内の資産の増加も洪水被害の増大を招く一因となっている。日本全国の建築物基盤データと洪水浸水想定区域データを重ね合わせた結果、2020 年時点において全国の建設物ストックの約 42%はハザードエリア内に存在しており、過去 20 年間で浸水ランク（浸水深 0.5m 未満、0.5-3m、3-5m、5-10m、10m 以上の 5 つのランク区分）問わず、洪水浸水区域内での存在量が増加していることが判明した ⁷¹⁰⁴⁰⁰²）。また、自然災害は、企業の生産を停止させ、住宅ストックを破壊し、住民の暮らしの快適さや安定を奪い、住宅価格・家賃などに影響を及ぼし、さらに、住宅を所有するか賃貸するかを選択に影響することも考えられる ⁷¹⁰⁴⁰⁰³）。

日本における近年の風水害事例として、令和元年東日本台風では全壊が 3,273 棟、半壊・一部損壊が 63,743 棟、浸水が 29,556 棟といった住居被害が報告されている ⁷¹⁰⁴⁰⁰⁴）。また、令和 2 年 7 月豪雨では、全壊が 1,620 棟、半壊・一部損壊が 8,103 棟、床上・床下浸水が 6,825 棟であった ⁷¹⁰⁴⁰⁰⁵）。文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」では、この 2 つの台風・豪雨において、地球温暖化の影響により大雨の強度が増加したことが示されている ⁷¹⁰⁴⁰⁰⁶）。

災害が激甚化する中で、被災後の住環境に関する課題も挙がっている。令和元年東日本台風後に、世田谷区にて被災地区の住民に行ったアンケート調査では、台風後の生活場所として、15%の回答者は一部被害があってもそのまま自宅に留まって生活していると回答した。その理由として、「自宅 1 階は被災したものの、2 階は居住可能であり、復旧作業をしながら生活した」という旨の回答が目立った。今後、さらに大規模な水害が発災し、物資の調達が難しい場合には、住宅復旧に時間がかかることが考えられ、住みながら復旧していく避難者支援の仕組みづくりが必要である ⁷¹⁰⁴⁰⁰⁷）。また、令和元年 8 月の豪雨災害でも、佐賀県において、災害救助法による応急仮設住宅の適用を受けることができない半壊以下の判定となった建物が大多数を占めたため、多くの被災家屋において応急修理制度を活用し、住みながらの修理工事を選択することとなったとの報告がある。修理完了までには、床上浸水となると生活に必要な機能が集中している 1 階の建築設備や家財、床などを一旦全て撤去する必要がある、被災後の片付けや乾燥、罹災証明の申請と発行、保険関係との調整の他、工事の順番待ちなども発生するため、半年程度かかることが

予想されると指摘されている [7104008](#))。

また、気候変動による住居・住宅への影響として、暑熱による被害が挙げられる。近年、熱中症は、室内の日常生活において、高齢者に多く発生しているとの指摘がある。熱中症で救急搬送される人の約40%は住宅内で発生しており、とくに、高齢者は重症例が多く見られ、住まいの状況や住まい方と関わりが大きいとされている [7104009](#))。

気候変動に伴う様々な現象は、住宅や建築、都市における既存概念の一部について、その変化を促しているという指摘もある。例えば、従来の建築は、公衆衛生の観点や消費者の嗜好を反映し、日照や採光を重視してきたが、猛暑日や熱帯夜が増える中で室内熱環境への影響を考慮する必要がある、暑熱対策を目的とした空調運転・日射遮蔽技術や断熱技術の導入が進められている [7104010](#))。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 海面水位の上昇に伴い、沿岸域の居住地に大きな影響が発生し、影響人口が数百万人にのぼると予測されている。
- 湿雪の増加や積雪期の降雨による重量増加から雪害が懸念されている。

IPCC 第6次評価報告書第2作業部会報告書では、世界において、継続的かつ加速的な海面水位上昇が、沿岸域の居住地やインフラを侵食し(確信度が高い)、都市、居住地及び重要なインフラに対するリスクが、特に高温に曝される場所、沿岸域、又は脆弱性の高い場所において、中・長期に急速に増大する(確信度が高い)、ことが指摘されている [7104011](#)、[7104012](#))。

日本においても、海面水位の上昇は沿岸域に大きな影響を及ぼすとの研究がある。

海面水位の上昇による全国の浸水面積は、2050年には2,111～2,127km²、2100年には2,261～2,598km²と指摘されており、大阪府・東京都で大きくなるが、潮汐による浸水も考慮すると、有明湾・伊勢湾沿岸で最も大きくなる。全国の影響人口は、将来の人口変化を考慮すると、低排出シナリオでは2030年代中頃から2050年頃にピークを迎え、その後減少していくとされている。2050年には約461万人～551万人、2100年には約253万人～565万人との推計もある。(海面水位の上昇による影響の詳細については、自然災害・沿岸域分野の小項目「海面水位の上昇」を参照。)

気候変動に伴う雪の変化に着目したレビュー論文では、湿雪の増加や積雪期の降雨による重量増加から雪害が懸念され、空き家対策が必要となり、また、巻き垂れや雪庇などによる変形・破損や屋根からの落雪などの被害も考える必要があるとしている [7104013](#))。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

現在、風水害の影響を受けやすい地域では多くの住居被害が報告されている。また、住まい方によっては屋内であっても熱中症被害が報告されており、特に高齢者に重症例が多く見られる。

将来においては、海面水位の上昇によって、沿岸域の居住地に大きな影響が発生することが予測されている。また、湿雪の増加や積雪期の降雨によって積もった雪の重量増加することによる雪害が懸念されている。このような雪害においては、特に空き家対策等が必要であるとの指摘されている。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、洪水に対しては、土地のかさ上げ、ピロティ建築、建築物の移転などがある⁷¹⁰⁴⁰¹⁴⁾。日本建築学会は、水害に対して、中長期的に実効性のある土地利用誘導や災害危険区域等での居住床高さレベル規制、浸水後速やかに機能回復できる設計手法等、地域のハザードに対応したメリハリのある建築づくり、まちづくりが必要であると提言している⁷¹⁰⁴⁰¹⁵⁾。

室内における熱中症発生に関しては、2023 年度に閣議決定された熱中症対策実行計画には、ZEH・ZEB の普及拡大や断熱リフォームの推進等を通じて、健康・快適で省エネルギーな住宅や暮らし方の普及を図ること、節電に配慮したうえでエアコンを適切に使用することが挙げられている⁷¹⁰⁴⁰¹⁶⁾。また、エアコンの利用推進については、生活保護世帯における購入費用の支援なども行われている⁷¹⁰⁴⁰¹⁷⁾。

適応策の効果に関する知見として、海面水位の上昇に対しては、堤防の増設や浸水が予測される地域からの建築物の移転などによって被害が軽減できるとされている^{7104018,7104019)}。外水氾濫・内水氾濫において、適応策の有無、種類による被害変化率を算定した結果、外水氾濫に対する適応効果では、治水安全度向上や土地利用規制、田んぼダムと比べ、ピロティ建築の効果が大きかった。とりわけ資産価値の高い地域に設置すると効果が大きかった。また、都市に多い内水氾濫に対してピロティ建築はさらに有効である⁷¹⁰⁴⁰²⁰⁾。

また、浸水対策に関する知見として、木造住宅では、修復容易化・建物防水・高床化・屋根上避難計画・生活回復機能追加といった対策を行うと、敷地の浸水特性に応じて、各対策の費用対効果が一定程度認められるとされている。分譲マンションでは浸水時に多額の修復費用を要する区画やそこに至る浸水経路への対策、ピット式駐車場などの脆弱な設備への対策に優先的に取り組む必要性が高いとされている⁷¹⁰⁴⁰²¹⁾。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状 (約 1℃上昇)	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

- ✧ 【社会】風水害による住宅・住居への影響が既に発生しており、その影響の範囲は令和元年東日本台風において浸水した建物が約 3 万棟にのぼるなど、生活の質・様式への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ✧ 【社会】海面水位の上昇により沿岸域の居住地に大きな影響が発生することが予測され、その影響の範囲は、影響人口が数百万人にのぼるなど、生活の質・様式への影響は特に深

刻である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3~4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

◇ 【社会】海面水位の上昇により沿岸域の居住地に大きな影響が発生することが予測され、その影響の範囲は、影響人口が数百万人にのぼるなど、生活の質・様式への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、堤防の増設などの適応策が一部で進められているが、土地のかさ上げ、ピロティ建設、移転などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(5) 労働・消費

ここでは、気候変動影響による個人の労働生産性や賃金、消費、産業の変化が及ぼす国民生活の変化について主に扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 気候変動に起因する経済的損害は、いくつかの業種において検出されており、屋外労働者の生産性などに現れている。
- WBGT⁹⁷が 24～26 以上では労働生産性の低下と関連し、WBGT が 33～34 になると中程度の作業強度で活動する労働者は作業能力の 50%を失うとされ、国内の近年の夏の気温から、影響はすでに顕在化していると考えられる。
- 大きな洪水を経験した市区町村では製造品出荷額、事業所の総数、雇用者数が長期的に減少し、回復しない傾向にある。小中規模の事業所の数の減少は大規模な事業所の 2 倍であるなど、小中規模事業所は、大規模な事業所と比較して水害に脆弱である。

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書によると、気候変動に起因する経済的損害は、気候変動に晒された部門において、農業、林業、漁業、エネルギー産業、観光業に対する地域的な影響を伴い（確信度が高い）、屋外労働者の生産性などに現れている（確信度が高い）とされている⁷¹⁰⁵⁰⁰¹）。また、健康と食料生産に対するリスクは、暑熱や干ばつによる食料生産の突然の損失と、暑熱による労働生産性の低下の相互作用によって悪化する（確信度が高い）とされている⁷¹⁰⁵⁰⁰²）。他には、国際労働機関（International Labour Organization, ILO）の 2019 年の報告書では、農業、環境関連商品・サービス（天然資源管理）、建設業、ごみ収集、緊急修理作業、輸送、観光業、スポーツなどの業種の屋外作業従事者は特にリスクにさらされていることに加え、工場や作業場の温度が適切に管理されていない場合は、屋内で働く労働者も危険にさらされること、暑さが厳しくなると、精神的な疲労が蓄積し、基本的な事務作業やデスクワークであっても作業が困難になるということが報告されている⁷¹⁰⁵⁰⁰³）。また、気候変動に伴う気温上昇は労働者の身体機能や作業能力や生産性を制限し、WBGT が 24～26 までは労働者の作業速度や能力が失われたりすることはないが、それ以上の WBGT になると作業速度が落ちること、WBGT が 33～34 では中程度の作業強度で活動する労働者は作業能力の 50%を失うこと、WBGT が 38 を超えると空調などの適応策が講じられない限り作業が不可能になることがと示されている⁷¹⁰⁵⁰⁰³）。国内において労働生産性の低下を報告したような知見はないが、近年の夏の気温から、影響が既に顕在化していると考えられる。

国内の報告としては、建設現場において、日射や発熱源に起因する暑熱環境が要因で心拍数が上昇し⁷¹⁰⁵⁰⁰⁴）、心拍数と METs（運動や身体活動の強度の指標）との関係を WBGT 別に見たところ職種に関係なく、最高 WBGT が高い日の方が低い日より心拍数が高い傾向が見られた⁷¹⁰⁵⁰⁰⁵）。三重県における研究で、暑熱環境下の作業では心拍数の上昇程度が大きく、休憩によって安静時のレベルまで低下しなかった。心拍数増加率及び最大心拍予備能の%強度から算出した作業強度分類では、暑熱環境下で負担がより

⁹⁷ 湿球黒球温度、Wet Bulb Globe Temperature。熱中症を予防することを目的に提案された指標で、人体と外気との熱のやりとり（熱収支）に着目し、人体の熱収支に与える影響の大きい①湿度、②日射・輻射など周辺の熱環境、③気温の要素をもとに算出される。気温との混同を避けるため、本報告書では WBGT 単位の摂氏度(°C)を省略して記載する（環境省 熱中症予防情報サイトをもとに記載）。

大きくなり、作業速度も低下した⁷¹⁰⁵⁰⁰⁶。大学での体育授業を対象とした研究では、WBGT が高い日の方が発汗量が高かったが、脱水量、脱水率及び体温上昇度には差はみられず、水分補給と発汗による蒸発性熱放散が影響したと考えられた⁷¹⁰⁵⁰⁰⁷。また、気候変動により自然災害の頻度の増加や激甚化が予測されているが、気候変動影響予測・適応評価の総合的研究（S-18）の水害の製造業への影響についての研究では、大きな洪水を経験した市区町村では雇用者数が長期的に減少し、回復しない傾向にあることが示された⁷¹⁰⁵⁰⁰⁸。

消費については、産業・経済活動分野の小項目「製造業」において、近年の大規模な自然災害により、事業者が受けた損害の一つに、顧客の被災による売り上げの減少を挙げている。災害に被災した人々の消費行動に変化（消費を抑える傾向）があることを示すものと推察される。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 高温による世界の労働者の生産性低下の経済損失を評価した結果、2100 年までの RCP8.5 シナリオでは、世界の国内総生産（GDP）に平均 1.4%の減少をもたらすが、RCP2.6 シナリオでは、0.5%の減少に抑えられると予測されている。
- アジアにおいて 1.5℃目標を達成した場合、緩和政策を取らない参照シナリオと比較して、世界の民間消費が 6%減少すると予測されている。
- 熱ストレスの増加は労働生産性の低下や労働時間の減少による経済損失を引き起こし、RCP2.6 シナリオにおいて、国内では、2030 年までに年間で 0.2%近い労働時間（フルタイム労働換算で約 12 万 6 千人分の雇用に相当）が失われると予測されている。

熱ストレスの増加は労働生産性にも影響し、このまま地球温暖化が進むと、RCP8.5 シナリオに基づく全球規模の予測では、気候変動による気温の上昇による WBGT の上昇で作業可能時間割合は減少し、21 世紀末には推奨される休憩時間が全体の 5 割近くになると予測されている⁷¹⁰⁵⁰⁰⁹。

特に農業や建設業における屋外作業における生産性低下が予測され、労働生産性低下による経済損失が起ることが予測されている⁷¹⁰⁵⁰⁰³。労働生産性低下による経済損失は、2030 年には世界で年間約 2 兆 4,000 億ドル（約 260 兆円）に達する可能性も示唆されている⁷¹⁰⁵⁰⁰³。高温による世界の労働者の生産性低下の経済損失を評価した別の研究では、農業と建設業における屋外作業の自律的機械化を進めた場合でも、2100 年までの RCP8.5 シナリオでは、世界の国内総生産（GDP）に平均 1.4%の減少をもたらすが、RCP2.6 シナリオでは、0.5%の減少に抑えられると予測されている⁷¹⁰⁵⁰¹⁰。

国内においては、2030 年までに年間で 0.2%近い労働時間（フルタイム労働換算で約 12 万 6 千人分の雇用に相当）が熱ストレスにより失われると予測されている⁷¹⁰⁵⁰⁰³。

また、消費の観点では、IPCC の第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書には、緩和政策を取らない参照シナリオと比較して、世界の民間消費が減少すると予測され、これは、1.5℃目標を達成した場合で顕著であること、そして、民間消費の減少の原因として、緩和策のコストが家計に影響を与える可能性があることが示されている⁷¹⁰⁵⁰¹¹。

さらに、気候変動の影響で災害の頻度増加や激甚化が予測されているが、災害強度 1 の水害が 1.5 倍に激甚化した場合のテストシミュレーションを行った結果、北関東から九州にかけて広範にわたり、製造品出荷額が低下することが予測された⁷¹⁰⁵⁰⁰⁸。また、TCFD 提言に基づく情報開示、及び統合報告書・サ

ステナブルレポート等では、豪雨、洪水等により、従業員の通期や出張が困難になる等の影響も想定されている（産業・経済活動分野の小項目「製造業」を参照）。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

地球温暖化が進むと、労働生産性低下による経済損失が起こり、特に農業や建設業における屋外作業における生産性低下が予測されている。また、災害が激甚化した場合、北関東から九州にかけて広範にわたり、製造業の製造品出荷額が低下することが予測されている。規模が小さい事業所は水害に脆弱であることが報告されている。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、職場における熱中症の予防について厚生労働省が暑熱環境を評価する指標として WBGT の活用を推奨し、日本産業規格 JIS Z 8504「熱環境の人間工学－WBGT（湿球黒球温度）指数に基づく作業者の熱ストレスの評価－暑熱環境」に基づき [7105012](#)）、身体作業強度等に応じた WBGT 基準値を「職場における熱中症予防基本対策要綱」で示しているほか [7105013](#), [7105014](#)）、毎年「STOP！熱中症クールワークキャンペーン」を実施し、各種の取組を推進している。

適応策の効果に関する知見として、IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書によると、気候変動による労働力の低下に関して屋外作業を最小化するための遠隔技術・機械の開発・利用を推進していくことや、収入に関して農業労働等の代替収入源を提供するための生計の多様化が有用であるとされている [7105015](#)）。さらに、暑熱環境において休憩時間を確保していない場合、作業効率の低下と事故率の増加や休業日数が上昇したとの報告があり、暑熱環境での休憩の重要性が指摘されている [7105014](#)）。施設園芸における夏期暑熱の影響については、主に作物の生育を良好にする目的で細霧冷房やヒートポンプ等による高温抑制、遮光剤や遮光カーテンによる日射抑制が行われているが、それに加えて、一部、ファン付き作業服等の暑熱対策技術の導入も進み、農作業中の熱中症予防対策として有効であることが示されている [7105006](#), [7105016](#)）。

（重大性、緊急性、確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 2	重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	重大性：レベル 3 確信度：レベル 1	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 2

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

✧ 【経済】屋外労働者の労働生産性の低下、それに伴う経済損失が既に発生しており、その影響の範囲は複数の業種に及び、経済損失は深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

✧ 【知見の種類・量等】影響の事例が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

✧ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

- 重大性：レベル 2
 - ◇ 【経済】労働生産性低下による経済損失が予測されており、その影響の範囲は、国内では、2030 年までに年間で 0.2%近い労働時間（フルタイム労働換算で約 12 万 6 千人分の雇用に相当）が失われ、世界では GDP の 0.5%が減少するなど経済損失は深刻である。
- 確信度：レベル 1
 - ◇ 【知見の種類・量等】予測結果がごく少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
 - ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。ただし、国内知見が少ない。

<3～4℃上昇時>

- 重大性：レベル 3
 - ◇ 【社会】労働生産性低下による経済損失の影響が予測されており、その影響の範囲は、世界の GDP が 1.5℃～2℃上昇時の約 3 倍の平均 1.4%減少するなど経済損失は特に深刻である。
- 確信度：レベル 1
 - ◇ 【知見の種類・量等】予測結果がごく少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
 - ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。ただし、国内知見が少ない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

- 緊急性：レベル 3
 - ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
 - ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、ファン付き作業服等の暑熱対策技術の導入などの適応策が一部で進められているが、WBGT を活用した熱中症予防対策、空調設備の導入などの追加的な適応策について、できるだけ早く意思決定が必要である。
- 確信度：レベル 2
 - ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期がごく少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
 - ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(6) 健康的な暮らし

ここでは、熱ストレス・睡眠障害、暑さによる不快感等の影響、昆虫等の刺咬被害を主に扱う。

暑熱によって引き起こされる健康リスクの増大（熱中症やその他の疾病の発症及び死亡）については、健康分野の大項目「暑熱」で、教育現場の暑熱環境については、小項目「医療・福祉、教育」で扱っているため参照されたい。また、感染症を媒介する蚊やダニ等の分布・個体群密度・活動の変化や、それに伴う感染症リスクは健康分野の「感染症等」で、気温の上昇に伴う自殺、暴力や窃盗などの犯罪の増加については、同分野の小項目「メンタルヘルスへの影響」で取り扱う。

（現在の状況）

〔概要〕

- 日本の中小都市における 100 年あたりの気温上昇率が 1.5°C であるのに対し、主要な大都市の気温上昇率は $2.6\sim 3.2^{\circ}\text{C}$ であり、気候変動による気温上昇にヒートアイランドの進行による気温上昇が重なっている。なお、中小都市でもヒートアイランド現象が起きている。
- ヒートアイランド現象等により都市部で上昇気流が発生することで短期的な降水量が増加する一方、周辺地域では雲の形成が阻害され、降水量が短期的に減少する可能性がある。
- 大都市における気温上昇の影響として、特に人々が感じる熱ストレスの増大とそれに伴う睡眠の質の低下によって睡眠障害や疲労が増大している。
- 気候変動による生活の質の低下や、気候変動への不安による精神的健康への影響が示唆されている。

高層ビル群や建築物、道路舗装などが増えたことによる表面被覆の変化や、冷暖房・交通量の増加などに伴う人工排熱の増大により、都心部の気温が郊外に比べて高くなるヒートアイランド現象が発生している ⁷¹⁰⁶⁰⁰¹。1929 年から 2024 年までの観測値を基に調査した結果では、日本の都市化の影響が比較的小さいとみられる 15 地点の気温は 100 年あたり平均 1.8°C の率で上昇しているのに対し、主要な大都市の気温上昇率は 100 年あたり $2.7\sim 3.4^{\circ}\text{C}$ となっている ⁷¹⁰⁶⁰⁰²。大都市では気候変動による広域の温暖化にヒートアイランドの進展による気温上昇が重なり、特に大都市圏の内陸域において高温な地点が増加し、大きな気温上昇が引き起こされている ⁷¹⁰⁶⁰⁰³。なお、ヒートアイランド現象は、東京や大阪などの大都市だけでなく、地方の中小都市でも確認されており ^{7106004, 7106005, 7106006, 7106007}、中小都市においても、ヒートアイランドの影響を受け、都市化されていない場所に比べて長期的な気温上昇率が大きいことが報告されている ^{7106008, 7106009}。こうしたヒートアイランド現象により、都市部で上昇気流が発生することで短期的な降水量が増加する一方、周辺地域では雲の形成が阻害され、降水量が短期的に減少する可能性があることが報告されている ^{7106010, 7106011, 7106012, 7106013, 7106014, 7106015, 7106016, 7106017, 7106018}。また、長野県長野市の各観測地点で WBGT⁹⁸を測定した研究では、7、8 月において都市部は低層住宅部に比べて WBGT が 2 程度低くなっており、筆者は、都市部は低層住宅街に比べて相対的に建物の占める割合が多く、平均建物高度も高いため、地表面に到達する日射量が少ないためと推測している ⁷¹⁰⁶⁰¹⁹。さらに、水域や植生に

⁹⁸ 湿球黒球温度、Wet Bulb Globe Temperature。熱中症を予防することを目的に提案された指標で、人体と外気との熱のやりとり（熱収支）に着目し、人体の熱収支に与える影響の大きい①湿度、②日射・輻射など周辺の熱環境、③気温の要素をもとに算出される。気温との混同を避けるため、本報告書では WBGT 単位の摂氏度（ $^{\circ}\text{C}$ ）を省略して記載する（環境省 熱中症予防情報サイトをもとに記載）。

より覆われた場所は、都市型ヒートアイランド現象の効果を緩和できるとする報告もある ⁷¹⁰⁶⁰²⁰）。

大都市を中心とした気温の上昇に伴う影響として、特に人々が感じる熱ストレスの増大が指摘され、その影響は熱中症患者の増大として顕在化している。人々が熱ストレスを感じるには、気温以外にも湿度や気流速、放射などの要素が関係しており、日射や高温となった表面被覆からの赤外放射の増加による放射環境の悪化、高度に密集した都市形態による風通しの悪化などが、温熱快適性を損なう要因として挙げられている ⁷¹⁰⁶⁰²¹）。埼玉県熊谷市の小・中学校での熱ストレスによる保健室来室者割合を調べた研究でも、児童生徒の熱ストレスによる保健室への来室者割合と湿度との関連が認められている ⁷¹⁰⁶⁰²²）。そのため、気温以外にも、湿度、気流速、放射などの要素に基づいて、実際に人が体感している温熱環境指標（体感温度や温熱快適性指標、不快指数、暑さ指数など、以下、体感指標）による評価が進められている ^{7106023, 7106024}）。体感指標は、熱中症リスクや睡眠、屋外活動への影響が評価され、ヒートアイランド対策における適応策の指標として用いられている。

温熱快適性の観点では、WBGT や SET^{*99}等の体感指標を用いた評価により、屋外空間の利用と体感温度の関係を示した事例もみられ、夏季日中において、人々が熱ストレスを感じずに屋外空間を快適に活用するためには、体感温度を指標として空間を構成する必要性が示されている ^{7106025, 7106026}）。

全国各地で暑さ指数（WBGT）の上昇傾向が報告されている ^{7106027, 7106028}）。国内では日最高暑さ指数が 33 以上になった場合発表される「熱中症警戒アラート」は、2021 年以降本格導入されており、環境省熱中症予防情報サイトによると、2024 年は 47 都道府県の発表数の合計が過去最大の 1,722 回であった（2024 年 9 月 26 日現在）。国内で夏季の学校での運動において、体育館の方が屋外より WBGT が高く、運動時のパフォーマンスの低下や熱中症の経験者が多いという報告があった。太陽光で蓄熱しやすい構造にある室内では、屋外よりも気温が高くなる場合があり、建物の特性を理解して水分補給の実態調査や指導などを実施していく必要がある ⁷¹⁰⁶⁰²⁹）。屋外気温が睡眠に与える影響について調べた研究では、夏季の夜間においても、暑熱環境の進行により睡眠の質が低下することで睡眠障害の割合が上昇することが指摘されており ^{7106030, 7106031, 7106032}）、睡眠効率を 90%に維持するためには、体感指標として SET を 23～29℃に維持する必要性 ⁷¹⁰⁶⁰³³）や、東京 23 区における現状での睡眠阻害による年間の経済損失を約 301 億円と算出した事例 ^{7106034, 7106035}）が報告されている。都市部（東京、大阪、名古屋）を対象に寝室内外の気温・湿度と睡眠感に関してアンケートを実施した調査によれば、室内最高気温の上昇及び室外最低気温が 25℃を超えることで覚醒する人の割合が増加すること、冷房を使用していない場合に覚醒する人の割合が増加すると報告されている ⁷¹⁰⁶⁰³⁶）。屋外気温が疲労に与える影響については、慢性疲労の可能性のある人の割合は、日最高外気温が 12℃未満では 1℃上昇当たり 0.70%減少する一方で、日最高外気温が 24℃以上では 1℃上昇当たり 0.76%増加すると推定された ⁷¹⁰⁶⁰³²）。熱的快適性の指標の 1 つである UTCI¹⁰⁰を用いて、日本の長期傾向及び UTCI と熱中症患者数との関係性を評価した研究では、1980 年から 2020 年にかけて 140 地点中 109 か所で上昇傾向が検出されたこと、熱中症患者が急増する UTCI の閾値は北に位置する都市ほど低いことが示された ⁷¹⁰⁶⁰³⁷）。

⁹⁹ 標準有効温度、Standard new Effective Temperature。空間の快適性を評価する指標として検討された体感温度指標で、温熱的に同等な標準環境の気温（℃）を表す。屋内の熱環境の評価を基本としているが、気温、相対湿度、風速、黒球温度又は平均放射温度の温熱 4 要素に加え、人の代謝量と着衣量を考慮して評価する。（「まちなかの暑さ対策ガイドライン_令和 4 年度部分改訂版」（環境省）をもとに記載）

¹⁰⁰ 気温、平均放射温度、湿度、風速を用いて、人が感じる熱ストレスを 10 段階評価した熱的快適性の指標の 1 つとして開発された。

暑熱対策として「熱中症警戒アラート」発表時などには、熱中症のリスクを回避するための行動が推奨される一方で、教育現場や労働現場では活動制限の影響を受けていることが想定されるが、こうした学術的知見はまだ見つかっていない。

さらに、暑熱以外による影響も報告されている。

気候変動が住民の生活の質（QOL: Quality of life）に与える影響を評価した研究では、暑熱や洪水リスクなどが高い西日本は、東日本と比べて QOL の評価値が低い傾向にあったと報告されている。また、都市部は地方部と比較して QOL の評価値が低い傾向にあり、これは事故・防犯リスクに加えて感染症や熱中症リスクが高いためであると考察されている⁷¹⁰⁶⁰³⁸。一方、気候変動の深刻度認知に基づいて自治体を類型化した研究においては、農業依存度が高く、人口密度の低い自治体郡で深刻度認知が高い傾向にあり、これらの自治体では適応計画策定状況が高い傾向にあることが示された⁷¹⁰⁶⁰³⁹。この結果と主観的幸福感（QoL）がどのような因子によって決定づけられるかを解析した別の研究結果⁷¹⁰⁶⁰⁴⁰と関連づけて整理を行った結果、気候変動の深刻度認知の高い自治体と経済的状況や人とのつながり、地域環境・文化への満足度が低く、主観的幸福感が低い自治体は、上述の特徴が共通していた⁷¹⁰⁶⁰⁴¹。

気候変動リスクに対する価値観は、ライフステージ変化、加齢に伴う適応能力の変化、職業、気候変動への理解によって変わることが報告された。また、気候変動への理解促進が、洪水リスクが小さいエリアへの誘導など、土地利用を含めた適応策を推進させる可能性が示唆された⁷¹⁰⁶⁰⁴²。

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書によると、「エコ不安」と呼ばれる気候変動への不安が、複数の国で報告されていることを紹介している⁷¹⁰⁶⁰⁴³。米国やフィリピンを対象とした研究では、環境問題に関連したストレスや不安が精神的健康の低下と関連し、日本を含む 25 カ国を対象とした研究では、気候変動に対する否定的感情と精神的健康に負の相関が見られた⁷¹⁰⁶⁰⁴³。中国、インド、アメリカ、日本の 4 カ国を対象とした研究では、気候変動への不安は中国やインドで高く、日本やアメリカで低い傾向が見られた。気候変動への不安は、気候変動対策への参加と正の相関を示した⁷¹⁰⁶⁰⁴⁴。

また、近年、国外から流入したヒアリの国内定着が懸念されている。散発的には、茨城県や愛知県の内陸部でも、生息が確認されたことはあるが、2019 年になって東京湾岸で、大きなコロニーが発見された。ヒアリ咬傷では、土着のアリに比して炎症や腫れが強く、アナフィラキシーを起こす確率も高いと言われている^{7106045, 7106046}。ヒアリは亜熱帯・温帯地域でも生息が可能であることから、日本国内の定着のリスクには、細心の注意を払う必要がある⁷¹⁰⁶⁰⁴⁷。この他に、気温上昇によりハチ類やトコジラミ、ゴケグモ、アルゼンチンアリ等の衛生害虫の活動が活発化することで、刺咬被害が増加することも懸念される。

気候変動による自然災害の頻度の増加や激甚化により、心身に影響を及ぼす可能性がある。西日本で発生した平成 30 年 7 月豪雨において、健康に関する複数の報告がある。災害時の診療状況や被災者の状態を記録・報告するシステムである J-SPEED により、災害の急性期の傷病患者の精神的健康状態を評価した研究では、全医療相談の約 10%は不眠を含む精神的健康問題に関するものであり、そのうち 83%は災害後最初の 2 週間以内に発生した⁷¹⁰⁶⁰⁴⁸。また、洪水の際に自宅で暮らしていた高齢者の認知機能低下のリスクが増加したという報告⁷¹⁰⁶⁰⁴⁹や、高齢者の高齢者施設等への入所のリスクが増加し、その中でも自力で食事をすることができない人で特にリスクが高かったという報告がある⁷¹⁰⁶⁰⁵⁰。さらに、災害による生理学的状態を評価した研究では、尿タンパクの平均濃度が、災害後に 4.5 倍に増加した。これは、下水管の損傷及びに加えて、水不足による影響でトイレの使用が制限され、排尿頻度の低下が起きたことが原因であると考えられる。排尿頻度が低いと健康リスクが増大する可能性がある⁷¹⁰⁶⁰⁵¹。

北海道を対象に気象条件と雪下ろし作業時の死亡事故の関係を分析した文献では、日最高気温 0℃付近で死亡事故の発生が多いことが報告されている^{7106052, 7106053}。また、骨折に関して、2012 年～2016 年の日本の労働者死傷報告に関する全国データベースを用いた研究では、二次産業及び三次産業において 1 ヶ月あたりの降雪日数が 1 日増加するごとに骨折リスクは増加し、第一次産業及び第三次産業では、最低気温が 1℃上昇するごとに骨折のリスクが減少し、降雪や凍結との関連が示唆されている⁷¹⁰⁶⁰⁵⁴。これらのことから、冬季の気温上昇が進めば、降雪に関連した死傷事故が減少する可能性があると考えられる。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 大都市のヒートアイランドは、小幅な進行にとどまると考えられるが、既に存在するヒートアイランドに気候変動による昇温が加わり、気温は上昇し続ける可能性が高い。
- 気温上昇に伴い、暑さ指数（WBGT）が上昇傾向を示す可能性が高い。
- 熱ストレスの増加に伴い、疲労感・寝苦しさといった健康影響がさらに悪化する。特に昼間の気温上昇により、だるさや疲労感が増し、作業効率、教育、学習効果にも悪影響を及ぼすと予想されている。
- 2070 年代東京都内において暑熱により、だるさ・疲労感、熱っぽさ・寝苦しさといった健康影響の増加が予測されている。
- 気候変動により、東京都市部で、2090 年代には、高齢者が暑熱へ曝露するリスクの高い地域は増加する一方で、人口減少によりリスクが懸念される高齢者数は減少すると予測されている。
- 将来の気温上昇は都市の街区内の気温に直接的に影響を及ぼすが、市街地形態の変化が人間の快適性や熱関連リスクへの影響を緩和する可能性があることも指摘されている。

国内大都市のヒートアイランドは、今後は小幅な進展にとどまると考えられるが、既に存在するヒートアイランドに加えて気候変動による昇温が進むため、気温は引き続き上昇を続ける可能性が高い⁷¹⁰⁶⁰⁵⁵。また、都市計画の内容次第で都市域の気温分布が変化する可能性がある^{7106056, 7106057}。

また、名古屋の将来気候条件（2030 年、2070 年）を想定した検討では、保水性建材による対策効果は、気温や平均放射温度の上昇抑制には効果的であるが、湿度が上昇することの影響が大きく、温熱快適性の改善には寄与しないことが指摘されており、潜熱利用型のヒートアイランド対策の多面的な評価の必要性を示している⁷¹⁰⁶⁰⁵⁸。

気候変動のモデルを導入した数値解析により、将来の都市の気温上昇を予測した研究も進められている。2050 年代における名古屋の気温を、集中型都市と分散型都市で比較をした事例では、夏季 14 時の気温が 30℃を超える地点は、分散型都市で増加し集中型都市で減少する結果となっている⁷¹⁰⁶⁰⁵⁹。また、東京・名古屋・大阪の 2070 年代のヒートアイランド現象を予測した研究では（SRES A2 シナリオを前提とした、MIROC モデルによる予測）、夏季の早朝 5 時には広域ヒートアイランドが出現し、いずれの都市においても気温が 2000 年代に比べて 3℃程度上昇する可能性がある。時間頻度分布では、高温となる時間数の増加が予測されている⁷¹⁰⁶⁰⁶⁰。

暑夏であった 2010 年 8 月を基準に、温暖化後の名古屋都市圏の高温となる時間数を予測した研究では、SRES A2 シナリオでは 2070 年代以降、SRES B1 シナリオでは 2050 年代以降において、25℃未満の

気温となる時間数が存在せず、8月には1カ月間すべての日で熱帯夜が生じる可能性がある。また、2070年代にSRES B1シナリオに比べてA2シナリオの方が気温上昇が大きく（それぞれSRES A2シナリオで約2.5℃、SRES B1シナリオで約1.8℃）、2030年代・2050年代では、SRES B1シナリオの方で気温上昇が大きくなると予測される（それぞれA2シナリオで約0.4℃と約1.2℃、SRES B1シナリオで約1.2℃と1.3℃）⁷¹⁰⁶⁰⁶¹）。同じく名古屋を対象に2070年代8月の気温を予測した事例（SRES Aシナリオを使用）では、2000～2009年の8月の平均気温と比較して3℃程度上昇する可能性が高いと予測されている⁷¹⁰⁶⁰⁶²）。さらに、名古屋市を対象に空間解析により将来の都市部の気温を解析した研究では、SSP1-2.6は建築物が疎らで風通しがよいことにより気温上昇が小さく、SSP5-8.5は建築物の高層化により日陰面積が拡大する点で、他のシナリオよりも暑熱リスクが小さくなることが示唆され、将来の気温上昇は地区内の気温にも直接的に影響を及ぼす一方で、市街地形態の変化は人間の快適性や熱関連リスクへの影響を緩和する可能性があることが示された^{7106041, 7106063, 7106064}）。

全国を対象に21世紀末の8月のWBGTを予測した研究（RCP4.5シナリオを前提とした、MIROC5モデルによる予測）では、将来、暑熱環境が全国的に悪化し、日中平均WBGTは全国平均で2.5上昇する可能性がある。その昇温量は東北地方で大きく、例えば将来の秋田市は現在の大阪市のような気候になる可能性があることが示された⁷¹⁰⁶⁰⁶⁵）。

熱ストレスによる健康への影響については、2070年代8月の東京都内の暑熱による健康影響を予測した研究では（SRES A2シナリオを前提とした予測）、だるさ・疲労感、熱っぽさ・寝苦しさといった健康影響が現状より悪化し、特に昼間の気温上昇により、だるさ・疲労感がさらに増す可能性が示されている⁷¹⁰⁶⁰⁶⁶）。日本の気候変動による健康影響をまとめた総説では、外気温の上昇は、作業効率、教育、学習効果に悪影響を及ぼすと予想されると紹介している⁷¹⁰⁶⁰⁶⁷）。首都圏における2070年代の8月の暑さによる疲労と睡眠障害を回避するための支払い意思額（WTP）を予測した研究（SRES A2シナリオを使用）を紹介しており、疲労と睡眠障害を回避するためのWTP総額はそれぞれ2,140万米ドル、3,600万米ドルであった⁷¹⁰⁶⁰⁶⁶）。同総説はさらに、東京・名古屋・大阪の2070年代8月を対象に、環境悪化を阻止するために支払ってよい支払意思額を予測した事例（SRES A1Bシナリオを前提とした、複数の気候モデルによる予測）を紹介しており、熱中症と睡眠障害を回避するための1人当たりの支払意思額はいずれも年々増加し、2000年代と比べて1.5倍程度に増加し、熱射病を回避するためのWTP額の約2倍であったとしている⁷¹⁰⁶⁰⁶⁸）。

高齢者への影響については、東京都市部における高齢者の暑熱への曝露を予測した研究では、SSP5-8.5シナリオにおいて現在（2006～2015年）と比較して2090年代には、気候変動により高齢者が暑熱へ曝露するリスクの高い地域は増加する一方で、人口減少によりリスクが懸念される高齢者数は減少することが予測されている⁷¹⁰⁶⁰⁶⁹）。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

日本の大都市では気候変動による広域の温暖化にヒートアイランドの進展による気温上昇が重なり、中小都市と比べて気温の上昇率が高い。特に大都市圏の内陸域において高温な地点が増加し、大きな気温上昇が引き起こされている。また、大都市のみならず地方の中小都市においても、ヒートアイランドの影響を受け、都市化されていない場所に比べて長期的な気温上昇率が高い。

一方で、冬季の気温上昇が進むことにより、雪下ろしによる死亡事故や、降雪、路面凍結による骨折事故が減少する可能性がある。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、熱中症に対しては、地域気候変動適応計画、熱中症対策実行計画の策定、熱中症特別警戒アラート・熱中症警戒アラートの運用、気候変動適応情報プラットフォームの運営、「まちのクールオアシス」運動の実施⁷¹⁰⁶⁰⁶⁷⁾、(クーリングシェルター)の設置が行われている。また、ヒートアイランド対策推進会議により制定された「ヒートアイランド対策大綱」(2013年改定)により、①人工排熱の低減、②地表面被覆の改善、③都市形態の改善、④ライフスタイルの改善、⑤人の健康への影響等を軽減する適応策の推進、を柱とした対策が進められている。例えば、神戸市においては、異常高温対策として、人が多く集まる駅の周辺や公園などの屋外公共空間において、以下のような取組みが実施されている⁷¹⁰⁶⁰⁷⁰⁾。

- 微細ミストの設置
- クールベンチの設置
- 遮熱性舗装・保水性舗装
- 車道散水
- 木陰の創出・日よけ設備の設置

また、屋外において着衣の表面温度を計測した研究では、夏期の晴天時、濃緑又は黒と白との間の最大温度差は、15℃以上となることが明かとなり、屋外で着用する衣服の色彩選択は、夏期の熱中症リスクを軽減するための気候変動適応戦略の一つと考えられると述べられている^{7106071, 7106072)}。

適応策の効果に関する知見としては下記がある。

エアコンの使用の効果については特に多くの報告があり、日本を対象とした研究において、適切な使用で熱関連死亡や熱中症のリスクを抑制できるという報告がある^{7106073, 7106074, 7106075)}。また、欧米と日本を含む複数都市研究において、1972年から2009年にかけて夏季の超過死亡の減少とエアコンの普及率の増加との関連が示されている⁷¹⁰⁶⁰⁷⁶⁾。水域や植生により覆われた場所は、緑地植生による冷却効果により、不透水面に覆われた場所よりも地表面温度が低く、都市型ヒートアイランド現象の効果を緩和できるため、都市緑地整備が重要であると指摘されている⁷¹⁰⁶⁰²⁰⁾。神戸市における研究では、日中の市街地における樹木による緩和効果により、平均放射温度が周りより5℃程度下がることが示された⁷¹⁰⁶⁰⁷⁷⁾。また、紫外線カット素材によって紫外線による温度感覚を軽減でき、機能性ウェアにより蒸散性熱放散効果がみられることが認められている⁷¹⁰⁶⁰⁷⁸⁾。日傘の利用は、身体表面温度の低減等に有効である^{7106079, 7106080, 7106081)}。屋外でのサンシェード使用による暑熱リスク軽減の有効性を示した報告もある⁷¹⁰⁶⁰⁸²⁾。

IPCC第6次評価報告書第2作業部会報告書によると、自然に根ざした解決策(例えば、様々な空間スケールでの都市緑化)、植生、遮光、エネルギーコストの低下、屋上緑化、コミュニティガーデン、ビル内の空間調整の強化、最も脆弱な人口集団に対する公衆衛生システムへのより幅広いアクセス、公共料金(特に、電力)を通じた住民の経済的ストレスの軽減、都市緑化が不十分な地域における植樹が有効と示されている⁷¹⁰⁶⁰⁸³⁾。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性と その確信度の評価
現状 (約 1℃上昇)	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	重大性：レベル 3 確信度：レベル 2	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ 【社会】 気温上昇による睡眠障害や疲労の増大が報告されており、その影響の範囲は人口の多い都市部において特に増大し、生活の質・様式への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】 影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】 気温上昇による健康影響の悪化、作業効率、教育、学習効果への悪影響が予想されており、その影響の範囲は広く生活の質・様式への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】 影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】 気温上昇による健康影響の悪化、作業効率、教育、学習効果への悪影響が予想されており、その影響の範囲は広く生活の質・様式への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】 影響の予測結果が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】 重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 重大な影響が既に生じており、身体表面温度の低減等に有効である日傘の利用などの適応策が一部で進められているが、都市型ヒートアイランド現象を緩和するための都市緑地整備などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】 影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(7) レジャー・大規模イベント

ここでは、主に自然環境を利用して行うレジャーを対象とする。また、そのようなレジャーに影響を与える事項として、サクラの開花時期の変化、サンゴの減少、積雪量の減少、砂浜の侵食などについても取り扱う。さらに、オリンピックをはじめとしたスポーツ大会や野外コンサート等、大規模なイベントに関する影響についても本項で取り扱う。なお、人々の季節感の変化や伝統行事等と結びつく生物季節の変化とその影響は、後述する【精神的な基盤】(1) 自然環境でも扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- サクラの開花時期の変化、カエデやイチョウの全国的な紅葉の遅延、暖冬による積雪量の不足、知床半島の流水の減少、高潮等による海岸侵食・砂浜の消失等、観光資源への影響が生じている。
- キャンプ場へのアンケートでは暑熱・酷暑が「キャンプ場営業に影響のあった外的要因」の上位に挙げられている。
- オリンピック、ワールドカップなどの大規模イベントにおいて、熱中症リスクへの懸念から、試合の延期、開催時間や場所の変更などの対策が取られている。

IPCC 第6次評価報告書第2作業部会報告書では、気候変動により季節的な時期が変化しているだけでなく、生態系の構造と機能、レジリエンス、自然の適応能力が広範囲にわたって劣化しており（確信度が高い）、社会経済的に悪影響を伴っている（確信度が高い）こと、世界全体で評価した種の約半数は、極域方向に、又は陸域においてはより高い標高へも移動しており（確信度が非常に高い）、極端な暑熱の規模の増大によって、数百の種が局所的に喪失する（確信度が高い）とともに、陸域や海洋における大量死の現象（確信度が非常に高い）及び藻場の喪失（確信度が高い）が増加していることが報告されている⁷¹⁰⁷⁰⁰¹。これらの変化は、観光イベントの開催時期やレジャー、スポーツが可能な地域や時期を変化させる可能性がある。

● レジャー

レジャーに影響を与えると考えられる自然環境の変化について収集した個別の文献においては、日本国内におけるサクラを代表とした樹木の開花時期の変化や、気温及び降水量と積雪深の関係について推計した研究がある。

植物における生物季節に関しては、主にサクラに関して多くの報告があり、気温上昇や積雪量減少に伴う開花の早期化や開花期間の短縮化が報告されている^{7107002, 7107003, 7107004, 7107005, 7107006, 7107007}。また、サクラに関連した伝統行事への影響事例として、日光の弥生祭において、サクラの開花が早期化したことにより、屋台にサクラの生花ではなく、造花を用いることが多くなっているとの報告がある⁷¹⁰⁷⁰⁰⁸。埼玉県熊谷市や横浜市、仙台市などの都市部では、ヒートアイランド現象や構造物からの熱に相まって、ソメイヨシノの開花や花芽の成長速度が郊外に比べて早期化していることが報告されている^{7107009, 7107010, 7107011, 7107012}。一方で、冬季の気温上昇により、サクラの休眠解除に遅れが生じ、開花が遅れる地域が拡大していることも報告されている⁷¹⁰⁷⁰¹³。その他、カエデやイチョウの全国的な紅葉の遅延についても報告されている^{7107014, 7107015, 7107007}。

暖冬による積雪量の不足やスキー場への影響が報告されている^{7107016, 7107017}。気象庁による観測を基に

日本国内における気温及び降水量と積雪深の関係について推計した研究では、近年における積雪深の特徴として、2020年は積雪の少ない年であったが、その背景と考えられる気温と降水量の傾向は地域で異なり、北海道では記録的少雨、本州では記録的高温の年であり、これは各地域の気温及び降水量と最深積雪の相関の傾向と一致していたことを報告している⁷¹⁰⁷⁰¹⁸⁾。また12～2月の気温上昇により茨城県袋田の滝の凍結度が減少傾向にあること⁷¹⁰⁷⁰¹⁹⁾、世界遺産が位置する知床半島の流水が減少していること⁷¹⁰⁷⁰²⁰⁾、広島県厳島神社で台風・高潮被害が増加傾向にあること⁷¹⁰⁷⁰²¹⁾といった、観光資源への影響が全国で報告されている。

日本の温帯に位置する国立公園の一つである四国の足摺宇和海国立公園では、主に海面水温の上昇による造礁サンゴ分布の拡大、大型藻場の減少、サンゴ群落や大型藻場の構成種の変化が報告されている⁷¹⁰⁷⁰²²⁾。

また、茨城県波崎海岸や高知海岸などでは、気候変動影響の可能性のある海岸侵食が進行していると報告があり（詳細は自然災害・沿岸域分野の小項目「海岸侵食」参照）、砂浜の消失によってレクリエーション・スポーツの場が失われつつある。

一般社団法人日本オートキャンプ協会のアンケート結果（回答数106）において、2023年の「キャンプ場営業に影響のあった外的要因」として、「猛暑」「酷暑」が上位に挙げられている⁷¹⁰⁷⁰²³⁾。

● 大規模イベント

大規模イベントへの影響として、ロンドンオリンピック（2012年）、国際サッカー連盟ワールドカップブラジル大会（2014年）などの大規模なスポーツイベントにおいて、熱中症や日焼けリスクへの懸念から、スタッフへの普及啓発や応急対応計画の立案などの対策が進められた例がある⁷¹⁰⁷⁰²⁴⁾。また、2014年のテニスの全豪オープンでは気温が43℃に達して試合が延期、2021年の東京オリンピックのマラソンと競歩が暑熱への懸念から早朝の札幌で開催された例もある⁷¹⁰⁷⁰²⁵⁾。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 気温の上昇に伴いサクラの開花から満開までに必要な日数が短くなることで、花見ができる日数の減少、サクラを観光資源とする地域への影響が予測されている。
- 亜熱帯域のサンゴ群集における白化・死亡の頻度や規模の増加、造礁サンゴの分布域の高緯度側への拡大が予想されている。
- 気候の変化による山岳永久凍土の劣化が、トレッキングやトレイルの安定性に影響を与える可能性や、降雪の減少、気温上昇、大雨による雪解けの加速の影響により、雪渓上の登山道が消える可能性が指摘されている。
- 夏季の代表的なスポーツイベントであるオリンピックのマラソン競技に着目した研究では、RCP8.5の環境下において、アジアの半数以上の都市で、マラソンの開催をするべきでない暑熱環境に達すると予測されている。

● レジャー

サクラの開花時期の将来的な変化については、気候変動が2046～2065年及び2081～2100年におけるサクラの開花及び満開期間に及ぼす影響に関する研究（SRES A1B及びSRES A2シナリオを前提とした

CGCM3_1, CSIRO_Mk3_0, CSIRO_Mk3_5, GFDL_CM2_0, MIROC3_2_Medres, MRI CGCM2 3 2 モデルによる気候予測情報を使用)によると、いずれの将来期間においても開花は北日本などでは早まる傾向にあるが、西南日本では遅くなる傾向にあること、気温の上昇に伴い開花から満開までに必要な日数は短くなる可能性が高いことが予測されている⁷¹⁰⁷⁰²⁶⁾。

また、2081～2100 年の 4 種（サクラシダレザクラ、ソメイヨシノ、ヤマザクラ、サトザクラ）の開花日を予測した研究(SRES A1B シナリオを前提とした、3 つの領域気候モデル(NHRCM, NRAMS, TWRF)による気候予測情報を使用)によれば、気温上昇により東京都内で 30 日程度開花が早期化する可能性があるとしている⁷¹⁰⁷⁰²⁷⁾。

これらの研究では、開花から満開までの期間の短縮は、それだけ花見ができる日数が減ることになり、市民が楽しむ機会が減ること、観光産業にとっても観光資源が減少するという負の影響が現れるかもしれないこと（特に桜まつり等がゴールデンウィークに開催される地域）にも言及している。

また、人為的な気候変動により、サクラの開花期は平均して 1～2 週間早まり、中程度の排出シナリオでは今世紀末までに 1 週間早まるとの予測もあり、その結果、2021 年のような極端に早い開花がますます一般的になり、2100 年までには数年おきに起こる可能性があるとともに、その時にはもはや「極端な開花」とは分類されなくなると予想されている⁷¹⁰⁷⁰²⁸⁾。

サンゴ礁の生態系への影響については、サンゴ礁生態系にとって将来的な水温上昇は非常に致命的であるが、FORP-JPN02 に基づく将来の水温変化の予測結果からは、2000 年前後と比較して今世紀末には RCP2.6（低位安定化シナリオ）で 1～2℃程度、RCP8.5（高位参照シナリオ）では 3～5℃程度の上昇が予測されていることから、亜熱帯域のサンゴ群集にとっては白化・死亡の頻度や規模が著しく増加し、サンゴ礁生態系の劣化が一層進行することが想定される。一方で造礁サンゴの分布域の高緯度側への顕著な拡大も予想された。なお、温帯域では冬季の水温上昇は造礁サンゴの分布拡大において重要な環境要因であるが、同時に食害生物であるオニヒトデの生残条件の好適化にも寄与するため、造礁サンゴだけでなくオニヒトデの成育状況についても注視することが求められるとされた⁷¹⁰⁷⁰²⁹⁾。足摺宇和海国立公園とその周辺地域の 2090 年代を想定すると、RCP2.6 シナリオに基づく現状に比べて沿岸生態系の急激な変化は予測されないものの、サンゴの分布が北方に移動するため、オニヒトデによる食害が問題になることが予想されている。一方、RCP8.5 シナリオでは、水温の極端な上昇によりサンゴの成長が困難となり、海藻への摂食圧が増加すると予想されている⁷¹⁰⁷⁰²²⁾。

静岡県内の海水浴場における「将来」（2081 年～2100 年）の来場者数を評価した研究においては、来場者数の減少について、海浜消失の影響が大きいことが示された⁷¹⁰⁷⁰³⁰⁾。

積雪の減少や永久凍土の縮小については、地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース(d4PDF)の日本域予測値を基に、対象期間で最深積雪が最も小さい年の気温と降水量の産業革命以前比で 2℃、4℃上昇下の気候での出現頻度を算出した研究では、気温 2℃上昇時にも 2020 年のような少雪事例は 1～2 年に 1 度という高頻度で出現し、近い将来標準的な事例になることが予測された⁷¹⁰⁷⁰¹⁸⁾。スキーに関しては、2031～2050 年には降雪量及び最深積雪は北海道と本州の内陸の一部地域を除いて減少し、ほとんどのスキー場で積雪深が大きく減少すると予測されている⁷¹⁰⁷⁰³¹⁾。富山県のスキー場に及ぼす影響を予測した研究（A1B シナリオを前提とした MRI-AGCM3.2S モデルによる予測情報を使用）によれば、今世紀後半（2075 年～2099 年）にかけて約 50cm 程度の積雪深の減少を予測している⁷¹⁰⁷⁰³²⁾。岐阜県のスキー場を対象に影響を評価した研究では、「将来」の RCP8.5 シナリオにおける平均気温・降水量の予測値と求めた回帰式より、将来（2081 年～2100 年）の岐阜県内 21 スキー場の積雪深の平均は

165cm から 26.5cm (73.5%減) になることが示された [7107030](#))。

大雪山地の永久凍土を維持するのに適した気候条件の地域を予測した研究では、凍結融解指数を用いて、大雪山地の永久凍土に適した気候条件の面積は、2010 年時点で約 150km² と推定されたが、RCP8.5 シナリオではこの地域は 2050 年までに約 30km² に減少し、2070 年頃には消滅すると予測された。RCP2.6 シナリオでは、2100 年までに面積は約 20km² に減少すると予測された。山岳永久凍土の劣化は、斜面の変位によりトレッキングやトレイルの安定性に影響を与える可能性があり、現在の高山生態系にも悪影響を与える可能性がある。そのため、山岳生態系の変化を的確に把握し、今後大きく変化すると予測される環境に適応するための対策を講じることが重要であるとされた [7107033](#))。

同様に、これまでは、年間を通じて雪渓が存在し、登山道が雪渓上を通っている劔沢雪渓（富山県）においても、降雪の減少、気温上昇、大雨による雪解けの加速の影響により雪渓に切れ目（クレバス）が生じ、将来雪渓上の登山道が消えることが懸念されている [7107034](#))。

● 大規模イベント

地球温暖化が進行した場合に、屋外スポーツに対してどのような暑熱影響が発生するのか、夏季の代表的なスポーツイベントであるオリンピックのマラソン競技に着目して研究した例では、温暖化の進行に伴って、マラソンの開催をするべきでない暑熱環境の都市が増え、RCP2.6 下では世界の都市の 3%に、RCP8.5 では 27%に達すること、アジアにおいては、温暖化の進行に伴って最大で半数以上の都市がマラソンの開催をするべきでない暑熱環境となることが予測されている [7107035](#))。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

現在の影響については、日光の弥生祭においてサクラの開花が早期化したことにより屋台にサクラの生花ではなく造花を用いることが多くなっていること、埼玉県熊谷市や横浜市、仙台市などの都市部ではソメイヨシノの開花や花芽の成長速度が郊外に比べて早期化していることが報告されていること、カエデやイチョウの全国的な紅葉の遅延について報告がされている。

将来の予測においては、サクラの開花時期については北日本では早まり、西南日本では遅くなる傾向があること、東京都内では 30 日程度開花が早期化する可能性があることが報告されている。サンゴ礁の生態系については亜熱帯域のサンゴ群集にとっては白化・死亡の頻度や規模が著しく増加することが報告されている。永久凍土については、大雪山地の永久凍土に適した気候条件の面積は、2050 年までに約 30km² に減少し、2070 年頃には消滅すると予測された。また、スキー場の積雪深は、2031～2050 年にはほとんどのスキー場で大きく減少すると予測された。都道府県別の砂浜レクリエーション価値の損失額については、特に沖縄県、静岡県、千葉県、神奈川県、北海道、新潟県で総被害額が大きいとされた。

(適応策とその効果)

代表的な適応策としては次のようなものがある。

● レジャー

サンゴ礁生態系の衰退に対しては、『サンゴ礁生態系保全行動計画 2022-2030（環境省 2022）』等に基づき、継続的なモニタリングや赤土流出防止などの対策が進められている [7107036](#))。砂浜の侵食に対しては、国土交通省又は都道府県主導にて養浜などの対策事業が進められている [7107037](#))。積雪の変化に対

しては、3割強のスキー場で人工降雪機が導入されているという国土交通省の報告もあり、既に適応策として、積雪量の維持に活用されている⁷¹⁰⁷⁰³⁸⁾。国土交通省観光庁による「国際競争力の高いスノーリゾート形成促進事業」による取組支援も行われている。

● 大規模イベント

大規模イベントにおいては、熱中症や日焼けリスクへの懸念から、スタッフへの普及啓発や応急対応計画の立案などの対策が行われている⁷¹⁰⁷⁰²⁴⁾。また、環境省では、『夏季イベントにおける熱中症対策ガイドライン 2020』を作成、イベントを安全に実施するために、暑さ指数の活用、開催時間の工夫、設備の活用、人込み緩和などの対策について取りまとめている。日本国際博覧会では、同ガイドラインを参考に、暑さ指数(WBGT)を指標とした対策を実施するとともに、熱中症患者が発生した場合は会場内の医療救護施設にて診療・応急手当を実施することとした。具体的には、協会のHPや場内放送、デジタルサイネージを用いた情報提供、給水環境の整備、医療救護対策として、診療所や応急手当所の設置、待機列等への対策として、入場ゲートにスポットエアコンの配備、遮熱性舗装の整備、テント・パラソルを利用した日射抑制等である⁷¹⁰⁷⁰³⁹⁾。

また、2021年に行われた東京オリンピックでは、選手や競技役員向けに、競技スケジュールや競技中断・中止基準の設定、医務室・救急車の配備、遮熱性舗装の実施等、観客向けには仮設給水栓の設置、屋外の観客席への座面温度抑制シートの設置、HP等を活用した情報発信等の対策を実施したほか⁷¹⁰⁷⁰⁴⁰⁾、競技会場周辺の観客利用想定駅と競技会場出入り口とを結ぶ、観客が歩行するルート「ラストマイル」において、以下の暑さ対策が行われた⁷¹⁰⁷⁰⁴¹⁾。

- 路面温度の上昇を抑制する遮熱性舗装や保水性舗装を整備し、歩行時の暑さを緩和
- 街路樹の計画的なせん定により、木陰を確保
- 送風機やベンチ等を備えた休憩所を設置
- 休憩所では暑さ対策グッズ（うちわとして使用できるチラシ、ネッククーラー）等を配布
- 帽子の利用など観客自らができる熱中症予防策の発信や、シティキャスト等による水分補給の呼び掛けなど観客への注意喚起を実施

適応策の効果に関する知見として上記の暑熱対策について、国土交通省の検討会が、路面温度上昇抑制舗装、緑陰形成、壁面緑化の効果について検証したところ、保水性舗装は散水が必要で、遮熱性舗装の方が効果的であること、緑陰形成は温度低減効果が大きく、壁面緑化は効果が限定的であることが示された⁷¹⁰⁷⁰⁴²⁾。

マラソンに対する適応策としては、10月開催が有効であり、早朝・深夜開催の効果は限定的であることが示された⁷¹⁰⁷⁰³⁵⁾。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約1℃上昇）	約1.5～2℃上昇時	約3～4℃上昇時	
重大性：レベル2 確信度：レベル3	重大性：レベル2 確信度：レベル3	重大性：レベル3 確信度：レベル3	緊急性：レベル3 確信度：レベル3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ 【社会】サクラの開花等生物季節の変化、暖冬による積雪量の変化、高潮等による砂浜の減少等による観光資源への影響や、熱中症リスクへの懸念から大規模イベントの開催時間等への影響がすでに発生しており、その影響の範囲は複数の観光資源に及び、生活の質・様式への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ 【社会】サクラの開花等生物季節の変化の拡大、サンゴ礁等白化減少や生息域の変化、砂浜侵食、少雪事例の高頻度化、大雪山の永久凍土の大幅な減少等が予測されており、その影響の範囲は複数の観光資源に及び、生活の質・様式への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】サクラの開花等生物季節の変化の拡大、サンゴ礁等白化減少や生息域の変化、砂浜侵食、少雪事例の高頻度化、大雪山の永久凍土の消滅、屋外競技の制限等が予測されており、その影響の範囲は 1.5℃～2℃上昇時と比較してさらに拡大し、生活の質・様式への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、緑陰形成などの適応策が一部で進められているが、イベント開催時期の見直し、路面温度上昇抑制舗装、スキーリゾートにおける積雪量維持のための対策などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

(8) 災害避難

ここでは主に、災害による曝露人口や避難所の収容人数、要配慮者の避難について扱う。災害による被害全般については自然災害・沿岸域分野にて扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 全国の洪水氾濫・内水氾濫・斜面崩壊の総曝露人口は、約 223 万人/年と推定されている（2015 年の人口データを使用）。
- 要配慮者に対する影響が大きく、高齢者施設等において、浸水による死亡事例や避難のタイミングが遅れる事態が生じている。

全国における洪水氾濫・内水氾濫・斜面崩壊の総曝露人口は、約 223 万人/年と推定されている（2015 年の人口データを使用）⁷¹⁰⁸⁰⁰¹。

このような災害の直接曝露による避難以外に、避難しなければならない事態が起こることがある。平成 29 年 8 月下旬に九州北部地方を襲った集中豪雨では、佐賀県の鉄工所で発生した油流出事故による汚染が広がり、病院が孤立し、住民が避難しなければならない事態となったことが報告されている^{7108002, 7108003}。

災害時の避難については、多くの自治体でハザードマップが作成されているが、ハザードマップと避難に関する課題が指摘されている。洪水ハザードマップは 98%（2021 年 7 月末時点）、土砂災害ハザードマップは 95%（2021 年 9 月末時点）の市区町村で作成が完了しているが⁷¹⁰⁸⁰⁰⁴、令和元年東日本台風後に、東京都世田谷区にて被災地区の住民に行ったアンケート調査では、ハザードマップを事前に確認していた世帯でも、むしろ安全であるという認識を持ち避難しない世帯もあったことが指摘されている⁷¹⁰⁸⁰⁰⁵。

平成 29 年 7 月九州北部豪雨によって、福岡県朝倉市赤谷川流域においては甚大な土砂災害被害が発生したが、被災住民に対するアンケート調査では、赤谷川流域では、避難者は全体の 57%、避難しなかった人は全体の 35%、避難できなかった人は全体の 8%であった。避難者の 41%は被災後に自力避難又は救助されていた。避難したきっかけは「近くで被害を見聞きしたから」が最も多く、避難者の多くが周囲の環境変化に身の危険を感じて避難を開始したと考えられている⁷¹⁰⁸⁰⁰⁶。また、大分県国東市におけるアンケート調査では、木造住宅や平屋建てに住んでいる人ほど、危険性を感じて自宅から避難する傾向が強いことや、避難所生活への不安感が高くなるほど自宅に留まる傾向などが見られている⁷¹⁰⁸⁰⁰⁷。

要配慮者に関しては、浸水による死亡事例の報告や、避難に係る事前準備の重要性が指摘されている。平成 30 年 7 月豪雨後の、広島県の沼田川流域に位置する介護老人保健施設への聞き取り調査では、施設の浸水被害により、高台にある系列施設への避難などを行ったことが報告されている⁷¹⁰⁸⁰⁰⁸。令和 2 年 7 月豪雨では、熊本県球磨村の特別養護老人ホームにおいて、避難確保計画を作成していたにもかかわらず 14 名が亡くなった⁷¹⁰⁸⁰⁰⁴。また、熊本県芦北町の高齢者施設でも、より安全な避難のタイミングを逃していたとの指摘がある。その主な理由として、想定外の出来事であったこと、情報が活用されなかったこと、マンパワーが足りなかったこと、浸水の速度が速かったことなどが考えられている⁷¹⁰⁸⁰⁰⁹。なお、文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025」では、地球温暖化の影響により、平成 29 年 7 月九州北部豪雨では、大雨の発生確率が、平成 30 年 7 月豪雨の大雨発生確率・強度、及び令和 2 年 7 月豪雨の強度が高められたことが示されている⁷¹⁰⁸⁰¹⁰。

また、東京都足立区・荒川区を対象に、荒川右岸堤防の決壊を想定し、主要要配慮者施設までの浸水プ

ロセスを解明した研究では、足立区と荒川区では堤防決壊後 30 分の時点で氾濫水が到達する施設が多く、その周辺の道路ではすでに冠水が始まっていると示している（年発生確率 1/200 とされる値より 0.60m ほど高い水位が長時間持続し、西新井橋地点の堤防が 300m にわたって決壊することを想定）。立地によっては、安全な場所を目指して「水平避難」を試みるよりは、建物の 3 階以上のフロアへと移動する「垂直避難」を選択すべきだが、たとえば墨田区の北部には 3 階建て以下の施設が多く存在していると指摘している。入院患者を抱える医療機関や車いすの使用頻度の高い高齢者施設からの避難は、ひとたび道路冠水が発生してしまうとかなり難しいものとなるうえ、支援する健常者にとっても危険を伴うものとなし、施設の管理者は、避難場所と避難のタイミングを日頃から考えておくことが極めて重要であるとしている ⁷¹⁰⁸⁰¹¹）。

保育園・幼稚園での避難に関する課題も指摘されている。令和元年 8 月の前線に伴う大雨、令和 2 年 7 月豪雨、令和 3 年 8 月豪雨により被災した保育所・幼稚園での聞き取り調査では情報収集の方法と保護者への情報伝達、避難が長時間に及ぶ場合の備え、保護者や職員の安全確保、保育施設と保護者の連絡の 4 点に関しての課題が見られたとしている。特に情報収集の方法と保護者への情報伝達に関しては、複数の情報収集方法をもつこと、自治体の方針を参考にしつつも園独自の避難行動開始基準をもつこと、保護者の安全確保を考慮した迎えの要請の重要性など多くの示唆が得られている ⁷¹⁰⁸⁰¹²）。

また、新型コロナウイルス感染症の流行に伴い、避難所での感染症対策を行政に求める人が多かったこと、感染症対策が実施されたことが報告されている（詳細は健康分野の小項目「その他の感染症」「その他の健康影響」を参照）。

被災した自宅での生活を余儀なくされる事例があり、その理由として、2 階は居住可能であった ⁷¹⁰⁸⁰⁰⁵）、災害救助法による応急仮設住宅の適用を受けることができない半壊以下の判定となった ⁷¹⁰⁸⁰¹³）、などが挙げられている（詳細は本分野の「住居・住宅」を参照）。

なお、大雨、台風、浸水等での避難による影響として、コミュニティの変化や社会参画の機会の損失が見られたことが報告されている（詳細は本分野の「地域社会」、「公平性・社会的弱者への配慮」を参照）。

（将来予測される影響）

〔概要〕

- 全国の洪水氾濫・内水氾濫・斜面崩壊による総曝露人口は、SSP1 において約 120 万人/年、SSP2 において約 99 万人/年、SSP3 において約 63 万人/年、SSP4 において 78 万人/年、SSP5 において 130 万人/年と推定されている（2100 年の人口データを使用）。
- 海面水位の上昇と潮汐による全国の潜在的浸水面積は、2050 年には約 2,111～2,127 km²、2100 年には 2,261～2,598 km² となると予測され、特に有明海沿岸域・伊勢湾・大阪府・東京都で大きくなる。海面水位の上昇による全国の影響人口は、低排出シナリオで、2050 年には約 445 万人～470 万人、2100 年には約 376 万人～492 万人と推計されている。
- 海面水位の上昇が生じると、台風、低気圧の強化が無い場合にも、現在と比較して高潮、高波による被災リスクが高まる。
- RCP8.5 シナリオによる石川県の梯川流域を対象とした研究では、21 世紀末の洪水氾濫発生時には、指定避難所によっては数百～数千人の避難者を収容する必要があり、日中の人口が増えるエリアでは、収容すべき人数が 170～350 人程度増えることが予測されている。

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、短期（2021～2040 年）においては、自然と人間のシステムに対する気候関連のリスクは、排出シナリオ間の気候ハザードの違いよりも、その脆弱性や曝露における変化により大きく依存する（確信度が高い）と指摘されている [7108014](#)）。また、リスクは地域間で異なり、種や人々が上限温度付近で生存しているところ、海岸線沿い、氷や季節河川と密接に関連するところで最も高い（確信度が高い）と指摘されている [7108014](#)）。長期（2041～2100 年）においては、直接的な洪水による損害は、適応がない場合、1.5℃の地球温暖化に比べて、2℃で 1.4～2 倍に、3℃で 2.5～3.9 倍になり（確信度が高い）、100 年確率の沿岸洪水に潜在的に曝される人口は、人口変動及び追加的な適応がない場合に、世界平均海面水位が 2020 年の水準から 0.15m 上昇すると約 20%増加し、0.75m の上昇で 2 倍、1.4m の上昇で 3 倍になる（確信度が中程度）と予測されている [7108015, 7108016](#)）。

各種災害による曝露人口の予測を行っている文献は複数あり、SSP シナリオ別に 2100 年の人口データを用いて曝露人口を算出した研究では、全国の洪水氾濫・内水氾濫・斜面崩壊による総曝露人口は、SSP1 において約 120 万人/年、SSP2 において約 99 万人/年、SSP3 において約 63 万人/年、SSP4 において 78 万人/年、SSP5 において 130 万人/年と推定された。ハザードの高い地域に人口が集中する度合いの高い上位 3 都道府県は、洪水氾濫では和歌山県・徳島県・富山県、内水氾濫では埼玉県・福岡県・東京都、斜面崩壊では石川県・福島県・富山県であるとされている [7108001](#)）。

全国の潜在的浸水面積（海岸構造物を無視した標高と海面水位の比較による浸水面積）は、2050 年には 2,111～2,127km²、2100 年には 2,261～2,598km²と指摘されており、大阪府・東京都で大きくなるが、潮汐による浸水も考慮すると、有明湾・伊勢湾沿岸で最も大きくなる。全国の影響人口は、将来の人口変化を考慮すると、低排出シナリオでは 2030 年代中頃から 2050 年頃にピークを迎え、その後減少していくとされている。2050 年には約 445 万人～470 万人、2100 年には約 376 万人～492 万人と推計されている [7108017](#)）。海面水位の上昇が生じると、台風、低気圧の強化が無い場合にも、現在と比較して高潮、高波による被災リスクが高まる（海面水位の上昇による影響の詳細は自然災害・沿岸域分野の小項目「海面水位の上昇」を参照）。

石川県の一級河川梯川流域を対象とし、人口減少を考慮して 21 世紀末の洪水氾濫発生時の要避難者数の分布を求めた研究では、氾濫解析において最大浸水深が 0.5m 以上の地域にいる人を要避難者とする、指定避難所によっては数百～数千人の避難者を収容する必要があると指摘している。昼夜間の違いをみると、日中の人口が増えるエリアでは、夜間に比べて収容すべき人数が 170～350 人程度増えており、エリアによっては日中の避難者が増えているとしている（RCP8.5 シナリオを前提とした複数の気候予測情報を使用） [7108018](#)）。

（特に強い影響を受ける地域・対象）

現在、風水害に脆弱な地域や、要配慮者に対する影響が大きい。

将来において、ハザードの高い地域に人口が集中する度合いの高い上位 3 都道府県は、洪水氾濫では和歌山県・徳島県・富山県、内水氾濫では埼玉県・福岡県・東京都、斜面崩壊では石川県・福島県・富山県とされている。また、沿岸の低平地では海面水位の上昇による影響を強く受けるとされている。

（適応策とその効果）

代表的な適応策として、内閣府のガイドラインでは、市町村が高齢者等避難や避難指示、緊急安全確保に関する発令基準や情報伝達、防災体制を検討する際の参考事項が示されている [7108019](#)）。消防庁の手引き

では、防災行政無線等、電話の一斉送信システム、メールや SNS などの情報伝達方法が紹介されている [7108020](#)。

要支援者向けには、避難行動要支援者名簿や個別避難計画の作成が求められている [7108021](#)。そのほか、車いす利用者や寝たきりの入居者を短時間で安全な場所へ移動させるため、河川の水位情報や避難指示等の避難情報を活用して早めに判断できる行動の目安を決めておくこと、緊急参集体制のルールを作っておくこと、状況悪化が予見される時にはあらかじめ職員を増員しておくこと、夜間を想定した避難訓練を行うことの必要性が指摘されている [7108008](#)。また、災害対策基本法に基づき、指定避難所とは別に、要配慮者指定福祉避難所の設置が求められている。

また、水害等の被災者が避難所として利用する全国の小中学校の体育館について、避難所機能を強化し、耐災害性の向上を図る観点から、空調設備整備臨時特例交付金を新設（補助時限：令和 15 年度まで）し、空調整備を加速させる方針が文部科学省より示されている [7108022](#)。

避難の判断を支援するシステムとして、都市浸水予測と連動した経路検索システムの研究では、このシステムによって、浸水発生時においても移動可能な経路を見いだすことが出来ること [7108023](#)、道路冠水の水位予測が通行規制の開始と解除の判断に利用できる可能性があること [7108024](#)が挙げられる。

なお、日本建築学会は、これまで避難行動や災害時の施設計画に注力してきたが、それだけではなく、中長期的に実効性のある土地利用誘導や災害危険区域等での居住床高さレベル規制、浸水後速やかに機能回復できる設計手法等、地域のハザードに対応したメリハリのある建築づくり、まちづくりが必要であると提言している [7108003](#)。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	重大性：レベル 3 確信度：レベル 3	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

- ◇ 【社会】高齢者施設等において浸水による死亡事例や避難の遅れが既に発生しており、その対象として特に要配慮者に対しての影響が大きく、人命の損失が発生しており、生活の質・様式への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】水害や海面水位の上昇による浸水被害の曝露人口の増加が予測されており、その影響の範囲は、洪水氾濫・内水氾濫・斜面崩壊で数十万人～百万人程度、海面水位の上昇による浸水被害で数百万人と、生活の質・様式への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】予測結果が文献間で概ね一致している。

<3~4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 3

- ◇ 【社会】水害や海面水位の上昇による浸水被害の曝露人口の増加が予測されており、その影響の範囲は、洪水氾濫・内水氾濫・斜面崩壊で数十万人～百万人程度、海面水位の上昇による浸水被害で数百万人と、生活の質・様式への影響は特に深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】予測結果が文献間で概ね一致している。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

- ◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】既に重大な影響が生じており、道路冠水の水位予測などの適応策が一部で進められているが、避難に関する情報伝達方法の検討や、要配慮者の避難計画の策定、避難所への空調設備の設置などの追加的な適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

【精神的な基盤】

(1) 自然環境

ここでは、人間活動や文化に係る生物季節とそれに由来する国民生活の中で感じる季節感及び人と自然や野生生物との関わりの変化を主に扱う。なお、分布が広域で複数の生態系を利用する種又は都市域等の身近な生態系における生物季節の変化、及びこれらの国土スケールにおける変化等については、自然生態系分野の「生物季節」で扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 国民にとって身近なサクラ、イチヨウ、セミ、野鳥等の動植物の生物季節の変化が報告されている。特に、都市部のサクラについては、ヒートアイランド現象と相まって、郊外に比べて、開花や花芽の成長速度が速まっている。
- 生物季節の変化が国民の季節感や地域の伝統行事・観光業等に与える影響について、日光においてサクラの開花の早期化が地元の祭行事に影響を与えている事例が生じている。
- 気候変動による猛暑の増加がヒトとツキノワグマの衝突の増加に寄与している可能性がある。

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、気候変動により季節的な時期が変化しているだけでなく、生態系の構造と機能、レジリエンス、自然の適応能力が広範囲にわたって劣化しており（確信度が高い）、社会経済的に悪影響を伴っている（確信度が高い）こと、世界全体で評価した種の約半数は、極域方向に、又は陸域においてはより高い標高へも移動しており（確信度が非常に高い）、極端な暑熱の規模の増大によって、数百の種が局所的に喪失する（確信度が高い）とともに、陸域や海洋における大量死の現象（確信度が非常に高い）及び藻場の喪失（確信度が高い）が増加していること、氷河の後退に起因する水循環の変化の影響、又は永久凍土融解に起因する一部の山岳生態系や北極域の生態系における変化が報告されている⁷²⁰¹⁰⁰¹）。

これらの変化は、国民にとって身近な動植物の生物季節の変化を生じさせる可能性があり、国民生活の中で感じる季節感及び人と自然や野生生物との関わりに影響を与える可能性がある。

収集した個別の文献においては、日本国内におけるサクラを代表とした樹木の開花時期の変化や、ツバメ等の野鳥の飛来・繁殖時期やセミの繁殖時期の早期化や聞き始め・聞き終わりの時期の変化についての研究がある。

植物における生物季節に関しては、主にサクラに関して多くの報告があり、気温上昇や積雪量減少に伴う開花の早期化や開花期間の短縮化が報告されている^{7201002, 7201003, 7201004, 7201005, 7201006, 7201007}）。また、サクラに関連した伝統行事への影響事例として、日光の弥生祭において、サクラの開花が早期化したことにより、屋台にサクラの生花ではなく、造花を用いることが多くなっているとの報告がある⁷²⁰¹⁰⁰⁸）。埼玉県熊谷市や横浜市、仙台市などの都市部では、ヒートアイランド現象や構造物からの熱に相まって、ソメイヨシノの開花や花芽の成長速度が郊外に比べて早期化していることが報告されている^{7201009, 7201010, 7201011, 7201012}）。一方で、冬季の気温上昇により、サクラの休眠解除に遅れが生じ、開花が遅れる地域が拡大していることも報告されている⁷²⁰¹⁰¹³）。その他、カエデやイチヨウの全国的な紅葉の遅延についても報告がされている^{7201014, 7201015, 7201007}）。

動物については、ツバメ等の野鳥の飛来・繁殖時期の全国的な変化^{7201003, 7201016, 7201017}、セミの繁殖時期の早期化や聞き始め・聞き終わりの時期の早期化^{7201018, 7201019}、猛暑の増加によるヒトとツキノワグマの衝突の増加⁷²⁰¹⁰²⁰、天然アユの降河季節の晩期化⁷²⁰¹⁰²¹が報告されている。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 将来のサクラの開花は北日本等では早まる傾向にあるが、西南日本では遅くなることが予測されている。今世紀中頃及び今世紀末には、気温の上昇により開花から満開までに必要な日数は短くなる可能性が高く、花見ができる日数の減少、サクラを観光資源とする地域への影響が予測されている。
- ナンコウウメの開花期間について、3°Cの気温上昇により、花粉媒介者の生物季節とのミスマッチが生じることで自然受粉に影響が生じることが予測されている。
- 日本の沿岸における指標魚類の分布が日本の北部に向かって拡大することが予測され、同様の現象が他の様々な魚種でも発生すれば、様々な生態系サービスに影響を及ぼすと予測されている。

植物の開花時期については、気候変動が 2046～2065 年及び 2081～2100 年におけるサクラの開花及び満開期間に及ぼす影響に関する研究 (SRES A1B シナリオ及び SRES A2 シナリオを前提とした CGCM3_1, CSIRO_Mk3_0, CSIRO_Mk3_5, GFDL_CM2_0, MIROC3_2_Medres, MRI CGCM2 3 2 モデルによる気候予測情報を使用) によると、いずれの将来期間においても開花は北日本などでは早まる傾向にあるが、西南日本では遅くなる傾向にあること、気温の上昇に伴い開花から満開までに必要な日数は短くなる可能性が高いことが予測されている⁷²⁰¹⁰²²。加えて、2081～2100 年の 4 種 (サクラシダレザクラ、ソメイヨシノ、ヤマザクラ、サトザクラ) の開花日を予測した研究 (SRES A1B シナリオを前提とした、3 つの領域気候モデル (NHRCM, NRAMS, TWRF) による気候予測情報を使用) によれば、気温上昇により東京都内で 30 日程度開花が早期化する可能性があるとしている⁷²⁰¹⁰²³。これらの研究では、開花から満開までの期間の短縮は、それだけ花見ができる日数が減ることになり、市民が楽しむ機会が減ること、観光産業にとっても観光資源が減少するという負の影響が現れるかもしれないこと (特に桜まつり等がゴールデンウィークに開催される地域) にも言及している。また、人為的な気候変動により、サクラの開花期は平均して 1～2 週間早まり、中程度の排出シナリオでは今世紀末までに 1 週間早まるとの予測もあり、その結果、2021 年のような極端に早い開花がますます一般的になり、2100 年までには数年おきに起こる可能性があるとともに、その時にはもはや「極端な開花」とは分類されなくなると予想されている⁷²⁰¹⁰²⁴。

サクラ以外では、ナンコウウメの開花期間について、野外より 3°C 高い温度条件下で育成した実験結果では、3°C の高温化によって、開花期間が短縮化されることにより花粉媒介者の生物季節とのミスマッチが生じることで自然受粉が困難となるという報告もみられる⁷²⁰¹⁰²⁵。

日本の沿岸における魚の分布については、将来変化を予測した研究において指標として 6 種の魚類の分布の将来予測を行い、日本の北部に向かってその分布が拡大すると予想されている。また、これらの指標種と同様に様々な魚種の分布域が北上すれば、人間社会に対する様々な生態系サービスに影響を及ぼすと予測されている⁷²⁰¹⁰²⁶。

ヒトとツキノワグマの衝突については、気候変動が誘発する暖冬と猛暑は、プラスにもマイナスにも作用する可能性があることが報告されている。例えば、猛暑によりツキノワグマの主要な食料源であるブナ等の堅果等が減少し、ヒトとツキノワグマの衝突を増加させる可能性があることが報告されている ⁷²⁰¹⁰²⁰。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

自然生態系分野のうち生物季節小項目で特に強い影響を受ける地域・対象のうち、国民生活と密接な関係をもつ地域・対象で特に強い影響を受けると考えられるが、現時点では研究が進んでおらず、具体的な情報に乏しい。

花見等のイベントと結びついているサクラ等の開花時期の変化、食生活に大きな影響を与える魚類の分布域の変化は、現時点では特に注目すべき対象であると考えられる。

(適応策とその効果)

代表的な適応策として、花見等のイベントについては開催日程の変更、魚種の変化については食生活の変更で対応することが適応策になると考えられる。一方、それ以外の影響については現時点では研究が進んでおらず、具体的な情報に乏しい。

適応策の効果については、現状では十分な知見が確認できていない。

なお、自然環境そのものへの適応策については、自然生態系分野の小項目「生物季節」を参照。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 1	重大性：レベル 1	重大性：レベル 1	緊急性：レベル 1
確信度：レベル 2	確信度：レベル 1	確信度：レベル 1	確信度：レベル 1

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

- ◇ 【社会】サクラの開花等生物季節の変化が既に報告されているが、それによる生活の質・様式などへの影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 2

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
- ◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 1

- ◇ 【社会】サクラの開花等生物季節の変化、魚の分布域の変化等が予測されているが、それによる生活の質・様式などへの影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】影響の予測結果がごく少数の学術論文・官公庁報告書等で示されて

いる。

- ◇ 【知見の一致度】 知見の量が少ないため判断できない。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 1

- ◇ 【社会】 サクラの開花等生物季節の変化、魚の分布域の変化等が予測されているが、それによる生活の質・様式への影響は深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】 影響の予測結果がごく少数の学術論文・官公庁報告書等では示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 知見の量が少ないため判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 1

- ◇ 【影響の発現時期】 重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が低い。
- ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 —

➤ 確信度：レベル 1

- ◇ 【知見の種類・量等】 影響の発現時期がごく少数の学術論文・官公庁報告書等では示されている。
- ◇ 【知見の一致度】 知見の量が少ないため判断できない。

(2) 文化・歴史

ここでは、自然環境以外の伝統行事など地域の文化・歴史的建造物等への影響、地域独自の伝統行事や地場産業等への影響を主に扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 地場産業や地域の伝統産業については、気温上昇に伴い、例えば、兵庫県で酒米品種の検査等級・精玄米歩合の低下、長野県で寒天産業への影響等が生じている。
- 自然災害による博物館や文化財への被害、地域の文化や観光への影響が生じている。

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、回避できない海面水位上昇は、連鎖的及び複合的な影響をもたらし、短期から長期にわたり、文化的価値観に対するリスクをもたらす（確信度が高い）とされている ⁷²⁰²⁰⁰¹。

気候変動影響による地場産業への影響として、コメの登熟期間の気温上昇により、兵庫県の酒米品種の検査等級・精玄米歩合が低下している事例や ⁷²⁰²⁰⁰²、気温上昇により、北海道でワイン品種ブドウの産地が拡大している報告が見られる ⁷²⁰²⁰⁰³。伝統産業への影響として、長野県茅野市の天然寒天の生産可能期間の短期化に伴う生産効率の悪化、高温化による品質の悪化や生産コストの上昇等も挙げられている ^{7202004,7202005}。地域独自の伝統行事への影響として、諏訪湖での御神渡りなしとなる頻度の増加、高潮による厳島神社回廊の冠水回数の増加が報告されている ^{7202006, 7202007, 7202008}。

自然災害による文化財への影響もある。豪雨災害によって、紙や木材、金属などの文化財や無形文化財が被害を受け、伝統的な祭や習わしも途絶える恐れがある ⁷²⁰²⁰⁰⁹。歴史的建造物への影響としては、大阪湾周辺の沿岸域には、多くの観光資源や指定文化財があり、洪水による浸水リスクが高い ⁷²⁰²⁰¹⁰、広島県厳島神社で台風・高潮被害が増加傾向にある ⁷²⁰²⁰¹¹、京都に点在する神社仏閣等の文化遺産の多くは山地斜面に位置しており、土砂災害の潜在的危険性が高い ⁷²⁰²⁰¹²、という指摘がある。京都においては、清水寺境内及び近傍斜面においては、約 50 年間で降雨に伴う斜面崩壊が 4 回発生していることが分かっている ⁷²⁰²⁰¹²。

平成 29 年 10 月の台風第 21 号では、長野県の戸隠神社奥社の杜の杉並木が倒木・腐朽の被害にあった ⁷²⁰²⁰¹³。令和元年東日本台風が全国で被害をもたらし、横浜市博物館の市民ミュージアムでも収蔵庫内部の空気環境の悪化など深刻な状況に陥った ⁷²⁰²⁰¹⁴。令和 2 年 7 月豪雨では、広範囲に渡り記録的な集中豪雨がもたらされ、熊本県八代市坂本町の神社や旅館など歴史的建造物の被害が確認された ⁷²⁰²⁰¹⁵。また、国宝神谷神社本殿（香川県）や重要文化財日吉神社三重塔（岐阜県）での落雷火災 ^{7202016, 7202017}、国宝長保寺本堂・史跡和歌山藩主徳川家墓所（和歌山県）への土砂災害 ⁷²⁰²⁰¹⁸などが確認された。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 落雷による火災増加に伴う、日本の歴史的建造物への影響が予測されている。

気候変動による地域の伝統行事や観光・地場産業等への将来予測される影響については知見が限られている。東京の博物館や歴史的建造物を対象とした研究では、落雷による火災が将来増えると予測され、

日本の建築物には木材が使用されているものが多く、火災発生頻度の増加が予想されると報告している⁷²⁰²⁰¹⁹⁾。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

国民生活分野の小項目文化・歴史については、農業・林業・水産業分野、自然災害・沿岸域分野、産業・経済活動分野等と関係があり、これら分野で特に強い影響を受ける地域・対象のうち、国民生活と密接な関係をもつ地域・対象で特に強い影響を受けると考えられるが、現時点では研究が進んでおらず、具体的な情報に乏しい。

(適応策とその効果)

代表的な適応策は、おおむね農業・林業・水産業分野、自然災害・沿岸域分野、産業・経済活動分野等と同様と考えられる。

ハード的な適応策の事例としては、暖冬続きで製造工程における冷却作業が難しくなったことから、日本酒醸造企業が岐阜県から北海道に移転した例⁷²⁰²⁰²⁰⁾、あるいは、気候変動への適応ではないものの、ダム建設による水位上昇によるアブシンベル神殿（エジプト）の水没を避けるために、神殿を 1041 個の岩塊に分解・運搬・復元した例⁷²⁰²⁰²¹⁾がある。

文化財を災害から守るには、文化財の保管場所や展示場所の状況と起こり得る災害の把握が重要である⁷²⁰²⁰⁰⁹⁾。ソフト的な適応策の事例としては、文化遺産の所在データを収集し、その位置情報をオンラインマップ上に表示、これに水害時の浸水想定図などの災害情報を重ね合わせた文化遺産防災マップを構築⁷²⁰²⁰²²⁾や、同様のオンラインマップを整備し、マップを使用した防災訓練を実施した例⁷²⁰²⁰²³⁾がある。また被災した文化財の回収・応急処置、地域の文化の復興と災害の記憶の継承も課題である⁷²⁰²⁰⁰⁹⁾。

なお、伝統的な工法には防災効果が期待できるものがあり、福岡県朝倉市秋月の石積み河川・水路網は、洪水被害の分散とレジリエンスの向上に効果的と思われると述べている報告もある⁷²⁰²⁰²⁴⁾。

適応策の効果については、現状では十分な知見が確認できていない。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性と
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	その確信度の評価
重大性：レベル 1 確信度：レベル 1	重大性：レベル 1 確信度：レベル 1	重大性：レベル 1 確信度：レベル 1	緊急性：レベル 1 確信度：レベル 1

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 1

☆ 【社会】地場産業や地域の伝統産業への影響、自然災害による文化財への被害が既に発生しているが、その影響の範囲は限定的であり、伝統・文化への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。

➤ 確信度：レベル 1

☆ 【知見の種類・量等】影響の事例がごく少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

- ◇ 【知見の一致度】 知見の量が少ないため判断できない。

<1.5～2℃上昇時>

- 重大性：レベル 1
 - ◇ 【社会】 落雷による火災増加に伴う歴史的建造物への影響が予測されているが、その影響の範囲は限定的であり、伝統・文化への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。
- 確信度：レベル 1
 - ◇ 【知見の種類・量等】 影響の予測結果がごく少数の学術論文・官公庁報告書等では示されている。
 - ◇ 【知見の一致度】 知見の量が少ないため判断できない。

<3～4℃上昇時>

- 重大性：レベル 1
 - ◇ 【社会】 落雷による火災増加に伴う歴史的建造物への影響が予測されているが、その影響の範囲は限定的であり、伝統・文化への影響が深刻であることを示す知見は確認されていない。
- 確信度：レベル 1
 - ◇ 【知見の種類・量等】 影響の予測結果がごく少数の学術論文・官公庁報告書等では示されている。
 - ◇ 【知見の一致度】 知見の量が少ないため判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

- 緊急性：レベル 1
 - ◇ 【影響の発現時期】 重大な影響が 21 世紀中頃までに生じる可能性が低い。
 - ◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】 －
- 確信度：レベル 1
 - ◇ 【知見の種類・量等】 影響の発現時期がごく少数の学術論文・官公庁報告書等では示されている。
 - ◇ 【知見の一致度】 知見の量が少ないため判断できない。

(3) 地域社会

ここでは、気候変動に伴う災害や生態系の変化による、住民間のコミュニケーションやコミュニティへの影響など、地域社会への影響を主に扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 大雨、台風、浸水等による避難により、コミュニティの変化や社会参画の機会の損失がみられる。
- 避難所・仮設住宅に住まいが移ることで、子どもの交流の場、子育ての情報共有の場であるコミュニティから離れたことにより、子育ての負担がより大きくなることもある。
- 被災地域の居住継続には、地域とのつながりが重要である。

IPCC 第 6 次評価報告書第 2 作業部会報告書では、人間による生態系の劣化と破壊によって人間の脆弱性が増大していることを示す証拠が増えている（確信度が高い）こと、持続不可能な土地利用と土地被覆の変化、天然資源の持続不可能な利用、森林減少、生物多様性の喪失、汚染、及びこれらの相互作用は、気候変動に適応する生態系、社会、コミュニティ、個人の能力に悪い影響を与える（確信度が高い）こと、人間の脆弱性は、地域や自治体の行政及び国の政府、コミュニティ、民間部門によるインフラや基本的サービスの提供能力が最も低いところに、将来的にも集中し続ける（確信度が高い）こと、世界全体で都市化が進む中、人間の脆弱性は、インフォーマルな居住地や急速に拡大するより小規模な居住地にも集中する（確信度が高い）ことが報告されている [7203001](#), [7203002](#)。

国内では、大雨、台風、浸水等による地域社会への影響が確認されている。平成 30 年の豪雨災害を受けた倉敷市の子育て支援を対象とした研究では、豪雨により住まいが浸水し被害を受け、避難所・仮設住宅に住まいが移ることで、友人・親族との関係が変化し、地域ネットワークや地域サービス等の利用が難しくなり、社会参画の機会や雇用の機会を失う可能性があることが明らかになった。また子どもの交流の場、子育ての情報共有の場として機能している地域コミュニティから離れたことにより、子育ての負担がより大きくなった [7203003](#)。中部地方及び三重県の 51 市町村を対象に実施したアンケートでは、土砂災害警戒区域と洪水浸水想定区域に住む人の居住継続には、人との繋がりである地縁や地域との繋がりである地域コミュニティの影響が大きいことが示された [7203004](#)。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 気候変動による地域社会への影響に関する予測は確認されていないが、現在既に重大な影響が生じており、今後影響が軽減することを示す知見も確認されていない。

気候変動による地域社会に関して将来予測される影響については、具体的な知見は確認できていないものの、このまま温暖化が進み、気象災害が激甚化すれば、それに伴ってコミュニティの変化や地域ネットワークの分断といった地域社会への影響も拡大することが想定される。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

気候変動による地域社会に対する影響は、国内においては、災害発生時の避難や避難所において確認されている。また、一般にコミュニティ意識が希薄な都市部よりも、コミュニティ意識が高く、地縁による共助の支え合い体制の基盤が存在する地域が多い地方部¹⁰¹においてより大きな影響を受けることが想定される。

（適応策とその効果）

自然災害による地域社会への影響に関する適応策については、被災子育て世代について、親族、子育て世代同士の助けあい、支えあいが考えられること、そのような関係性による支援が受けられない場合のセーフティネットとして、災害時の子育て支援のための制度的支援の仕組みをあらかじめ準備しておくことが挙げられている⁷²⁰³⁰⁰⁵）以外には、十分な知見が確認されていない。一方で、地域防災力向上には、地域住民同士がつながっているコミュニティの存在が重要であるとされ⁷²⁰³⁰⁰⁶）、また、約半数の自治体が、防災・危機管理や地域福祉での地域コミュニティの活動に期待を寄せている⁷²⁰³⁰⁰⁷）。しかし、過疎化によりコミュニティ活動の担い手不足が深刻化しており、外部組織の取り込みやネットワークの活用が必要となっている⁷²⁰³⁰⁰⁸）。

（重大性、緊急性、確信度の評価と根拠）

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約 1℃上昇）	約 1.5～2℃上昇時	約 3～4℃上昇時	
重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	重大性：レベル 2 確信度：レベル 1	緊急性：レベル 3 確信度：レベル 1

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル 2

✧ 【社会】災害時の避難に伴う地域コミュニティの変化や社会参画の機会の損失といった影響が既に発生しており、その影響の対象として子育て世代への負担が大きくなったとされており、生活の質・様式への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 1

✧ 【知見の種類・量等】影響の事例がごく少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。
✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

✧ 【社会】気候変動による地域社会への影響に関する予測は確認されていないが、現在既に重大な影響が生じており、今後影響が軽減することを示す知見も確認されていないことか

¹⁰¹ 第 32 次地方制度調査会「2040 年頃から逆算し顕在化する諸課題に対応するために必要な地方行政体制のあり方等に関する答申」（2020）

- ・ 都市部では、一般的にコミュニティ意識が希薄であり、地方部と比較して自治会・町内会等の加入率が低く、地縁による共助の担い手は乏しい。
- ・ 地方部では、一般的にコミュニティ意識は高く、地縁による共助の支え合い体制の基盤が存在する地域が多い。

ら、現在と同じレベルと判断した。

➤ 確信度：レベル 1

✧ 【知見の種類・量等】学術論文・官公庁報告書等で具体的な知見が示されていない。

✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

✧ 【社会】気候変動による地域社会への影響に関する予測は確認されていないが、現在既に重大な影響が生じており、今後影響が軽減することを示す知見も確認されていないことから、現在と同じレベルと判断した。

➤ 確信度：レベル 1

✧ 【知見の種類・量等】学術論文・官公庁報告書等で具体的な知見が示されていない。

✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

✧ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。

✧ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】－

➤ 確信度：レベル 1

✧ 【知見の種類・量等】影響の発現時期がごく少数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

✧ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

【世代間・世代内公平性】

(1) 公平性・社会的弱者への配慮

気候変動による影響の受けやすさは、年齢、経済的状況等により異なる。ここでは、気候変動影響の受けやすさとそれらに対して必要となる配慮等について述べる。なお、年齢層の違いによる暑熱の影響の受けやすさについては、健康分野及び本分野の健康的な暮らしの中で取り扱う。

(現在の状況)

〔概要〕

- 気候変動の影響は、すべての人に均等に及ぶわけではない。気候変動により引き起こされる災害による影響の受けやすさは、災害弱者あるいは要配慮者と呼ばれる人に顕著に現れる。
- 台風等の災害により、高齢者においては、在宅生活が困難になる、高齢者施設等における入居者の体調の悪化などが生じている。
- 住宅が被災した子育て世代に関しては、地域ネットワーク、地域サービスの利用が困難になること等が原因で社会参画の機会及び雇用機会の喪失につながる可能性がある。

IPCC 第6次報告書第2作業部会報告書では、極端な気候と気象は、あらゆる地域において強制移住を引き起こしている（確信度が高い）ことを指摘している⁷³⁰¹⁰⁰¹）。しかし、日本国内における影響や難民が日本に到達することによる日本社会への影響を研究した論文はない。

また、IPCC 第6次報告書第2作業部会報告書は、農業生産性の変化、人間の健康や食料安全保障、住宅やインフラの破壊、財産と収入の損失が個人の生計に影響し、ジェンダー衡平性や社会的衡平性にも悪影響を及ぼしている（確信度が高い）ことも指摘している⁷³⁰¹⁰⁰²）。このような影響に関しては、国内においても、気候変動の影響はすべての人に均等に及ぶわけではないこと、気候変動の影響による被害は障害者に偏って生じる⁷³⁰¹⁰⁰³）ことが指摘されている。その理由として、IPCC の第5次評価報告書において、気候変動に関して障害者等が特に脆弱であると指摘していること、2015年の国連気候変動枠組条約締約国会議（COP21）で成立したパリ協定において、障害者等の「脆弱な状況にある人々」の権利の尊重・促進・考慮が締約国に求められていること、さらに、国連の人権理事会が、気候変動の悪影響が障害者にとりわけ強く及ぶとして、障害者に特に着目するかたちで「人権と気候変動」に関する決議を行っている（2019年7月）こと等を挙げている。一方で、我が国においては、「障害者と気候変動」をめぐる議論や研究は皆無に近く、今後の研究において、日本国内で想定される障害者の脆弱性とその要因などを、今後の研究で明らかにしなければならないことを指摘している。

また、米国における猛暑災害に対する脆弱性を抱えた人々、すなわち高齢者であること、単身で生活しており社会的に孤立していること、何らかの健康上のリスクを抱えているといった特徴は、日本の生活困窮者の特徴と共通していることを指摘し、気候変動による被害の程度は居住する地域のほか、人々の社会経済的状況によって異なるとした報告もある⁷³⁰¹⁰⁰⁴）。

近年の我が国の台風や豪雨災害による被害をみると、高齢者や障害者が犠牲となっており、災害における全体の死者のうち65歳以上の高齢者の割合は、令和元年東日本台風では約65%、令和2年7月豪雨では約79%であったことが報告されている⁷³⁰¹⁰⁰⁵）。

自然災害による高齢者への影響を調査した研究では、(1)外傷、感染症、脳血管疾患などの新たな発症又は悪化によるADL（日常生活動作）の低下、(2)身体的ストレスの増加、精神的及び社会的

活動の低下、社会的孤立による身体的機能低下の可能性、認知機能が低下による介護の必要性が増加、(3) 介護サービスへのアクセスが悪くなることによる日常生活への支障などの影響を与えることが示された⁷³⁰¹⁰⁰⁶)。また、このような社会的・精神的ダメージにより死亡率が増加するほか、本人や家族の経済的負担が増えることも示唆された⁷³⁰¹⁰⁰⁶)。

平成 30 年 7 月豪雨による西日本を中心に発生した洪水においては、特に脆弱な高齢者を中心に被害と多くの死者を出したほか、被災した高齢者については災害による様々な健康問題から、長期的介護が必要となったことが指摘されている⁷³⁰¹⁰⁰⁷)。

千葉県に甚大な被害をもたらした令和元年房総半島台風の影響を把握するために、千葉県の高齢者入居施設と地域包括支援センターを対象とした質問紙調査の結果は、6 割強の高齢者入居施設がライフライン被害を受け、約 2 割の施設で、入居者の体調の悪化が見られたことを示した。さらに、4 分の 1 の地域包括支援センターからは、被災により在宅生活の継続が出来なくなった高齢者の報告がなされた。特に停電と家屋被害が重なっている地域で、高齢者の在宅継続が困難になっていた可能性があると考えられている⁷³⁰¹⁰⁰⁸)。

災害による住宅被害については、高齢者の経済的な脆弱性が課題となる。高齢になるほど就労が難しいため、持ち家に被害があった場合は、修理の費用が負担できず、賃貸住宅への入居家賃も負担できない高齢者は、壊れた家に住み続けるしかない。被災高齢者の住宅支援は、若年者とは異なる社会的課題があることに留意が必要とされる⁷³⁰¹⁰⁰⁹)。

子育て世代に関しては、住宅の被災により、社会参画の機会及び雇用機会の喪失につながるなどの指摘がある⁷³⁰¹⁰¹⁰)。住まいが避難所や仮設住宅に移ることにより、それまで通っていた幼稚園や学校に通えない、通園・通学手段の変更等による子育てに伴う労働の増加、被災前に子育てを支援してきた友人親族との関係変化、子育てのために利用してきた地域ネットワーク、地域サービスの利用が難しくなること等が原因として挙げられている⁷³⁰¹⁰¹⁰)。

また、子どもは災害により大きな変化を経験し、心身に大きな負担がかかるとされている。心身の健康を取り戻すためには、遊びや学習など普段の生活をするのが重要であるが、災害発生時には、その日の生活を送ることや復旧活動が優先され、遊びや学習が後回しになることがある。また、避難所や避難先では、周囲の大人に気兼ねをしたり、十分に遊ぶことのできる場所が限られているなどの理由で、子どもが遊ぶことができる環境が保障されないことが多いことが指摘されている⁷³⁰¹⁰¹¹)。

(将来予測される影響)

〔概要〕

- 気候変動による公平性・社会的弱者への配慮への影響に関する予測は確認されていないが、現在既に重大な影響が生じており、今後影響が軽減することを示す知見も確認されていない。

気候変動による公平性・社会的弱者への配慮に関して将来予測される影響については、具体的な知見は確認できていないが、このまま温暖化が進めば、それに伴って発生する気象災害からの影響や暑熱の影響を、高齢者等の災害弱者・要配慮者が受けやすい状況は変わらず存在することが想定される。

(特に強い影響を受ける地域・対象)

気候変動による公平性・社会的弱者への配慮に関して、災害発生時の避難や避難所での受け入れ等に関

して、特に配慮する必要があるものとして、内閣府より『避難行動要支援者の避難行動支援に関する取組指針』や『福祉避難所の確保・運営ガイドライン』が発出されている。なお、『福祉避難所の確保・運営ガイドライン』において、福祉避難所の対象は、高齢者、障害者、乳幼児、妊産婦、傷病者、内部障害者、難病患者、医療的ケアを必要とする者等、避難所生活において何らかの特別な配慮を必要とする者、及び、その家族が想定 ⁷³⁰¹⁰¹²⁾ されている。

災害以外の気候変動影響に関して、全球的には障害者や生活困窮者への影響が大きいとの指摘があるが、国内での知見は少ない。

(適応策とその効果)

代表的な適応策としては下記がある。

熱中症リスクが高い高齢者や障害者については、熱中症予防を呼びかけるリーフレット等の作成周知、や見守りや声かけが恒常的に行われる地域コミュニティが形成されるよう、地方公共団体の取組を支援等が行われている ⁷³⁰¹⁰¹³⁾。生活保護世帯等の低所得世帯や高齢者世帯等を対象として、エアコンの利用を推進するため、購入費用の支援などが行われている ⁷³⁰¹⁰¹⁴⁾。

厚生労働省では、地域の災害時要配慮者が、長期間の避難生活終了後、安定的な日常生活へと円滑に移行するための支援についてまとめた『災害時の福祉支援体制の整備に向けたガイドライン』を策定、本ガイドラインでは、災害時要配慮者に対する福祉支援を行う「災害派遣福祉チーム」の組成と避難所への派遣等の支援を目的とした「災害福祉支援ネットワーク」の構築等について示している ⁷³⁰¹⁰¹⁵⁾。

また、災害を経験した子供への影響を軽減するために、2016年に内閣府より示された『避難所運営ガイドライン』には、避難所等に子どもの遊びや学習のための「キッズスペース」設置を検討するよう定められている ⁷³⁰¹⁰¹¹⁾、⁷³⁰¹⁰¹⁶⁾。

なお、気候変動影響に対する子供たちの関心について、セーブ・チルドレン・ジャパンが日本に住む15～18歳の子供を対象に実施した『気候変動と経済的不平等に関する子供アンケート調査』の結果から、約4人に1人の子供が気候変動と経済的不平等の両方又はどちらかが自分の周りや日本に影響を与えていると回答したことを紹介し ⁷³⁰¹⁰¹⁷⁾、子供たちが不安を感じることなく、安心・安全に暮らすために気候変動適応について知り、考え行動する力を身に付けるための適応教育が大切と述べている ⁷³⁰¹⁰¹⁸⁾。

適応策の効果については、現状では十分な知見が確認できていない。

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

重大性とその確信度の評価			緊急性とその確信度の評価
現状（約1℃上昇）	約1.5～2℃上昇時	約3～4℃上昇時	
重大性：レベル2 確信度：レベル3	重大性：レベル2 確信度：レベル1	重大性：レベル2 確信度：レベル1	緊急性：レベル3 確信度：レベル3

● 重大性とその確信度の評価の根拠：

<現状>

➤ 重大性：レベル2

- ✧ 【社会】全国各地で発生している大雨や台風等の災害による避難が既に発生しており、その影響の対象として高齢者等の災害弱者や要配慮者に影響が顕著に現れるとされ、生活の

質・様式への影響は深刻である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】影響の事例が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の事例が文献間で概ね一致している。

<1.5～2℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

◇ 【社会】気候変動による公平性・社会的弱者への配慮への影響に関する予測は確認されていないが、現在既に重大な影響が生じており、今後影響が軽減することを示す知見も確認されていないことから、現在と同じレベルと判断した。

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の種類・量等】学術論文・官公庁報告書等で具体的な知見が示されていない。

◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

<3～4℃上昇時>

➤ 重大性：レベル 2

◇ 【社会】気候変動による公平性・社会的弱者への配慮への影響に関する予測は確認されていないが、現在既に重大な影響が生じており、今後影響が軽減することを示す知見も確認されていないことから、現在と同じレベルと判断した。

➤ 確信度：レベル 1

◇ 【知見の種類・量等】学術論文・官公庁報告書等で具体的な知見が示されていない。

◇ 【知見の一致度】知見の量が少ないため判断できない。

● 緊急性とその確信度の評価の根拠：

➤ 緊急性：レベル 3

◇ 【影響の発現時期】重大な影響が既に生じている。

◇ 【追加的な適応策への意思決定が必要な時期】重大な影響が既に生じており、高齢者等への熱中症予防の声かけなどの適応策が一部で進められているが、災害時要配慮者に対する福祉支援体制の整備や気候変動影響や適応に関する教育などの適応策の実施について、できるだけ早く意思決定が必要である。

➤ 確信度：レベル 3

◇ 【知見の種類・量等】影響の発現時期が多数の学術論文・官公庁報告書等で示されている。

◇ 【知見の一致度】影響の発現時期が文献間で概ね一致している。

3.8. 連鎖的・複合的影響

前節までの各分野では、各分野の各項目において把握・予測される個々の影響に主眼を置いて整理をしてきた。

一方で、自然生態系とそれらを基盤とする人間社会の活動は、互いに様々な影響を及ぼし合いながら複雑な相互依存関係のもとで成り立っていることから、分野・項目を超えて気候影響が連鎖・複合することが指摘されている。例えば、気候変動に伴う降雨パターンの変化や気温上昇は、生物の分布・個体群や生物季節を変化させ、生態系サービスを通して農業・林業・水産業分野などの他分野に連鎖することが知られている。

これらの事象については、影響の要因が複雑であるため、気候変動に起因するものであるかどうかが明確になっていないものもあるが、専門家の間では分野・項目を超えた影響の連鎖・複合に着目することの重要性が議論されている。

そのため、本節では、ある影響が分野を超えてさらに他の影響を誘発することによる影響の連鎖や、異なる分野での影響が連続・複合することにより、影響の甚大化をもたらす事象を「(分野間の) 連鎖的・複合的影響」と定義し、分野横断的な視点で影響の関係性を整理した(図3-8参照)。

これらを連鎖の終点に着目して整理すると、人命・健康への影響、農業・林業・水産業への影響、産業・経済活動への影響、国民生活への影響に大別できる。

人命・健康への影響は、自然災害による直接的な死傷(自然災害・沿岸域分野)に加えて、猛暑と自然災害による停電・避難生活(国民生活・都市生活分野)が連続・複合することによる熱中症リスクの増加、気温上昇に伴うヒトスジシマカ・マダニ等の分布適域・活動期間の変化(自然生態系分野)に伴う節足動物感染症リスクの増加、気温上昇に伴う水質悪化(水環境・水資源分野)や内水氾濫(自然災害・沿岸域分野)による下水等への接触に伴う水系感染症リスクの増加などが、他分野との影響の連鎖・複合によって引き起こされると考えられる。

農業・林業・水産業分野は、生態系サービスのうち供給サービス(自然生態系分野)を直接的に享受する分野である。そのため、気候変動により分布適域の変化や生物季節の変化、一次生産量の変化などが起こると、その生態系から恵みを得ていた一次産業に影響が連鎖する可能性がある。これらに加えて、無降水日の増加・積雪量の減少・融雪の早期化による農業用水の供給の不安定化(水環境・水資源分野)、極端現象に伴う斜面崩壊(自然災害・沿岸域分野)などによる生産基盤への被害、屋外作業の多い一次産業従事者への熱ストレスの増加(健康分野)に伴う労働生産性の低下なども、農業・林業・水産業への影響を悪化させると考えられる。

産業・経済活動への影響のうち、産業・経済活動全般への影響としては、自然災害による生産拠点・サプライチェーンへの被害、労働者への熱ストレスの増加(健康分野)に伴う労働生産性の低下などが考えられる。また、観光業は、スキーなどのレクリエーションの場として自然を活用する他、自然景観そのものを観光資源とするなど、生態系サービス(自然生態系分野)の文化的サービスの恩恵を受けている。高山植生・サンゴ礁の消失(自然生態系分野)、海面水位の上昇による砂浜の消失(自然災害・沿岸域分野)、積雪量の減少・融雪の早期化(水環境・水資源分野)は、自然を活用したレジャー・観光業に重大な影響をもたらす。

国民生活への影響では、自然災害による直接的な地域社会の喪失(自然災害・沿岸域分野)に加えて、熱中症リスクの増加(健康分野)やサクラ・ウメの開花の早期化などの生物季節の変化(自然生態系分野)による伝統行事・祭りの開催時期への影響、集中豪雨(自然災害・沿岸域分野)や水温の上昇による河川

等の水質の悪化（水環境・水資源）による水道システムへの影響などが考えられる。

連鎖的・複合的影響の例

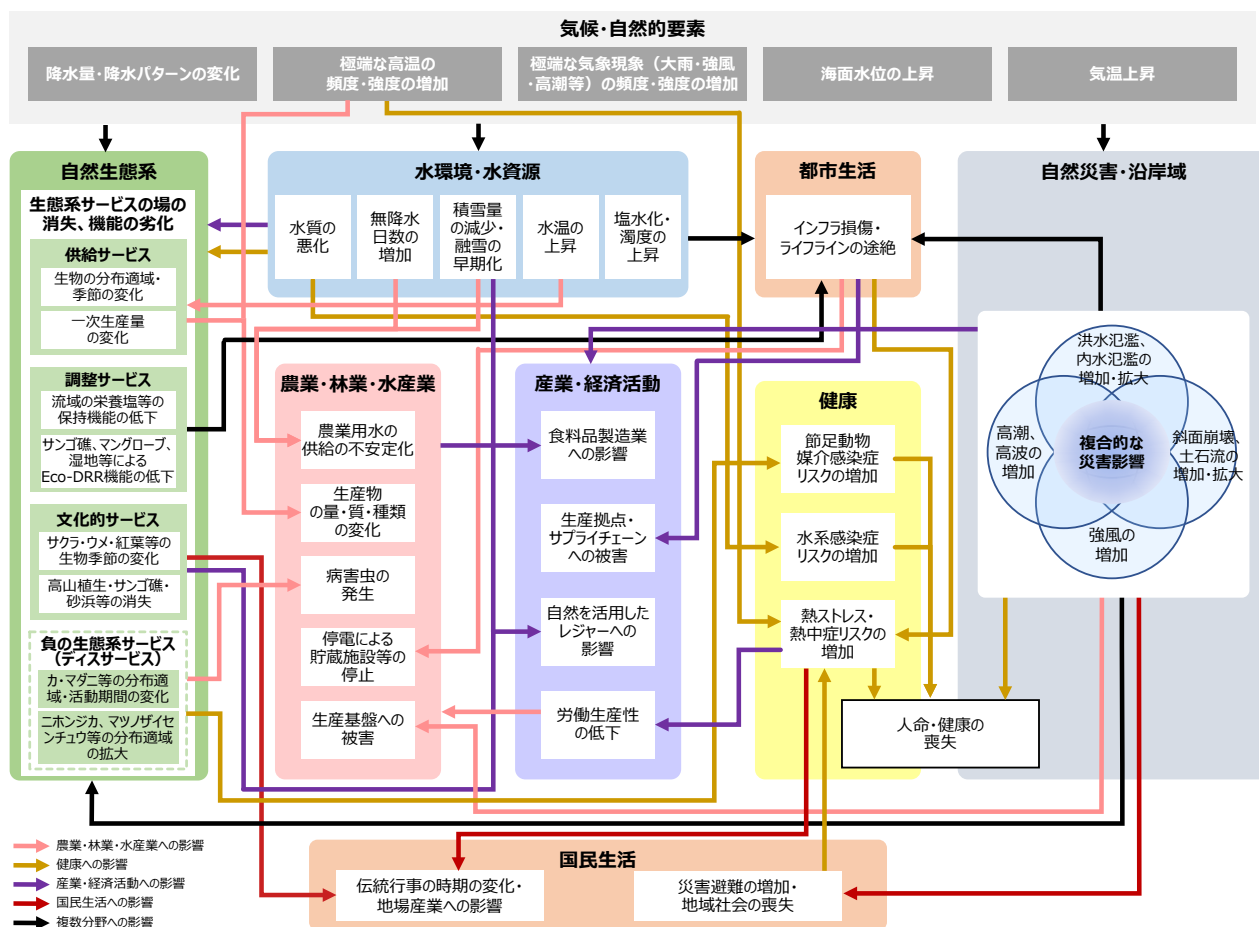


図 3-8 連鎖的・複合的影響の例¹⁰²

¹⁰² ・図中の白のボックスは、本報告書において取りまとめられた影響の例を示す。また、色付きの四角形で囲われた領域は、影響評価の対象とした7分野を表す。

・図中の矢印は、影響が波及する方向を示しており、影響のエンドポイントに応じて色分けをしている。

・本図で示す「連鎖的・複合的影響の例」は、本報告書において引用された知見に基づき記載されているため、各分野の影響や分野間・項目間の関係性を完全に網羅しているわけではないことに留意が必要である。

・「国民生活・都市生活」では、影響の連鎖の上流側に位置する「インフラ損傷・ライフラインの途絶」と、より下流側に位置する「伝統行事の時期の変化・地場産業への影響」、「災害避難の増加・地域社会の喪失」が含まれているため、図の表現上では前者を「都市生活」、後者を「国民生活」として区別している。

付録 A. 気候予測に用いられているシナリオ等の概要

A.1. SSP シナリオ

IPCC 第 6 次評価報告書において使用された排出シナリオである。

IPCC 第 5 次評価報告書において使用された RCP シナリオ（次項を参照）は、社会・経済活動の将来像を仮定せずに作成されたものであり、RCP シナリオが仮定する放射強制力の経路に対応・比較できる社会経済シナリオの開発は別途進められた。このシナリオは、共通社会経済経路（Shared Socioeconomic Pathways: SSP）シナリオと呼ばれており、IPCC 第 6 次評価報告書において、RCP シナリオと統合された。SSP と RCP を組み合わせたシナリオ（以降、SSP シナリオと呼ぶ）のうち、SSP1-1.9、SSP1-2.6、SSP2-4.5、SSP3-7.0、SSP5-8.5 の 5 つのシナリオが主に使用された。ここで SSPx-y のうち、x は将来の社会・経済活動の方向性を意味する 5 種の SSP（1：持続可能、2：中道、3：地域対立、4：格差、5：化石燃料依存）を表している。SSPx-y のうち y は、2100 年頃のおおよその放射強制力を表している。このため、RCP に続く数字と、SSPx-y の y の数値が一致しているシナリオは近い関係性にある（表 A-1）¹⁰³。

表 A-1 SSP シナリオの概要

（出典：環境省（2023）「IPCC 第 6 次評価報告書の概要—第 1 作業部会（自然科学的根拠）—」）

シナリオ	シナリオの概要 [近いRCPシナリオ]
SSP5-8.5	化石燃料依存型の発展の下で気候政策を導入しない。2050年までにCO ₂ 排出量が現在の2倍に。[RCP8.5]
SSP3-7.0	地域対立的な発展の下で気候政策を導入しない。エーロゾルなどCO ₂ 以外の排出が多い。2100年までにCO ₂ 排出量が現在の2倍に。[RCP6.0 とRCP8.5 の間]
SSP2-4.5	中道的な発展の下で気候政策を導入。2030 年までの各国の「国が決定する貢献(NDC)」を集計した排出量の上限にほぼ位置する。CO ₂ 排出は今世紀半ばまで現在の水準で推移。[RCP4.5(2050 年までRCP6.0 にも近い)]
SSP1-2.6	持続可能な発展の下で、工業化前を基準とする昇温(中央値)を2°C未満に抑える気候政策を導入。2050年以降にCO ₂ 排出正味ゼロ。[RCP2.6]
SSP1-1.9	持続可能な発展の下で、工業化前を基準とする21世紀末までの昇温(中央値)を概ね(わずかに超えることはあるものの)約1.5°C以下に抑える気候政策を導入。2050年頃にCO ₂ 排出正味ゼロ。[該当なし]

¹⁰³ 本文は文部科学省及び気象庁（2025）「日本の気候変動 2025」詳細版コラム 3.「IPCC の排出シナリオ」に基づき作成。

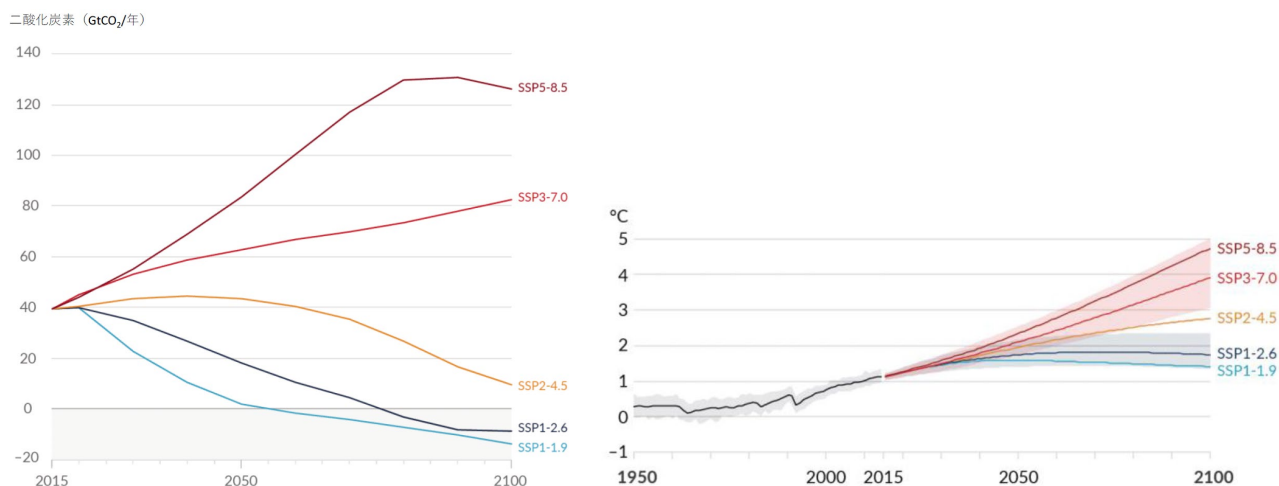


図 A-1 各 SSP シナリオによる二酸化炭素排出量（左図）及び世界平均地上気温（右図）の変化
（出典：気象庁（2022）「IPCC AR6 WG1 報告書 政策決定者向け要約（SPM）暫定訳」）

表 A-2 SSP シナリオ別の世界平均気温の変化の予測

（出典：気象庁（2022）「IPCC AR6 WG1 報告書 政策決定者向け要約（SPM）暫定訳」）

	短期、2021～2040 年		中期、2041～2060 年		長期、2081～2100 年	
シナリオ	最良推定値 (°C)	可能性が非常に 高い範囲 (°C)	最良推定値 (°C)	可能性が非常に 高い範囲 (°C)	最良推定値 (°C)	可能性が非常に 高い範囲 (°C)
SSP1-1.9	1.5	1.2 – 1.7	1.6	1.2 – 2.0	1.4	1.0 – 1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2 – 1.8	1.7	1.3 – 2.2	1.8	1.3 – 2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2 – 1.8	2.0	1.6 – 2.5	2.7	2.1 – 3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2 – 1.8	2.1	1.7 – 2.6	3.6	2.8 – 4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3 – 1.9	2.4	1.9 – 3.0	4.4	3.3 – 5.7

A.2. RCP シナリオ

IPCC 第 5 次評価報告書において使用された排出シナリオである。

IPCC 第 4 次評価報告書において使用された SRES シナリオ（次項を参照）には、政策主導的な排出削減対策が考慮されていないなどの課題があった。このため、政策的な温室効果ガスの緩和策を前提として、将来の温室効果ガス安定化レベルとそこに至るまでの経路のうち代表的なものを選んだシナリオが作られた。このシナリオを RCP（Representative Concentration Pathways）シナリオという。

RCP シナリオは大気中の温室効果ガスの濃度が放射強制力に与える影響の大きさをもとに特徴づけられ、それぞれ RCP8.5（高位参照シナリオ）、RCP6.0（高位安定化シナリオ）、RCP4.5（中位安定化シナリオ）、RCP2.6（低位安定化シナリオ）と呼ばれ、産業革命以前と比較した今世紀末の放射強制力の目安がそれぞれ 8.5W/m^2 、 6.0W/m^2 、 4.5W/m^2 、 2.6W/m^2 となるシナリオに対応している（表 A-3）。

表 A-3 RCP シナリオの概要

（出典：IPCC 第 5 次評価報告書第 1 作業部会報告書より作成）

名称	産業革命以前と比較した 放射強制力の目安	2100 年における各種の温室効果ガス濃度 (二酸化炭素濃度に換算)	濃度の推移
RCP8.5 (高位参照シナリオ)	2100 年において 8.5W/m^2 を超える	約 1,370ppm を超える	上昇が続く
RCP6.0 (高位安定化シナリオ)	2100 年以降約 6.0W/m^2 で安定化	約 850ppm (2100 年以後安定化)	安定化
RCP4.5 (中位安定化シナリオ)	2100 年以降約 4.5W/m^2 で安定化	約 650ppm (2100 年以後安定化)	安定化
RCP2.6(RCP3-PD) (低位安定化シナリオ)	2100 年以前に約 3W/m^2 でピーク、 その後減少、2100 年頃に約 2.6W/m^2	2100 年以前に約 490ppm でピーク、 その後減少	ピーク後減少

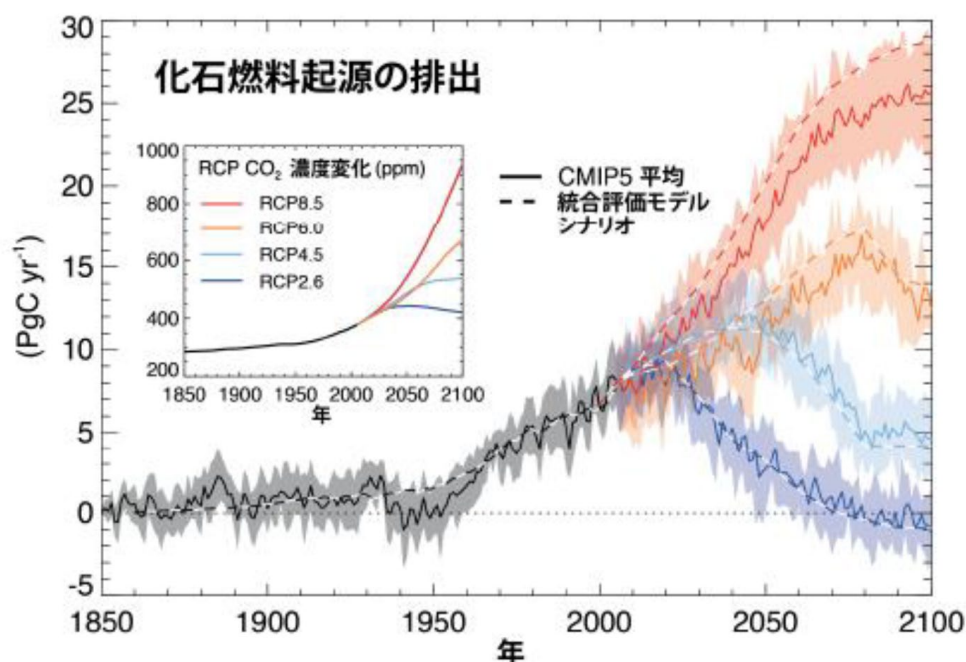


図 A-2 RCP シナリオに基づく二酸化炭素の濃度変化（図内側）と RCP シナリオに対応する化石燃料からの二酸化炭素排出量（図外側：地球システムモデルによる逆算の結果。細線：個々のモデルの結果、太線：複数のモデルの平均）。PgC は炭素換算で 10 億トン（ 10^{15} g）。

（出典：IPCC 第 5 次評価報告書第 1 作業部会報告書技術要約）

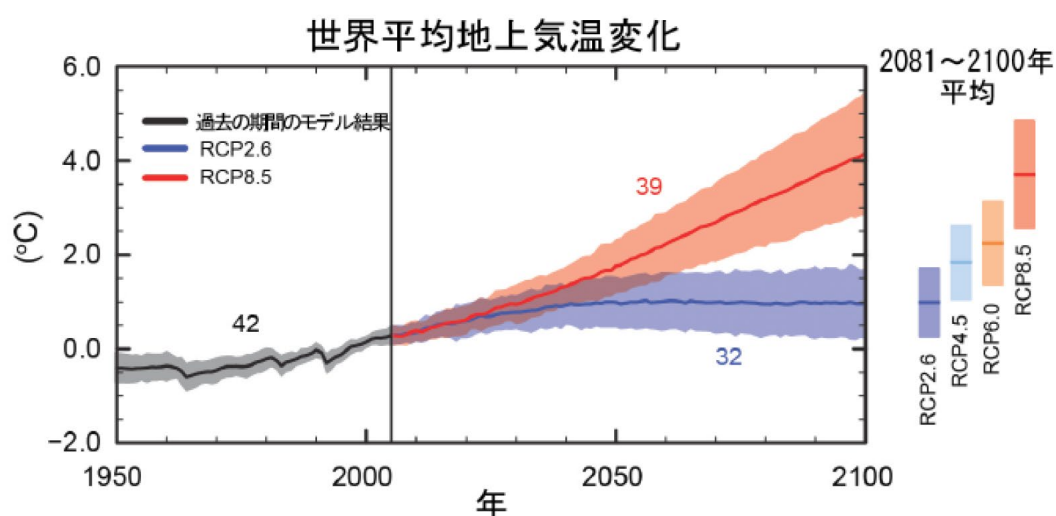


図 A-3 CMIP5 の複数のモデルによりシミュレーションされた時系列（1950 年から 2100 年）。1986～2005 年平均に対する世界平均地上気温の変化。予測と不確実性の幅（陰影）の時系列を、RCP2.6（青）と RCP8.5（赤）のシナリオについて示した。黒（と灰色の陰影）は、復元された過去の強制力を用いてモデルにより再現した過去の推移である。全ての RCP シナリオに対し、2081～2100 年の平均値と不確実性の幅を彩色した縦帯で示している。数値は、複数モデルの平均を算出するために使用した CMIP5 のモデルの数を示している。

（出典：IPCC 第 5 次評価報告書第 1 作業部会報告書政策決定者向け要約図 SPM.7(a)）

表 A-4 RCP シナリオ別の世界平均気温の変化と世界平均海面水位の変化の予測

(出典：IPCC 第 5 次評価報告書第 1 作業部会報告書より作成)

濃 度 シナリオ	気温変化 (°C)		海面水位変化 (m)	
	中期 (2046～2065 年)	長期 (2081～2100 年)	中期 (2046～2065 年)	長期 (2081～2100 年)
RCP 2.6	0.4～1.6 (1.0)	0.3～1.7 (1.0)	0.17～0.32 (0.24)	0.26～0.55 (0.40)
4.5	0.9～2.0 (1.4)	1.1～2.6 (1.8)	0.19～0.33 (0.26)	0.32～0.63 (0.47)
6.0	0.8～1.8 (1.3)	1.4～3.1 (2.2)	0.18～0.32 (0.25)	0.33～0.63 (0.48)
8.5	1.4～2.6 (2.0)	2.6～4.8 (3.7)	0.22～0.38 (0.30)	0.45～0.82 (0.63)

・予測は、1986～2005 年平均を基準とした変化量。

・() の値は、予測の平均値を示す。

A.3. SRES シナリオ

IPCC 第 4 次評価報告書において評価された気候予測実験で共通想定として用いられた排出シナリオであり、A1 シナリオ（高成長型社会シナリオ）、A2 シナリオ（多元化社会シナリオ）、B1 シナリオ（持続発展型社会シナリオ）、B2 シナリオ（地域共存型社会シナリオ）に分類している。A1 シナリオは、A1FI（化石エネルギー源を重視）、A1T（非化石エネルギー源を重視）、A1B（各エネルギー源のバランスを重視）に更に区分されている。



図 A-4 SRES シナリオにおける 4 つの世界像
(出典：国立環境研究所（2001）より作成)

A1 シナリオはさらに A1B、A1T、A1FI シナリオに細分されている。よく用いられる A1B シナリオは、「各エネルギー源のバランスを重視した高成長型社会シナリオ」である。

2000～2100年の温室効果ガス排出シナリオ（追加的な気候政策を含まない）及び地上気温の予測

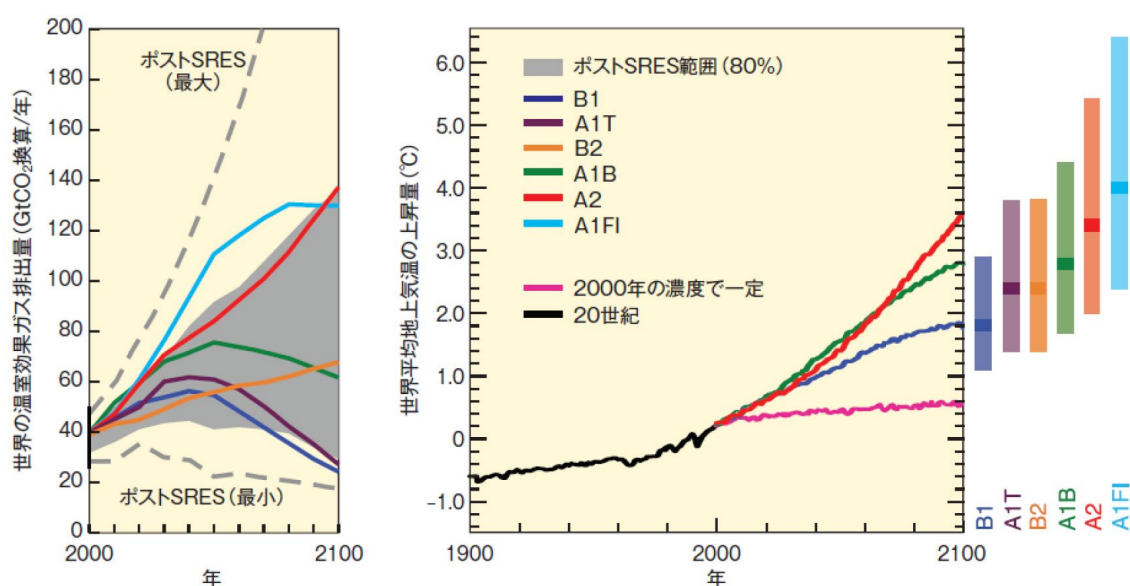


図 A-5 （左図）追加的な気候政策を含まない場合の世界の温室効果ガス排出量（CO₂換算）：6つのSRES マーカーシナリオ（彩色した線）、SRES 以降に公表された最近のシナリオ（ポスト SRES）の 80 パーセンタイル（灰色の彩色範囲）。点線はポスト SRES シナリオ結果のすべての範囲を示す。排出量には CO₂、CH₄、N₂O 及びフロンガスが含まれる。

（右図）実線は、A2、A1B、B1 シナリオにおける複数のモデルによる地球平均地上気温の昇温を 20 世紀の状態に引き続いて示す。これらの予測は短寿命温室効果ガス及びエアロゾルの影響も考慮している。ピンク色の線はシナリオではなく、2000 年の大気中濃度で一定に保った大気海洋結合モデル（AOGCM）シミュレーションによるもの。図の右の帯は、6 つの SRES シナリオにおける 2090～2099 年についての最良の推定値（各帯の横線）及び可能性が高い予測幅を示す。全ての気温は 1980～1999 年との比較。

（出典：IPCC 第 4 次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約 図 SPM.5）

表 A-5 シナリオ別の世界平均気温の変化と世界平均海面水位の変化の予測

（出典：IPCC 第 4 次評価報告書統合報告書第 1 作業部会報告書より作成）

排出 シナリオ	気温変化 (°C)	海面水位変化 (m)
	長期 (2090～2099 年)	長期 (2090～2099 年)
SRES B1	1.1 ～ 2.9 (1.8)	0.18 ～ 0.38
A1T	1.4 ～ 3.8 (2.4)	0.20 ～ 0.45
B2	1.4 ～ 3.8 (2.4)	0.20 ～ 0.43
A1B	1.7 ～ 4.4 (2.8)	0.21 ～ 0.48
A2	2.0 ～ 5.4 (3.4)	0.23 ～ 0.51
A1FI	2.4 ～ 6.4 (4.0)	0.26 ～ 0.59

- ・ 予測は、1980～1999 年平均を基準とした変化量。
- ・ () の値は、最良の推定値 (best estimate) を示す。

A.4. 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース（d4PDF、d2PDF）

文科省・気候変動リスク情報創生プログラム及び気候変動適応技術社会実装プログラム（SICAT）では、高解像度全球大気モデル及び高解像度領域大気モデルを用い、これまでにない多数のアンサンブル実験を行うことによって、確率密度分布の裾野にあたる極端気象の再現と変化について、十分な議論ができる「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース（d4PDF、d2PDF）が作成されている。

確率的気候予測データである d4PDF、d2PDF は多数の実験例（アンサンブル）を活用することで、台風や集中豪雨などの極端現象の将来変化を確率的に、かつ高精度に評価することができる。

付録 B. 引用文献一覧

「文献コード」が下線の文献は、今回の影響評価において新たに引用した文献を示す。

B.1. 農業・林業・水産業分野

【農業】

(1) 水稲

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1101001	作況基準筆データを用いた近年の日本のコメ品質に対する気候影響の統計解析	西森 基貴, 石郷岡 康史, 若月 ひとみ, 桑形 恒男, 長谷川 利弘, 吉田 ひろえ, 滝本 貴弘, 近藤 始彦	2020	生物と気象, 20, 1-8.
<u>1101002</u>	Coping with Climate Change: An Evaluation of Agricultural Impacts and Adaptation in Japan	Hasegawa, T., Ishigooka, Y., Nakazono, K., Sugiura, T., & Wakatsuki, H.	2025	Climate Change Impacts and Adaptation Strategies in Japan: Integrated Research toward Climate Resilient Society, 45-61.
<u>1101003</u>	平成 27 年地球温暖化影響調査レポート	農林水産省	2016	—
<u>1101004</u>	環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書 日本の気候変動影響と適応策 —レジリエントで持続可能な社会に向けて—	三村 信男他（編）	2025	—
<u>1101005</u>	2001～2023 年における全国の水稲の登熟温度環境と一等米比率の動向, および高温耐性品種導入効果の推定	長谷川 利弘, 若月 ひとみ, 吉本 真由美, 酒井 英光, 石郷岡 康史	2024	日本作物学会講演会要旨集, 258.
<u>1101006</u>	Effectiveness of heat tolerance rice cultivars in preserving grain appearance quality under high temperatures in Japan —A meta-analysis	Wakatsuki, H., Takimoto, T., Ishigooka, Y., Nishimori, M., Sakata, M., Saida, N., Akagi, K., Makowski, D., & Hasegawa, T.	2024	Field Crops Research, 310, 109303.
<u>1101007</u>	令和 5 年産新潟米の 1 等級比率低下要因と対応について ～令和 5 年産米に関する研究会報告書～	令和 5 年産米に関する研究会	2023	—
<u>1101008</u>	新潟県における 2019 年産コシヒカリの品質低下要因解析	今井 康貴, 服部 誠, 東 聡志, 土田 徹, 古川 勇一郎, 南雲 芳文	2022	日本作物学会紀事, 91(3), 230-238.
<u>1101009</u>	水稲品種「ひとめぼれ」における白未熟粒の発生と登熟期気象条件及び生育・収量構成要素等の関係	浅野 真澄, 菅野 博英	2023	宮城県古川農業試験場研究報告, (17), 11-21.
<u>1101010</u>	Field survey on rice spikelet sterility in an extremely hot summer of 2018 in Japan	Yoshimoto, M., Sakai, H., Ishigooka, Y., Kuwagata, T., Ishimaru, T., Nakagawa, H., Maruyama, A., Ogiwara, H., & Nagata, K.	2021	Journal of Agricultural Meteorology, 77(4), 262-269.
<u>1101011</u>	Revealing the spatial characteristics of rice heat exposure in Japan through panicle temperature analysis	Toda, Y., Ishigooka, Y., Yoshimoto, M., Takimoto, T., Kuwagata, T., Makowski, D., & Hasegawa, T.	2024	Journal of Agricultural Meteorology, 80(3), 79-89.
<u>1101012</u>	Monitoring canopy micrometeorology in diverse climates to improve the prediction of heat-induced spikelet sterility in rice under climate change	Yoshimoto, M., Fukuoka, M., Tsujimoto, Y., Matsui, T., Kobayashi, K., Saito, K., van Oort, P.A.J., Inusah, B.I.Y., Vijayalakshmi, C., Vijayalakshmi, D., Weerakoon, W.M.W., Silva, L.C., Myint, T.T., Phyo, Z.C., Tian, X., Lur, H.S., Yang, C.M., Tarpley, L., Manigbas, N.L., & Hasegawa, T.	2022	Agricultural and Forest Meteorology, 316, 108860.
<u>1101013</u>	Short-term high nighttime temperatures pose an emerging risk to rice grain failure	Sakai, H., Cheng, W., Chen, C. P., & Hasegawa, T.	2022	Agricultural and Forest Meteorology, 314, 108779.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1101014	地球温暖化による気温上昇がイネ紋枯病の発生および被害に及ぼす影響評価	井上 博喜	2021	植物防疫, 75(6).
1101015	東北地域における斑点米カメムシ類：2014-2021 年の発生動向、被害実態と防除対策	田淵 研, 石岡 将樹, 對馬 佑介, 吉田 雅紀, 小野 亨, 新山 徳光, 高橋 良知, 中島 具子, 上野 清, 松木伸浩, 吉村英翔	2023	農研機構研究報告, 2023(15), 1-52.
1101016	クモヘリカメムシ（カメムシ目ホソヘリカメムシ科）の岩手県からの初分布記録、被害発生状況および越冬可能地域	田淵 研, 吉村 英翔, 上杉 龍士, 大江 高穂, 高橋 明彦	2020	北日本病害虫研究会報, 2020(71), 108-113.
1101017	EDM analyses for long rice pest records in Japan	Yamanaka, T., Kishi, S., & Ochi, S.	2024	XXVII International Congress of Entomology, August, 25-30, 2024, Kyoto, Japan.
1101018	Large-scale evaluation of the effects of adaptation to climate change by shifting transplanting date on rice production and quality in Japan	Ishigooka, Y., Fukui, S., Hasegawa, T., Kuwagata, T., Nishimori, M., & Kondo, M.	2017	Journal of Agricultural Meteorology, 73(4), 156-173.
1101019	Revision of estimates of climate change impacts on rice yield and quality in Japan by considering the combined effects of temperature and CO ₂ concentration	Ishigooka, Y., Hasegawa, T., Kuwagata, T., Nishimori, M., & Wakatsuki, H.	2021	Journal of Agricultural Meteorology, 77(2), 139-149.
1101020	Rice grain quality degradation and economic loss due to global warming in Japan	Masutomi, Y., Takimoto, T., Shimamura, M., Manabe, T., Arakawa, M., Shibota, N., Ooto, A., Azuma, S., Imai, Y., & Tamura, M.	2019	Environmental Research Communications, 1(12), 121003.
1101021	Simulating the impacts of and adaptation options for increasing air temperature on chalky rice grains in the Kyushu region of Japan	Kinose, Y., & Seita, R.	2022	Journal of Agricultural Meteorology, 78(4), 147-154.
1101022	北海道を除く全国の水稲高温登熟性標準品種の選定	農業・食品産業技術総合研究機構	2017	https://www.naro.go.jp/project/results/4th_laboratory/nics/2017/17_038.html (2025/9/29 閲覧)
1101023	A dataset for analyzing the climate change response of grain quality of 48 Japanese rice cultivars with contrasting levels of heat tolerance	Wakatsuki, H., Takimoto, T., Ishigooka, Y., Nishimori, M., Sakata, M., Saida, N., Akagi, K., Makowski, D., & Hasegawa, T.	2024	Data in brief, 54, 110352.
1101024	Quantitative assessment on the grain appearance of a new Japanese rice cultivar ‘Niji-no-kirameki’ with a novel heat-avoidance mechanism during ripening	Ishimaru, T., Okamura, M., Nagaoka, I., Yamaguchi, H., Yoshimoto, M., & Ohdaira, Y.	2022	Plant Stress, 4, 100074.
1101025	イネ高温登熟性遺伝子 Apq1 の機能解析	村田 和優, 尾崎 秀宣, 小島 洋一朗	2021	北陸作物学会報, 56, 31-34.
1101026	夏季高温によるコメの品質低下の克服	中野 洋	2020	農研機構技報, 4, 14-15.
1101027	秋田県における水稲あきたこまちの育苗箱全量施肥と密植を用いた無効分げつ抑制栽培技術による登熟期の高温少照条件下の白未熟粒の軽減	三浦 恒子, 進藤 勇人	2022	日本作物学会紀事, 91(1), 67-75.

(2) 野菜等

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1102001	Overview of Recent Effects of Global Warming on Agricultural Production in Japan	Sugiura, T., Sumida, H., Yokoyama, S., & Ono, H.	2012	Japan Agriculture Research Quarterly, 46(1), 7-13
1102002	温暖化がわが国の野菜・花き生産に及ぼしている影響の現状について	杉浦 俊彦, 住田 弘一, 横山 繁樹, 小野 洋	2006	園芸学雑誌, 75(2), 273.
1102003	平成 29 年地球温暖化影響調査レポート	農林水産省	2018	—

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1102004	気候変動に対応した循環型食糧生産等の確立のためのプロジェクト ―農業分野における温暖化緩和技術の開発― ―地球温暖化が農業分野に与える影響評価と適応技術の開発― ―地球温暖化が農林水産分野に与える経済的影響評価―	農林水産省農林水産技術会議事務局	2016	プロジェクト研究成果シリーズ, 557.
1102005	ブロッコリーに発生するブラウンビーズはなぜ問題か	中村 憲太郎	2014	―
<u>1102006</u>	Coping with Climate Change: An Evaluation of Agricultural Impacts and Adaptation in Japan	Hasegawa, T., Ishigooka, Y., Nakazono, K., Sugiura, T., & Wakatsuki, H.	2025	Integrated Research toward Climate Resilient Society, 45-61.
<u>1102007</u>	2023 年度 S-18 プロジェクト研究成果報告 水稻、畑作物、野菜、果樹を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価 <野菜細菌病>	染谷 信孝, 菅野 圭一	2024	2023 年度環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書, サブテーマ 2(1)
1102008	平成 20 年度広島県内における温暖化影響調査報告書	広島県環境県民局環境部環境政策課	2009	―
1102009	「福井県から見る地球温暖化」調査研究報告書	福井県衛生環境研究センター	2012	https://www.erc.pref.fukui.jp/center/ondanka/H23houkoku/index.html (2025/9/30 閲覧)
1102010	宮崎県農水産業地球温暖化対応方針	宮崎県農政水産部	2012	―
1102011	夏秋雨よけトマト栽培における裂果軽減技術 (第 1 報)	木村 真美, 藤谷 信二, 一万田 賢治	2012	大分県農林水産研究指導センター研究報告 (農業研究部編), 2, 23-42.
1102012	Effect of temperature on development of primary axillary flower bunch in strawberry bench culture	Yamazaki, K., Kumakura, H., & Hamamoto, H.	2014	Acta Horticulturae, 1049, 809-812.
1102013	気候変化レポート 2015 ー関東甲信・北陸・東海地方ー	気象庁	2016	(令和 2 年度第 2 次気候変動影響評価報告書公表時に閲覧)
1102014	イチゴのクラウン温度制御実証技術マニュアル	栗原地域農業研究・普及協議会	2011	(令和 2 年度第 2 次気候変動影響評価報告書公表時に閲覧)
1102015	気候変動に対応したイチゴの栽培技術、品質保持技術の確立	岐阜県農業技術センター野菜・果樹部	2017	平成 29 年度岐阜県農業技術センター年報.
<u>1102016</u>	Decline in tuber number and weight of potato (<i>Solanum tuberosum</i> L.) associated with drought in 2020 and 2021 in a humid region of eastern Hokkaido	Shimoda, S., Kanaya, M., Kominami, Y., & Tsuji, H.	2023	Journal of Agricultural Meteorology, 79(2), 59-68.
<u>1102017</u>	2021 年の高温・干ばつが北海道の加工用馬鈴薯収量に及ぼした影響	柳沢 朗, 荒木 宏通, 住ノ江 努	2021	日本育種学会・日本作物学会北海道談話会会報, 62, 10-11.
<u>1102018</u>	Risk Assessment and Possible Adaptation of Potato Production in Hokkaido to Climate Change Using a Large Number Ensemble Climate Dataset d4PDF	Sugawara, K., Inatsu, M., Shimoda, S., Murakami, K., & Hirota, T.	2021	SOLA, 17, 24-29.
<u>1102019</u>	2010 年の気象がバレイショにおよぼした影響:「北海道における 2010 年猛暑による農作物の被害解析」 報告書	田宮 誠司, 西中 未央	2011	北海道農業研究センター研究資料, 69, 23-28.
<u>1102020</u>	サトイモの葉位および損傷が疫病の発生に及ぼす影響	芝田 英明, 松田 透, 毛利 幸喜, 中川 建也, 萬 周平, 山本 智樹, 篠崎 毅	2021	植物防疫, 76(2), 76-80.
1102021	農業技術体系 花卉編 3 環境要素とその制御. 農業技術大系 花卉編	農村漁村文化協会	1995	https://lib.ruralnet.or.jp/taikei/mokuji/h030_contents.htm (令和 2 年度第 2 次気候変動影響評価報告書公表時に閲覧)
1102022	温度が夏秋ギク‘精雲’の開花遅延と貢生花の発生に及ぼす影響および貢生花発生率の減少対策	谷川 孝弘, 松井 洋, 小林 泰生	2009	園芸学研究, 8(4), 495-501.
<u>1102023</u>	花芽分化期の高温遭遇がスプレーカーネーション‘チェリーテッシノ’の切り花品質に及ぼす影響	森 志郎, 珍田 由香里	2022	酪農学園大学紀要. 自然科学編, 46(2), 57-61.
<u>1102024</u>	環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書 日本の気候変動影響と適応策 ―レジリエントで持続可能な社会に向けて―	三村 信男他 (編)	2025	―
<u>1102025</u>	秋冬どりダイコンにおける生育モデルの開発及び地球温暖化の影響評価	高田 敦之, 太田 和宏, 草野 一敬, 岡田 邦彦	2020	神奈川県農業技術センター研究報告, 164, 1-10.
1102026	ホウレンソウの花芽分化および抽台に及ぼす適温長日条件と短日高温条件の影響	山崎 敬亮, 岡田 邦彦	2004	園芸学会雑誌別冊, 73(2), 191.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1102027	2023 年度 S-18 プロジェクト研究成果報告 水稻、畑作物、野菜、果樹を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価 <ホウレンソウ>	米田 有希, 村上 健二, 遠藤 みのり	2024	2023 年度環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書, サブテーマ 2(1)
1102028	2023 年度 S-18 プロジェクト研究成果報告 水稻、畑作物、野菜、果樹を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価 <トマト葉先枯>	上野 広樹, 前田 健, 棚橋 寿彦, 馬橋 美野里	2024	2023 年度環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書, サブテーマ 2(1)
1102029	気候変動によるスイートピーへの影響調査	一般財団法人九州環境管理協会	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム九州・沖縄地域事業委託業務報告書
1102030	我が国の主要露地野菜生産システム同定の試み	大原 源二, 岡田 邦彦	2020	生物と気象, 20, 67-75.

(3) 果樹

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1103001	地球温暖化が果樹栽培に与える影響と対策	杉浦 俊彦	2009	(令和 2 年度第 2 次気候変動影響評価報告書公表時に閲覧)
1103002	気候変動の観測・予測・影響評価に関する統合レポート「日本の気候変動とその影響(2012 年度版)」	文部科学省, 気象庁, 環境省	2013	—
1103003	農業に対する温暖化の影響の現状に関する調査	杉浦 俊彦, 住田 弘一, 横山 繁樹, 小野 洋	2006	—
1103004	Changes in the taste and textural attributes of apples in response to climate change	Sugiura T., Ogawa H., Fukuda N., & Moriguchi T.	2013	Scientific Reports, 3, 2418.
1103005	温暖化がわが国の果樹生育に及ぼしている影響の現状	杉浦 俊彦, 黒田 治之, 杉浦 裕義	2007	園芸学研究, 6(2), 257-263.
1103006	地球温暖化影響調査レポート 10	農林水産省	2018	—
1103007	Coping with Climate Change: An Evaluation of Agricultural Impacts and Adaptation in Japan	Hasegawa, T., Ishigooka, Y., Nakazono, K., Sugiura, T., & Wakatsuki, H.	2025	Climate Change Impacts and Adaptation Strategies in Japan, 45-61.
1103008	Modeling the relationship between apple quality indices and air temperature	Sugiura, T., Fukuda, N., Tsuchida, T., Sakurai, M., & Sugiura, H.	2023	The Horticulture Journal 92 (4), 424-430.
1103009	岩手県におけるリンゴ黒星病の発生と開花前の早期感染の関係	猫塚 修一, 名久井 一樹, 中村 太紀, 遠藤 歩美	2019	北日本病害虫研究会報, 2019(70), 90-95.
1103010	長野県におけるリンゴ‘つがる’&‘ふじ’の日焼け発生と日最高気温の関係	福田 勉, 市川 悦子, 檜本 克樹, 小川 秀和, 船橋 徹郎, 玉井 浩, 小松 宏光	2019	長野果樹試報, 8.
1103011	カンキツ類における日焼け果の発生要因の解明と軽減対策	兼常 康彦, 世良 友香, 西岡 真理	2020	山口県農林総合技術センター研究報告.
1103012	極早生ウンシュウミカンの日焼け果発生予測法と防風ネットの遮光処理による対策技術の検討	菅原 康太郎, 須崎 徳高, 荒巻 幸子, 杉浦 俊彦	2025	園芸学研究別冊, 24, 1.
1103013	How Is Global Warming Affecting Fruit Tree Blooming? “Flowering (Dormancy) Disorder” in Japanese Pear (Pyrus pyrifolia) as a Case Study	Tominaga, A., Ito, A., Sugiura, T., & Yamane, H.	2022	Frontiers in Plant Science, 12, 787638.
1103014	近年の温暖化に伴うモモ「あかつき」の生育の前進	福島県農業総合センター果樹研究所栽培科	2024	—
1103015	夏季の高温・少雨がクリの収量および品質に及ぼす影響と対策技術の開発	荒河 匠, 磯村 秀昭, 神尾 真司	2021	岐阜県中山間農業研究所研究報告, (16), 8-13.
1103016	気候変動による北海道におけるワイン産地の確立 —1998 年以降のビノ・ノワールへの正の影響—	広田 知良, 山崎 太地, 安井 美裕, 古川 準三, 丹羽 勝久, 根本 学, 濱崎 孝弘, 下田 星児, 菅野 洋光, 西尾 善太	2017	生物と気象, 17, 34-45.
1103017	Assessing the expansion of suitable locations for avocado cultivation due to climate change in Japan and its suitability as a substitute for satsuma mandarins	Sugiura, T., Sugiura, H., Konno, S., Date, T., Yoshimatsu, T., & Kasaki, K.	2024	Journal of Agricultural Meteorology, 80(4), 111-117.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1103018	日本におけるカンキツグリーンング病媒介昆虫ミカンキジラミの定着可能地域の推定	紺野 祥平, 杉浦 俊彦	2023	園芸学研究, 22(3), 217-224.
1103019	Future risk of frost on apple trees in Japan	Masaki, Y.	2020	Climatic Change, 159, 407-422.
1103020	気候変動適応策としてのリンゴ「ふじ」の北海道導入可能性	井上 聡, 小南 靖弘	2023	生物と気象, 23, 29-34.
1103021	Assessment of deterioration in skin color of table grape berries due to climate change and effects of two adaptation measures	Sugiura, T., Shiraishi, M., Konno, S., & Sato, A.	2019	Journal of Agricultural Meteorology, 75(2), 67-75.
1103022	暖冬によるナシ栽培への影響調査	株式会社地域計画建築研究所（アルバック）・国立大学法人鳥取大学	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム中国四国地域事業委託業務成果報告書
1103023	神奈川県におけるニホンナシ生育予測システムの開発と気温上昇がナシ開花日に及ぼす影響	曾根田 友暁	2022	神奈川県農業技術センター研究報告, (166), 41-54.
1103024	Prediction of climatic suitability for wine grape production under the climatic change in Hokkaido	Nemoto, M., Hirota, T., & Sato, T.	2016	Journal of Agricultural Meteorology, 72(3-4), 167-172.
1103025	現在および将来気候のもとでの確率的な農業影響評価のための 1 km アンサンブル日平均気温・日降水量データセット	村上 貴一, 根本 学, 稲津 将, 菅原 邦泰, 広田 知良	2022	生物と気象, 22, 33-38.
1103026	アボカド‘ペーコン’における冬季の気温および葉温と寒害発生の関係	木崎 賢哉, 吉松 孝宏, 内野 浩二, 杉浦 俊彦	2024	熱帯農業研究, 17(1), 12-17.
1103027	果樹農業の振興を図るための基本方針（果樹農業振興基本方針）	農林水産省	2025	—

(4) 麦、大豆、飼料作物等

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1104001	環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書 日本の気候変動影響と適応策 —レジリエントで持続可能な社会に向けて—	三村 信男他（編）	2025	—
1104002	小麦作への温暖化の影響と対策技術	中国 江	2010	農林水産技術研究ジャーナル, 33(8), 10-14.
1104003	環境変動が国内の農業生産に及ぼす影響とその対策	中川 博規	2014	作物研究, 59, 55-58.
1104004	埼玉県におけるコムギの生育、収量および収量構成要素と気象変動の関係	箕田 豊尚, 小林 和彦, 平沢 正	2015	日本作物学会紀事, 84(3), 285-294.
1104005	埼玉県の畑作試験圃場におけるコムギ「農林 61 号」の収量に対する気象条件の影響	箕田 豊尚	2010	日本作物学会紀事, 79(1), 62-68.
1104006	異常高温・多雨等が農畜産物に与えた影響と今後の対策	北海道農政部食の安全推進局技術普及課	2011	—
1104007	北部九州における気象条件との関係に基づいたコムギの収量向上の方策	西尾 善太, 内川 修, 西岡 廣泰, 杉田 知彦, 岡見 翠, 松中 仁, 塔野岡 卓司, 中村 和弘	2017	日本作物学会紀事, 86(2) , 139-150.
1104008	愛知県における 2016 年産及び 2017 年産コムギの凍霜害発生の実態と発生要因の推定	森崎 耕平, 山下 有希, 平岩 確, 黒野 綾子, 遠山 孝通, 池田 彰弘	2018	愛知県農総試研報, (50), 63-66.
1104009	2010 年の夏季異常高温が東北地域におけるダイズの生育、収量、品質に及ぼした影響	松波 寿典, 井上 一博, 工藤 忠之, 伊藤 信二, 長沢 和弘, 柴田 康志, 神崎 正明, 千田 洋, 二瓶 直登, 荒井 義光, 小林 浩幸, 山下 伸夫	2013	日本作物学会紀事, 82(4), 386-396.
1104010	Effect of high temperature during the late seed filling period on green stem disorder in soybean	Yamazaki, R., & Kawasaki, Y.	2023	Field Crops Research, 302, 109092.
1104011	温暖化でダイズの莢先熟（青立ち）は増えるのか？育種データを基にした原因分析と将来予測	熊谷 悦史, 山崎 諒	2025	日本農業気象学会 2025 年全国大会講演要旨集.
1104012	栽培温度がダイズの生育および感染ダイズ根粒菌の群集構造に及ぼす影響	城 悠吉, 間塚 真矢, 門脇 正行, 佐伯 雄一	2021	日本土壌肥科学雑誌, 92(3), 255-262.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1104013	Decline in tuber number and weight of potato (<i>Solanum tuberosum</i> L.) associated with drought in 2020 and 2021 in a humid region of eastern Hokkaido	Shimoda, S., Kanaya, M., Kominami, Y., & Tsuji, H.	2023	Journal of Agricultural Meteorology, 79(2), 59-68.
1104014	2021 年の高温・干ばつが北海道の加工用馬鈴薯収量に及ぼした影響	柳沢 朗, 荒木 宏通, 住ノ江 努	2021	日本育種学会・日本作物学会北海道談話会会報, 62, 10-11.
1104015	Risk Assessment and Possible Adaptation of Potato Production in Hokkaido to Climate Change Using a Large Number Ensemble Climate Dataset d4PDF	Sugawara, K., Inatsu, M., Shimoda, S., Murakami, K., & Hirota, T.	2021	SOLA, 17, 24-29.
1104016	2010 年の気象がバレイショにおよぼした影響:「北海道における 2010 年猛暑による農作物の被害解析」 報告書	田宮 誠司, 西中 未央	2011	北海道農業研究センター研究資料, (69), 23-28.
1104017	近年の気温と降水量が飼料用トウモロコシの病害発生と乾物収量に及ぼす影響 (2001~2012 年)	宇敷 真子, 横澤 将美, 高橋 朋子	2013	群馬県畜産試験場研究報告, (20), 81-87.
1104018	平成 29 年地球温暖化影響調査レポート	農林水産省	2018	—
1104019	京都府宇治市における近年の茶の凍霜害の発現傾向と気候温暖化の関係	安成 哲三, 大串 卓史, 金森 大成	2024	茶業研究報告, 2024(138), 33-40.
1104020	気候変動に対応した循環型食糧生産等の確立のためのプロジェクト ―農業分野における温暖化緩和技術の開発― ー地球温暖化が農業分野に与える影響評価と適応技術の開発― ー地球温暖化が農林水産分野に与える経済的影響評価―	農林水産省農林水産技術会議事務局	2016	プロジェクト研究成果シリーズ, 557, 1-378.
1104021	2021 年度 S-18 プロジェクト研究成果報告 水稻、畑作物、野菜、果樹を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価	細野 達夫	2022	2021 年度環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書, サブテーマ 2(1)
1104022	Machine learning approaches for predicting soybean disorders under climate change and assessing adaptation measures	Kumagai, E., Takimoto, T., Hishinuma, A., Takada, Y., Oki, N., & Yamazaki, R.	2025	European Journal of Agronomy, 170, 127770.
1104023	温暖化が寒地型牧草生産におよぼす影響のモデルによる評価	樽見 恵梨奈, 築城 幹典, 森 昭憲	2018	システム農学, 34(1), 7-15.
1104024	一番茶の摘採期予測手法の開発と気候変動下における静岡県産の摘採期の影響予測	山本 圓, 澤野 麻利江, 中野 敬之	2021	茶業研究報告, 2021(132), 15-24.
1104025	農林水産省気候変動適応計画	農林水産省	2023	—
1104026	Early ground rolling is highly effective in delaying spikelet initiation in early-sown spring wheat	Mizumoto, A., Tanio, M., Nakazono, K., Watanabe, K., Uchino, A., & Azuma, T.	2023	Plant Production Science, 26(4), 402-410.
1104027	Cool-season grass productivity estimation model evaluating the effects of global warming and climate adaptation strategies	Tarumi, E., Tsuiki, M., & Mori, A.	2020	Grassland Science, 67(3), 234-240.

(5) 畜産

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1105001	平成 25 年地球温暖化影響調査レポート	農林水産省	2013	—
1105002	高泌乳牛の代謝特性と暑熱ストレスの影響	久米 新一	2011	畜産の研究, 65(9), 881-891.
1105003	平成 29 年地球温暖化影響調査レポート	農林水産省	2018	—
1105004	Coping with Climate Change: An Evaluation of Agricultural Impacts and Adaptation in Japan	Hasegawa, T., Ishigooka, Y., Nakazono, K., Sugiura, T., & Wakatsuki, H.	2025	Integrated Research toward Climate Resilient Society , 45-61.
1105005	Length of lags in responses of milk yield and somatic cell score on test day to heat stress in Holsteins	Hagiya, K., Bamba, I., Osawa, T., Atagi, Y., Takusari, N., Itoh, F., & Yamazaki, T.	2019	Animal Science Journal, 90(5), 613-618.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1105006	Effect of the temperature-humidity index on body temperature and conception rate of lactating dairy cows in southwestern Japan	Nabenishi, H., Ohta, H., Nishimoto, T., Morita, T., Ashizawa, K., & Tsuzuki, Y.	2011	Journal of Reproduction and Development, 57(4), 450-456.
1105007	暑熱環境が黒毛和種肥育牛の生産性に及ぼす影響とその対策技術の検討	前田 友香	2021	日本畜産学会報, 92(2), 141-148.
1105008	Effect of ambient temperature on average daily gain of pigs evaluated using public weather data and a plateau-linear regression model	Ogawa, S., Ohnishi, C., & Satoh, M.	2022	Animal Science Journal, 93(1), e13762.
1105009	Potential Biomarkers for Chronic Seasonal Heat Stress in Kagoshima Berkshire Pigs Reared in the Subtropical Region	Ijiri, M., Odo, K., Sato, M., Kawaguchi, M., Fujimoto, Y., Miura, N., Matsuo, T., Hou, D. X., Yamato, O., Tanabe, T., & Kawaguchi, H.	2022	Journal of Veterinary Research, 66(2), 209.
1105010	Chronic heat stress induces renal fibrosis and mitochondrial dysfunction in laying hens	Nanto-Hara, F., Yamazaki, M., Murakami, H., & Ohtsu, H.	2023	Journal of Animal Science and Biotechnology, 14(1), 81.
1105011	日本に新たに侵入した牛のアルボウイルス（2005年9月15日プレスリリース）	農業・食品産業技術総合研究機構	2005	—
1105012	Detection of Culicoides brevitarsis Activity in Kyushu	Yanase, T., Hirata, M., Matsumori, Y., Matsumura, M., Kato, T., Shirafuji, H., Yamakawa, M., Hayama, Y., & Tsutsui, T.	2011	Journal of Veterinary Medical Science, 73(12), 1649-1652.
1105013	育成前期乳牛の生理および窒素・エネルギー代謝に及ぼす高温高湿の影響	野中 最子, 樋口 浩二, 田鎖 直澄, 田島 清, 鎌田八郎, 栗原光規	2012	日本畜産学会報, 83(2), 133-144.
1105014	環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書 日本の気候変動影響と適応策 —レジリエントで持続可能な社会に向けて—	三村信男他（編）	2025	—
1105015	Projection of Climate Change Impacts for Lactating Performance of Holstein Cows in Summer Season in Japan	Higuchi, K., Hara, K., Yamashita, M., Tsubokura, M., Sawado, R., Monaka, I., Fujimori, M., Takizawa, S., Shinkai, T., Saito, Y., Tatebayashi, R., & Nishiura, A.	2024	2024 International Symposium on Ruminant Physiology, 59.
1105016	畜産を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価 採卵鶏	大津 晴彦, 原 文香, 依馬 朋香, 松下 浩一, 戸沢 咲知	2024	2023 年度環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書, サブテーマ 2(2)
1105017	畜産を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価 肥育後期豚	樋口 浩二	2024	2023 年度環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書, サブテーマ 2(2)
1105018	「気候変動適応情報プラットフォーム」インフォグラフィック「畜産」	国立環境研究所	2022	https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/infographic/1_livestockRaising.html (2025/9/29 閲覧)
1105019	The relationships between environmental parameters in livestock pen and physiological parameters of Holstein dairy cows	Nohara, M., Hisaeda, K., Ono, T., Inoue, Y., Ogawa, K., Hata, A., Sibano, K., Nagahata, H., & Fujitani, N.	2022	Journal of Veterinary Medical Science, 84(7), 964-977.

(6) 病害虫・雑草等

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1106001	気候変動の観測・予測・影響評価に関する統合レポート「日本の気候変動とその影響(2012年度版)」	文部科学省, 気象庁, 環境省	2013	—

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1106002	Distribution range shift of two allied species, <i>Nezara viridula</i> and <i>N. antennata</i> (Hemiptera: Pentatomidae), in Japan, possibly due to global warming	Yukawa, J., Kiritani, K., Gyoutoku, N., Uechi, N., Yamaguchi, D., & Kamitani, S.	2007	Applied Entomology and Zoology, 42(2), 205–215.
1106003	Northward range expansion by <i>Nezara viridula</i> (Hemiptera: Pentatomidae) in Shikoku and Chugoku Districts, Japan, possibly due to global warming	Yukawa J, Kiritani K, Kawasaki T, Higashiura, Y., Sawamura, N., Nakada, K., Gyotoku, N., Tanaka, A., Kamitani, S., Matsuo, K., Yamauchi, S., & Takematsu, Y.	2009	Applied Entomology and Zoology, 44(3), 429–437.
1106004	愛知県におけるミナミアオカメムシの発生とダイズの被害状況	小出 哲哉, 山口 和広, 大野 徹, 森本 健次	2010	関西病虫研究会報, 52, 163–165.
1106005	我が国におけるミナミアオカメムシの最近の分布および発生状況	水谷 信夫	2013	植物防疫, 67(11), 595–601.
1106006	千葉県におけるスクミリンゴガイの発生状況と防除対策、および予察法の検討について	松下 みどり	2015	植物防疫, 69(3), 152–154.
1106007	冬期気温データを用いたクモヘリカメムシ発生地域予測手法の広域適用性の検証	松木 伸浩, 田淵 研, 舩谷 悠祐, 渡邊 朋也	2021	北日本病虫研究会報, 2021(72), 93–98.
1106008	東北地域における斑点米カメムシ類：2014–2021 年の発生動向、被害実態と防除対策	田淵 研, 石岡 将樹, 對馬 佑介, 吉田 雅紀, 小野 亨, 新山 徳光, 高橋 良知, 中島 具子, 上野 清, 松木 伸浩, 吉村 英翔	2023	農研機構研究報告, 2023(15), 1–52.
1106009	EDM analyses for long rice pest records in Japan	Yamanaka, T., Kishi, S. & Ochi, S.	2024	XXVII International Congress of Entomology.
1106010	病害虫発生予察調査データから見た平成年間における水稻の主要病害虫の発生動向	藤田 究	2020	香川県農業試験場研究報告.
1106011	ゴボウヒゲナガアブラムシ(カメムシ目：アブラムシ科)の発育・増殖特性および薬剤処理の効果	上室 剛, 溜池 雄志, 福田 健	2022	日本応用動物昆虫学会誌, 66(4), 123–134.
1106012	イネ紋枯病による水稻の収量および白未熟粒に対する被害解析	井上 博喜, 宮坂 篤, 川上 顕, 笹谷 孝英, 平八 重一之	2015	九州病害虫研究会報, 61, 1–6.
1106013	地球温暖化による気温上昇がイネ紋枯病の発生および被害に及ぼす影響評価	井上 博喜	2021	植物防疫, 75(6).
1106014	温暖化による気温上昇がイネ紋枯病の発生程度および被害度に及ぼす影響	井上 博喜, 宮坂 篤, 園田 亮一	2020	九州病害虫研究会報, 66, 1–5.
1106015	温暖化による雑草の分布変化：イネ科多年生雑草チガヤの例	富永 達	2013	京大農場報告, 22, 13–15.
1106016	温暖化によるイネ科多年生雑草 チガヤの分布拡大と雑種形成	富永 達	2021	植調, 55(1), 8–11.
1106017	本邦土壌中のアフラトキシン生産菌群の分布	真鍋 勝, 鶴田 理, 田中 健治, 松浦 慎治	1976	日本菌学会会報, 17, 436–444.
1106018	日本産昆虫、ダニの発育零点と有効積算温度定数：第 2 版	桐谷 圭治	2012	農業環境技術研究所報告, (31).
1106019	A simple method to estimate the potential increase in the number of generations under global warming in temperate zones	Yamamura, K., & Kiritani, K.	1998	Applied Entomology and Zoology, 33(2), 289–298.
1106020	Dissecting insect responses to climate warming: overwintering and post-diapause performance in the southern green stink bug, <i>Nezara viridula</i> , under simulated climate-change conditions	Takeda, K., Musolin, D. L., & Fujisaki, K.	2010	Physiological Entomology, 35(4), 343–353.
1106021	How to analyze long-term insect population dynamics under climate change: 50-year data of three insect pests in paddy fields	Yamamura, K., Yokozawa, M., Nishimori, M., Ueda, Y., & Yokosuka, T.	2006	Population Ecology, 48(1), 31–48.
1106022	Survival of overwintering nymphs of the small brown planthopper and its contribution to emergence timing	Matsukura, K., Sanada - Morimura, S., Fujii, T., Matsumura, M., & Shiba, T.	2023	Ecosphere, 14(6), e4544.
1106023	近年の気候変動の状況と気候変動が農作物の生育等に及ぼす影響に関する資料集	農林水産省	2002	—
1106024	Estimation of climatic factors relating to occurrence of the maize orange leafhopper, <i>Cicadulina bipunctata</i>	Matsukura, K., Yoshida, K., & Matsumura, M.	2012	Population Ecology, 54(3), 397–403.
1106025	Future risk of maize orange leafhopper <i>Cicadulina bipunctata</i> and maize wallaby ear symptom in temperature Japan	Matsukura, K., Yoshida, K., Kumashiro, S., & Matsumura, M.	2016	Population Ecology, 58(2), 241–248.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1106026	ミナミアオカメムシの高温障害	藤崎 憲司	2010	植物防疫, 64(7), 434-438.
1106027	Collapse of Insect Gut Symbiosis under Simulated Climate Change	Kikuchi, Y., Tada, A., Musolin, D. L., Hari, N., Hosokawa, T., Fujisaki, K., & Fukatsu, T.	2016	mBio, 7(5), 10-1128.6.
1106028	高温がジャガイモヒゲナガアブラムシ（カメムシ目：アブラムシ科）とダイズアブラムシ（カメムシ目：アブラムシ科）の発育と増殖に及ぼす影響	菊池 孝伸, 加藤 寛, 香川 清彦, 園田 昌司, 村井 保	2018	日本応用動物昆虫学会誌, 62(1), 41-46.
1106029	気候変動に対応した循環型食糧生産等の確立のためのプロジェクト ―農業分野における温暖化緩和技術の開発― ―地球温暖化が農業分野に与える影響評価と適応技術の開発― ―地球温暖化が農林水産分野に与える経済的影響評価―	農林水産省農林水産技術会議事務局	2016	プロジェクト研究成果シリーズ, 557, 1-378.
1106030	An Application of a Physical Vegetation Model to Estimate Climate Change Impacts on Rice Leaf Wetness	Yoshida, R., Onodera, Y., Tojo, T., Yamazaki, T., Kanno, H., Takayabu, I., & Suzuki-Parker, A.	2015	Journal of Applied Meteorology and Climatology, 54(7), 1482-1495.
1106031	九州地方に発生したコヒメビエの小穂と穂の形態と低温での種子の死亡条件から推定した定着不可能地点	森田 弘彦	1996	雑草研, 41(2), 90-97.
1106032	Soil frost depth change in eastern Hokkaido under +2 K world climate scenarios	Inatsu, M., Tominaga, J., Katsuyama, Y., & Hirota, T.	2016	SOLA, 12, 153-158.
1106033	IPCC Expert Meeting on Climate Change, Food, and Agriculture Meeting Report	IPCC	2015	—
1106034	茨城県および千葉県内の畑土壌における <i>Aspergillus flavus</i> および <i>A. parasiticus</i> の分布調査	斉藤 道彦, 岡崎 博, 田中 健治, 久城 真代	2008	食品総合研究所研究報告, 72, 77-81.
<u>1106035</u>	「気候変動適応情報プラットフォーム」インフォグラフィック「病害虫」	国立環境研究所	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/infographic/1_disease-pest.html (2025/9/29 閲覧)
<u>1106036</u>	イチゴ炭疽病に対する降雨時の薬剤防除効果	武山 桂子, 石井 直樹, 内田 祐太, 松崎 聖史	2021	愛知県農業総合試験場研究報告, (53), 67-72.
<u>1106037</u>	山梨県の実モモにおけるウメシロカイガラムシおよびクワシロカイガラムシ(カメムシ目マルカイガラムシ科)の発生状況とウメシロカイガラムシに対する各種薬剤の殺虫効果	内田 一秀, 村上 芳照, 綿打 享子, 國友 義博, 望月 孝一, 切刀 幸博	2021	日本応用動物昆虫学会誌, 65(1), 45-56.
<u>1106038</u>	2022 年度 S-18 プロジェクト研究成果報告 水稻、畑作物、野菜、果樹を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価	細野 達夫	2023	2022 年度環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書, サブテーマ 2(1)

(7) 農業生産基盤

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1107001	農業水利における地球温暖化対応のための気象・水文事象の評価	高橋 順二, 加藤 敬, 北村 浩二, 小山 潤	2008	農業農村工学会誌, 76(10), 911-916, a2.
1107002	わが国の年降水量の変動について	近森 邦英, 紙井 泰典	2000	農業土木学会, 68(4), 347-350, a2.
<u>1107003</u>	日本の気候変動 2025 ―大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書―	文部科学省, 気象庁	2025	—
<u>1107004</u>	気候変動による降雨パターンの変化と水利用	増本 隆夫	2020	ARDEC : world agriculture now, (63), 16-20.
1107005	豪雨に対する備えと対応（参考事例集）排水機編	農林水産省農村振興局	2013	—
<u>1107006</u>	6 月 29 日からの大雨に係る農林水産関係の被害状況	農林水産省	2025	—
<u>1107007</u>	農業用ため池を巡る状況	農林水産省	2024	—
<u>1107008</u>	大雨による農業用水利施設の被災と再度災害防止の取組み	足立 徹, 佐々木 朗, 矢矧 渉	2024	農業土木学会誌, 92 (7), 481-486.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1107009	気候変動下のため池の管理と役割	秋田県	2025	「2024 ため池フォーラム in あきた」記録誌.
1107010	豪雨・渇水に対する備えと対応（参考事例集）ため池編	農林水産省農村振興局	2013	—
1107011	気象の極端化のウンシュウミカンへの影響を軽減する「マルドリ方式」	島崎 昌彦, 草場 新之助, 根角 博久, 森永 邦久	2013	農業農村工学会誌, 81(4), 285-288, a2.
1107012	神流川沿岸地区における水稻高温障害に対する農業用水管理	志野 尚司, 柄澤 昭司, 田澤 裕之, 山本和雄	2013	農業農村工学会誌, 81(4), 277-280, a1.
1107013	猛暑に対応した水稻作付け体系が用水需要変動に及ぼす影響	坂田 賢, 友正 達美, 内村 求	2013	農業農村工学会誌, 81(4), 269-272, a1.
1107014	「山田錦」における高温障害抑制のための掛流し灌漑試験	竹下 伸一, 池上 勝, 平山 嘉一郎, 土田 利一	2013	農業農村工学会誌, 81(4), 281-284, a1.
1107015	掛流し灌漑による高温障害対策時の用排兼用水路の水温形成	木村 匡臣, 飯田 俊彰, 光安 麻里恵, 久保 成隆	2013	農業農村工学会誌, 81(4), 289-292, a2.
1107016	気候変動が畑地の灌漑必要水量に及ぼしてきた影響の評価 一鳥取県東伯郡の北栄町地区の芝畑における事例一	有森 正浩, 草地 三陽	2021	農業農村工学会論文集, 89(2), II_41-II_49.
1107017	気候シナリオの不確実性を反映させた豪雨の確率評価法	皆川 裕樹, 工藤 亮治, 増本 隆夫	2018	農業農村工学会論文集, 86(2), I_163-I_173.
1107018	地球温暖化により豪雨や農地の洪水リスクは増加するのか	皆川 裕樹, 増本 隆夫	2012	手取川流域の明日を目指して一人々の生活を支える水循環一, 石川県立大出版会, 34-38.
1107019	温暖化に伴う降水量と内部波形変化の予測と低平地排水への影響	皆川 裕樹, 増本 隆夫	2012	農業用水を核とした健全な水循環ー地球温暖化を前提とした手取川流域の事例一, 石川県立大出版会, 23-32.
1107020	Variability in Intensity of Heavy Rainfall due to Climate Change and its Impact on Paddy Inundation in Low-lying Areas of Japan	Minakawa, H., & Masumoto, T.	2013	Irrigation and Drainage, 62(5), 679-686.
1107021	近年の地すべり災害の傾向と今後の課題	丸山 清輝	2011	地質と調査, 2, 15-19.
1107022	河口低平農地における高潮氾濫モデルに関する研究	桐 博英	2012	農村工学研究所報告, 51, 109-164.
1107023	気候変動による背水影響の増大に伴う低平地河川の農作物被害額の推定	関 洵哉, 中津川 誠, NGUYEN Thanh Thu	2021	土木学会論文集 B1（水工学）, 77(2), I_25-I_30.
1107024	冠水時期・冠水位・冠水期間の違いが普通ソバの生育と乾物生産に及ぼす影響	曾根 千晴, 阿部 百香, 米内 菜々美, 鈴木 一哉, 近藤 正, 皆川 裕樹, 増本 隆夫	2022	日本作物学会第 259 回講演会要旨集.
1107025	高温冠水が日本の栽培ダイズ品種の生育に与える影響の品種間差異	曾根 千晴, 吉田 武郎, 皆川 裕樹, 増本 隆夫	2025	日本作物学会第 259 回講演会要旨集.
1107026	水稻生産者への適応戦略と水資源の相互影響評価	高田 亜沙里, 吉田 武郎, 石郷岡 康史, 丸山 篤志, 工藤 亮治	2023	農業農村工学会誌, 91(5), 303-306.
1107027	気候変動下における水稻の作付時期の変化が農業水利用に及ぼす影響の全国評価	高田 亜沙里, 吉田 武郎, 石郷岡 康史, 丸山 篤志, 工藤 亮治	2024	土木学会論文集, 80(16), 23-16118.
1107028	Potential Barriers to Adaptive Actions in Water–Rice Coupled Systems in Japan: A Framework for Predicting Soft Adaptation Limits	Takada, A., Yoshida, T., Ishigooka, Y., Maruyama, A., & Kudo, R.	2024	Water Resources Research, 60(4).
1107029	農業用ダムを利用した稲作灌漑に関する気候変動に伴う長期的な影響分析	井上 湧太, 堀 智晴, 山田 真史	2024	土木学会論文集, 80(16), 23-16119.
1107030	気候変動がため池に及ぼす影響及び中長期的な適応策の検討に関する参考情報	農林水産省農村振興局農村環境課	2016	—
1107031	簡易なため池水収支モデルによる渇水・豪雨リスクの地域性評価	谷口 智之, 河野 幸正, 岡崎 恭知, 凌 祥之	2020	農業農村工学会誌, 88(9), 725-728.
1107032	農林水産省気候変動適応計画	農林水産省	2023	—
1107033	Application of climate change projections in drainage project planning for agricultural infrastructure in Japan	Takigawa, T., Watanabe, Y., Tsuruda, S., Yuasa, K., Hotta, N., & Washino, K.	2024	Irrigation and Drainage, 73(5), 1838-1843.
1107034	土地改良事業計画設計基準計画「排水」	農林水産省	2025	—
1107035	「令和 2 年 7 月豪雨」に見た国土強靱化に向けた今後の技術開発	川邊 翔平, 森 充広, 高橋 良次, 金森 拓也	2021	農業農村工学会誌, 89(8), 557-560.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1107036	降雨特性を踏まえたため池の洪水調節効果の評価	吉迫 宏, 眞木 陸, 正田 大輔, 小嶋 創, 竹村 武士	2021	農業農村工学会誌, 89(8), 561-564.
1107037	気候変動がため池の設計洪水流量に与える影響の評価と適応策の検討	眞木 陸, 吉迫 宏	2024	農業農村工学会論文集, 318(92-1), 1_163- 1_176.
1107038	平成 30 年 7 月豪雨によるため池への土砂流入時の被災要因	正田 大輔, 吉迫 宏, 小嶋 創	2021	農業農村工学会誌, 91(4), 237-240.
1107039	農業用ダムの諸元に基づく事前放流の治水効果の定量化	相原 星哉, 吉田 武郎, 川本 陽介, 伊藤 久司, 上山 泰宏	2021	農業農村工学会誌, 89(8), 573-576.
1107040	農業用ダムにおける事前放流の治水効果の類型化	相原 星哉, 吉田武郎, 上山泰宏	2023	農業農村工学会論文集, 316 (91-1), 1_29- 1_37.
1107041	圃場スケールでの田んぼダムによる豪雨時の雨水貯留効果	持永 亮, 樋口俊輔, 北川 巖, 皆川 裕樹	2021	農業農村工学会誌, 89(8), 565-568.
1107042	田んぼダム流水型落水量調整板の流出抑制効果の評価	岩垣 浩志, 谷口 智之, 持永 亮, 凌 祥之	2021	農業農村工学会誌, 89(8), 577-580.
1107043	模擬豪雨を活用した特徴の異なる田んぼダム器具の機能評価	皆川 裕樹, 宮津 進	2022	農業農村工学会論文集, 314(90-1), 1_157- 1_165.
1107044	流域治水における農地の位置と役割	佐藤 政良	2022	水文・水資源学会誌, 35(1), 41 – 57.
1107045	水田域の持つ遊水地機能の超過洪水に対するソフト対策としての活用	沢田 明彦, 後藤 慎一, 増本 隆夫	2024	水文・水資源学会誌, 37(2), 115 – 124.
1107046	大区画圃場でのスマート農業の展開に向けた農業水利用の評価法	沢田 明彦, 齊藤 希輝, 柴田 総, 柴田 恭司, 増本 隆夫	2025	農業土木学会誌, 93 (5), 353-356.

(8) 食糧需給

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1108001	IPCC AR6 WGII Full Report 5.4.1.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report.
1108002	IPCC AR6 WGII Full Report 5.2.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report.
1108003	Interactions between temperature and drought in global and regional crop yield variability during 1961-2014	Matiu, M., Ankerst, D. P., & Menzel, A.	2017	PLOS One, 12(5), e0178339.
1108004	Crop production losses associated with anthropogenic climate change for 1981–2010 compared with preindustrial levels	Iizumi, T., Shiogama, H., Imada, Y., Hanasaki, N., Takikawa, H., & Nishimori, M.	2018	International Journal of Climatology, 38(14), 5405-5417.
1108005	The fingerprint of anthropogenic warming on global agriculture	Frances C. Moore	2020	EarthArXiv.
1108006	Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth	Ortiz-Bobea, A., Ault, T. R., Carrillo, C. M., Chambers, R. G., & Lobell, D. B.	2021	Nature Climate Change, 11, 306-312.
1108007	Food production shocks across land and sea	Cottrell, R. S., Nash, K. L., Halpern, B. S., Remenyi, T. A., Corney, S. P., Fleming, A., Fulton, E. A., Hornborg, S., John, A., Watson, R. A., & Blanchard, J. L.	2019	Nature Sustainability, 2(2), 130-137.
1108008	Severity of drought and heatwave crop losses tripled over the last five decades in Europe	Brás, T. A., Seixas, J., Carvalhais, N., & Jägermeyr, J.	2021	Environmental Research Letters, 16(6), 065012.
1108009	Climate extremes, food price spikes, and their wider societal risks	Kotz, M., Donat, M. G., Lancaster, T., Parker, M., Smith, P., Taylor, A., & Vetter, S. H.	2025	Environmental Research Letters, 20(8), 081001.
1108010	The Impact of Disasters and Crises on Agriculture and Food Security	Food and Agriculture Organization of the United Nations.	2021	—
1108011	IPCC AR6 WGII Full Report Box 5.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1108012	Global within-season yield anomaly prediction for major crops derived using seasonal forecasts of large-scale climate indices and regional temperature and precipitation	Iizumi, T., Takaya, Y., Kim, W., Nakaegawa, T., & Maeda, S.	2021b	Weather and Forecasting, 36(1), 285-299.
1108013	The Role of El Niño Southern Oscillation in Commodity Price Movement and Predictability	Ubilava, D.	2018	American Journal of Agricultural Economics, 100(1), 239-263.
1108014	A global dataset for the projected impacts of climate change on four major crops	Hasegawa, T., Wakatsuki, H., Ju, H., Vyas, S., Nelson, G. C., Farrell, A., Deryng, D., Meza, F., & Makowski, D.	2021	Scientific Data, 9(1), 58.
1108015	Climate simulations: Recognize the 'hot model' problem	Hausfather, Z., Marvel, K., Schmidt, G. A., Nielsen-Gammon, J. W., & Zelinka, M.	2022	Nature, 605(7908), 26-29.
1108016	Climate impacts on global agriculture emerge earlier in new generation of climate and crop models	Jägermeyr, J., Müller, C., Ruane, A. C., Elliott, J., Balkovic, J., Castillo, O., Faye, B., Foster, I., Folberth, C., Franke, J. A., Fuchs, K., Guarin, J. R., Heinke, J., Hoogenboom, G., Iizumi, T., Jain, A. K., Kelly, D., Khabarov, N., Lange, S., Lin, T.-S., Liu, W., Mialyk, O., Minoli, S., Moyer, E. J., Okada, M., Phillips, M., Porter, C., Rabin, S. S., Scheer, C., Schneider, J. M., Schyns, J. F., Skalsky, R., Smerald, A., Stella, T., Stephens, H., Webber, H., Zabel, F., & Rosenzweig, C.	2021	Nature Food, 2(11), 1-13.
1108017	Future warming increases probability of globally synchronized maize production shocks	Tigchelaar, M., Battisti, D. S., Naylor, R. L., & Ray, D. K.	2018	Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 115(26), 6644-6649.
1108018	Increasing risks of multiple breadbasket failure under 1.5 and 2° C global warming	Gaupp, F., Hall, J., Mitchell, D., & Dadson, S.	2019	Agricultural Systems, 175, 34-45.
1108019	「気候変動適応情報プラットフォーム」インフォグラフィック「食糧需給」	国立環境研究所	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/infographic/1_foodsupplydemand.html (2025/9/29 閲覧)
1108020	Supply chain diversity buffers cities against food shocks	Gomez, M., Mejia, A., Ruddell, B. L., & Rushforth, R. R.	2021	Nature, 595(7866), 250-254.
1108021	気候変動と食料システム	長谷川 利拡	2022	作物研究, 67, 93-95.
1108022	Towards food supply chain resilience to environmental shocks	Davis, K. F., Downs, S., & Gephart, J. A.	2021	Nature Food, 2(1), 54-65.

【林業】

(1) 木材生産（人工林等）

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1201001	関東平野におけるスギ林衰退と土壌要因	伊藤 江利子, 吉永 秀一郎, 大貫 靖浩, 志知 幸治, 松本 陽介, 坪田 宏	2002	森林立地, 44(2), 37-43.
1201002	関東平野における樹木衰退の 1999 年～2001 年の状況	松本 陽介, 小池 信哉, 河原崎 里子, 上村 章, 原山 尚徳, 伊藤 江利子, 吉永 秀一郎, 大貫 靖浩, 志知 幸治, 奥田 史郎, 石田 厚, 坪田 宏	2002	森林立地 44(2), 2002, 53～62.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1201003	関東甲信・関西瀬戸内地方におけるスギの衰退現象	梨本 真, 高橋 啓二	1990	森林立地, 32(2), 70-78.
1201004	スギの水分生理特性と関東平野における近年の気象変動 ―樹木の衰退現象に関連して―	松本 陽介, 丸山 温, 森川 靖	1992	森林立地, 34(1), 2-13.
1201005	温暖化に対するスギ人工林の脆弱性マップ	松本 陽介, 重永 英年, 三浦 覚, 長倉 淳子, 埤田 宏	2006	地球環境, 11(1), 43-48.
1201006	森林生産性の傾向変化に寄与する気候的・非気候的要因	川口 光倫	2014	日本生気象学会雑誌, 51(2), 71-82.
1201007	Evidence for environmentally enhanced forest growth	Fang, J., Kato, T., Guo, Z., Yang, Y., Hu, H., Shen, H., Zhao, X., Kishimoto-Mo, A. W., Tang, Y., & Houghton, R. A.	2014	Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 111(26), 9527-9532.
1201008	Verification of our empirical understanding of the physiology and ecology of two contrasting plantation species using a trait database	Osone, Y., Hashimoto, S., Tanaka, K., Reis, S. M. A. D. O., Marques, T. G., & Oliveira, T. G.	2021	PLOS ONE, 16(11), e0254599.
1201009	温量指数によるマツ材線虫病自然抑制域・自然抑制限界域の推定 ―MB 指数のリニューアルを通して―	中村 克典, 野口 絵美	2006	日本森林学会大会発表データベース第 117 回日本森林学会大会.
1201010	東北地方におけるマツ材線虫病とマツノマダラカミキリの分布変遷	東北林業試験研究機関連絡協議会森林保全部会	2014	森林総合研究所研究報告, 13(4), 335-343.
1201011	「林野庁 HP」令和 6 年度 森林・林業白書「森林保全の動向(3)森林被害対策の推進」	林野庁	2025	https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/r6hakusyo_h/all/cha_p1_3_3.html (2025/9/28 参照)
1201012	東日本のナラ枯れの被害域拡大を引き起こしているカシノナガキクイムシの由来を遺伝情報から明らかに	森林総合研究所	2024	森林総合研究所研究成果選集.
1201013	日本における森林気象害および林野火災の発生状況 (1954 年度～2003 年度)	鈴木 覚, 吉武 孝, 後藤 義明	2009	森林総合研究所研究報告, 8, 71-100.
1201014	Analysis of wind damage caused by multiple tropical storm events in Japanese Cryptomeria japonica forests	Kamimura, K., Saito, S., Kinoshita, H., Kitagawa, K., Uchida, T., & Mizunaga, H.	2013	Forestry, 86(4), 411-420.
1201015	北海道中央部の針葉樹人工林における風倒被害と樹形	渋谷 正人, 浦田 格, 鳥田 宏行, 飯島 勇人	2011	森林立地, 53(2), 53-59.
1201016	Wind profiles and mechanical resistance of uprooted trees in a Japanese cypress (<i>Chamaecyparis obtusa</i>) plantation slightly damaged by Typhoon Melor 0918 at Kamiatago Experimental Forest, Tenryu, Japan: Validity of mechanistic models for wind damage risks	Kitagawa, K., Kamimura, K., Saito, S., Uchida, T., & Mizunaga, H.	2010	Japanese Journal of Forest Environment, 52(2), 57-66.
1201017	Root anchorage of hinoki (<i>Chamaecyparis obtusa</i> (Sieb. Et Zucc.) Endl.) under the combined loading of wind and rapidly supplied water on soil: analyses based on tree-pulling experiments	Kamimura, K., Kitagawa, K., Saito, S., & Mizunaga, H.	2012	European Journal of Forest Research, 131(1), 219-227.
1201018	The Potential Effect of Climate Change on the Transpiration of Sugi (<i>Cryptomeria japonica</i> D. Don) Plantations in Japan	Shigenaga, H., Matsumoto, Y., Taoda, H., & Takahashi, M.	2005	農業気, 60(5), 451-456.
1201019	温暖化条件化で育成したヒノキの成長と生物季節	吉田 尚美, 中島 敦司, 山本 将功, 奥田 尚孝, 櫛田 達矢	2005	土木学会環境工学研究論文集, 42,157-162.
1201020	秋季の加温処理が狭い範囲で産地の異なるアカマツ苗の成長に及ぼす影響	平田 真智子, 山本 将功, 青木 まどか, 中島 敦司	2011	日本緑化工学会誌, 37(1), 32-37.
1201021	Evaluating the Effects of Climate Change on the Potential Site Productivity of Sugi (<i>Cryptomeria japonica</i>) Planted Forests in Kyushu Island, Japan	Mitsuda, T.	2018	Journal of Forest Planning, 22(2), 47-53.
1201022	プロセスモデルを利用した九州のスギ林生産力のマップ化	鳥山 淳平, 橋本 昌司, 清水 貴範, 澤野 真治, 大曾根 陽子, Lehtonen Aleksi	2018	九州森林研究, 71, 33-37.
1201023	将来のスギ林の生産力を予測する	橋本 昌司	2021	—
1201024	スギ人工林域の炭素吸収量の将来予測 ―スギの面積縮小と高齢級化の影響―	鳥山 淳平, 中尾 勝洋, 斎藤 琢, 西園 朋広, 内山 憲太郎, 荒木 眞岳, 村上 亘, 平田 泰雅	2024	森林学会大会学術講演集, 135, 150

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1201025	スギの適応遺伝変異の空間分布と気候変動への応答可能性評価	内山 憲太郎, 中尾 勝洋, 津村 義彦	2023	日本森林学会大会発表データベース, 134 (0), 145.
1201026	環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書 日本の気候変動影響と適応策 ―レジリエントで持続可能な社会に向けて―	三村 信男他 (編)	2025	—
1201027	Long-term chamber measurements reveal strong impacts of soil temperature on seasonal and inter-annual variation in understory CO ₂ fluxes in a Japanese larch (<i>Larix kaempferi</i> Sarg.) forest	Teramoto M., Liang N., Zeng J., Saigusa N., & Takahashi Y.	2017	Agricultural and Forest Meteorology, 247, 194-206.
1201028	Potential distribution of pine wilt disease under future climate change scenarios	Hirata, A., Nakamura, K., Nakao, K., Kominami, Y., Tanaka, N., Ohashi, H., Takano, K. T., Takeuchi, W., & Matsui, T.	2017	PLOS ONE, 12(8), e0182837.
1201029	Developing a point process model for ecological risk assessment of pine wilt disease at multiple scales	Matsuhashi, S., Hirata, A., Akiba, M., Nakamura, K., Oguro, M., Takano, K. T., Nakao, K., Hijioka, Y., & Matsui, T.	2020	Forest Ecology and Management, 463, 118010.
1201030	北海道における地球温暖化によるヤツバキイムシの世代数変化予測	尾崎 研一, 上田 明良, 澤野 真治	2014	森林防疫, 63, 142-150.
1201031	地球温暖化によるトマツオオアブラムシの世代数増加と被害拡大の予測	尾崎 研一	2012	森林防疫, 61(2), 64-69.
1201032	温暖化により被害の拡大が危惧される森林病害虫	独立行政法人森林総合研究所	2014	—
1201033	Relationships between stand ages and wind resistances of stand ―Forest damage by Typhoon 7 in 1959 in the Tokyo regional forestry office, Japan―	Fujimori T.	1995	Journal of the Japanese Forestry Society, 77, 602-605.
1201034	Developing a decision support approach to reduce wind damage risk - a case study on sugi (<i>Cryptomeria japonica</i> (L.f.) D.Don) forests in Japan	Kamimura, K., Gardiner, B., Kato, A., Hiroshima, T., & Shiraishi, N.	2008	Forestry, 81(3), 429-445.
1201035	少子高齢化社会における九州地方の人工林の分布と生育環境 ―人口シナリオと限界自治体指標による推定―	鳥山 淳平, 橋本 昌司	2023	九州森林研究, 76, 117-120.
1201036	「気候変動適応情報プラットフォーム」インフォグラフィック「人工林の風倒被害」	国立環境研究所	2022	https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/infographic/1_windFallOfArtificialForest.html (2025/9/29 閲覧)
1201037	Assessing climate change impacts on Japanese cedar plantations: Mitigation and adaptation measures in shrinking scenarios	Toriyama, J., Hashimoto, S., Nakao, K., Nishizono, T., Uchiyama, K., Araki, G. M., & Hirata, Y.	2024	International Union of Forest Research Organizations World Congress 2024, T5.22.
1201038	Adaptation strategies timeline for conservation and sustainable use of forest resources under uncertainty climate change	Nakao, K., Tsunetaka, H., & Murakami, W.	2024	International Union of Forest Research Organizations World Congress 2024, T5.35.

(2) 特用林産物（きのこ類等）

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1202001	地球温暖化がシイタケ原木栽培の害菌問題に及ぼす影響に関する研究	宮崎 和弘, 新田 剛, 中武 千秋, 矢吹 俊裕, 奥田 徹	2015	九州森林研究, 68, 173-176.
1202002	地球温暖化によるシイタケ原木栽培への影響と適応策について	独立行政法人森林総合研究所九州支所	2015	—
1202003	九州地域で発生しているヒボクレア属菌の被害調査と特性評価について	宮崎 和弘, 中武 千秋, 甲斐 充, 有森 由美	2013	九州森林研究, 66, 158-161.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1202004	シイタケ原木栽培における夏場の高温状態の発生に及ぼす影響と寒冷紗施用による環境改善効果について	宮崎 和弘, 中武 千秋	2014	九州森林研究, 67, 83-85.
1202005	地球温暖化が菌床シイタケ栽培に及ぼす影響	水谷 和人	2023	岐阜県森林研究所 森林のたより, 1.
1202006	遮熱ハウス内の温度上昇が原因と考えられたシイタケ菌床栽培での収量減少と傘直径の増大—気候変動が要因となった可能性と将来予測・対策—	富川 康之, 口脇 信人, 大場 寛文	2022	島根県中山間地域研究センター研究報告, 2022-10, 25-31.
1202007	Trichoderma 属菌の分離調査からのシイタケほだ場の気象環境診断について	宮崎 和弘, 矢吹 俊裕, 奥田 徹	2013	日本きのこ学会大会講演要旨集, 17, 102.
1202008	暖冬下の乾シイタケ安定生産技術の開発 (I) —温度条件の影響と水分管理について—	石井 秀之、有馬 忍	2003	大分県きのこ研究指導センター研究報告, (3), 1-20.
1202009	暖冬下の乾シイタケ安定生産技術の開発 (II) —温度条件の影響と水分管理について—	山下 和久、石井 秀之、有馬 忍	2006	大分県きのこ研究指導センター研究報告, (5).
1202010	温暖化により被害の拡大が危惧される森林病害虫	独立行政法人森林総合研究所	2014	—
1202011	「気候変動適応情報プラットフォーム」インフォグラフィック「シイタケ原木栽培」	国立環境研究所	2022	https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/infographic/1_shiitakeBoltCultivation.html (2025/9/29 閲覧)
1202012	天敵微生物を使ってシイタケの害虫の被害を防ぐ	北島 博, 向井 裕美, 小坂 肇, 阿部 正範, 吉住 真理子, 中野 昭雄, 松本 哲夫, 和南城 聡, 多良 勇太, 宮崎 潤二, 石原 宏基, 彌田 涼子, 米倉 邦明, 田辺 博司	2021	第 4 期中長期計画成果集, 30-31.
1202013	マーカー利用選抜による気候変動に適応した菌床栽培用シイタケ品種の開発	森林研究・整備機構 森林総合研究所 九州支所	2021	—
1202014	Climate Change Adaptation in Non-Timber Forest Products: How Resilient are Small Shiitake Producers?	Miyake, Y., & Kohsaka, R.	2023	Journal of Sustainable Forestry, 42(9), 922–946.

【水産業】

(1) 回遊性魚介類（魚類等の生態）

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1301001	気候変動による回遊性魚介類の資源動態・分布域の変化と日本の水産業における対応	木所 英昭	2024	地球環境, 29(1), 61-69.
1301002	Interdecadal decrease in potential fishing areas for Pacific saury off the southeastern coast of Hokkaido, Japan	Kuroda, H., & Yokouchi, K.	2017	Fisheries Oceanography, 26(4), 439–454.
1301003	Relationship between coastal water properties and adult return of chum salmon (<i>Oncorhynchus keta</i>) along the Sanriku coast, Japan	Wagawa, T., Tamate, T., Kuroda, H., Ito, S. I., Kakehi, S., Yamanome, T., & Kodama, T.	2016	Fisheries Oceanography, 25(6), 598–609.
1301004	第 45 回北洋研究シンポジウム —北海道周辺海域における最近の気象・海洋環境変化と海洋生物の動向— (7. 2001 年以降のスルメイカ漁況の変化とその原因について)	澤村 正幸	2015	水産海洋研究, 79(4), 340-341.
1301005	「水産庁 HP」平成 27 年度水産白書「水産資源及び漁場環境をめぐる動き (7) 水産資源を育む漁場環境」	水産庁	2016	—
1301006	第 37 回「相模湾の環境保全と水産振興」シンポジウム 1.日本周辺海域に起こっている海況と海洋生物の特異現象	渡邊 朝生	2014	水産海洋研究, 78(3), 208–210.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1301007	第 37 回「相模湾の環境保全と水産振興」シンポジウム 5. 関東・東海海域における最近のブリ類資源の特徴	久野 正博	2014	水産海洋研究, 78(3), 221-223.
1301008	ブリの移動・回遊と海洋環境の関係の解明と来遊量予測手法の開発	田 永軍, 渡辺 健, 奥野 充一, 前田 英章, 阪地 英男	2010	水産総合研究センター研究報告, 30, 75-101.
1301009	横丹半島に来遊するブリについて	佐藤 充	2011	北水試だより, 83, 1-4.
1301010	北海道におけるブリの来遊状況	星野 昇	2017	北水試だより, 94, 1-4.
1301011	平成 30 年度資源動向調査（サワラ）	国立研究開発法人水産研究・教育機構	2019	—
1301012	Horizontal distribution and habitat of Pacific bluefin tuna, <i>Thunnus orientalis</i> , larvae in the waters around Japan	Ohshimo, S., Tawa, A., Ota, T., Nishimoto, S., Ishihara, T., Watai, M., Satoh, K., Tanabe, T., & Abe, O.	2017	Bulletin of Marine Science, 93(3), 769-787.
1301013	Climate change shifts the spawning ground northward and extends the spawning period of chub mackerel in the western North Pacific	Kanamori, Y., Takasuka, A., Nishijima, S., & Okamura, H.	2019	Marine Ecology Progress Series, 624, 155-166.
1301014	Asymmetric hybridization and introgression between sibling species of the pufferfish <i>Takifugu</i> that have undergone explosive speciation	Takahashi, H., Toyoda, A., Yamazaki, T., Narita, S., Mashiko, T., & Yamazaki, Y.	2017	Marine Biology, 164(4), 90.
1301015	三陸沿岸における魚種変化と水産利用面の変化 〈海洋環境と気候変動〉	寛 茂穂, 成松 康二	2024	地球環境, 29(1), 71-82.
1301016	第 10 回東北太平洋岸の水産業と海洋研究集会 東北太平洋岸における気候変動の水産資源への影響と解析方法	木所 英昭, 寛 茂穂, 増田 義男, 森 友彦	2024	水産海洋研究, 88(2), 107-122.
1301017	2023～2024 年の海洋熱波状況下に宮城県沿岸域で漁獲されたケンサキイカの日齢、成長および成熟	増田 義男, 時岡 駿	2025	黒潮の資源海洋研究, 26, 149-154.
1301018	Reduced body weight of Pacific saury (<i>Cololabis saira</i>) causes delayed initiation of spawning migration	Kakehi, S., Hashimoto, M., Naya, M., Ito, S. I., Miyamoto, H., & Suyama, S.	2022	Fisheries Oceanography, 31(3), 319-332.
1301019	海洋変動がサケに及ぼす影響：北極海における潜在的な生息域分布	上野 洋路, 尹 錫鎮, 渡邊 英嗣, 岸 道郎	2018	日本水産学会誌, 84(5), 931.
1301020	Bottom temperature warming and its impact on demersal fish off the Pacific coast of northeastern Japan	Kakehi, S., Narimatsu, Y., Okamura, Y., Yagura, A., & Ito, S. I.	2021	Marine Ecology Progress Series, 677, 177-196.
1301021	日本海沖合で漁獲されたスルメイカの体サイズの長期変化	四方 崇文	2022	日本水産学会誌, 88(4), 256-263.
1301022	富山湾におけるブリ、スルメイカ、ホタルイカの漁況と日本海の海洋環境との関係	小塚 晃, 北川 慎介, 南條 暢聡, 辻本 良	2020	沿岸海洋研究, 58(1), 81-86.
1301023	Multi-decadal distribution changes of commercially important demersal species in the central-western Sea of Japan based on a multi-species spatiotemporal model	Kawauchi, Y., Yagi, Y., Yano, T., & Fujiwara, K.	2023	Regional Studies in Marine Science, 61, 102899.
1301024	「水産庁 HP」令和 6 年度水産白書「海洋環境の変化による水産資源及び水産業への影響（3）水産加工・流通への影響、海洋環境の変化に対応するための取り組み（1）漁業・養殖業における取組、今後の海洋環境の変化への対策 〈海洋環境の変化に対応した漁業に向けた施策の推進〉」	水産庁	2024	https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/r06_h/trend/1/t1_f_2_3.html https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/r06_h/trend/1/t1_f_3_1.html https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/r06_h/trend/1/t1_f_4_1.html (2025/9/29 閲覧)
1301025	Impacts of climate change on fisheries and aquaculture	Barange, M., Bahri, T., Beveridge, M. C., Cochrane, K. L., Funge-Smith, S., & Poulain, F.	2018	United Nations' Food and Agriculture Organization, 12(4), 628-635.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1301026	Ocean ecosystem responses to future global change scenarios: a way forward	Ito, S., Rose, K. A., Miller, A. J., Drinkwater, K., Brander, K., Overland, J. E., Sundby, S., Curchitser, E., Hurrell, J. W., & Yamanaka, Y.	2010	Marine Ecosystems and Global Change, 10, 287–322.
<u>1301027</u>	マサバ・マイワシ・サンマ産卵場の水温変動予測	奥西 武	2018	農林水産省委託プロジェクト研究「農林水産分野における気候変動対応のための研究開発」平成 29 年度研究成果発表会 地球温暖化時代の日本の農業・水産業～その変化と適応策～.
1301028	Effect of global warming on the life history and population dynamics of Japanese chum salmon	Kaeriyama, M., Seo, H., & Qin, Y. X.	2014	Fisheries Science, 80(2), 251–260.
1301029	The effect of climate change on the growth of Japanese chum salmon (<i>Oncorhynchus keta</i>) using a bioenergetics model coupled with a three-dimensional lower trophic ecosystem model (NEMURO)	Kishi, M. J., Kaeriyama, M., Ueno, H., & Kamezawa, Y.	2010	Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 57(13–14), 1257–1265.
1301030	地球温暖化による海洋生態系の変化	岸 道郎	2011	Memoirs of the Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University*, 53(2), 27–37.
1301031	気候変動に対応した循環型食糧生産等の確立のためのプロジェクト ー水産分野における温暖化緩和技術の開発ー ー地球温暖化が水産分野に与える影響評価と適応技術の開発ー	農林水産省 農林水産技術会議事務局	2016	プロジェクト研究成果シリーズ, 559.
1301032	海水温の上昇等によるシロザケ等の漁獲量への影響に関する調査	日本エヌ・ユー・エス株式会社	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム北海道・東北地域事業委託業務報告書
1301033	気候変動によるサクラマス の越夏環境に与える影響調査	日本エヌ・ユー・エス株式会社	20202	平成 31 年度地域適応コンソーシアム北海道・東北地域事業委託業務報告書
<u>1301034</u>	Ecosystem-based sustainable management of chum salmon in Japan's warming climate	Kaeriyama, M., & Sakaguchi, I.	2023	Marine Policy, 157, 105842.
1301035	温暖化が与える日本海の主要回遊性魚類の既存産地への影響予測	木所 英昭, 渡邊 達郎, 田 永軍, 井桁 庸介, 森本 晴之, 藤野 忠敬	2011	地球温暖化が農林水産業に及ぼす影響評価と緩和及び適応技術の開発.
1301036	Environmental factors which affect growth of Japanese common squid, <i>Todarodes pacificus</i> , analyzed by a bioenergetics model coupled with a lower trophic ecosystem model	Kishi, M. J., Nakajima, K., Fujii, M., & Hashioka.	2009	Journal of Marine Systems, 78(2), 278–287.
1301037	Climate forcing and the Kuroshio/Oyashio ecosystem	Yatsu, A., Chiba, S., Yamanaka, Y., Ito, S. I., Shimizu, Y., Kaeriyama, M., & Watanabe, Y.	2013	ICES Journal of Marine Science, 70(5), 922–933.
<u>1301038</u>	Response of the Japanese flying squid (<i>Todarodes pacificus</i>) in the Japan Sea to future climate warming scenarios	Ji, F., Guo, X., Wang, Y., & Takayama, K.	2020	Climatic Change, 159(4), 601–618.
1301039	Response of yellowtail, <i>Seriola quinqueradiata</i> , a key large predatory fish in the Japan Sea, to sea water temperature over the last century and potential effects of global warming	Tian, Y., Kidokoro, H., Watanabe, T., Igeta, Y., Sakaji, H., & Ino, S.	2012	Journal of Marine Systems, 91(1), 1–10.
<u>1301040</u>	Development of a prey-predator species distribution model for a large piscivorous fish: A case study for Japanese Spanish mackerel <i>Scomberomorus niphonius</i> and Japanese anchovy <i>Engraulis japonicus</i>	Liu, S., Tian, Y., Liu, Y., Alabia, I. D., Cheng, J., & Ito, S. I.	2023	Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 207, 105227.
<u>1301041</u>	Predicting the Effects of Climate Change on the Suitable Habitat of Japanese Spanish Mackerel (<i>Scomberomorus niphonius</i>) Based on the Species Distribution Model	Yang, T., Liu, X., & Han, Z.	2022	Frontiers in Marine Science, 9, 927790.
1301042	Climate change is projected to reduce carrying capacity and redistribute species richness in North Pacific pelagic marine ecosystems	Woodworth - Jefcoats, P. A., Polovina, J. J., & Drazen, J. C.	2017	Global Change Biology, 23(3), 1000–1008.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1301043	Impacts of environmental variability and global warming scenario on Pacific bluefin tuna (<i>Thunnus orientalis</i>) spawning grounds and recruitment habitat	Kimura, S., Kato, Y., Kitagawa, T., & Yamaoka, N.	2010	Progress in Oceanography, 86(1–2), 39–44.
<u>1301044</u>	Implications for the global tuna fishing industry of climate change-driven alterations in productivity and body sizes	Erauskin-Extramiana, M., Chust, G., Arrizabalaga, H., Cheung, W. W., Santiago, J., Merino, G., & Fernandes-Salvador, J. A.	2023	Global and Planetary Change, 222, 104055.
1301045	Impacts of climate change on growth, migration and recruitment success of Japanese sardine (<i>Sardinops melanostictus</i>) in the Western North Pacific	Okunishi, T., Ito, S. I., Hashioka, T., Sakamoto, T. T., Yoshie, N., Sumata, H., Yara, Y., Okada, N., & Yamanaka, Y.	2012	North Pacific. Climatic Change, 115(3), 485–503.
<u>1301046</u>	東北海域における底魚資源の分布の将来予測	鈴木 勇人, 八木 佑太, 川内 陽平, 瀬藤 聡, 木所 英昭, 矢野 寿和	2024	令和 6 年度日本水産学会春季大会シンポジウム講演要旨.
1301047	Effects of long-term exposure to ocean acidification conditions on future southern Tanner crab (<i>Chionoecetes bairdi</i>) fisheries management	Punt, A. E., Foy, R. J., Dalton, M. G., Long, W. C., & Swiney, K. M.	2016	ICES Journal of Marine Science, 73(3), 849–864.
<u>1301048</u>	Expanding evaluation of ocean acidification responses in a marine gadid: elevated CO ₂ impacts development, but not size of larval walleye pollock	Hurst, T. P., Copeman, L. A., Andrade, J. F., Stowell, M. A., Al-Samarrie, C. E., Sanders, J. L., & Kent, M. L.	2021	Marine Biology, 168(8), 119.
<u>1301049</u>	The collapse of eastern Bering Sea snow crab	Szuwalski, C. S., Aydin, K., Fedewa, E. J., Garber-Yonts, B., & Litzow, M. A.	2023	Science, 382(6668), 306–310.
<u>1301050</u>	Climate change and the future productivity and distribution of crab in the Bering Sea	Szuwalski, C., Cheng, W., Foy, R., Hermann, A. J., Hollowed, A., Holsman, K., Lee, J., Stockhausen, W., & Zheng, J.	2021	ICES Journal of Marine Science, 78(2), 502–515.

(2) 増養殖業

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1302001	「水産庁 HP」平成 27 年度水産白書「平成 26 年度以降の我が国水産の動向（7）水産資源を育む漁場環境」	水産庁	2016	—
1302002	平成 22 年夏季から秋季に発生した養殖ホタテガイ大量へい死について	小谷 健二, 田中 淳也, 吉田 達, 工藤 敏博, 松尾 みどり, 川村 要	2012	青森県産業技術センター水産総合研究所事業報告, 374–393.
1302003	平成 25 年夏季～秋季の高水温の特徴とホタテガイへの影響	吉田 達	2014	青森県水産研究情報 水と漁, 15, 7–10.
1302004	陸奥湾ホタテガイ高水温被害対策専門家委員会第 1 次報告書	陸奥湾ホタテガイ被害対策専門家委員会	2011	—
1302005	平成 20 年度広島県内における温暖化影響調査報告書	広島県 環境県民局環境部環境政策課	2009	—
1302006	岡山県沿岸海域における季節別、年代別の水温上昇傾向の特徴	石黒 貴裕	2012	岡山県農林水産総合センター水産研究所報告, 27, 1–4.
<u>1302007</u>	Impact of exposure temperature rise on mass mortality of tidal flat pacific oysters	Heo, J. M., Kim, S. S., Kim, D. Y., Lee, S. W., Lee, J. S., Kang, M. H., & Kim, S. E.	2023	Frontiers in Marine Science, 10, 1275521.
<u>1302008</u>	2018 年の松島湾における養殖カキの斃死要因	伊藤 博	2022	宮城県水産研究報告, (22), 55–58.
<u>1302009</u>	5 年間の現地実験による広島湾における養殖マガキの斃死要因の検討	中下 慎也, Kyeongmin Kim, 下方 幹治, 溝口 幹太, 日比野 忠史	2023	土木学会論文集, 79(17), 23–17150.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1302010	三重県で採苗されたマガキの育成特性	青木 秀夫, 田中 真二, 渥美 貴史, 久野 正博, 古丸 明, 松本 才絵, 石樋 由香, 長谷川 夏樹, 藤岡 義三, 日向野 純也	2020	三重県水産研究所, (26), 1-10.
1302011	「気候変動適応情報プラットフォーム」インフォグラフィック「マダイ養殖」	国立環境研究所	2021	https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/infographic/1_pagrusMajorCultivation.html (2025 年 9 月 26 日閲覧)
1302012	気仙沼魚市場における定置網で漁獲された魚種組成の推移	佐伯 光広	2024	宮城水産研報, 24, 13-22.
1302013	海水温上昇による仙台湾と三陸沿岸の魚種交替	JAFIC	2022	—
1302014	海水温の上昇等によるホタテガイ及びワカメ等の内湾養殖業への影響調査に関する調査	日本エヌ・ユー・エス株式会社	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム北海道・東北地域事業委託業務報告書
1302015	海水温上昇等による瀬戸内海の水産生物や養殖への影響調査	株式会社地域計画 建築研究所, 国立大学法人広島大学, 一般財団法人日本気象協会	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム中国四国地域事業委託業務成果報告書
1302016	気候変動による水産業及び生物生息基盤（藻 場、アマモ場等）への影響調査	一般財団法人日本気象協会	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム中部地域事業委託業務成果報告書
1302017	ブリの増殖に関する研究 一特にいけす網養殖における餌料と成長との関係一	原田 輝雄	1965	近畿大学農学部紀要, (3), 1-291.
1302018	温暖化が魚類の養殖業生産に及ぼす影響の評価と予測技術の開発	安藤 忠, 奥 宏海, 奥澤 公一, 伊藤 文成, 阿保 勝之, 徳田 雅治, 坂見 知子	2008	地球温暖化が農林水産業に与える影響の評価及び対策技術の開発, 442, 1-117.
1302019	水産資源ならびに生息環境における地球温暖化の影響とその予測	水産総合研究センター	2014	—
1302020	温暖化による我が国水産生物の分布域の変化予測	桑原 久実, 明田 定満, 小林 聡, 竹下 彰, 山下 洋, 城戸 勝利	2006	地球環境, 11(1), 49-57.
1302021	地球温暖化とさかな	安藤 忠, 奥 宏海	2009	地球温暖化とさかな.
1302022	気候変動 2014 影響、適応及び脆弱性 政策決定者向け要約	環境省訳（元文献は IPCC による）	2014	—
1302023	Fishes in high-CO ₂ , acidified oceans	Ishimatsu, A., Hayashi, M., & Kikkawa, T.	2008	Marine Ecology Progress Series, 373, 295-302.

(3) 沿岸域・内水面漁場環境等

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1303001	魚市場調査からみた五島列島福江島でのハタ科魚類の漁獲動向	中川 雅弘	2014	豊かな海, (34), 17-20.
1303002	長崎県野母崎沿岸の浅海魚類相	田和 篤史, 竹垣 毅	2009	長崎県野母崎沿岸の浅海魚類相.
1303003	近年の海水温上昇による筑前海沿岸魚類相の変化	西田 高志, 中園 明信, 及川 信, 松井 誠一	2005	近年の海水温上昇による筑前海沿岸魚類相の変化.
1303004	Seasonal and interannual variation of subtidal fish assemblages in Wakasa Bay with reference to the warming trend in the Sea of Japan	Masuda R.	2008	Environmental Biology of Fishes, 82(4), 387-399.
1303005	瀬戸内海の魚類に見られる異変と諸問題	重田 利拓	2008	日本水産学会誌, 74(5), 868-872.
1303006	アワビ類の生態と資源変動要因	高見 秀輝, 清本 節夫, 鬼塚 年弘, 浜口 昌巳, 干川 裕, 河村 知彦	2018	アワビ類の資源生態に基づく資源管理・増殖, 40-67.
1303007	北海道沿岸各海域におけるエゾアワビの資源量変動に及ぼす気候変動の影響	干川 裕, 河村 知彦	2017	日本水産学会誌, 83(3), 373-384.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1303008	アワビ類漁業と資源管理・増殖の現状	鴨志田 正晃, 西洞孝広, 大橋智志, 三輪理, 堀井豊充, 平川直入, 中丸徹	2018	アワビ類の資源生態に基づく資源管理・増殖, 1-39.
1303009	一次生産の変化と有用種の関係 (二枚貝)	浜口 昌巳	2011	水研センター研報, 34, 33-47.
1303010	夏季高温下におけるアサリのへい死	木村 聡一郎	2014	大分県農林水産研究指導センター研究報告, 4, 1-8.
1303011	2013 年夏季高温下における干潟温度環境	木村 聡一郎	2015	大分県農林水産研究指導センター研究報告, 5, 21-27.
1303012	大分県中津干潟における地温とアサリ着底稚貝個体数の変動特性	梶原 直人, 手塚 尚明, 浜口 昌巳	2017	水産工学, 53(3), 149-157.
1303013	気候変動による温度や河川流量の変化が与える有明海の貧酸素水塊の消長への影響の評価	田所 壮也, 矢野 真一郎	2019	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 75(2), I_1231-I_1236.
1303014	有明海福岡県地先におけるタイラギ斃死要因に関する研究 II	杉野 浩二郎, 吉田 幹英, 伊藤 輝昭, 松井 繁明	2009	福岡水産海洋技術研究報告書, 19, 83-90.
1303015	Shift from bottom-up to top-down control of the algal community due to climate change: impacts on the Japanese spiny lobster in southwestern Japan	Yoshimura T., Yatsuya, K., Yaneda, T., Kiyomoto, S., & Yoshida, G.	2014	10th International Conference and Workshop on Lobster Biology and Management.
1303016	Decrease of abalone resources with disappearance of macroalgal beds around the Ojika Islands, Nagasaki, Southwestern Japan	Kiyomoto, S., Tagawa, M., Nakamura, Y., Horii, T., Watanabe, S., Tozawa, T., Yatsuya, K., Yoshimura, T., & Tamaki, A.	2013	Journal of Shellfish Research, 32(1), 51-58.
1303017	水産資源ならびに生息環境における地球温暖化の影響とその予測	水産総合研究センター	2014	—
1303018	平成 20 年度広島県内における温暖化影響調査報告書	広島県環境県民局環境部環境政策課	2009	—
1303019	1998 年春に見られた大分県国東半島沿岸の天然ワカメ不漁とその原因	伊藤 龍星	2001	大分県海水研調研報, 3, 5-7.
1303020	Recent fluctuations in distribution and biomass of cold and warm temperature species of Laminariales at Cape Ohma, northern Honshu, Japan	Kirihara, S., Nakamura, T., Kon, N., Fujita, D., & Notoya, M.	2006	Journal of Applied Phycology, 18(3), 521-527.
1303021	関東におけるノリ養殖の現状と課題	林 俊裕	2014	平成 26 年度日本水産学会春季大会講演要旨集
1303022	東海におけるノリ養殖の現状と課題	岩出 将英	2014	平成 26 年度日本水産学会春季大会講演要旨集
1303023	有明海におけるノリ養殖の現状と課題	横尾 一成	2014	平成 26 年度日本水産学会春季大会講演要旨集
1303024	高水温耐性ノリ新品種「ちばの輝き」の開発について	千葉県	2014	https://www.pref.chiba.lg.jp/gyoshigen/suisanshigen/kousuion.html (2025/10/2 閲覧)
1303025	「水産庁 HP」平成 27 年度水産白書「(7) 水産資源を育む漁場環境」	水産庁	2016	—
1303026	岡山県沿岸海域における季節別、年代別の水温上昇傾向の特徴	石黒 貴裕	2012	岡山県農林水産総合センター水産研究所報告, 27, 1-4.
1303027	フリー配偶体を用いたワカメの実用規模種苗生産法および高水温耐性品種の開発	棚田 教生	2016	海洋と生物, 38(4), 464-471.
1303028	養殖漁場でワカメ種苗の被害魚撮影に初めて成功	棚田 教生, 多田 篤司, 手塚 尚明, 清本 節夫	2019	徳島水研だより, 109
1303029	フリー配偶体と塗布法を用いたワカメの種苗生産法の生産現場における実用化	棚田 教生, 多田 篤司, 中西 達也, 團 昭紀, 吉田 吾郎	2020	Algal Resources, 13(2), 111-115.
1303030	気候変動適応法の策定 一瀬戸内海における課題と取り組み—瀬戸内海の水温上昇が生物に与える影響—兵庫県におけるノリ養殖—	谷田 圭亮	2020	瀬戸内の自然・社会・人文科学の総合誌, 79, 19-21.
1303031	藻場を見守り育てる知恵と技術 (磯焼け対策シリーズ③)	藤田 大介, 村瀬 昇, 桑原 久実	2010	—
1303032	九州西岸域における藻場の変遷	清本 節夫, 門田 立, 種子田 雄, 吉村 拓	2018	海洋と生物, 40(3), 210-219.
1303033	気候変動による藻場植生の変化と魚類相の変遷	中村 洋平	2018	海洋と生物, 40(3), 220-225.
1303034	鹿児島湾における藻場の分布と特性	田中 博春, 吉満 敏, 今吉 雄二, 石賀 好恵, 寺田 竜太	2013	日本水産学会誌, 79(1), 20-30.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1303035	Drifting algae and fish: Implications of tropical Sargassum invasion due to ocean warming in western Japan	Yamasaki, M., Aono, M., Ogawa, N., Tanaka, K., Imoto, Z., & Nakamura, Y.	2014	Coastal and Shelf Science, 147, 32–41.
1303036	藻場を食べる魚たち一生態から利用まで（磯焼け対策シリーズ①）	藤田 大介, 野田 幹夫, 桑原 久実	2006	—
1303037	水温環境の異なる 2 つの生育地のカジメ群落における現存量、密度、年齢組成の比較	芹澤 如比古, 秋野 秀樹, 松山 和世, 大野 正夫, 田中 次郎, 横浜 康継	2001	水産増殖, 49(1), 9–14.
1303038	藻場の長期モニタリング 背景と課題	寺田 竜太	2011	海洋と生物, 291–297.
1303039	“ヒジキ生育不良の原因は“魚の食害”？ ～カゴを設置しての検証～	中西 達也	2011	—
1303040	牟岐町地先におけるヒジキの生育不良原因	中西 達也	2012	—
1303041	藻場の海藻と造成技術	能登谷 正浩	2003	—
1303042	2014 年に神奈川県沿岸で漁獲されたアイゴの体長組成と体成分変化	臼井 一茂, 櫻井 繁, 田村 怜子	2017	—
1303043	徳島県沿岸で 2012 年に発生した大規模な磯焼けについて ～アイゴの大量出現との関係～	棚田 教生, 中西 達也	2013	徳島水研だより, 85.
1303044	温暖化による大型褐藻類の生育反応および分布変動	馬場 将輔	2021	海洋生物環境研究所研究報告, 26, 1–28.
1303045	中国地方一級河川における河川水温変動特性	赤松 良久, 河野 誉仁, 乾 隆帝, 宮本 仁志	2017	土木学会論文集 B1 (水工学), 73(4), I_1207–I_1212.
1303046	2010 年夏季の霞ヶ浦におけるワカサギのへい死の発生とワカサギの生存可能な上限水温の推定	根本 孝, 根本 隆夫	2010	茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 44, 7–11.
1303047	新潟県における近年のアユ再生産状況	岡地 恵介, 野上 泰宏, 吉田 稔, 安沢 弥, 池田 徹, 梶澤 秀行	2020	新潟県内水面水産試験場, 44, 1–7.
1303048	有害赤潮藻ヘテロカプサの分布域北上現象 一佐渡島加茂湖での赤潮によるマガキの大量死一	近藤 伸一, 中尾 令子, 岩滝 光儀, 坂本 節子, 板倉 茂, 松山 幸彦, 長崎 慶三	2012	日本水産学会誌, 78(4), 719–725.
1303049	有害有毒プランクトンの発生機構と発生防除に関する研究	今井 一郎	2017	日本水産学会誌, 83(3), 314–324.
1303050	2015 年秋季北海道函館湾における渦鞭毛藻 <i>Karenia mikimotoi</i> による有害赤潮の初記録	嶋田 宏, 金森 誠, 吉田 秀嗣, 今井 一郎	2016	日本水産学会誌, 82(6), 934–938.
1303051	Green tide formed by free-floating <i>Ulva</i> spp. at Yatsu tidal flat, Japan	Yabe, T., Ishii, Y., Amano, Y., Koga, T., Hayashi, S., Nohara, S., & Tatsumoto, H.	2009	Limnology, 10(3), 239–245.
1303052	Long-term statistics of the <i>Karenia mikimotoi</i> blooms in western Japan imply multidecadal intensification and phenological changes on the semi-national, regional, and local scales	Miyake, Y., & Onitsuka, G.	2025	Fisheries Science, 91(3), 603–619.
1303053	函館湾および噴火湾における有毒渦鞭毛藻 <i>Alexandrium pacicum</i> および <i>A. catenella</i> の 2018 年から 2020 年の出現状況	夏池 真史, 金森 誠, 前田 高志, 嶋田 宏, 坂本 節子	2022	日本プランクトン学会報, 69(1), 1–10.
1303054	沿岸海洋の富栄養化と赤潮の拡大	今井 一郎	2001	海と環境, 203–211.
1303055	有害渦鞭毛藻 <i>Heterocapsa circularisquama</i> に関する生理生態学的研究 – II. <i>H. circularisquama</i> の毒性および貝類斃死機構の解明	松山 幸彦	2003	水産総合研究センター研究報告, 9, 13–117.
1303056	高水温化により忍び寄るシガテラ中毒	吉岡 拓也	2017	徳島水研だより, 101
1303057	温暖化による我が国水産生物の分布域の変化予測	桑原 久実, 明田 定満, 小林 聡, 竹下 彰, 山下 洋, 城戸 勝利	2006	地球環境, 11(1), 49–57.
1303058	水温が伊勢湾産イカナゴ初期生活史の成長と加入資源量に与える影響	富山 実, 小松 輝久	2006	水産海洋研究, 70(2), 114–121
1303059	海水温の上昇等によるイカナゴの資源量への影響調査	一般財団法人日本気象協会	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム近畿地域事業委託業務成果報告書
1303060	海水温上昇等による瀬戸内海の水産生物や養殖への影響調査	株式会社地域計画建築研究所, 国立大学法人広島大学, 一般財団法人日本気象協会	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム中国四国地域事業委託業務成果報告書

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
1303061	日本周辺海域におけるアワビ資源の将来予測と適応策	堀 正和, 高見 秀輝, 須藤 健二, 島袋 寛盛	2024	令和 6 年度日本水産学会春季大会シンポジウム講演要旨.
1303062	Predictions of kelp distribution shifts along the northern coast of Japan	Sudo, K., Watanabe, K., Yotsukura, N., & Nakaoka, M.	2019	Ecological Research, 35(1), 47–60.
1303063	2022 年度 S-18 プロジェクト研究成果報告 水産業を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価 藻場漁場とアワビ類への影響評価と適応策	島袋 寛盛, 須藤 健二, 高見 秀輝, 堀 正和	2023	2022 年度環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書, サブテーマ 2(4)
1303064	今後 100 年間に生じる水温と藻場生態系の変遷を予測する	島袋 寛盛, 吉田 吾郎, 加藤 亜記, 郭 新宇	2018	海洋と生物, 40(3), 233–242.
1303065	気候変動による有明海・八代海における漁業及び沿岸生態系への影響調査	一般財団法人九州環境管理協会	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム九州・沖縄地域事業委託業務報告書, 2-1–2-82.
1303066	Assessment of climate change impacts on large brown seaweed (<i>Undaria pinnatifida</i>) growth in the Sanriku coastal area, Japan	Kakehi, S., Kidokoro, H., Setoh, T., & Onitsuka, G.	2024	Journal of Applied Phycology, 37(1), 673–687.
1303067	Impact on Brown Macroalga <i>Undaria pinnatifida</i> Farming Under Changing Ocean Climate	Kakehi, S., Onitsuka, G., & Kidokoro, H.	2025	Integrated Research toward Climate Resilient Society, 93-106.
1303068	Modeling the growth of the cultivated seaweed <i>Undaria pinnatifida</i> under climate change scenarios in the Seto Inland Sea, Japan	Onitsuka, G., Yoshida, G., Shimabukuro, H., Takenaka, S., Tamura, T., Kakehi, S., Setou, T., Guo, X., & Higashi, H.	2024	Journal of Applied Phycology, 36(5), 3077–3090.
1303069	Possible change in distribution of seaweed, <i>Sargassum horneri</i> , in northeast Asia under A2 scenario of global warming and consequent effect on some fish	Komatsu, T., Fukuda, M., Mikami, A., Mizuno, S., Kantachumpoo, A., Tanoue, H., & Kawamiya, M.	2014	Marine Pollution Bulletin, 85(2), 317–324.
1303070	Projecting the impacts of rising seawater temperatures on the distribution of seaweeds around Japan under multiple climate change scenarios	Takao, S., Kumagai, N. H., Yamano, H., Fujii, M., & Yamanaka, Y.	2014	Ecology and Evolution, 5(1), 213–223.
1303071	日本周辺海域の藻場生態系の将来予測と適応策	須藤 健二, 島袋 寛盛	2024	令和 6 年度日本水産学会春季大会シンポジウム講演要旨.
1303072	Predicting Future Shifts in the Distribution of Tropicalization Indicator Fish that Affect Coastal Ecosystem Services of Japan	Sudo, K., Maehara, S., Nakaoka, M., & Fujii, M.	2022	Frontiers in Built Environment, 7, 788700.
1303073	湖沼の漁業生産安定化を目指した温暖化適応技術の開発	宮本 幸太, 沢木 良宏, 星河 廣樹, 河野 成美, 花里 孝幸, 君島 祥, 幡野 真隆, 伴 修平	2014	気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のためのプロジェクト研究成果.
1303074	淀川におけるアユ遡上数の変動要因解析に基づいた将来予測モデルの検討	浦部 真治, 竹門 康弘, 角 哲也	2016	京都大学防災研究所年報, B, 59(B), 557–569.
1303075	Low water temperature and increased discharge trigger downstream spawning migration of ayu <i>Plecoglossus altivelis</i>	Nagayama, S., Fujii, R., Harada, M., & Sueyoshi, M.	2023	Fisheries Science, 89(4), 463–475.
1303076	気候変動が加古川の水温およびアユの生態に与える影響	高橋 祐馬, 入江 政安	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(1), 98–110.
1303077	河川生態系モデルを用いた気候変動に伴う水温上昇が河川生物に及ぼす影響の検討	小林 勘太, 赤松 良久, 河野 誉仁, 宮園 誠二	2021	河川技術論文集, 27, 373–378.
1303078	深層学習を用いた気候変動が流域スケールの河川水温に及ぼす影響に関する検討	福丸 大智, 赤松 良久, 滝山 路人, 渡部 哲史, 宮平 秀明, 宮園 誠二	2022	土木学会論文集 B1 (水工学), 78(2), I_925–I_930.
1303079	Effects of temperature, salinity and their interaction on growth of Japanese <i>Gambierdiscus</i> spp. (Dinophyceae)	Yoshimatsu, T., Yamaguchi, H., Iwamoto, H., Nishimura, T., & Adachi, M.	2014	Harmful Algae, 35, 29–37.
1303080	「水産庁 HP」令和 6 年度水産白書「今後の海洋環境の変化への対策〈気候変動への「適応」策の推進〉」	水産庁	2024	https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/r06_h/trend/1/t1_f_4_1.html (2025/9/29 閲覧)
1303081	環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書 日本の気候変動影響と適応策 ―レジリエントで持続可能な社会に向けて―	三村 信男他 (編)	2025	—

B.2. 水環境・水資源分野

【水環境】

(1) 湖沼・ダム湖

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
2101001	気候変動による水質等への影響解明調査 報告	環境省水・大気環境局水環境課	2013	—
2101002	国内 9 ヶ所のダム湖における水温傾向の評価に関する予備的研究	長尾 正之, 鈴木 淳	2010	陸水学雑誌, 71(1), 27-36.
2101003	山岳湖沼における結氷現象と気候変動との関係	知北 和久, 大八木 英夫, 牧野 昌, 漢那 直也, 刀根 賢太, 坂元 秀行, 波多 俊太郎, 安藤 卓人, 白井 裕子	2020	陸水物理学会誌, 2(1), 3-13.
2101004	気候変動が八郎湖の水質に与える影響	伊藤 佑歩, 玉田 将文	2019	秋田県健康環境センター年報, 15, 43-44.
2101005	Relative impacts of increases of solar radiation and air temperature on the temperature of surface water in a shallow, eutrophic lake	Shinohara, R., Tanaka, Y., Kanno, A., & Matsushige, K.	2021	Hydrology Research, 52(4), 916-926.
2101006	池田湖の底質環境の経年変化	日高 正康, 西 隆一郎, 前田 広人, 内山 正樹, 福田 隆二	2013	土木学会論文集 B3 (海洋開発), 69(2), I_904-I_909.
2101007	尾瀬の夏は暑くなっているか?	田子 博	2022	群馬県衛生環境研究所年報, 54, 20-26.
2101008	地球温暖化が県内水辺環境に与える影響の把握に関する基礎研究	佐々木 貞幸, 人見 敬一, 福田 悦子, 齋藤 由実子	2020	栃木県保健環境センター年報, 25, 68-72.
2101009	地球温暖化が湖の水質に与える影響 一霞ヶ浦と琵琶湖の約 30 年間の水質データの統計解析—	北村友一, 南山瑞彦	2012	土木技術資料, 54(3), 6-9.
2101010	過去 50 年間の気候変動の琵琶湖生態系への影響に関する数値解析	北澤 大輔, 石川 俊之, 熊谷 道夫	2010	生産研究, 62(1), 45-49.
2101011	深湖底の溶存酸素濃度減少	滋賀県琵琶湖環境科学研究センター	2012	びわ湖みらいセンターニュース, 18.
2101012	地球温暖化がもたらす湖沼環境の変容 一水温・溶存酸素に着目して—	森 和紀	2022	日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, 57, 71-87
2101013	Numerical simulation for seasonal and inter-annual change of dissolved oxygen in lake biwa, Japan	Koue, J., Shimadera, H., Matsuo, T., & Kondo, A.	2020	International Journal of GEOMATE, 18(66), 56-61.
2101014	Numerical analysis of the relationship between mixing regime, nutrient status, and climatic variables in Lake Biwa	Zhou, J., Yoshida, T., & Kitazawa, D.	2022	Scientific Reports, 12(1), 19691.
2101015	リアルタイムモニタリング装置を用いた諏訪湖の水質観測	宮原 裕一	2022	信州大学環境科学年報, 44, 8-12.
2101016	Effects of low salinity water inflow on eelgrass and cultured bivalves in subarctic lagoons: Analysis using hydrodynamic model	Abe, H., Namba, M., Ito, M. A., & Nakaoka, M.	2024	Regional Studies in Marine Science, 74, 103543.
2101017	網走湖の塩水化の機構と塩淡水成層の長期変動特性に関する研究	池永 均, 山田 正, 向山 公人, 大島 伸介, 内島 邦秀	1998	土木学会論文集, (600), 85-104.
2101018	Hydrogeochemical processes and long-term effects of sea-level rise in an uplifted atoll island of Minami-Daito, Japan	Yang, H., Kagabu, M., Okumura, A., Shimada, J., Shibata, T., & Pinti, D. L.	2020	Journal of Hydrology: Regional Studies, 31, 100716.
2101019	気候変動への賢い適応	環境省	2008	—
2101020	水資源機構ダム貯水池における水質の長期的変動	柳橋 泰生, 今本 博臣, 廣瀬 真由, 横 暁史	2010	環境衛生工学研究, 24(3), 180-183.
2101021	気候変動の観測・予測・影響評価に関する統合レポート 2018～日本の気候変動とその影響～	環境省, 文部科学省, 農林水産省, 国土交通省, 気象庁	2018	—
2101022	全国水道関係担当者会議資料 【資料編】	厚生労働省医薬・生活衛生局水道課	2019	—

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
2101023	Nationwide survey of organism-related off-flavor problems in Japanese drinking water treatment plants (2010–2012)	Kishida, N., Sagehashi, M., Takanashi, H., Fujimoto, N., & Akiba, M.	2015	Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA, 64(7), 832-838.
2101024	大分川水系において発生したかび臭障害への対応	高橋 威一郎, 馬見塚 守, 高橋 博幸, 一万田 圭一, 久知良 啓三, 岐津 英明	2016	日本水処理生物学会誌, 52(4), 105-111.
2101025	異臭味発生の経緯及び今後の水質保全対策について	浅瀬石川ダム水質保全対策検討委員会	2012	—
2101026	全国の水道事業者等における生物障害の発生・対応状況解析	高橋 威一郎, 橋本 久志, 三浦 尚之, 清水 武俊	2023	水道協会雑誌, 92(10), 16-32.
2101027	令和 5 年度公共用水域水質測定結果	環境省水・大気環境局	2025	—
2101028	リカレントニューラルネットワークを用いた複数の気候変動データに基づくダム湖水温予測	木村延明, 石田桂, 皆川裕樹, 福重雄大, 馬場大地	2021	AI・データサイエンス論文集, 2(J2), 157-164.
2101029	Surface water temperature predictions at a mid-latitude reservoir under long-term climate change impacts using a deep neural network coupled with a transfer learning approach	Kimura, N., Ishida, K., & Baba, D.	2021	Water, 13(8), 1109.
2101030	Mediating the effects of climate on the temperature and thermal structure of a monomictic reservoir through use of hydraulic facilities	Duka, M. A., Shintani, T., & Yokoyama, K.	2021	Water, 13(8), 1128.
2101031	気候変動が水道水源ダムの水質に与える影響と水道事業における適応力の評価	川本 圭彦, 梅田 信, 大山 秀格, 小池 亮, 森本 達男, 小熊 久美子, 荒巻 俊也, 滝沢 智	2015	土木学会論文集 G (環境), 71(5), I_117-I_126.
2101032	水資源としてのダム貯水池水質への気候変動の影響	梅田 信	2017	用水と廃水, 59(1), 39-44.
2101033	気候変動によるダム貯水池の水質への影響に関する研究	川崎 将生, 西村 宗倫	2015	国士技術政策総合研究所資料, (856).
2101034	Spring to summer nitrogen level in a brackish lake is higher in abundant snowmelt years: Correlation and causation	Shizuka, K., Maie, N., Nagasaki, M., Kakino, W., & Tanji, H.	2020	Journal of Environmental Quality, 49(1), 119-127.
2101035	気候変動によるダム貯水池の規模に応じた植物プランクトン濃度への影響評価及び曝気循環施設による適応策の有効性評価	服部 啓太, 對馬 育夫, 中西 哲, 猪股 広典, 山下 洋正	2022	土木学会論文集 G (環境), 78(7), III_285-III_296.
2101036	気候変動による停滞性水域の熱・物質循環と水質環境への影響評価と適応策に関する研究(気候変動にともなう流域からダム貯水池・湖沼に流入する土砂量・栄養塩負荷量の変化の把握, ダム貯水池・湖沼の水質予測手法の構築と水質への影響評価)	南山 瑞彦, 平山 孝浩, 對馬 育夫, 金子 陽輔, 石神孝之, 櫻井 寿之, 中西 哲	2018	平成 28 年度下水道関係調査研究年次報告書集.
2101037	気候変動による印旛沼とその流域への影響と流域管理方法の検討	バシフィックコンサルタンツ株式会社	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム関東地域事業委託業務業務報告書.
2101038	気候変動に適応したダム貯水池の選択取水設備による水質改善方法の検討	崔 貞圭, 矢島 啓	2014	土木学会論文集 B1 (水工学), 70(4), I_1639-I_1644.
2101039	浦山ダムにおける気候変動に伴う長期間の将来水質予測	崔 貞圭, 矢島 啓, 谷口 健司, 馬籠 純	2014	土木学会論文集 B1 (水工学), 70(4), I_1633-I_1638.
2101040	気候変動が貯水池の洪水時濁水現象に及ぼす影響に関する数値解析	安松 陸史, 梅田 信	2017	土木学会論文集 G (環境), 73(5), I_47-I_53.
2101041	令和元年度気候変動による水循環への影響評価・適応策検討調査業務 報告書	バシフィックコンサルタンツ株式会社	2020	—
2101042	Assessing the impact of climate change on dissolved oxygen using a flow field ecosystem model that takes into account the anaerobic and aerobic environment of bottom sediments	Koue, J.	2025	Acta Geochimica, 44(1), 11-22.
2101043	気候変動による宍道湖・中海の水質等への影響調査	株式会社地域計画建築研究所 (アルバック)	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム中国四国地域事業委託業務成果報告書.
2101044	気候変動が連結系汽水湖宍道湖・中海の水環境に及ぼす影響	矢島 啓, 吉岡 有美, 丸谷 靖幸, 作野 裕司	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_1087-I_1092.
2101045	The impact of climate change on the treatability of dissolved organic matter (DOM) in upland water supplies: A UK perspective	Ritson, J. P., Graham, N. J. D., Templeton, M. R., Clark, J. M., Gough, R., & Freeman, C.	2014	Science of the Total Environment, 473, 714-730.
2101046	気候変動が貯水池の濁水現象に及ぼす影響の全国的評価	梅田 信, 安松 陸史	2020	土木学会論文集 G (環境), 76(5), I_151-I_157.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
2101047	気候変動による停滞性水域の熱・物質循環と水質環境への影響評価と適応策に関する研究（ダム貯水池・湖沼の底層貧酸素化要因の整理と気候変動影響の評価）	山下 洋正, 對馬 育夫, 服部 啓太, 石神 孝之, 宮川 仁, 中西 哲	2021	令和元年度下水道関係調査研究年次報告書集.
2101048	気候変動による湖沼の水環境への影響評価・適応策検討に係る手引き	環境省水・大気環境局水環境課	2021	—
2101049	貯水池濁水長期化軽減に向けた繊維素材の利用に関する現地試験報告	菊池 悠馬, 中山 茂央, 喜多村 雄一	2022	Electric power civil engineering, (419), 39-42.
2101050	膜を用いた酸素供給による貧酸素化水質環境の改善効果の検討	後田 俊直, 井澤 博文, 橋本 敏子, 矢部 徹	2021	広島県立総合技術研究所保健環境センター研究報告, (29), 27-32.

(2) 河川

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
2102001	気候変動による水質等への影響解明調査 報告	環境省水・大気環境局水環境課	2013	—
2102002	河川水温の時空的変動とそれが河川生態系に与える影響	一柳 英隆	2021	River Front, 92, 22-23.
2102003	愛知県内の海域、河川及び湖沼の水温変動傾向と水質データの解析～地球温暖化の影響に関する考察～	神戸 浩伸	2020	愛知県環境調査センター所報, 48, 37-44.
2102004	鹿児島県内河川の水温の長期傾向	山田 正人, 西 信一郎, 吉田 健一	2021	鹿児島県環境保健センター所報, 22, 63-70.
2102005	Diagnostic study on warming mechanism of spring water temperature based on field observations and numerical simulation: a case study of Masugatanioke spring, Tokyo, Japan	Matsuyama, H., & Miyano, H.	2011	Hydrological Research Letters, 5, 78-82.
2102006	合流式下水道越流水の長期観測と流出解析による汚濁負荷の定量的評価	草場 大作, 竹谷 究, 藤田 昌一, 姫野 修司, 小松 俊哉	2010	水環境学会誌, 33(5), 41-47.
2102007	Effects of rainfall events on the occurrence and detection efficiency of viruses in river water impacted by combined sewer overflows. Science of the Total Environment	Hata, A., Katayama, H., Kojima, K., Sano, S., Kasuga, I., Kitajima, M., & Furumai, H.	2014	Science of the Total Environment, 468, 757-763.
2102008	Impact of long-duration CSO events under different tidal change conditions on distribution of microbial indicators and PPCPs in Sumida river estuary of Tokyo Bay, Japan	Poopipattana, C., Suzuki, M., & Furumai, H.	2021	Environmental Science and Pollution Research, 28(6), 7212-7225.
2102009	Ecological and hydrological responses to climate change in an urban-forested catchment, Nagara River basin, Japan	Mouri, G., Shinoda, S., Golosov, V., Shiiba, M., Hori, T., Kanae, S., Takizawa, S., & Oki, T.	2012	Urban Climate, 1, 40-54.
2102010	Quantitative evaluation of water pollutant load from Kinokawa river basin by high-frequency water quality observation	Tanouchi, H., Imoto, A., Ishiura, K., & Egusa, N.	2020	International Journal of GEOMATE, 18(66), 105-110.
2102011	郊外農業流域での栄養塩流出に及ぼす気候変動の影響	清水 裕太, 小野寺 真一	2012	陸水学雑誌, 73(3), 235-254.
2102012	分布型流出モデルを用いた小丸川流域における過去 40 年間の気候・流況変化の評価	井上 優希, 峯田 陽生, 糠澤 桂	2022	土木学会論文集 G (環境), 78(5), I_299-I_308.
2102013	高潮による取水施設への海水混入時の対応 (Ⅰ) —取水一時停止を伴う影響回避の対応経過—	小林 正継, 本荘 浩良, 三原 正和	2019	令和元年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集, 938-939.
2102014	高潮による取水施設への海水混入時の対応 (Ⅱ) —海水混入に伴う取水原水の水質実態調査—	片木 孝徳, 永木 正洋, 鯛谷 将司	2019	令和元年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集, 940-941.
2102015	信濃川水門の一部を閉鎖します ～信濃川取水塔の塩水遡上に対応～	国土交通省北陸地方整備局信濃川下流河川事務所	2025	—
2102016	阿賀野川浄水場における塩水遡上対応	増井 一貴, 高橋 直, 岡村 直樹, 渡辺 琢	2019	令和元年度全国会議 (水道研究発表会) 講演集, 942-943.
2102017	令和 5 年度公共用水域水質測定結果	環境省 水・大気環境局	2025	—
2102018	気候変動適応策に関する研究 (中間報告)	国土交通省国土技術政策総合研究所気候変動適応研究本部	2013	—

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
2102019	全国の河川における流況・水質の経年変化の実態調査と流域環境との関連性分析	望月 貴文, 菊池 佐智子, 天野 邦彦	2011	第 39 回環境システム研究論文発表会講演集, (39), 437-442.
2102020	中国地方一級水系における水温増加率と流域特性との関係の検討	赤松 良久, 宮 園誠二, 谷口 徳紀, 宮平 秀明, 大中 臨	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_985-I_990.
2102021	河川水温モデルの大和川への適用と気候変動および人口減少の影響に関する検討	韓 天蓄, 入江 政安, 高橋 祐馬	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_991-I_996.
2102022	気候変動が加古川の水温およびアユの生態に与える影響	高橋 祐馬, 入江 政安	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(1), 98-110.
2102023	深層学習を用いた気候変動が流域スケールの河川水温に及ぼす影響に関する検討	福丸 大智, 赤松 良久, 滝山 路人, 渡部 哲史, 宮平 秀明, 宮園 誠二	2022	土木学会論文集 B1 (水工学), 78(2), I_925-I_930.
2102024	リカレントニューラルネットワークによる河川最下流の水溫予測モデルの構築	原口 菜奈子, 丸谷 靖幸, 渡部 哲史, 矢野 真一郎	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_1219-I_1224.
2102025	地球温暖化問題を考慮した水環境管理	花木 啓祐	2006	水環境学会誌, 29(2), 57-61.
2102026	地球温暖化に対する東京都水道局の取り組み	増子 敦	2012	水環境学会誌, 35(11), 375-379.
2102027	Assessment of potential suspended sediment yield in Japan in the 21st century with reference to the general circulation model climate change scenarios	Mouri, G., Golosov, V., Chalov, S., Takizawa, S., Oguma, K., Yoshimura, K., Shiiba, M., Hori, T., & Oki, T.	2013	Global and Planetary Change, 102, 1-9.
2102028	超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測に関する研究：21 世紀気候変動予測革新プログラム 平成 23 年度研究成果報告書	文部科学省研究開発局	2012	—
2102029	S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究 2014 報告書 地球温暖化「日本への影響」—新たなシナリオに基づく総合的影響評価予測と適応策—	茨城大学地球変動適応科学研究機関, 独立行政法人国立環境研究所	2014	—
2102030	水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について（答申）	国土交通省社会資本整備審議会	2008	—
2102031	知床を対象とした MRI-AGCM3. 1S を用いた栄養流出量の将来予測に向けて	丸谷 靖幸, 中山 恵介, 仲江川 敏之, 井上 徹教, 小俣 雅嗣, 石田 哲也, 駒井 克昭	2014	土木学会論文集 B1 (水工学), 70(4), I_1219-I_1224.
2102032	Simulation of watershed hydrology and stream water quality under land use and climate change scenarios in Teshio River watershed, northern Japan	Fan, M., & Shibata, H.	2015	Ecological Indicators, 50, 79-89.
2102033	海面上昇等による塩水遡上の河川への影響調査	一般財団法人日本気象協会	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム近畿地域事業委託業務報告書
2102034	Sulfate runoff processes during rainfall events in a small forested catchment on the sea of Japan side recovering from acidification under climate change	Yotsuyanagi, H., Morohashi, M., Takahashi, M., Ohizumi, T., Inomata, Y., Yabusaki, S., Tayasu, I., Okochi, H., & Sase, H.	2024	Hydrological Processes, 38(7), e15221.
2102035	Temperature change affected groundwater quality in a confined marine aquifer during long-term heating and cooling	Saito, T., Hamamoto, S., Ueki, T., Ohkubo, S., Moldrup, P., Kawamoto, K., & Komatsu, T.	2016	Water Research, 94, 120-127.
2102036	全国一級河川の水質現況 詳細版	国土交通省水管理・国土保全局河川環境課	2024	—
2102037	SWAT による酪農営農状況および周辺環境の変化に対する河川水質解析	田中 健二, 鶴木 啓二	2022	土木学会論文集 G (環境), 78(5), I_271-I_278.

(3) 沿岸域及び閉鎖性海域

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
2103001	日本の気候変動 2025 一大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書一	文部科学省, 気象庁	2025	—
2103002	栄養塩類変動が内湾の生態系・生物生産に及ぼす影響: 大阪湾	藤原 建紀, 鈴木 健太郎, 木村 奈保子, 鈴木 元治, 中嶋 昌紀, 田所 和明, 阿保 勝之	2022	水環境学会誌, 45(3), 145-158.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
2103003	地球温暖化がもたらす日本沿岸域の水質変化とその適応策に関する研究 一沖縄県における海水温変動傾向について	天願 博紀	2011	沖縄県衛生環境研究報, 45.
2103004	伊勢湾における 2000 年代以降の夏季底層貧酸素水塊の変動要因について	鶴島 大樹, 永尾 謙太郎, 白崎 正浩, 日恵井 京子, 藤田 智志, 中田 喜三郎, 中村 由行	2023	海洋理工学会誌, 27(2), 1-13.
2103005	Long-term developments in seasonal hypoxia and response to climate change: A three-decade modeling study in the Ariake Sea, Japan	Hao, L., Sanada, A., Chi, B., Xiong, B., Maruya, Y., & Yano, S.	2024	Science of the Total Environment, 929, 172471.
2103006	令和 5 年度公共用水域水質測定結果	環境省水・大気環境局	2025	—
2103007	東京湾と伊勢・三河湾の貧酸素水塊を対象とした気候変動の影響と負荷管理の効果	東 博紀, 越川 海	2024	土木学会論文集, 80(16), 23-16137.
2103008	東京湾における貧酸素水塊の解消要因である強風の将来予測に向けて	丸谷 靖幸, アイヌルアブリズ, 中山 恵介, 仲江川 敏之, 古川 恵太, 駒井 克昭, 鯉目 淑範	2011	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 67(2), I_921-I_925.
2103009	マルチモデルアンサンブルによる伊勢湾水温の将来変化予測と気候変化外力の影響分析	鈴木 靖, 佐藤 嘉展, 本間 基寛, 道広 有理	2013	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 69(2), I_1286-I_1290.
2103010	気候変動に伴う水温上昇が大阪湾の貧酸素水塊と酸素循環におよぼす影響評価	永野 隆紀, 入江 政安, 東 博紀	2022	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 78(2), I_841-I_846.
2103011	CMIP5 にもとづく瀬戸内海の長期物理環境場の将来変化予測	森 信人, 今井 優樹, 二宮 順一, 安田 誠宏, 間瀬 肇	2014	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 70(2), I_1271-I_1275.
2103012	平成 30 年度閉鎖性海域における気候変動による影響把握等検討業務	国立研究開発法人国立環境研究所	2019	—
2103013	RCP8.5 シナリオに基づく瀬戸内海の一次生産および水質への気候変動影響予測	東 博紀, 横山 亜紀子, 中田 聡史, 吉成 浩志, 越川 海	2020	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 76(2), I_1147-I_1152.
2103014	RCP8.5 シナリオに基づく瀬戸内海への汚濁負荷流出の気候変動影響評価	中田 聡史, 東 博紀, 秋山 千亜紀, 吉成 浩志	2020	土木学会論文集 B1 (水工学), 76(2), I_1429-I_1434.
2103015	陸域-海域統合モデルを用いた瀬戸内海の流動場・通過流への気候変動影響予測	吉成 浩志, 東 博紀, 中田 聡史	2020	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 76(2), I_1105-I_1110.
2103016	Modeling the growth of the cultivated seaweed Undaria pinnatifida under climate change scenarios in the Seto Inland Sea, Japan	Onitsuka, G., Yoshida, G., Shimabukuro, H., Takenaka, S., Tamura, T., Kakehi, S., Setou, T., Guo, X., & Higashi, H.	2024	Journal of Applied Phycology, 36(5), 3077-3090.
2103017	RCP8.5 の気候変動が播磨灘の窒素フローに及ぼす影響	東 博紀, 吉成 浩志, 中田 聡史, 横山 亜紀子, 越川 海	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_1099-I_1104.
2103018	海域のヘルシープラン [海域の物質循環健全化計画] 策定の手引き (改訂版)	海域の物質循環健全化計画統括検討委員会, 環境省	2014	—

【水資源】

(1) 水供給（地表水）

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
2201001	日本の気候変動 2025 一大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書一	文部科学省, 気象庁	2025	—
2201002	わが国の年降水量の変動について	近森邦英, 紙井泰典	2000	農業土木学会誌, 68(4), 347-350.
2201003	令和 4 年版 日本の水資源の現況	国土交通省水管理・国土保全局水資源部	2023	—
2201004	房総半島清澄山系の降水特性 (Ⅲ) 一清澄観測点における 102 年間の年降水量, 月別・季節別降水量, 大雨, 少雨の長期変化傾向一	蔵治 光一郎, 鶴見 康幸, 塚越 剛史, 阿達 康真	2021	東京大学農学部演習林報告, (143-144), 1-9.
2201005	長期にわたる森林放置と植生変化が年蒸発散量に及ぼす影響	谷 誠, 細田 育広	2012	水文・水資源学会誌, 25(2), 71-88.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
2201006	Is snowmelt runoff timing in the Japanese Alps region shifting toward earlier in the year?	Yamanaka, T., Wakiyama, Y., & Suzuki, K.	2012	Hydrological Research Letters, 6, 87-91.
2201007	気温・降水量との関係を踏まえた 2020 年の積雪深の特徴と将来変化傾向の推計	齋藤 奏磨, 松本 綾乃, 渡部 哲史	2020	土木学会論文集 G (環境), 76(5), I_261-I_267.
2201008	少雪条件下での灌漑期水資源の統計的予測: 2019-20 年積雪条件下での信濃川流域における検討	吉田 武郎, 宮島 真理子, 松尾 洋毅, 森田 孝治, 相原 星哉, 皆川 裕樹, 河島 克久	2021	応用水文, (33), 11-20.
2201009	Acceleration of rises in the level of rivers induced by rising air temperatures in a cold climate	Higashino, M., Aso, D., & Stefan, H. G.	2021	Science of The Total Environment, 794, 148553.
2201010	中部山岳地域における融雪流出特性の標高依存性	山中 勤, 脇山 義史, 鈴木 啓助	2013	地学雑誌, 122(4), 682-693.
2201011	Simulated snow water equivalent change between the 1980s and 1990s in the Sea of Japan side area using a regional climate model	Yoshikane, T., Hara, M., Ma, X., Kawase, H., & Kimura, F.	2011	Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II, 89(3), 269-282.
2201012	鳥取県日野川流域の少雪化傾向と春期の渇水の関係	有森 正浩	2020	農業農村工学会誌, 88(3), 234-235.
2201013	分布型流出モデルを用いた小丸川流域における過去 40 年間の気候・流況変化の評価	井上 優希, 峯田 陽生, 糠澤 桂	2022	土木学会論文集 G (環境), 78(5), I_299-I_308.
2201014	気候変動が日本の水資源に与える影響推計 (I) ー日本全域水資源モデルの開発ー	小槻 峻司, 田中 賢治, 小尻 利治	2013	水文・水資源学会誌, 26(3), 133-142.
2201015	気候変動影響に対する水道システムの適応策	小坂 浩司, 秋葉 道宏	2020	保健医療科学, 69(5), 425-433.
2201016	「内閣府 HP」令和 2 年版防災白書「令和元年東日本台風による災害」	内閣府	2020	https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r02/honbun/0b_1s_01_03.html (2025/9/29 閲覧)
2201017	気候変動による陸水環境への影響	藤本 尚志	2024	用水と廃水, 66(1), 33-40.
2201018	水供給システムにおける気候変動の影響 ー生物障害の発生に及ぼす水温上昇の影響についてー	秋葉 道宏, 下ヶ橋 雅樹, 初山 将	2017	用水と廃水, 59(1), 45-50.
2201019	気候変動による水道原水への影響と適応策	秋葉 道宏, 浅田 安廣, 小坂 浩司, 島崎 大	2025	用水と廃水, 67(1), 47-53.
2201020	水質汚染事故による水道の被害及び水道の異臭味被害状況について (令和 5 年度調査)	国土交通省	2023	ー
2201021	水道事業における気候変動への適応に向けた取り組み	浅田 安廣	2023	第 7 回水道の諸課題に係る有識者検討会資料.
2201022	高濁度原水への対応の手引き	公益財団法人水道技術研究センター	2014	ー
2201023	気候変動の観測・予測・影響評価に関する統合レポート「日本の気候変動とその影響 (2012 年度版)」	文部科学省, 気象庁, 環境省	2013	ー
2201024	WBC-d4PDF5km(2022)を用いた気候変動による渇水への影響のマクロ的評価	西村 宗倫, 高田 望, 坂本 光司, 嶋谷 祐馬, 柴川 大雅, 因幡 直希, 仲江川 敏之, 池淵 周一, 竹下 哲也	2025	土木学会論文集 B1 (水工学), 81(27), 25-27035.
2201025	超高解像度気候モデルと将来土地利用変化を用いた日本の水資源量の長期変化予測	田中 賢治	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_211-I_216.
2201026	Hydro-climatic extremes shift the hydrologic sensitivity regime in a cold basin	Peng, S., Xu, X., Liao, R., He, B., Mihara, K., Kuramochi, K., Toma, Y., & Hatano, R.	2024	Science of The Total Environment, 949, 174744.
2201027	気候変動が淀川水系の渇水リスクに及ぼす影響	伊藤 昌資, 菅野 豊, 大八木 豊, 西澤 諒亮, 川瀬 宏明, 佐々井 崇博, 杉本 志織, 川崎 将生, 中北 英一	2020	水文・水資源学会誌, 33(3), 83-97.
2201028	大規模アンサンブル気候予測データに基づく将来の渇水リスクに関する検討 ー兵庫県を対象地域としてー	清水 浩太郎, 尾崎 平, 橋本 彰博, 戸田 圭一	2020	土木学会論文集 G (環境), 76(6), II_285-II_293.
2201029	Assessing environmental flow alterations induced by dams and climate change using a distributed hydrological model at catchment scale	Mineda, H., Nukazawa, K., & Suzuki, Y.	2023	Journal of Water and Climate Change, 14(12), 4821-4836.
2201030	Nationwide assessment of the impact of climate change on agricultural water resources in Japan using multiple emission scenarios in CMIP5	Kudo, R., Yoshida, T., & Masumoto, T.	2017	Hydrological Research Letters, 11(1), 31-36.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
2201031	相模ダム流域の水文モデル作成と気候変動影響評価	秋葉 道宏, 下ヶ橋 雅樹, 靱山 将	2017	大規模災害および気候変動に伴う利水障害に対応した環境調和型水道システムの構築に関する研究 平成 28 年度総括・分担研究報告書, 21-43.
2201032	Assessment of the climate change risks for inflow into Sagami Dam reservoir using a hydrological model	Momiyama, S., Sagehashi, M., & Akiba, M.	2020	Journal of Water and Climate Change, 11(2), 367-379.
2201033	海面上昇等による塩水遡上の河川への影響調査	一般財団法人日本気象協会	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム近畿地域事業委託業務成果報告書
2201034	佐用川流域を対象とした複数の流出モデルを用いた気候変動による流量変化予測	小林 健一郎, 川邊 結子, 渡部 哲史, 北野 利一, 丸山 恭介	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_181-I_186.
2201035	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.4.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
2201036	Assessment of climate change impacts on river discharge in Japan using the super - high - resolution MRI - AGCM	Sato, Y., Kojiri, T., Michihiro, Y., Suzuki, Y., & Nakakita, E.	2013	Hydrological Processes, 27(23), 3264-3279.
2201037	Influence of Climate Change on the Seasonal Runoff Pattern in a Headwater Basin, Northern Niigata Prefecture	Whitaker, A., Yoshimura, A., & Sugiyama, H.	2011	新潟大学農学部研究報告, 63(2), 119-125.
2201038	Hydrological response to future climate change in the Agano River basin, Japan	Ma, X., Yoshikane, T., Hara, M., Wakazuki, Y., Takahashi, H. G., & Kimura, F.	2010	Hydrological Research Letters, 4, 25-29.
2201039	Climate change impacts on the seasonal distribution of runoff in a snowy headwater basin, Niigata	Whitaker, A. C., & Yoshimura, A.	2012	Hydrological Research Letters, 6, 7-12.
2201040	気候変動が積雪地域の水循環と水利用へ与える影響について	川村 一人, 中津川 誠, 臼谷 友秀	2010	水工学論文集, 54, 445-450.
2201041	水資源計画・管理の視点から見た気候変動影響	国土交通省国土技術政策総合研究所気候変動適応研究本部	2017	国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告書, 56, 93-109.
2201042	Estimating future streamflow under climate and land use change conditions in northeastern Hokkaido, Japan	Shi, M., & Shiraiwa, T.	2023	Journal of Hydrology: Regional Studies, 50, 101555.
2201043	流出解析モデルを用いた河川流量温暖化影響評価手法の構築	大庭 雅道, 佐藤 隆宏, 新井 涼允, 豊田 康嗣	2020	電力中央研究所報告, N19009.
2201044	Impact of weather regime on projected future changes in streamflow in a heavy snowfall area of Japan	Ohba, M., Arai, R., Toyoda, Y., & Sato, T.	2022	Climate Dynamics, 59(3), 939-950.
2201045	150 年連続気候実験データを用いた積雪地域におけるダム季節運用への気候変動の影響評価	野原 大督, 佐藤 嘉展, 角 哲也	2022	土木学会論文集 B1 (水工学), 78(2), I_73-I_78.
2201046	Evaluation of water resources by snow storage using water balance and tank model method in the Tedor River basin of Japan	Fumikazu, N., Toshisuke, M., Yoshio, H., Hiroshi, T., & Kimihito, N.	2013	Paddy and Water Environment, 11(1), 113-121.
2201047	庄川流域を対象とした融雪出水に対する気候変動の影響	新井 涼允, 豊田 康嗣, 大庭 雅道, 佐藤 隆宏, 風間 聡	2020	土木学会論文集 G (環境), 76(5), I_109-I_119.
2201048	高解像度アンサンブルデータを用いた積雪水資源量の将来予測	齋藤 みなみ, 山崎 剛, 佐々井 崇博	2019	東北の雪と生活, (34), 32-37.
2201049	全国都道府県別における将来水需給ギャップの把握	大西 暁生, 佐藤 嘉展, 佐尾 博志	2015	土木学会論文集 G (環境), 71(5), I_369-I_382.
2201050	気候変動による降水特性変化がもたらす水需給バランスへの影響検討	多田 智和, 土屋 修一	2008	地球環境シンポジウム講演集, 16, 137-142.
2201051	我が国の水利用の現状と気候変動リスクの認識	国土交通省	2008	—
2201052	気候変動下における水稻の作付時期の変化が農業水利用に及ぼす影響の全国評価	高田 亜沙里, 吉田 武郎, 石郷岡 康史, 丸山 篤志, 工藤 亮治	2024	土木学会論文集, 80(16), 23-16118.
2201053	気候変動と堆砂進行がダムの利水機能に及ぼす影響	角 哲也, 小島 裕之	2022	ながれ, 41, 16-21.
2201054	気候変動が早明浦ダムの渇水特性に与える影響の評価	井芹 慶彦, 白羽 陽藏, 藤村 和正	2012	地球環境シンポジウム講演集, 20, 37-42.
2201055	積雪層の圧密過程を考慮した流域の水資源量の推算と気候変動の影響に関する研究	谷口 陽子	2018	土木学会論文集 B1 (水工学), 74(4), I_199-I_204.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
2201056	将来の河川流量の変化がダム貯水池の利水運用に与える潜在的影響に関する一考察	鈴木 俊亮, 野原 大督, 堀 智晴, 佐藤 嘉展	2018	土木学会論文集 B1 (水工学), 74(4), I_115-I_120.
2201057	貯水池堆砂量推定モデルの構築と気候変動に伴う堆砂速度増大率の推定-熊本県緑川ダム貯水池を対象として	高橋 大地, 石川 忠晴, 道奥 康治	2022	ダム工学, 32(2), 141-152.
2201058	海面上昇を考慮した釧路湿原への塩水遡上の影響評価	中本 篤嗣, 新谷 哲也, 中山 恵介, 丸谷 靖幸, 石田 哲也, 法村 賢一	2011	土木学会論文集 B1 (水工学), 67(4), I_1351-I_1356.
2201059	釧路湿原における地球温暖化に伴う海面上昇に係る技術資料～環境指標のモニタリング計画と温暖化への適応策の検討～	国土交通省北海道開発局釧路開発建設部	2012	—
2201060	渇水対応タイムライン作成のためのガイドライン（初版）	国土交通省水資源部	2019	—
2201061	雨水の利用の推進に関するガイドライン（改訂版）	国土交通省水管理・国土保全局水資源部	2025	—
2201062	「気候変動等によるリスクを踏まえた 総合的水資源マネジメント」について（中間とりまとめ）	「気候変動等によるリスクを踏まえた 総合的な水資源管理のあり方について」研究会	2008	—
2201063	気候変動と堆砂進行がダムの利水機能に及ぼす影響とその適応策に関する検討	小島 裕之, 永谷 言, 川村 育男, 佐藤 嘉展, 角 哲也	2021	河川技術論文集, 27, 643-648.
2201064	d4PDF を活用した発電専用ダムによる洪水 被害軽減運用手法の効果検証	松本 知士, 池田 典之, 河田 暢亮, 山田 朋人, 中津川 誠, 中北 英一	2021	河川技術論文集, 27, 637-642.

(2) 水供給（地下水）

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
2202001	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.5.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers.
2202002	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers C.2.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers.
2202003	令和 4 年版 日本の水資源の現況	国土交通省水管理・国土保全局水資源部	2023	—
2202004	気候変動影響統計レポート	環境省	2011	—
2202005	統合水資源モデル H08 で推計した灌漑水不足ポテンシャルと地盤沈下・地下水位の関係 ―関東平野中流域における事例―	井手 淨, 井戸田 優希, 吉岡 伸隆, 田上 雅浩, 松村 明子, 小川田 大吉, 花崎 直太, 平林 由希子	2020	土木学会論文集 B1 (水工学), 76(2), I_289-I_294.
2202006	Hydrogeochemical processes and long-term effects of sea-level rise in an uplifted atoll island of Minami-Daito, Japan	Yang, H., Kagabu, M., Okumura, A., Shimada, J., Shibata, T., & Pinti, D. L.	2020	Journal of Hydrology: Regional Studies, 31, 100716.
2202007	水源水質の変動と健康リスク	秋葉 道宏, 山田 俊郎, 中村 怜奈, 小坂 浩司, 浅見 真理	2010	EICA, 15(1), 16-19.
2202008	トンガ王国ババウ島およびリフカ島における淡水レンズ地下水塩水化の要因と課題	石田 聡, 吉本 周平, 幸田 和久, 小林 勤, 白旗 克志, 土原 健雄	2015	農村工学研究所技報, 217, 1-12.
2202009	Statistical and numerical analyses of the influence of climate variability on aquifer water levels and groundwater temperatures: The impacts of climate change on aquifer thermal regimes	Gunawardhana, L. N., & Kazama, S.	2012	Global and Planetary Change, 86, 66-78.
2202010	地球温暖化による胆沢川扇状地水収支の将来予測	吉松 一橋, 佐藤 喜一郎, 奈倉 弘, 小林 俊樹	2010	日本応用地質学会研究発表会講演論文集, 65-66.
2202011	降雪量と融雪時期の変化が水資源管理及び地下水資源の利用に与える影響調査	一般財団法人日本気象協会	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム中部地域事業委託業務成果報告書
2202012	Temporal variations of groundwater tables and implications for submarine groundwater discharge: a 3-decade case study in central Japan	Zhang, B., Zhang, J., & Yoshida, T.	2017	Hydrology and Earth System Sciences, 21(7), 3417-3425.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
2202013	武蔵野台地における浅層地下水位の長期変動解析および将来予測	久富 悠生, 中山 大地, 松山 洋	2015	水文・水資源学会誌, 28(3), 109-123.
2202014	地下水環境への気候変動影響のアンサンブル評価に関する研究	北側 有輝, 城戸 由能, 中北 英一	2015	京都大学防災研究所年報, 58(B), 257-265.
2202015	Landslides in a changing climate	Gariano, S. L., & Guzzetti, F.	2016	Earth-Science Reviews, 162, 227-252.
2202016	近年の地すべり災害の傾向と今後の課題	丸山 清輝	2011	地質と調査, 128, 15-19.
2202017	水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について（答申）	社会資本整備審議会	2008	—
2202018	地球温暖化と地下水塩水化	神野 健二, 広城 吉成	2006	水環境学会誌, 29(2), 72-76.
2202019	Climate change and the future of freshwater resources of the island: a case study on the Rishiri Island, Japan	Mandal, A. K., & Zhang, J.	2012	Environmental Earth Sciences, 66(5), 1309-1319.
<u>2202020</u>	「地下水保全」ガイドライン（第二版）	環境省水・大気環境局 土壌環境課地下水・地盤環境室	2021	—
<u>2202021</u>	地下水マネジメントの手順書	内閣官房 水循環政策本部事務局	2019	—
2202022	地下水マネジメント推進プラットフォーム	内閣官房 水循環政策本部事務局	2023	—

(3) 水需要

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
2203001	平成 20 年度ヒートアイランド対策の環境影響等に関する調査業務報告書	社団法人環境情報科学センター	2008	—
2203002	猛暑に対応した水稻作付け体系が用水需要変動に及ぼす影響	坂田 賢, 友正 達美, 内村 求	2013	農業農村工学会誌, 81(4), 269-272.
<u>2203003</u>	気候変動が畑地の灌漑必要水量に及ぼしてきた影響の評価 一鳥取県東伯郡の北栄町地区の芝畑における事例一	有森 正浩, 草地 三陽	2021	農業農村工学会論文集, 89(2), II_41-II_49.
2203004	我が国の水利用の現状と気候変動リスクの認識	国土交通省	2008	—
2203005	気候変動による世界の水資源量変化と社会的影響に関する研究	大平 一典	2014	中央大学 博士論文.
2203006	渇水時のダム運用への人口変動に伴う水需要変化の影響予測	入江 政安, 戸井 博彬, 津田 守正, 西田 修三	2017	土木学会論文集 G (環境), 73(5), I_39-I_46.
<u>2203007</u>	気候変動下における水稻の作付時期の変化が農業水利用に及ぼす影響の全国評価	高田 亜沙里, 吉田 武郎, 石郷岡 康史, 丸山 篤志, 工藤 亮治	2024	土木学会論文集, 80(16), 23-16118.
<u>2203008</u>	農業用ダムを利用した稲作灌漑に関する気候変動に伴う長期的な影響分析	井上 湧太, 堀 智晴, 山田 真史	2024	土木学会論文集, 80(16), 23-16119.
2203009	圃場における将来気候変動が水稻の収量と灌漑水量に与える影響に関する研究	辰己 賢一, 澁澤 栄, 小平 正和, 山敷 庸亮	2013	土木学会論文集 G (環境), 69(5), I_171-I_176.
2203010	気候変動と日本の水環境・水資源	脇岡 靖明	2019	用水と廃水, 61(1), 34-38.
<u>2203011</u>	「内閣官房水循環政策本部事務局 HP」令和 6 年版水循環白書「水循環施策と関連法令等（4）水の効率的な利用と有効利用」	内閣官房水循環政策本部事務局	2024	—
<u>2203012</u>	農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路編】	農林水産省農村振興局整備部設計課	2023	—
<u>2203013</u>	渇水対応タイムライン作成のためのガイドライン（初版）	国土交通省水資源部	2019	—
<u>2203014</u>	California's Water Market, By the Numbers: Update 2021	Sencan, G. & Hanak, E.	2021	Public Policy Institute of California.

B.3. 自然生態系分野

【陸域生態系】

(1) 高山・亜高山帯

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3101001	モニタリングサイト 1000 高山帯調査―重要生態系監視地域モニタリング推進事業―2008～2012 年度とりまとめ報告書	環境省自然環境局 生物多様性センター	2014	—
3101002	長野県における適応策立案手法開発のための検討報告書	長野県環境保全研究所	2012	—
3101003	Habitat-specific responses of shoot growth and distribution of alpine dwarf-pine (<i>Pinus pumila</i>) to climate variation	Amagai, Y., Kaneko, M., & Kudo, G.	2015	Ecological Research, 30(6), 969-977.
3101004	モニタリングサイト 1000 高山帯調査 2008-2017 年度とりまとめ報告書	環境省自然環境局生物多様性センター	2020	—
3101005	モニタリングサイト 1000 高山帯調査 2008-2022 年度とりまとめ報告書	環境省自然環境局生物多様性センター	2024	—
3101006	空間情報を用いた高山帯の植生変化と環境変動のセンサス	金子 正美, 星野 仏方, 雨谷 教弘	2014	地球環境, 19(1), 13-21.
3101007	Climate change and shoot elongation of alpine dwarf pine (<i>Pinus pumila</i> Regel): Comparisons between six Japanese mountains	Wada, N., Watanuki, K., Narita, K., Suzuki, S., Kudo, G., & Kume, A.	2005	Phyton – Annales Rei Botanicae, 45(4), 253.
3101008	気候変動下での山岳生態系のモニタリングの意義とその方向性	工藤 岳	2014	地球環境, 19(1), 3-11.
3101009	Invasion of dwarf bamboo into alpine snow-meadows in northern Japan: pattern of expansion and impact on species diversity	Kudo, G., Amagai, Y., Hoshino, B., & Kaneko, M.	2011	Ecology and Evolution, 1(1), 85-96.
3101010	Seasonal dry-down rates and high stress tolerance promote bamboo invasion above and below treeline	Winkler, D. E., Amagai, Y., Huxman, T. E., Kaneko, M., & Kudo, G.	2016	Plant Ecology, 217(10), 1219-1234.
3101011	大雪山国立公園における高山植生変化の現状と生物多様性への影響	川合 由加, 工藤 岳	2014	地球環境, 19(1), 23-32.
3101012	Climate change shifts population structure and demographics of an alpine herb, <i>Anemone narcissiflora</i> ssp. <i>sachalinensis</i> (Ranunculaceae), along a snowmelt gradient	Kawai, Y., & Kudo, G.	2021	Population Ecology, 63(3), 260-271.
3101013	高山帯におけるササの分布拡大メカニズムと生態系への応答	工藤 岳, 雨谷 教弘	2018	地球環境, 23(1-2), 17-26.
3101014	空中写真解析からわかった立山室堂平におけるササ群落の増加	吉田 めぐみ, 高橋 一臣, 大宮 徹	2016	富山県中央植物園研究報告, (22), 9-17.
3101015	白山の高山帯・亜高山帯の植生地理とその長期変動 2. 弥陀ヶ原の雪田群落の最近約半世紀間の減少	古池 博, 白井 伸和, 吉本 敦子	2015	石川県立自然史資料館研究報告, 5, 19-24.
3101016	Changes in alpine plant communities under climate change: Dynamics of snow - meadow vegetation in northern Japan over the last 40 years	Amagai, Y., Kudo, G., & Sato, K.	2018	Applied Vegetation Science, 21(4), 561-571.
3101017	温暖化にともなうアポイ岳ヒダカソウの開花時期の変化	西川 洋子, 住田 真樹子, 棗 庄輔	2009	保全生態学研究, 14(2), 211-222.
3101018	Environmental dependence of population dynamics and height growth of a subalpine conifer across its vertical distribution: an approach using high-resolution aerial photographs	Shimazaki, M., Sasaki, T., Hikosaka, K., & Nakashizuka, T.	2011	Global Change Biology, 17(11), 3431-3438.
3101019	気候変動が森林動態に与える影響と将来予測：八甲田山のオオシラビソを例として	田中 孝尚, 嶋崎 仁哉, 黒川 紘子, 彦坂 幸毅, 中静 透	2014	地球環境 19(1), 47-55.
3101020	Resurvey of historical moorland plots reveals a landscape-wide increase in the occurrence of woody and non-moorland species over 90 years	Tsuchihashi, Y., Ishii, N. I., Makishima, D., Oguro, M., Ohashi, H., Shibata, M., Kurokawa, H., Matsui, T., & Sasaki, T.	2023	Plant Ecology, 224(11), 965-971.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3101021	平成 29 年度グリーンワーカー事業 火打山における協働型環境保全活動業務報告書	環境省長野県自然環境事務所新潟県生態研究所	2018	—
3101022	平成 30 年度グリーンワーカー事業 火打山における協働型環境保全活動業務報告書	環境省長野県自然環境事務所新潟県生態研究所	2019	—
3101023	気候変動による森林限界の移動とその要因	国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所	2017	平成 29 年度版森林総合研究所年報, 171.
3101024	気候変動リスク情報創生プログラム成果集	文部科学省	2016	—
<u>3101025</u>	Advancing Timberline on Mt. Fuji between 1978 and 2018	Sakio, H., & Masuzawa, T.	2020	Plants, 9(11), 1537.
<u>3101026</u>	立山連峰弥陀ヶ原におけるミヤマモンキチョウの生息地の選好性	清水 大輔, 山崎 裕治	2021	保全生態学研究, 26(2), 2029.
3101027	北アルプス北部爺ヶ岳棒小屋乗越付近で発生したイノシシによる高山植物の掘り返し	尾関 雅章, 堀田 昌伸	2017	植生情報/植生学会編集委員会, (21), 44-46.
3101028	北アルプス立山地域におけるカメラトッピング法によるイノシシとニホンジカのモニタリング調査 (2011～2018 年)	間宮 寿頼, 赤座 久明	2019	富山県自然博物館ねいの里研究報告, 2, 1-7.
3101029	センサーカメラによる北アルプス後立山連邦の岩小屋沢岳周辺でのニホンジカ初確認	堀田 昌伸, 尾関 雅章	2014	長野県環境保全研究所研究報告, 10, .33-36.
3101030	Vulnerability of phenological synchrony between plants and pollinators in an alpine ecosystem	Kudo G.	2014	Ecological Research, 29(4), 571-581.
<u>3101031</u>	Habitat selection of large herbivores evidenced as threats to alpine ecosystem	Takii, A., Ozeki, M., Takahata, C., & Izumiyama, S.	2022	Acta Oecologica, 114, 103812.
<u>3101032</u>	Floristic Homogenization and Differentiation under Deer Grazing in a Subalpine Zone in Central Japan	Nagaike, T.	2023	Diversity, 15(2), 192.
3101033	Regeneration of subalpine conifer species is inhibited by bark-stripping deer in a Betula forest	Nagaike, T., & Iijima, H.	2025	Arctic, Antarctic, and Alpine Research, 57(1), 2447631.
<u>3101034</u>	2019 年 7～9 月における乗鞍岳の鱗翅目昆虫と個体数調査	船越 進太郎, 鈴木 啓久, 川瀬 英夫, 高井 泰	2020	やどりが, 2020(265), 28-42.
3101035	Assessing the potential impacts of climate change on the alpine habitat suitability of Japanese stone pine (<i>Pinus pumila</i>)	Horikawa, M., Tsuyama, I., Matsui, T., Kominami, Y., & Tanaka, N.	2009	Landscape Ecology, 24(1), 115-128.
3101036	気候変動による森林生態系への影響に係る影響評価	みずほ情報総研株式会社	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム全国運営・調査事業委託業務報告書
<u>3101037</u>	地球温暖化と北方林 高山鳥ニホンライチョウへの温暖化影響を評価する	津山 幾太郎, 堀田 昌伸	2020	北方林業/北方林業編集委員会 編, 71(1), 9-12.
<u>3101038</u>	Changes in extremely heavy and light snow-cover winters due to global warming over high mountainous areas in central Japan	Kawase, H., Yamazaki, T., Sugimoto, S., Sasai, T., Ito, R., Hamada, T., Kuribayashi, M., Fujita, M., Murata, A., Nosaka, M., & Sasaki, H.	2020	Progress in Earth and Planetary Science, 7(10).
<u>3101039</u>	高山植物の生育場所はどのように決定されているのだろうかー地形を介して生じる積雪深の不均一分布に対応した高山植生の配置ー	峯村 友都, 和田 直也	2025	生物の科学 遺伝, 79(4).
3101040	How will subalpine conifer distribution be affected by climate change? Impact assessment for spatial conservation planning	Tsuyama, I., Higa, M., Nakao, K., Matsui, T., Horikawa, M., & Tanaka, N.	2015	Regional Environmental Change, 15(2), 393-404.
3101041	Predicting the impact of climate change on potential habitats of fir (<i>Abies</i>) species in Japan and on the East Asian continent	Tanaka, N., Nakao, K., Tsuyama, I., Higa, M., Nakazono, E., & Matsui, T.	2012	Procedia Environmental Sciences, 13, 455-466.
3101042	日本の潜在的な自然植生分布に対する気候変化の影響予測	石神 靖弘, 清水 庸, 大政 謙次	2003	農業気象, 59(4), 269-276.
3101043	気候変動に対する樹木の肥大成長と炭素安定同位体比の応答	宮田 理恵, 長谷川 成明, 甲山 隆司	2014	地球環境, 19(1), 57-62.
3101044	Effects of wind and thermal conditions on timberline formation in central Japan: a lattice model	Takahashi, K.	2014	Ecological Research, 29(2), 121-131.
3101045	平成 29 年度生物多様性分野における気候変動への適応策検討業務報告書	国立研究開発法人国立環境研究所	2018	—

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3101046	国立公園等の生態系及び生態系サービスへの気候変動影響に関する調査及び適応策の検討	みずほ情報総研株式会社	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム全国運営・調査事業委託業務報告書
<u>3101047</u>	Predicted scarcity of suitable habitat for alpine plant communities in northern Japan under climate change	Amagai, Y., Oguma, H., & Ishihama, F.	2022	Applied Vegetation Science, 25(4), e12694.
3101048	Modeling future wildlife habitat suitability:serious climate change impacts on the potential distribution of the Rock Ptarmigan <i>Lagopus muta japonica</i> in Japan's northern Alps	Hotta, M., Tsuyama, I., Nakao, K., Ozeki, M., Higa, M., Kominami, Y., Hamada, T., Matsui, T., Yasuda, M., & Tanaka, N.	2019	BMC ecology, 19(1), 23.
<u>3101049</u>	気候変動下の森林—その多様な役割と社会との関わり— 気候変動による森林生態系への影響評価—最近の研究事例紹介	松井 哲哉	2021	環境情報科学, 50(1), 12–18.
3101050	気候変動による高山・亜高山生態系への影響調査（群馬県）	バシフィックコンサルタンツ株式会社	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム関東地域事業委託業務成果報告書
3101051	気候変動による高山植生及び希少植物への影響調査（中国四国地方）	株式会社地域計画建築研究所（アルバック）, 国立大学法人鳥取大学	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム中国四国地域事業委託業務成果報告書
3101052	Dynamics of flowering phenology of alpine plant communities in response to temperature and snowmelt time: Analysis of a nine-year phenological record collected by citizen volunteers	Kudo, G.	2020	Environmental and Experimental Botany, 170, 103843.
<u>3101053</u>	Projections of surface air temperature required to sustain permafrost and importance of adaptation to climate change in the Daisetsu Mountains, Japan	Yokohata, T., Iwahana, G., Sone, T., Saito, K., Ishizaki, N. N., Kubo, T., Oguma, H., & Uchida, M.	2021	Scientific Reports, 11(1), 15518.
3101054	Forecasting the effects of global warming on radial growth of subalpine trees at the upper and lower distribution limits in central Japan	Takahashi, K., & Okuhara, I.	2013	Climatic Change, 117(1), 273-287.
<u>3101055</u>	南アルプスにおけるライチョウウケージ保護及び捕食者対策事業の実施結果について	環境省信越自然環境事務所	2019	—
<u>3101056</u>	希少植物の生息域外保全とその可能性	石田 祐子	2017	長野県環境保全研究所研究報告, (13), 1-12.

(2) 自然林・二次林

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3102001	Long-term forest dynamics in response to climate change in northern mixed forests in Japan: A 38-year individual-based approach	Hiura, T., Go, S., & Iijima, H.	2019	Forest Ecology and Management, 449, 117469.
3102002	Regional - scale directional changes in abundance of tree species along a temperature gradient in Japan	Suzuki, S. N., Ishihara, M. I., & Hidaka, A.	2015	Global Change Biology, 21(9), 3436-3444.
<u>3102003</u>	Complex range shifts among forest functional types under the contemporary warming	Koide, D., Yoshikawa, T., Ishihama, F., & Kadoya, T.	2022	Global Change Biology, 28(4), 1477-1492.
<u>3102004</u>	Going against the flow: potential mechanisms for unexpected downslope range shifts in a warming climate	Lenoir, J., Gégout, J.-C., Guisan, A., Vittoz, P., Wohlgemuth, T., Zimmermann, N. E., Dullinger, S., Pauli, H., Willner, W., & Svenning, J.-C.	2010	Ecography, 33(2), 295-303.
<u>3102005</u>	モニタリングサイト 1000 森林・草原調査 2004-2022 年度とりまとめ報告書	環境省	2025	—
3102006	気候変動の観測・予測・影響評価に関する統合レポート「日本の気候変動とその影響(2012 年度版)」	文部科学省, 気象庁, 環境省	2013	—

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3102007	Evergreen broadleaf forest transition zone changes in Japan from 1961 to 2008 detected by aerial ortho-photos	Nakazono, E., Tanaka, N., Yasuda, M., Daimaru, H., & Takeuchi, W.	2016	Earth and Environmental Science, 37(1), 012033.
3102008	空中写真判読による函南原生林の 40 年間の林冠変化	中國 悦子, 武生 雅明, 田中 信行, 大丸 裕武	2015	東京農大農学集報, 60(3), 156-161.
3102009	空中写真判読による柴尾山常緑広葉樹の 33 年間の林冠変化	中國 悦子, 田中 信行	2016	関東森林研究, 67(1).
<u>3102010</u>	The elevational distribution of <i>Fagus crenata</i> regeneration at low elevations in the Shirakami Mountains, a World Natural Heritage site in Japan	Inomata, T., & Saeki, I.	2024	Journal of Forest Research, 29(3), 214-220.
3102011	長野県木曽地域における常緑広葉樹シラカシ（ブナ科）の分布	大塚 孝一, 尾関 雅章	2015	長野県環境保全研究所研究報告, (11), 9-13.
3102012	Changes in radial growth of earlywood in <i>Quercus crispula</i> between 1970 and 2004 reflect climate change	Nabeshima, E., Kubo, T., Yasue, K., Hiura, T., & Funada, R.	2015	Trees, 29(4), 1273-1281.
<u>3102013</u>	筑波山におけるシダ植物の垂直分布	小幡 和男, 田中 信行, 岡 利雄	2020	茨城県自然博物館研究報告/ミュージアムパーク茨城県自然博物館 編, (23), 29-39.
3102014	志賀高原における温暖化の植物季節への影響	渡辺 隆一, 大久保 明紀子, 井田 秀行	2006	信州大学教育学部附属志賀自然教育研究施設研究業績, 43, 13-16.
3102015	When spring ephemerals fail to meet pollinators: mechanism of phenological mismatch and its impact on plant reproduction	Kudo, G., & Cooper, E. J.	2019	Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 286, 20190573.
<u>3102016</u>	Aboveground biomass increments over 26 years (1993-2019) in an old-growth cool-temperate forest in northern Japan	Noguchi, M., Hoshizaki, K., Matsushita, M., Sugiura, D., Yagihashi, T., Saitoh, T., Itabashi, T., Kazuhide, O., Shibata, M., Hoshino, D., Masaki, T., Osumi, K., Takahashi, K., & Suzuki, W.	2022	Journal of Plant Research, 135(1), 69-79.
<u>3102017</u>	下層植生であるアセビの有無がリター分解に与える影響	川上 えりか, 片山 歩美, 菱 拓雄	2020	九州大学農学部演習林報告, 101, 1-6.
<u>3102018</u>	Ectomycorrhizal fungal communities in ice-age relict forests of <i>Pinus pumila</i> on nine mountains correspond to summer temperature	Koizumi, T., & Nara, K.	2020	The ISME Journal, 14(1), 189-201.
3102019	Assessing the impact of land use and climate change on the evergreen broad-leaved species of <i>Quercus acuta</i> in Japan	Nakao, K., Matsui, T., Horikawa, M., Tsuyama, I., & Tanaka, N.	2011	Plant Ecology, 212(2), 229-243.
3102020	Influence of nonclimatic factors on the habitat prediction of tree species and an assessment of the impact of climate change	Higa, M., Tsuyama, I., Nakao, K., Nakazono, E., & Matsui, T.,	2013	Landscape and Ecological Engineering, 9(1), 111-120.
3102021	地球温暖化と森をめぐる 8 つの質問 森林総合研究所.	田中 信行, 栗屋 善雄	2013	—
<u>3102022</u>	MaxEnt Modeling to Estimate the Impact of Climate Factors on Distribution of <i>Pinus densiflora</i>	Duan, X., Li, J., & Wu, S.	2022	Forests, 13(3), 402.
3102023	Changes in the potential habitats of 10 dominant evergreen broad-leaved tree species in the Taiwan-Japan archipelago	Nakao, K., Higa, M., Tsuyama, I., Lin, C.-T., Sun, S.-T., Lin, J.-R., Chiou, C.-R., Chen, T.-Y., Matsui, T., & Tanaka, N.	2014	Plant Ecology, 215(6), 639-650.
3102024	気候変動が天然林の潜在生育域に与える影響の評価と温暖化適応策	松井 哲哉, 中尾 勝洋, 津山 幾太郎, 比嘉 基紀, 大丸 裕武, 小南 裕志, 大橋 春香, 中國 悦子, 小出 大, 田中 信行	2015	日本不動産学会誌, 29(1), 52-58.
3102025	気候変動による森林生態系への影響に係る影響評価	みずほ情報総研株式会社	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム全国運営・調査事業委託業務報告書
3102026	Potential impact of climate change on canopy tree species composition of cool-temperate forests in Japan using a multivariate classification tree model	Matsui, T., Nakao, K., Higa, M., Tsuyama, I., Kominami, Y., Yagihashi, T., Koide, D., & Tanaka, N.	2018	Ecological Research, 33(2), 289-302.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3102027	Projecting spatiotemporal changes in suitable climate conditions to regenerate trees using niche differences between adult and juvenile trees	Koide, D., Higa, M., Nakao, K., Ohashi, H., Tsuyama, I., Matsui, T., & Tanaka, N.	2016	European Journal of Forest Research, 135(1), 125-136.
3102028	国立公園等の生態系及び生態系サービスへの気候変動影響に関する調査及び適応策の検討	みずほ情報総研株式会社	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム全国運営・調査事業委託業務報告書
3102029	地球温暖化と北方林 気候変動とブナ林	松井 哲哉	2020	北方林業, 71(1), 1-4.
3102030	Predicting Quercus gilva distribution dynamics and its response to climate change induced by GHGs emission through MaxEnt modeling	Shi, J., Xia, M., He, G., Gonzalez, N. C. T., Zhou, S., Lan, K., Ouyang, L., Shen, X., Jiang, X., Cao, F., & Li, H.	2024	Journal of Environmental Management, 357, 120841.
3102031	スギ天然林分布と気候要因の定量解析にもとづく温暖化影響予測	中尾 勝洋	2020	北方林業, 71(1), 17-20.
3102032	Assessing the potential impacts of climate change and their conservation implications in Japan: A case study of conifers	Ogawa-Onishi, Y., Berry, P. M., & Tanaka, N.	2010	Biological Conservation, 143(7), 1728-1736.
3102033	日本におけるチマキザサ節の潜在分布域の予測と気候変化の影響評価	津山 幾太郎, 松井 哲哉, 堀川 真弘, 小南 裕志, 田中 信行	2008	GIS-理論と応用, 16(2), 99-113.
3102034	Globally consistent climate sensitivity of natural disturbances across boreal and temperate forest ecosystems	Seidl, R., Honkaniemi, J., Aakala, T., Aleinikov, A., Angelstam, P., Bouchard, M., Boulanger, Y., Burton, P. J., De Grandpré, L., Gauthier, S., Hansen, W. D., Jepsen, J. U., Jögiste, K., Kneeshaw, D. D., Kuuluvainen, T., Lisitsyna, O., Kobayashi, M., Mori, A. S., Pureswaran, D. S., Shorohova, E., Shubnitsina, E., Taylor, A. R., Vladimirova, N., Vodde, F., & Senf, C.	2020	Ecography, 43(7), 967-978.
3102035	気候変動と植生変化, 農業の適応 気候変動と森林生態系の変化	原 登志彦	2021	太陽エネルギー, 47(5), 35-41.
3102036	Projection of impacts of climate change on windthrows and evaluation of potential adaptation measures in forest management: A case study from empirical modelling of windthrows in Hokkaido, Japan, by Typhoon Songda (2004)	Takano, K. T., Nakagawa, K., Aiba, M., Oguro, M., Morimoto, J., Furukawa, Y., Mishima, Y., Ogawa, K., Ito, R., & Takemi, T.	2016	Hydrological Research Letters, 10(4), 132-138.
3102037	The photosynthetic response of four seral deciduous broad-leaved tree seedlings grown under elevated CO ₂ concentrations	Kitaoka, S., Matsuki, S., Kitao, M., Tobita, H., Utsugi, H., Maruyama, Y., & Koike, T.	2016	Journal of Agricultural Meteorology, 72(1), 43-49.
3102038	Ecophysiology of deciduous trees native to Northeast Asia grown under FACE (Free Air CO ₂ Enrichment)	Koike, T., Watanabe, M., Watanabe, Y., Agathokleous, E., Eguchi, N., Takagi, K., Satoh, F., Kitaoka, S., & Funada, R.	2015	Journal of Agricultural Meteorology, 71(3), 174-184.
3102039	Photosynthetic traits of Siebold's beech seedlings in changing light conditions by removal of shading trees under elevated CO ₂	Watanabe, M., Kitaoka, S., Eguchi, N., Watanabe, Y., Satomura, T., Takagi, K., Satoh, F., & Koike, T.	2016	Plant Biology, 18(S1), 63-72.
3102040	大気中 CO ₂ 濃度増加に伴う冷温帯落葉樹木の炭素固定能力の変化に関する研究	江口 則和	2008	北海道大学 博士論文.
3102041	Differential anatomical responses to elevated CO ₂ in saplings of four hardwood species	Watanabe, Y., Satomura, T., Sasa, K., Funada, R. Y. O., & Koike, T.	2010	Plant, Cell & Environment, 33(7), 1101-1111.
3102042	Effects of CO ₂ and O ₃ on the interaction between root of woody plants and ectomycorrhizae	Wang, X., Agathokleous, E., Qu, L., Watanabe, M., & Koike, T.	2016	Journal of Agricultural Meteorology, 72(2), 95-105.
3102043	Elevated CO ₂ and limited nitrogen nutrition can restrict excitation energy dissipation in photosystem II of Japanese white birch (Betula platyphylla var. japonica) leaves	Kitao, M., Koike, T., Tobita, H., & Maruyama, Y.	2005	Physiologia Plantarum, 125(1), 64-73.
3102044	開放系 CO ₂ 増加実験(FACE:Free Air CO ₂ Enrichment)による森林樹木への高濃度 CO ₂ の影響評価:札幌実験苗畑の例(2002-2013)	渡辺 誠, 小池 孝良, 渡邊 陽子, 船田 良, 佐野 雄三, 高木 健太郎, 日浦 勉, 笹賀 一郎, 佐藤 冬樹	2015	北方森林保全技術, 32, 28-31.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3102045	High-resolution prediction of leaf onset date in Japan in the 21st century under the IPCC A1B scenario	Hadano, M., Nasahara, K. N., Motohka, T., Noda, H. M., Murakami, K., & Hosaka, M.	2013	Ecology and Evolution, 3(6), 1798-1807.
3102046	Current and future carbon budget at Takayama site, Japan, evaluated by a regional climate model and a process-based terrestrial ecosystem model	Kuribayashi, M., Noh, N. J., Saitoh, T. M., Ito, A., Wakazuki, Y., & Muraoka, H	2017	International Journal of Biometeorology, 61(6), 989-1001.

(3) 里地・里山生態系

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3103001	Detecting latitudinal and altitudinal expansion of invasive bamboo <i>Phyllostachys edulis</i> and <i>P. bambusoides</i> (Poaceae) in Japan to project potential habitats under 1.5° C–4.0° C global warming	Takano, K. T., Hibino, K., Numata, A., Oguro, M., Aiba, M., Shiogama, H., Takayabu, I., & Nakashizuka, T.	2017	Ecology and Evolution, 7, 9848-9859
3103002	Analysis of the Effect of the Expansion of Bamboo Forest on Forest Plant Communities	Park, S., & Bang, H.	2024	Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University, 69(2), 73–82
3103003	地球温暖化が及ぼす作物や雑草への影響 夏期に猛暑、少雨となった 2018 年における筑後川下流域での水田雑草発生の実態調査	大隈 光善	2021	植物調節, 55(1), 12–17
3103004	地球温暖化が及ぼす作物や雑草への影響 気温上昇のもとでの水田雑草の動態変化を考える	森田 弘彦	2021	植物調節, 55(1), 18–24
3103005	地球温暖化が及ぼす作物や雑草への影響 温暖化によるイネ科多年生雑草チガヤの分布拡大と雑種形成	富永 達	2021	植物調節, 55(1), 8–11
3103006	Climate change accelerates growth of urban trees in metropolises worldwide	Pretzsch, H., Biber, P., Uhl, E., Dahlhausen, J., Schütze, G., Perkins, D., Rötzer, T., Caldentey, J., Koike, T., Tran, V. C., Chavanne, A., du Toit, B., Foster, K., & Lefer, B.	2017	Scientific Reports, 7(1), 15403
3103007	カシノナガキクイムシの飛翔に及ぼす気象の影響	小林 正秀	2020	森林応用研究, 29(1), 23-31.
3103008	モニタリングサイト 1000 里地調査 2005-2022 年度とりまとめ報告書	環境省	2024	—
3103009	南西諸島に関連する昆虫の分布拡大種 アゲトアリの分布拡大	砂村 栄力	2022	昆虫と自然, 57(9), 9-12.
3103010	南西諸島に関連する昆虫の分布拡大種 リュウキュウベニイトトンボの分布拡大 ー温暖化と随伴移入ー	苅部 治紀	2022	昆虫と自然, 57(9), 5-8.
3103011	里山景観の長期的変化がチョウ類相に及ぼす影響の研究	今井 健介	2013	日本環境動物昆虫学会誌, 24(1), 21-25.
3103012	令和 2 年度飛鳥地域における昆虫相調査	木村 史明, 池田 大	2022	橿原市昆虫館研究報告, 1, 4-19.
3103013	Estimating possible bumblebee range shifts in response to climate and land cover changes	Suzuki-Ohno, Y., Yokoyama, J., Nakashizuka, T., & Kawata, M.	2020	Scientific Reports, 10(1), 19622.
3103014	Influence of nonclimatic factors on the habitat prediction of tree species and an assessment of the impact of climate change	Higa, M., Tsuyama, I., Nakao, K., Nakazono, E., Masui, T., & Tanaka, N.	2013	International Consortium of Landscape and Ecological Engineering and Springer, 9, 111–120.
3103015	Indicator plant species selection for monitoring the impact of climate change based on prediction uncertainty	Higa, M., Nakao, K., Tsuyama, I., Nakazono, E., Yasuda, M., Matsui, T., & Tanaka, N.	2013	Ecological Indicators, 29, 307-315.
3103016	地球温暖化と北方の竹林（特集 地球温暖化と北方林）	高野(竹中) 宏平, 日比野 研志, 小黒 芳生, 高藪 出, 中静 透	2020	北方林業, 71(1), 5-8.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3103017	気候変動による森林生態系への影響に係る影響評価	みずほ情報総研株式会社	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム全国運営・調査事業委託業務報告書
<u>3103018</u>	日本の竹林分布に対する気候変動影響評価:拡大リスク増大下での適応にむけて	平田 晶子, 相原 隆貴, 中尾 勝洋, 津山 幾太郎, 唐勤, 松井 哲哉, 脇岡 靖明	2020	環境情報科学論文集(2020 年度 環境情報科学研究発表大会), 34, 210-215.
<u>3103019</u>	Investigating effect of climate warming on the population declines of <i>Sympetrum frequens</i> during the 1990s in three regions in Japan	Nakanishi, K., Koide, D., Yokomizo, H., Kadoya, T., & Hayashi, T. I.	2020	Scientific Reports, 10(1), 12719.
<u>3103020</u>	Staying on the current niche: consensus model reveals the habitat loss of a critically endangered dragonfly <i>Libellula Angelina</i> under climate changes	Liu, T., Liu, H., Li, Y., & Yang, Y.	2024	Journal of Insect Conservation, 28(3), 483-499.
<u>3103021</u>	Water stress changes the relationship between photosynthesis and stomatal conductance	Asargew, M. F., Masutomi, Y., Kobayashi, K., & Aono, M.	2024	Science of the Total Environment, 907, 167886.
<u>3103022</u>	生物多様性分野における気候変動への適応	環境省	2016	—
<u>3103023</u>	地球沸騰化時代の適応策 100 選！ —ADAPTATION アダプテーション [適応] 気候危機をサバイバルするための 100 の戦略—	脇岡 靖明 編著 根本 緑 著	2024	—

(4) 人工林

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3104001	温暖化に対するスギ人工林の脆弱性マップ	松本 陽介, 重永 英年, 三浦 寛, 長倉 淳子, 坪田 宏	2006	地球環境, 11(1), 43-48.
3104002	年輪解析による少積雪寒冷地域におけるカラマツの肥大成長に及ぼす土壤凍結の影響	今村 百太, 武田 一夫, 野堀 嘉裕	2016	雪氷研究大会, 2016, 96.
3104003	The Potential Effect of Climate Change on the Transpiration of Sugi (<i>Cryptomeria japonica</i> D. Don) Plantations in Japan	Shigenaga, H., Matsumoto, Y., Taoda, H., & Takahashi, M.	2005	農業気象, 60(5), 451-456.
<u>3104004</u>	気候変動が人工林に及ぼす影響を予測する 土壌の乾燥に対するスギ成木の反応	荒木 眞岳	2021	森林総合研究所中長期計画成果集, 36, 8-11.
3104005	プロセスモデルを利用した九州のスギ林生産力のマップ化	鳥山淳 平, 橋本 昌司, 清水 貴範, 澤野 真治, 大曾根 陽子, Lehtonen Aleksi	2018	九州森林研究, 71, 33-37.
<u>3104006</u>	気候変動が人工林に及ぼす影響を予測する 将来のスギ林の生産力を予測する	橋本 昌司	2021	森林総合研究所中長期計画成果集, 36, 4-7.
<u>3104007</u>	気候変動が人工林に及ぼす影響を予測する スギの肥大成長と炭素収支の関係性	安江 恒, 齋藤 琢	2021	森林総合研究所中長期計画成果集, 36, 12-15.
3104008	森林炭素動態シミュレーションシステムを用いた気候変動が森林炭素吸収量に及ぼす影響評価の試行	光田 靖, 鹿又 秀聡, 松本 光朗	2013	統計数理, 61(2), 181-188.
3104009	Evaluating the Effects of Climate Change on the Potential Site Productivity of Sugi (<i>Cryptomeria japonica</i>) Planted Forests in Kyushu Island, Japan	Mitsuda, Y.	2018	Journal of Forest Planning, 22(2), 47-53.
<u>3104010</u>	森林からの自然の恵みの未来予測	小黒 芳生, 黒川 紘子, 小林 卓也, 滝 久智, 正木 隆	2021	森林総合研究所研究成果選集, 2021, 16-17.
<u>3104011</u>	冬期の高温がスギの成長と材形成に与える影響の評価	酒本 大, 玉城 雅範, 栗田 学, 阪上 宏樹, 田村 美帆, 渡辺 敦史	2020	九州森林研究, 73, 115-119.
<u>3104012</u>	Growth and photosynthetic traits of hybrid larch F1 (<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i> × <i>L. kaempferi</i>) under elevated CO ₂ concentration with low nutrient availability	Watanabe, M., Watanabe, Y., Kitaoka, S., Utsugi, H., Kita, K., & Koike, T.	2011	Tree Physiology, 31(9), 965-975.
<u>3104013</u>	Reduced atmospheric CH ₄ consumption by two forest soils under elevated CO ₂ concentration in a FACE system in northern Japan	Kim, Y., Watanabe, M., Imori, M., Saka, K., Takagi, K., Hatano, R., & Koike, T.	2011	大気環境学会誌, 46(1), 30-36.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3104014	Elevated CO ₂ enhances the growth of hybrid larch F1 (Larix gmelinii var. japonica 3 L. kaempferi) seedlings and changes its biomass allocation	Watanabe, M., Mao, Q., Novriyanti, E., Kita, K., Takagi, K., Satoh, F., & Koike, T.	2013	Trees, 27(6), 1647-1655.
3104015	Species characteristics and intraspecific variation in growth and photosynthesis of Cryptomeria japonica under elevated O ₃ and CO ₂	Hiraoka, Y., Iki, T., Nose, M., Tobita, H., Yazaki, K., Watanabe, A., Fujisawa, Y. & Kitao, M.	2017	Tree Physiology, 37(6), 733-743.
3104016	S-4 温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための温暖化影響の総合的評価に関する研究 第 2 回報告書 地球温暖化「日本への影響」一長期的な気候安定化レベルと影響リスク評価―	温暖化影響総合予測プロジェクトチーム	2009	化学工学会 研究発表講演要旨集, 2009(0), 608-609.
3104017	地球沸騰化時代の適応策 100 選！ ―ADAPTATION アダプテーション [適応] 気候危機をサバイバルするための 100 の戦略―	脇岡 靖明 編著 根本 緑 著	2024	―

(5) 野生鳥獣の影響

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3105001	環境省 報道発表資料「令和 2 年度ニホンジカ及びイノシシの個体数推定及び生息状況等調査業務報告書」	環境省	2021	―
3105002	Wintering range expansion and increase of sika deer in Nikko in relation to global warming	Li, Y., Maruyama, N., Koganezawa, M., & Kanzaki, N.	1996	Wildlife Conservation Japan, 2(1), 23-35.
3105003	Factors explaining the extension of the sika deer's range in Nikko, Japan	Li, Y., Maruyama, N., & Koganezawa, M.	2001	Biosphere Conservation, 3(2), 55-69.
3105004	センサーカメラによる北アルプス後立山連邦の岩小屋沢岳周辺でのニホンジカ初確認	堀田 昌伸, 尾関 雅章	2014	長野県環境保全研究所研究報告, 10, 33-36.
3105005	ニホンジカ被害問題に残されている課題、 神奈川県丹沢山地の経験から	山根 正伸	2003	森林科学, 39, 35-40.
3105006	Land abandonment and changes in snow-cover period accelerate range expansions of sika deer	Ohashi, H., Kominami, Y., Higa, M., Koide, D., Nakao, K., Tsuyama, I., Matsui, T., & Tanaka, N.	2016	Ecology and Evolution, 6(21), 7763-7775.
3105007	気候変動下の森林―その多様な役割と社会との関わり 気候変動下の野生動物	大橋 春香	2021	環境情報科学, 50(1), 47-51.
3105008	Seasonal and annual fluctuations of deer populations estimated by a Bayesian state-space model	Inoue, M., Ito, H., Yamasaki, M., Fukumoto, S., Okamoto, Y., Katsuki, M., Fukushima, K., Sakai, M., Sakaguchi, S., Fujiki, D., Nakagawa, H., Ishihara, M., Iwamoto, M., & Takayanagi, A.	2020	PLOS ONE, 15(6), e0225872.
3105009	尾瀬国立公園シカ管理方針	尾瀬国立公園シカ対策協議会	2009	―
3105010	「林野庁 HP」平成 22 年度 森林・林業白書「「国民の森林」としての管理経営」南アルプスでのニホンジカの食害対策」	林野庁	2009	―
3105011	南アルプスにおけるシカ被害	元島 清人	2010	植生情報, 14, 13-17.
3105012	自治体の施策に適応策を組み込むには	嶋田 知英	2015	森林環境, 2015, 70-78.
3105013	シカの生息域北上化にともなうヤマビルの増加	加藤 愛咲, 上村 わこ, 切明畑 沙織, 伊藤 絵梨, 田中大介	2011	日本森林学会大会学術講演集, 122(0), 513.
3105014	「林野庁 HP」平成 21 年度森林・林業白書「国土の保全等の推進 (3) 森林病虫害・野生鳥獣被害対策等の推進」	林野庁	2009	―
3105015	鳥獣被害対策の現状と課題	農林水産省	2014	―
3105016	ニホンジカの生息数増加による森林土壌への影響と現在の取組について	山田 千尋, 池田 真之	2012	―

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3105017	森林における鳥獣被害対策のためのガイドー森林管理技術者のためのシカ対策の手引きー（平成 24 年 3 月版）	林野庁森林保護対策室	2014	—
3105018	第 7 回自然環境保全基礎調査 生物多様性調査 種の多様性調査（北海道）報告書	環境省自然環境局生物多様性センター	2008	—
<u>3105019</u>	ニホンジカは 2050 年までにその勢力を全国に拡大すると予測されます	飯島 勇人, 永田 純子, 岡 輝樹, 相川 拓也, 高橋 裕史, 八代田 千鶴, 近藤 洋史, 寺田 行一, 諸澤 崇裕, 川本 朋慶, 荒木 良太, 石田 朗, 釜田 淳志, 狩場 晴也	2021	森林総合研究所研究成果選集, 2021, 18-19.
3105020	国立公園等の生態系及び生態系サービスへの気候変動影響に関する調査及び適応策の検討	みずほ情報総研株式会社	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム全国運営・調査事業委託業務報告書

【淡水生態系】

(1) 湖沼

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3201001	Responses of lake macrophyte species and functional traits to climate and land use changes	Kim, J. Y., & Nishihiro, J.	2020	Science of The Total Environment, 715, 136964.
3201002	An early spring bloom of large diatoms in the ice-covered Saroma-ko Lagoon, Hokkaido, Japan	Shimoto, A., Asakuma, K., Han, D. H. D., Sakaguchi, K., & Maekawa, K.	2012	Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 92(1), 29-37.
3201003	網走湖における湖氷フェノロジー.	大畑 有, 豊田 威信	2017	雪氷研究大会講演要旨集, 2017, 63.
<u>3201004</u>	自然湖沼における気候変動影響の観測と評価	秋田県健康環境センター	2022	秋田県健康環境センター年報, 18, 23-24.
<u>3201005</u>	尾瀬沼深底部の底生動物群集:1986 年と 2018 年の比較	大高 明史, 木村 直哉	2022	低温科学, 80, 1-10.
<u>3201006</u>	問題生態系シリーズ: 湖沼生態系ー高水温がアオコ増殖を助長するー湖沼生態系と水温の密接な関係と衛星湖沼水温データベース日本編	外岡 秀行	2020	日本リモートセンシング学会誌, 40(5), 275-278.
<u>3201007</u>	Heat waves can cause hypoxia in shallow lakes	Shinohara, R., Matsuzaki, S., Watanabe, M., Nakagawa, M., Yoshida, H., & Kohzu, A	2023	Geophysical Research Letters, 50(8), e2023GL102967.
<u>3201008</u>	霞ヶ浦における夏季の湖岸水温	杉野 史弥, 小室 隆, 山室真澄	2023	水環境学会誌, 46(6), 157-162.
<u>3201009</u>	Identifying the true drivers of abrupt changes in ecosystem state with a focus on time lags: Extreme precipitation can determine water quality in shallow lakes	Kohzu, A., Matsuzaki, S. S., Komuro, S., Komatsu, K., Takamura, N., Nakagawa, M., Imai, A., & Fukushima, T.	2023	Science of the Total Environment, 903, 166993.
<u>3201010</u>	裏方思考の散歩のみち(第 18 回)磯焼けの話(18)「琵琶湖の深呼吸」が教える温暖化の影響とは?:地球温暖化の海洋へ及ぼす影響を示唆!	鍵谷 司	2021	環境施設, 165, 64-69.
3201011	琵琶湖固有（亜）種ホンモロコおよびニゴロブナ・ゲンゴロウブナ激減の現状と回復への課題	藤岡 康弘	2013	魚類学雑誌, 60(1), 57-63.
<u>3201012</u>	生物多様性保全・再生に関する研究	石川 可奈子, 酒井 陽一郎, 法理 樹里,井上 栄壮, 永田 貴丸, 東 善広	2021	滋賀県琵琶湖環境科学研究センター研究報告書
3201013	湖水中の生き物の世界と、それに影響を与える地球温暖化	花里 孝幸, 永田 貴丸	2011	四万十・流域圏学会誌, 10(2), 9-12.
3201014	気候変動 2007 影響、適応と脆弱性 日本語訳	国立環境研究所・環境省訳	2007	—

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3201015	平成 29 年度気候変動による水循環への影響評価・適応策検討調査業務報告書	環境省水・大気環境局水環境課	2018	—
3201016	Effects of low salinity water inflow on eelgrass and cultured bivalves in subarctic lagoons: Analysis using hydrodynamic model	Abe, H., Namba, M., Ito, M. A., & Nakaoka, M.	2024	Regional Studies in Marine Science, 74, 102699.
3201017	気候変動への適応策・将来の湖沼水環境の予測	岡田 光正	2020	季刊全国環境研究会誌, 45(1), 9-16.
3201018	気候変動によるダム貯水池の規模に応じた植物プランクトン濃度への影響評価及び曝気循環施設による適応策の有効性評価	服部 啓太, 對馬 育夫, 中西 哲, 猪股 広典, 山下 洋正	2022	土木学会論文集 B1(水工学), 78(7), III_285-III_296.
3201019	伊豆沼で確認されたホテイアオイ <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms と温暖化による定着の可能性	速水 裕樹, 藤本 泰文	2022	伊豆沼・内沼研究報告, 16, 33-38.
3201020	気候変動による琵琶湖の水環境への影響調査（滋賀県）	一般財団法人日本気象協会	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム近畿地域事業委託業務報告書
3201021	生物多様性保全・再生に関する研究	石川 可奈子, 酒井 陽一郎, 法理 樹里, 東 善広, 井上 栄壮, 永田 貴丸, 向井 徹	2023	滋賀県琵琶湖環境科学研究センター研究報告書
3201022	琵琶湖産淡水シジミ (<i>Corbicula</i> sp.) のろ水速度および生育可能条件の評価	岸本 直之, 古田 世子, 藤原 直樹, 井上 栄壮, 馬場 大哉, 武井 直子	2023	水環境学会誌, 46(2), 47-54.
3201023	気候変動による湿地環境への影響調査（新潟市）	バシフィックコンサルタンツ株式会社	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム関東地域事業委託業務報告書
3201024	Stoichiometric impacts of increased carbon dioxide on a planktonic herbivore	Urabe, J., Togari, J., & Elser, J. J.	2003	Global Change Biology, 9, 818–825.
3201025	生物多様性分野における気候変動への適応生物多様性分野における気候変動への適応	環境省	2016	—

(2) 河川

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3202001	これまでの河川水辺の国勢調査結果総括検討（河川版(生物調査編)ダイジェスト版）	国土交通省	2017	—
3202002	河川水辺の国勢調査(魚類調査)1～6 巡目における特徴的な来種の変遷について	大西 舜悟, 笹田 直樹, 都築 隆禎	2022	リバーフロント研究所報告, 33, 7-13.
3202003	神奈川県および伊豆半島の河川から採集された注目すべき熱帯性コエビ類 5 種	丸山 智朗	2017	神奈川県自然誌資料, (38), 29-35.
3202004	Environmental DNA based biomonitoring for hatchery-raised fish in riverine habitats before and after recordable flood event	Miyazono, S., Miyahira, H., Hanaoka, T., Nakao, R., & Akamatsu, Y.	2024	Journal of Freshwater Ecology, 39(1), 1-13.
3202005	Web image search revealed large-scale variations in breeding season and nuptial coloration in a mutually ornamented fish, <i>Tribolodon</i>	Atsumi, K., & Itsuro K.	2017	Ecological Research, 32(4), 567-578.
3202006	河川水温の時空的変動とそれが河川生態系に与える影響	一柳 英隆	2021	River Front, 92, 22-23.
3202007	アマゴ卵の発眼期およびふ化期の上限水温の推定	岸 大弼, 藤井 亮吏	2022	岐阜県水産研究所研究報告, 67, 7-12.
3202008	狩野川・柿田川 流況変化に対する河川—海洋沿岸生態系の応答:狩野川水系における解明と生態系保全策	塚越 哲	2021	RIVER FROMT, 92, 20-21.
3202009	気候変動とアユ	高橋 勇夫	2011	四万十・流域圏学会誌. 10(2), 13-16.
3202010	淀川のアユ遡上数に与える大阪湾の環境要因の影響	竹門 康弘, 浦部 真治, 角 哲也	2014	京都大学防災研究所年報, 57(B), 550-560.
3202011	Morphological allometry and life history including reproductive swarming of nereidid polychaete <i>Tylorrhynchus osawai</i> in a tidal river in Kyushu	Matsumoto, H., Koyama, A., & Shimooka, S.	2024	Marine Biology, 171(5), 102.
3202012	分布型流出モデルを用いた小丸川流域における過去 40 年間の気候・流況変化の評価	井上 優希, 峯田 陽生, 糠澤 桂	2022	土木学会論集 G（環境）, 78(5), I_299-I_308.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3202013	日本におけるイワナ <i>Salvelinus leucomaenis</i> の生息適地推定と地球温暖化を考慮した保全計画への適用	竹川 有哉, 河口 洋一, 三橋 弘宗, 谷口 義則	2017	保全生態学研究, 22(1), 121-134.
3202014	イワナ卵の発眼期およびふ化期の上限水温の推定	岸 大弼	2023	岐阜県水産研究所研究報告, 68, 1-6.
3202015	IPCC AR6 WGI Summary for Policymakers B.2	IPCC	2021	IPCC AR6 WGI Summary for Policymakers
3202016	気候変動適応策に関する研究 (中間報告)	国土技術政策総合研究所	2013	—
3202017	Effect of fine sediment deposition and channel works on periphyton biomass in the Makomanai River, northern Japan	Yamada H., & Nakamura F.	2002	River Research and Applications, 18(5), 481-493.
3202018	Effects of fine sediment accumulation on the redd environment and the survival rate of masu salmon (<i>Oncorhynchus masou</i>) embryos	Yamada H., & Nakamura F.	2009	Landscape and Ecological Engineering, 5(2), 169-181.
3202019	Potential effects of elevated atmospheric carbon dioxide on benthic autotrophs and consumers in stream ecosystems: a test using experimental stream mesocosms	Hargrave, C. W., Gary, K. P., & Rosado, S. K.	2009	Global Change Biology, 15(11), 2779-2790.
3202020	Underlying geology and climate interactively shape climate change refugia in mountain streams	Ishiyama, N., Sueyoshi, M., Garcia Molinos, J., Iwasaki, K., Negishi, J. N., Koizumi, I., Nagayama, S., Nagasaka, A., Nagasaka, Y., & Nakamura, F.	2023	Ecological Monographs, 93(2), e1566.
3202021	Fluvial geomorphic disturbances and life history traits of riparian tree species	Nakamura, F., & Inahara, S.	2007	Plant disturbance ecology, 291-319.
3202022	The relationship between the snowmelt flood and the establishment of non-native brown trout (<i>Salmo trutta</i>) in streams of the Chitose River, Hokkaido, northern Japan	Kawai H, Ishiyama N, Hasegawa K., & Nakamura, F.	2013	Ecology of Freshwater Fish, 22(4), 645-653.
3202023	Pink salmon productivity is driven by catchment hydrogeomorphology and can decline under a changing climate	Yamada, T., Nakamura, F., & Urabe, H.	2024	Freshwater Biology, 69(4), 567-579
3202024	Inferring future changes in gene flow under climate change in riverscapes: a pilot case study in fluvial sculpin	Nakajima, S., Suzuki, H., Nakatsugawa, M., Matsuo, A., Hirota, S. K., Suyama, Y., & Nakamura, F.	2023	Landscape Ecology, 38, 1351-1362.
3202025	複数の全球気候モデルを用いた源流域における底生動物個体数密度の将来変化	糠澤 桂, 新井 涼允, 風間 聡, 竹門 康弘	2014	土木学会論文集 G(環境), 70(5), 1_271.
3202026	気候変動によるサクラマス の越夏環境に与える影響調査	日本エヌ・ユー・エス株式会社	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム北海道・東北地域事業委託業務報告書
3202027	淀川におけるアユ遡上数の変動要因解析に基づいた将来予測モデルの検討	浦部 真治, 竹門 康弘, 角 哲也	2016	京都大学防災研究所年報, 59(B), 557-569.
3202028	気候変動が加古川の水温およびアユの生態に与える影響	高橋 祐馬, 入江 政安	2021	土木学会論文集 B1 (水工学) , 77(1), 98-110.
3202029	河川生態系モデルを用いた気候変動に伴う水温上昇が河川生物に及ぼす影響の検討	小林 勤太, 赤松 良久, 河野 誉仁, 宮園 誠二	2021	河川技術論文集, 27, 373-378.
3202030	深層学習を用いた気候変動が流域スケールの河川水温に及ぼす影響に関する検討	福丸 大智, 赤松 良久, 滝山 路人, 渡部 哲史, 宮平 秀明, 宮園 誠二	2022	土木学会論文集 B1 (水工学) , 78(2), 1_925-1_930.
3202031	世界遺産・知床の自然を脅かす気候変動とダム：冷水性サケ科魚類の応答と保全策の提案	河口 洋一	2015	知床財団報告書, 2015, 1-10.
3202032	水辺林とその生態的機能	高橋 和也	2008	日本緑化学会誌, 34(2), 123-128.

(3) 湿原

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3203001	IPCC AR6 WGII Technical Summary B.2.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Technical Summary

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3203002	地球温暖化と日本 自然・人への影響予測	西岡 秀三, 原澤 英夫	1997	—
3203003	上越山地平ヶ岳湿原の乾燥化に伴うハイマツ・チシマザサの侵入	安田 正次, 沖津 進	2001	地理学評論, 74(12), 709-719.
3203004	八幡平山系の山地湿原の気候変動への応答.	安田 正次	2017	日本地理学会発表要旨集, 2017, 100240.
3203005	高地・寒冷地生態系の尾瀬：第 4 次尾瀬総合学術調査概要	坂本 充, 鈴木 邦雄, 岩熊 敏夫	2022	低温科学, 80, 591-601.
3203006	尾瀬湿原生態系における温暖化影響	岩熊 敏夫	2022	低温科学, 80, 571-575.
3203007	尾瀬ヶ原上田代池塘群における岸边水生無脊椎動物への洪水影響 II—夏季調査—	福原 晴夫, 木村 直哉, 永坂 正夫, 野原 精一	2022	低温科学, 80, 421-437.
3203008	尾瀬湿原生態系—最新の陸水学的研究 尾瀬ヶ原上田代池塘群の岸边水生無脊椎動物に与える洪水の影響	福原 晴夫, 木村 直哉, 永坂 正夫, 野原 精一	2021	陸水学雑誌, 82(3), 171-188.
3203009	尾瀬ヶ原の池塘における大型水生植物の分布と長期変化	野原 精一, 藤原 英史, 安類 智仁	2022	低温科学, 80, 309-327.
3203010	Latest developments in peatland related climate policies UNFCCC, IPCC and voluntary carbon markets	Joosten, H.	2012	Ramsar Convention on Wetlands (COP11)
3203011	IPCC AR6 WGII Technical Summary C.4.3	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Technical Summary
3203012	Changes in riparian forests in the Kushiro Mire, Japan, associated with stream channelization	Nakamura, F., Jitsu, M., Kameyama, S., & Mizugaki, S.	2002	River Research and Applications, 18(1), 65-79.
3203013	気候変動による高層湿原の生物群集への影響調査（京都府）	一般財団法人日本気象協会	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム近畿地域事業委託業務成果報告書
3203014	気候変動による檜原湿原の生態系への影響調査（佐賀県）	一般財団法人九州環境管理協会	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム九州・沖縄地域事業委託業務報告書
3203015	気温上昇や降水量の変化等による釧路湿原の水環境・生態系への影響に関する調査	日本エヌ・ユー・エス株式会社	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム北海道・東北地域事業委託業務報告書
3203016	オルソ化航空写真の年代間比較による山地湿原の植生変化の検出	安田 正次, 大丸 裕武, 沖津 進	2007	地理学評論, 80(13), 842-856.
3203017	地球沸騰化時代の適応策 100 選！ —ADAPTATION アダプテーション [適応] 気候危機をサバイバルするための 100 の戦略—	肱岡 靖明 編著 根本 緑 著	2024	—

【沿岸生態系】

(1) 亜熱帯

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3301001	Revisiting the winners and the losers a decade after coral bleaching	van Woesik, R., Sakai, K., Ganase, A., & Loya, Y.	2011	Marine Ecology Progress Series, 434, 67-76.
3301002	Species-specific responses of corals to bleaching events on anthropogenically turbid reefs on Okinawa Island, Japan, over a 15-year period (1995-2009)	Hongo, C., & Yamano, H.	2013	PLOS One, 8, e60952.
3301003	Impacts of multiple disturbances on coral communities at Ishigaki Island, Okinawa, Japan during a 15 year survey	Hariri, S., Hongo, C., Ishihara, M., Ishihara, M., Ide, Y., & Kayanne, H.	2014	Marine Ecology Progress Series, 509, 171-180.
3301004	Significant drop of fertilization of Acropora corals in 1999: An after-effect of heavy coral bleaching?	Omori, M., Fukami, H., Kobinata, H., & Hatta, M.	2001	Limnology and Oceanography, 46(3), 704-706.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3301005	Rapid response of an obligately corallivorous filefish <i>Oxymonacanthus longirostris</i> (Monacanthidae) to a mass coral bleaching event	Kokita, T., & Nakazono, A.	2001	Coral Reefs, 20(2), 155-158.
3301006	Catastrophic impact of typhoon waves on coral communities in the Ryukyu Islands under global warming	Hongo, C., Kawamata, H., & Goto, K.	2012	Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 117(G2).
3301007	モニタリングサイト 1000 からみた 2016 年のサンゴの大規模白化.	川越 久史	2017	日本サンゴ礁学会誌, 19(1), 21-28.
3301008	平成 29 年度 西表石垣国立公園石西礁湖及びその近隣海域におけるサンゴ礁モニタリング調査報告書	環境省自然環境局 生物多様性センター	2018	—
3301009	国立公園等の生態系及び生態系サービスへの気候変動影響に関する調査及び適応策の検討	みずほ情報総研株式会社	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム全国運営・調査事業委託業務報告書
<u>3301010</u>	八重山海域での異常高温擾乱とサンゴ群集の変化	中村 崇, Afzal, M. S., 小島 (池田) 香奈	2021	水産海洋研究, 85(2), 85-92.
<u>3301011</u>	2024 年度西表石垣国立公園石西礁湖及びその近隣海域におけるサンゴ礁モニタリング調査報告書	環境省	2025	—
3301012	Transitions in coral communities over 17 years in the Sekisei Lagoon and adjacent reef areas in Okinawa, Japan	Muko, S., Suzuki, G., Saito, M., Nakamura, T., & Nadaoka, K.	2019	Ecological Research, 34(4), 524-534.
3301013	Symbiosis increases coral tolerance to ocean acidification	Ohki, S., Irie, T., Inoue, K., Shinmen, H., Kawahata, T., Nakamura, A., Kato, Y., Nojiri, A., Suzuki, K., Sakai, K., & van Woesik, R.	2013	Biogeosciences Discussions, 10(4), 7013-7035.
3301014	Responses of calcification of massive and encrusting corals to past, present, and near-future ocean carbon dioxide concentrations	Iguchi, A., Kumagai, M., Nakamura, T., Suzuki, A., Sakai, K., & Nojiri, Y.	2014	Marine Pollution Bulletin, 89(1-2), 348-355.
<u>3301015</u>	Responses of branching reef corals <i>Acropora digitifera</i> and <i>Montipora digitata</i> to elevated temperature and pCO ₂	Manullang, C., Millyaningrum, I. H., Iguchi, A., Miyagi, A., Tanaka, Y., Nojiri, Y., & Sakai, K.	2020	PeerJ, 8, e10397.
<u>3301016</u>	礁池の脆弱性の機構解明と希少・特異なサンゴ群集の検索による, 中琉球の裾礁の特性と地域的価値と保全重点地域の再検討による基盤整備の提案	中野 義勝, 磯村 尚子	2022	自然保護助成基金助成成果報告書, 31, 11-19.
3301017	Rapid poleward range expansion of tropical reef corals in response to rising sea surface temperatures	Yamano, H., Sugihara, K., & Nomura, K.	2011	Geophysical Research Letters, 38(4), L04601.
<u>3301018</u>	サンゴ礁生態系への酸性化影響	栗原 晴子	2020	日本女性科学者の会学術誌, 20, 1-7.
3301019	気候変動による森林限界の移動とその要因	国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所	2017	平成 29 年度版森林総合研究所年報, 171.
<u>3301020</u>	IPCC AR6 WGII Technical Summary C.2.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Technical Summary
3301021	SPECIAL REPORT Global Warming of 1.5 °C Summary for Policymakers	IPCC	2018	—
<u>3301022</u>	国立公園における造礁サンゴ・大型海藻・海草の管理と利用: 気候変動への適応策検討に向けた課題の抽出	阿部 博哉, 三ツ井 聡美, 山野 博哉	2022	保全生態学研究, 27(1), 1-12.
<u>3301023</u>	沿岸海洋生態系における気候変動対策 海洋環境の危機と海洋生態系保全のための科学の推進	白山 義久	2022	水環境学会誌, 45(A)(3), 78-82.
3301024	Ocean Acidification limits temperature-induced poleward expansion of coral habitats around Japan	Yara, Y., Vogt, M., Fujii, M., Yamano, H., Hauri, C., Steinacher, M., Gruber, N., & Yamanaka, Y.	2012	Biogeosciences, 9, 4955-4968.
3301025	Potential future coral habitats around Japan depend strongly on anthropogenic CO ₂ emissions	Yara, Y., Yamano, H., Steinacher, M., Fujii, M., Vogt, M., Gruber, N., & Yamanaka, Y.	2016	Aquatic Biodiversity Conservation and Ecosystem Services, 41-56.
3301026	Projected coral bleaching in response to future sea surface temperature rises and the uncertainties among climate models	Yara, Y., Fujii, M., Yamano, H., & Yamanaka, Y.	2014	Hydrobiologia, 733(1), 19-29.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3301027	Reef-scale modeling of coral calcification responses to ocean acidification and sea-level rise	Nakamura, T., Nadaoka, K., Watanabe, A., Yamamoto, T., Miyajima, T., & Blanco, A. C.	2017	Coral Reefs, 37(1), 37-53.
3301028	生物源炭酸塩の同位体地球化学・実験生物学の高度化による環境生態指標の評価研究	西田 梢	2022	地球化学, 56(2), 89-101.
3301029	Intraspecific variation in the response of the scleractinian coral <i>Acropora digitifera</i> to ocean acidification	Kurihara, H., Takahashi, A., Reyes-Bermudez, A., & Hidaka, M.	2018	Marine Biology, 165(2), 43111.
3301030	Response of Subtropical Coastal Sediment Systems of Okinawa, Japan, to Experimental Warming and High pCO ₂	Sultana, R., Casareto, B. E., Sohrin, R., Suzuki, T., Alam, M., Fujimura, H., & Suzuki, Y.	2016	Frontiers in Marine Science, 3, 100.
3301031	IPCC SROCC Summary for Policymakers A.6.3	IPCC	2019	IPCC SROCC IPCC SROCC Summary for Policymakers
3301032	IPCC SROCC Full Report 5.3.2	IPCC	2019	IPCC SROCC Full Report
3301033	Climatic controls on the global distribution, abundance, and species richness of mangrove forests	Osland, M. J., Feher, L. C., Griffith, K. T., Cavanaugh, K. C., Enwright, N. M., Day, R. H., & Rogers, K.	2017	Ecological Monographs, 87(2), 341-359.
3301034	Photosynthesis, respiration, and growth patterns of <i>Rhizophora stylosa</i> seedlings in relation to growth temperature	Akaji, Y., Inoue, T., Tomimatsu, H., & Kawanishi, A.	2019	Trees, 33(2), 345-354.
3301035	熱帯の海の森と気候変動	井上 智美	2018	https://www.nies.go.jp/kanko/news/37/37-5/37-5-02.html (2025/9/30 閲覧)
3301036	沿岸域の生態系と温暖化の影響を考える マングローブ林と気候変動	井上 智美	2020	グリーン・エージ, 47(6), 12-15.
3301037	Estimating the impact of climate change on the potential distribution of Indo-Pacific humpback dolphins with species distribution model	Jinbo, F., Zhao, L., Liu, C., & Sun, B.	2021	PeerJ, 9, e11799.
3301038	Variation in species and functional composition of octocorals and zoantharians across a tropical to temperate environmental gradient in the Indo-Pacific	Otis, N., Reimer, J. D., Kawamura, I., Kise, H., Mizuyama, M., Obuchi, M., Sommer, B., McFadden, C. S., & Beger, M.	2024	Coral Reefs, 43, 123-137.
3301039	Coupling high-resolution coral bleaching modeling with management practices to identify areas for conservation in a warming climate: Keramashoto National Park	Abe, H., Kumagai, N. H., Yamano, H., & Kuramoto, Y.	2021	Science of the Total Environment, 783, 146892.
3301040	Priority coral conservation areas under global warming in the Amami Islands, Southern Japan	Abe, H., Kumagai, N. H., & Yamano, H.	2022	Coral Reefs, 41(6), 1637-1650.
3301041	中国四国地方環境事務所：奄串自然再生関連調査データ。「土佐清水ジオパークホームページ（まなぶ）」	中国四国地方環境事務所	2023	令和5年度マリンワーカー事業（奄串 海域公園地区保全対策 業務）報告書
3301042	Priority sites for coral aquaculture in Kume Island based on numerical simulation	Abe, H., Hayashi, S., Sakuma, A., & Yamano, H.	2024	Estuarine, Coastal and Shelf Science, 297, 108238.

(2) 温帯・亜寒帯

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3302001	Marine ecosystems of the North Pacific Ocean 2009–2016: Synthesis report. PICES Special Publication No. 7	PICES	2021	North Pacific Ecosystem Status Report 2009–2016.
3302002	広島県廿日市市地先における石積み護岸ブロック上の海藻植生と環境の変遷	島袋 寛盛, 三浦 俊一, 真鍋 康司, 吉田 吾郎	2023	藻類, 71(2), 89-97.
3302003	高水温耐性ノリ新品種「ちばの輝き」の開発について	千葉県	2014	https://www.pref.chiba.lg.jp/gyoshigen/suisanshigen/kousuion.html (2025/9/30 閲覧)

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3302004	Effects of temperature and salinity on spawning of the brackish water bivalve <i>Corbicula japonica</i> in Lake Abashiri, Hokkaido, Japan	Baba, K., Tada, M., Kawajiri, T., & Kuwahara, Y.	1999	Marine Ecology Progress Series, 180, 213-221.
3302005	Warming off southwestern Japan linked to distributional shifts of subtidal canopy-forming seaweeds	Tanaka, K., Taino, S., Haraguchi, H., Prendergast, G., & Hiraoka, M.	2012	Ecology and Evolution, 2(11), 2854-2865.
3302006	徳島県沿岸で2012年に発生した大規模な磯焼けについて～アイゴの大量出現との関係～	棚田 敦生, 中西 達也	2013	徳島水研だより, 85.
3302007	2014年に神奈川県沿岸で漁獲されたアイゴの体長組成と体成分変化	臼井 一茂, 櫻井 繁, 田村 怜子	2017	神奈川県水産技術センター研究報告, 8, 17-21.
3302008	モニタリングサイト1000沿岸域調査磯・干潟・アマモ場・藻場2008-2016年度とりまとめ報告書	環境省自然環境局生物多様性センター	2019	—
3302009	2019年度モニタリングサイト1000アマモ場・藻場調査報告書	環境省自然環境局生物多様性センター	2020	—
<u>3302010</u>	モニタリングサイト1000沿岸域調査磯・干潟・アマモ場・藻場2008-2022年度とりまとめ報告書	環境省	2025	—
<u>3302011</u>	2024年度モニタリングサイト1000アマモ場・藻場調査報告書	環境省	2025	—
3302012	近年の海水温上昇による筑前海沿岸魚類相の変化	西田 高志, 中園 明信, 及川 信, 松井 誠一	2005	九大農芸誌, 60(2), 187-201.
3302013	Seasonal and interannual variation of subtidal fish assemblages in Wakasa Bay with reference to the warming trend in the Sea of Japan	Masuda, R.	2008	Environmental Biology of Fishes, 82(4), 387-399.
3302014	Distribution of intertidal macrobenthos in 1993 around Hatakejima Island, central Japan, compared with 1969 and 1983-84	Ohgaki, S., Yamanishi, R., Nabeshima, Y., & Wada, K.	1997	Benthos Research, 52(2), 89-102.
3302015	2005～2009年の山口県日本海域における海洋生物に関する特記的現象	河野 光久, 堀 成夫, 土井 啓行	2011	山口県水産研究センター研究報告, 9, 1-27.
3302016	Bleaching in the Ryukyu Islands in 2016 and associated degree heating week threshold	Kayanne, H., Suzuki, R., & Liu, G.	2017	Journal of Coral Reef Studies, 19(1), 17-18.
3302017	Northward extension of geographic range of the sea urchin <i>Hemicentrotus pulcherrimus</i> in Hokkaido, Japan	Agatsuma, Y., & Hoahikawa, H.	2007	Journal of Shellfish Research, 26(2), 629-635.
3302018	Ranges of obligate coral-dwelling crabs extend northward as their hosts move north	Yamano, H., Sugihara, K., Goto, K., Kazama, T., Yokoyama, K., & Okuno, J.	2012	Coral Reefs, 31(3), 663.
3302019	鹿児島県口永良部島から得られたヤシヤベラ <i>Cheilinus fasciatus</i> の分布北限記録	木村 祐貴, 松尾 怜	2017	Nature of Kagoshima, 43, 201-205.
3302020	相模湾から得られた北限記録のテンジクタチ	三井 翔太, 瀬能 宏	2018	神奈川自然誌資料, 39, 87-91.
3302021	Ocean currents and herbivory drive macroalgae-to-coral community shift under climate warming	Kumagai, N. H., Molinos, J. G., Yamano, H., Takao, S., Fujii, M., & Yamanaka, Y.	2018	Proceedings of the National Academy of Sciences, 115(36), 8990-8995.
<u>3302022</u>	気候変動に対応する漁場整備	三浦 浩, 伊藤 靖, 河野 大輔, 中西 豪	2020	水産工学, 56(3), 185-190.
<u>3302023</u>	藻類学最前線 気候変動に伴う藻場群集の地理的分布変化	熊谷 直喜	2020	藻類, 68(2), 91-97
<u>3302024</u>	足摺宇和海国立公園周辺海域における沿岸生態系の利用・保全状況とサンゴ群集・海藻藻場の分布	阿部 博哉, 三ツ井 聡美, 鈴木 はるか, 北野 裕子, 熊谷 直喜, 山野 博哉	2021	日本サンゴ礁学会誌, 23(1), 1-19.
3302025	Temperate macroalgae impacts tropical fish recruitment at forefronts of range expansion	Beck, H. J., Feary, D. A., Nakamura, Y., & Booth, D. J.	2017	Coral Reefs, 36(2), 639-651.
3302026	Long-term declines in common breeding seabirds in Japan	Senzaki, M., Terui, A., Tomita, N., Sato, F., Fukuda, Y., Kataoka, Y., & Watanuki, Y.	2019	Bird Conservation International, 29(2), 234-246.
3302027	Ocean Acidification and Deoxygenation in the North Pacific Ocean	Christian, J., & Ono, T.	2019	PICES Special Publication, 6, 116.
3302028	Evidence for greater oxygen decline rates in the coastal ocean than in the open ocean	Gilbert, D., Rabalais, N. N., Diaz, R. J., & Zhang, J.	2010	Biogeosciences, 7, 2283-2296.
3302029	Ocean acidification drives community shifts towards simplified non-calcified habitats in a subtropical – temperate transition zone	Agostini, S., Harvey, B. P., Wada, S., Kon, K., Milazzo, M., Inaba, K., & Hall-Spencer, J. M.	2018	Scientific Reports, 8, 11354.

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3302030	Climate-Driven Range Shifts of Brown Seaweed <i>Sargassum horneri</i> in the Northwest Pacific	Li, J. J., Huang, S. H., Liu, Z. Y., & Bi, Y. X.	2020	Frontiers in Marine Science, 7, 1-12.
3302031	北海道古潭海岸における暖流系穿孔性二枚貝ハネマツカゼの漂着	圓谷 昂史, 鈴木 明彦	2020	漂着物学会誌, 18, 35-36.
3302032	2017 年秋季の石狩湾新港定置網における水温変動とサケ <i>Oncorhynchus keta</i> の漁獲の関係	河野 時廣	2020	水産海洋研究, 84(1), 1-8.
3302033	北海道沿岸における暖水性有害赤潮藻カレンニア・ミキモトイの来遊機構	嶋田 宏, 品田 晃良, 有馬 大地, 安永 倫明, 佐藤 政俊, 金森 誠, 奥村 裕弥, 吉田 秀嗣, 黒田 寛, 坂本 節子, 各務 彰記, 今井 一郎	2022	水産海洋研究, 86(1), 1-8.
3302034	日本の干潟における過去の長期面積変化特性と海面上昇による将来の浸食予測	有働 恵子, 武田 百合子, 吉田 惇, 真野 明	2012	土木学会論文集 G (環境), 68(5).
3302035	有明海・八代海等総合調査評価委員会中間取りまとめ	環境省	2022	—
3302036	Temperature sensitivity of the interspecific interaction strength of coastal marine fish communities	Ushio, M., Sado, T., Fukuchi, T., Miya, M., Sasano, S., Masuda, R., & Osada, Y.	2023	eLife, 12, e123456.
3302037	千葉県勝浦市沿岸岩礁域の海水温・温度ロガーによる 2010～2020 年の記録	川瀬 裕司	2021	千葉県立中央博物館研究報告特別号, 11, 95-99.
3302038	相模湾およびその周辺地域で記録された分布が北上傾向にある魚類 7 種	山川 宇宙, 三井 翔太, 小田 泰一朗, 森田 優, 碧木 健人, 丸山 智朗, 田中 翔大, 斉藤 洪成, 津田 吉晃, 瀬能 宏	2020	神奈川自然誌資料, 41, 71-82.
3302039	相模湾東部の岩礁域で近年観察された磯焼けと生物相の変化	澤山 周平	2021	水産海洋研究, 85(4), 208-210.
3302040	三浦半島におけるオニカマス <i>Sphyræna barracuda</i> (スズキ目; カマス科) の出現状況	萩原 清司, 原田 莉緒, 石渡 陽人, 大島 雛子, 畠山 葉南, 多田 かの	2020	横須賀市博物館研究報告. 自然科学, 67, 29-32
3302041	相模湾から得られたトビハタ幼魚の形態と生物地理学的特性	三井 翔太, 山田 和彦, 瀬能 宏	2020	神奈川自然誌資料, 41, 83-90.
3302042	早熟性カジメ群落の動態	木下 淳司, 片山 俊之, 本間 功一	2023	水産工学, 60(2), 123-130.
3302043	Simplification, not tropicalization, of temperate marine ecosystems under ocean warming and acidification	Agostini, S., Harvey, B. P., Milazzo, M., Wada, S., Kon, K., Floc'h, N., Komatsu, K., Kuroyama, M., & Hall-Spencer, J. M.	2021	Global Change Biology, 27(5), 1000-1015.
3302044	瀬戸内海の水環境・生態系を管理する	西嶋 渉	2022	瀬戸内海, 81, 45-50.
3302045	瀬戸内海の水温上昇による生物への影響 一暖冬がもたらすマダイ瀬戸内海東部系郡の分布変化と漁獲量の増加—	山本 昌幸	2020	瀬戸内海, 79, 13-16.
3302046	瀬戸内海における気候変動による影響把握等の検討について	環境省水・大気環境局	2020	瀬戸内海, 79, 25-27.
3302047	高水温化による藻場生態系と一次生産量の変化	日野出 賢二郎, 紙崎 星美, 寺田 竜太, NISHIHARA Gregory N.	2020	藻類, 68(2), 99-105.
3302048	2010 年代の 10 年間にわたる長崎県野母町地先の藻場の変化	門田 立, 八谷 光介, 吉村 拓, SHAO HUAMEI, 清本 節夫	2023	日本水産学会誌, 89(2), 123-134.
3302049	Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate Summary for Policymakers B.6.1	IPCC	2019	—
3302050	Possible change in distribution of seaweed, <i>Sargassum horneri</i> , in northeast Asia under A2 scenario of global warming and consequent effect on some fish	Komatsu, T., Fukuda, M., Mikami, A., Mizuno, S., Kantachumpoo, A., Tanoue, H., & Kawamiya, M.	2014	Marine Pollution Bulletin, 85, 317–324.
3302051	Projecting the impacts of rising seawater temperatures on the distribution of seaweeds around Japan under multiple climate change scenarios	Takao, S., Kumagai, N. H., Yamano, H., Fujii, M., & Yamanaka, Y.	2015	Ecology and Evolution, 5(1), 213-223.
3302052	Predicting Future Shifts in the Distribution of Tropicalization Indicator Fish that Affect Coastal Ecosystem Services of Japan	Sudo, K., Maehara, S., Nakaoka, M., & Fujii, M.	2022	Frontiers in Built Environment, 8, 1001234.

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3302053	温暖化による大型褐藻類の生育反応および分布変動	馬場 将輔	2021	海洋生物環境研究所研究報告, 26, 1-28.
3302054	沿岸海洋生態系における気候変動対策 海洋環境の危機と海洋生態系保全のための科学の推進	白山 義久	2022	水環境学会誌, 45(A)(3), 78-82.
3302055	日本北部沿岸におけるコンブの分布変動予測	須藤 健二	2022	沿岸海洋研究, 59(2), 21-30.
3302056	Predictions of kelp distribution shifts along the northern coast of Japan	Sudo, K., Watanabe, K., Yotsukura, N., & Nakaoka, M.	2020	Ecological Research, 35(1), 47-60.
3302057	The invasive alga <i>Gracilaria vermiculophylla</i> in the native northwest Pacific under ocean warming: Southern genetic consequence and northern range expansion	Liu, Y. J., Zhong, K. L., Jueterbock, A., Satoshi, S., Choi, H. G., Weinberger, F., Assis, J., & Hu, Z. M.	2022	Frontiers in Marine Science, 9, 1-13.
3302058	地球温暖化と藻場:日本海を中心としたアカモク分布の変化	小松 輝久, 水野 紫津葉, 佐川 龍之, 高山 勝巳, 広瀬 直毅	2020	沿岸海洋研究, 58(1), 61-63.
3302059	沿岸域の生態系と温暖化の影響を考える 日本沿岸の藻場と温暖化	倉島 彰	2020	グリーン・エージ, 47(6), 16-19.
3302060	沿岸域の生態系と温暖化の影響を考える 地球温暖化が日本沿岸の海洋生態系や社会に及ぼす影響	藤井 賢彦	2020	グリーン・エージ, 47(6), 4-7.
3302061	Assessing impacts of coastal warming, acidification, and deoxygenation on Pacific oyster (<i>Crassostrea gigas</i>) farming: a case study in the Hinase area, Okayama Prefecture, and Shizugawa Bay, Miyagi Prefecture, Japan	Fujii, M., Hamanoue, R., Bernardo, L. P. C., Ono, T., Dazai, A., Omoto, S., Wakita, M., & Tanaka, T.	2023	Biogeosciences, 20(3), 123-134.
3302062	Development of a high-resolution marine ecosystem model for predicting the combined impacts of ocean acidification and deoxygenation	Bernardo, L. P. C., Fujii, M., & Ono, T.	2023	Frontiers in Marine Science, 10, 1174892.
3302063	Vulnerability of early life stage Northwest Atlantic forage fish to ocean acidification and low oxygen	DePasquale, E., Baumann, H., & Gobler, C. J.	2015	Marine Ecology Progress Series, 523, 145-156.
3302064	Hypoxia and acidification in ocean ecosystems: coupled dynamics and effects on marine life	Gobler, C. J., & Baumann, H.	2016	Biology Letters, 12, 20150976.
3302065	環境研究総合推進費 終了研究成果報告書 2-2007 海洋酸性化と貧酸素化の複合影響の総合評価 (JPMEERF20202007)	国立研究開発法人水産研究・教育機構, 公益財団法人海洋生物環境研究所, 国立研究開発法人 産業技術総合研究所, 北海道大学	2022	環境研究総合推進費 終了研究成果報告書
3302066	Calcium carbonate saturation and ocean acidification in Tokyo Bay, Japan	Yamamoto - Kawai, M., Kawamura, N., Ono, T., Kosugi, N., Kubo, A., Ishii, M., & Kanda, J.	2015	Journal of Oceanography, 71, 427-439.
3302067	Whole-genome resequencing of Japanese whiting (<i>Sillago japonica</i>) provide insights into local adaptations	Han, Z. Q., Guo, X. Y., Liu, Q., Liu, S. S., Zhang, Z. X., Xiao, S. J., & Gao, T. X.	2021	Zoological Research, 42(2), 123-134.
3302068	北海道沿岸域における地球温暖化・海洋温暖化・貧酸素化指標の連続モニタリングと将来予測シミュレーション	藤井 賢彦, 高尾 信太郎, 山家 拓人, 赤松 知音, 藤田 大和, 脇田 昌英, 小笠 恒夫	2021	月刊海洋, 53(7), 345-352.
3302069	沿岸海洋生態系における気候変動対策 気候変動が日本沿岸の海洋生態系や社会に及ぼす影響	藤井 賢彦	2022	水環境学会誌, 45(2), 49-54.
3302070	Interactive effects of ocean deoxygenation and acidification on a coastal fish <i>Sillago japonica</i> in early life stages	Yorifuji, M., Hayashi, M., & Ono, T.	2024	Marine Pollution Bulletin, 199, 116954.
3302071	Using species distribution model to predict the impact of climate change on the potential distribution of Japanese whiting <i>Sillago japonica</i>	Zhang, Z., Xub, S., Capinhac, C., Weteringsd, R., & Gaob, T.	2019	Ecological Indicators, 104, 669-678.
3302072	Predicting current and future global distribution of black rockfish (<i>Sebastes schlegelii</i>) under changing climate	Chen, Y., Shan, X., Ovando, D., Yang, T., Dai, F., & Jin, X.	2021	Ecological Indicators, 129, 107-115.
3302073	Climate Change, Potential Impacts and Interactions in Wetlands of the United States	Burkett, V., & Kusler, J.	2000	Journal of American Water Resources Association, 36(2), 313-315.
3302074	最新の海面水位予測データを用いた海面上昇による全国砂浜侵食量の将来予測	有働 恵子, 武田 百合子, 吉田 惇, 真野 明	2013	土木学会論文集 G (環境), 69(5).I_239-I_247.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3302075	気候変動による有明海・八代海における漁業及び沿岸生態系への影響調査	一般財団法人九州環境管理協会	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム九州・沖縄地域事業委託業務報告書
3302076	An improved estimation of the poleward expansion of coral habitats based on the inter-annual variation of sea surface temperatures	Takao, S., Yamano, H., Sugihara, K., Kumagai, N. H., Fujii, M., & Yamanaka, Y.	2015	Coral Reefs, 34(4), 1125-1137.
<u>3302077</u>	Sediment temperature characteristics and their relation to distribution patterns of two sentinel crab species in intertidal flats in western Japan	Koyama, A., & Inui, R.	2024	Scientific Reports, 14, 12345.
3302078	国立公園等の生態系及び生態系サービスへの気候変動影響に関する調査及び適応策の検討	みずほ情報総研株式会社	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム全国運営・調査事業委託業務報告書
3302079	Responses of Manila clam growth and its food sources to global warming in a subarctic lagoon in Japan	Yoon, S., Abe, H., & Kishi, M. J.	2013	Progress in Oceanography, 119, 48-53.
3302080	北海道日本海沿岸における水温変動とウニ類稚仔の発生状況	干川 裕	2006	月刊海洋, 38(3), 205-209.
<u>3302081</u>	Potential impacts of climate change on the distribution of echinoderms in the Yellow Sea and East China Sea	Xu, Y., Ma, L., Sui, J., Li, X., Wang, H., & Zhang, B.	2023	Marine Pollution Bulletin, 189, 114-123.
<u>3302082</u>	第 3 版 磯焼け対策ガイドライン	水産庁	2021	https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_zyoho_bako/mobahozen_sozen_soyaketaisaku.html#h_653282910291717728772228 (2025/9/30 閲覧)
<u>3302083</u>	藻場回復のためのハードとソフト対策に関する研究	桑原 久美	2022	水産工学, 59(3), 201-210.

【海洋生態系】

(1) 海洋生態系

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
<u>3401001</u>	日本の頭足類研究(2)ケンサキイカは海洋環境に応答しながら移動,成長する	山口 忠則	2021	海洋と生物, 43(3), 253-258.
<u>3401002</u>	Critical transitions and ecological resilience of large marine ecosystems in the Northwestern Pacific in response to global warming	Ma, S., Liu, D., Tian, Y., Fu, C., Li, J., Ju, P., Sun, P., Ye, Z., Liu, Y., & Watanabe, Y.	2021	Global Change Biology, 27(5), 1001-1015.
<u>3401003</u>	Marine Ecosystem Variations Over the North Pacific and Their Linkage to Large-Scale Climate Variability and Change	Yati, E., Minobe, S., Mantua, N., Ito, S., & Di Lorenzo, E.	2020	Frontiers in Marine Science, 7, 123456.
3401004	Global phytoplankton decline over the past century	Boyce, D. G., Lewis, M. R., & Worm, B.	2010	Nature, 466, 591-596.
<u>3401005</u>	2016 年夏季の北西太平洋海域の異なった酸性化海水環境下における有殻翼足類の分布	佐々木 洋, 熊澤 滉平, 木元 克典	2020	石巻専修大学研究紀要, 31, 1-7.
3401006	Possible mechanisms of decadal-scale variation in PO4 concentration in the western North Pacific	Tadokoro, K., Ono, T., Yasuda, I., Osafune, S., Shiimoto, A., & Sugiaki, H.	2009	Geophysical Research Letters, 36, L08606.
3401007	親潮域・混合域における海洋環境と低次生態系のモニタリングと影響評価	小笠 恒夫, 葛西 広海, 東屋 知範, 日下 彰, 川崎 康寛, 田中 伸一, 伊藤 進一, 清水 勇吾, 寛 茂穂, 齊藤 宏明, 桑田 晃, 高橋 一生, 中町 美和, 一宮 睦雄, 田所 和明, 岡崎 雄二	2011	—

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3401008	Sixteen-year phytoplankton biomass trends in the northwestern Pacific Ocean observed by the SeaWiFS and MODIS ocean color sensors	Siswanto, E., Honda, M. C., Matsumoto, K., Sasai, Y., Fujiki, T., Sasaoka, K., & Saino, T.	2016	Journal of Oceanography, 72(3), 479-489.
3401009	Spatiotemporal Decreases of Nutrients and Chlorophyll-a in the Surface Mixed Layer of the Western North Pacific from 1971 to 2000	Watanabe, Y. W., Ishida, H., Nakano, T., & Nagai, N.	2005	Journal of Oceanography, 61, 1011-1016.
<u>3401010</u>	Regional surface chlorophyll trends and uncertainties in the global ocean	Hammond, M. L., Beaulieu, C., Henson, S. A., & Sahu, S. K.	2020	Scientific Reports, 10, 123456.
3401011	Trends in Ocean Colour and Chlorophyll Concentration from 1889 to 2000, Worldwide	Wernand, M. R., van der Woerd, H. J., & Gieskes, W. W.	2013	PLOS One, 8(6), e63766.
3401012	Decadal Changes of Phytoplankton Chlorophyll a in the East Sea/Sea of Japan	Lee, S. H., Son, S., Dahms, H. U., Park, J. W., Lim, J. H., Noh, J. H., Kwon, J. I., Joo, H. T., Jeong, J. Y., & Kang, C. K.	2014	Oceanology, 54(6), 771-779.
3401013	気候変動に対応した循環型食糧生産等の確立のためのプロジェクトー地球温暖化が水産分野に与える影響評価と適応技術の開発ー	農林水産省農林水産技術会議事務局	2016	—
3401014	Latitudinal and interannual variations of the spring phytoplankton bloom peak in the East Asian marginal seas	Chen, C., Mao, Z., Han, G., Zhu, Q., Gong, F., & Wang, T.	2016	Acta Oceanologica Sinica, 35(12), 81-88.
<u>3401015</u>	東シナ海と日本海の植物プランクトンの変化:衛星データを中心に	石坂 丞二	2020	沿岸海洋研究, 58(1), 45-53.
3401016	Detection of anthropogenic climate change in satellite records of ocean chlorophyll and productivity	Henson, S. A., Sarmiento, J. L., Dunne, J. P., Bopp, L., Lima, I., Doney, S. C., John, J., & Beaulieu, C.	2010	Biogeosciences, 7, 621-640.
<u>3401017</u>	日本海沖合で漁獲されたスルメイカの体サイズの長期変化	四方 崇文	2022	日本水産学会誌, 88(3), 201-210.
<u>3401018</u>	温暖化は亜熱帯の魚にも影響を与えるか?	秋田 雄一	2021	水産海洋研究, 85(4), 211-215.
<u>3401019</u>	Spatiotemporal variation in the size structure of the chub mackerel, <i>Scomber japonicus</i> , over half a century in the East Asian Marginal Seas	Kunimatsu, S., Ohshimo, S., Muko, S., Kurota, H., & Tomiyama, T.	2023	Regional Studies in Marine Science, 65, 102345.
3401020	Upper ocean O ₂ trends: 1958–2015	Ito, T., Minobe, S., Long, M. C., & Deutsch, C.	2017	Geophysical Research Letters, 44, 4214–4223.
3401021	Temporal increases of phosphate and apparent oxygen utilization in the subsurface waters of western subarctic Pacific from 1968 to 1998	Ono, T., Midorikawa, T., Watanabe, Y. W., Tadokoro, K., & Saino, T.	2001	Geophysical Research Letters, 28, 3285-3288.
3401022	Decrease of dissolved oxygen after the mid-1980s in the western North Pacific subtropical gyre along the 137°E repeat section	Takatani, Y., Sasano, D., Nakano, T., Midorikawa, T., & Ishii, M.	2012	Global Biogeochemical Cycles, 26, GB2013.
3401023	Decline and Bidecadal Oscillations of Dissolved Oxygen in the Oyashio Region and Their Propagation to the Western North Pacific	Sasano, D., Takatani, Y., Kosugi, N., Nakano, T., Midorikawa, T., & Ishii, M.	2018	Global Biogeochemical Cycles, 32, 909–931.
3401024	Warming and oxygen–decrease of intermediate water in the northwestern North Pacific, originating from the Sea of Okhotsk, 1955–2004	Nakanowatari, T., Oshima, K. I., & Wakatsuchi, M.	2007	Geophysical Research Letters, 34, L04602.
<u>3401025</u>	日本の気候変動 2025 ー大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書ー	文部科学省及び気象庁	2025	—
3401026	気象庁 報道発表資料「日本海の水温と酸素量の変化についてー深層での水温の上昇及び酸素量の減少を確認しましたー」	気象庁	2016	—
<u>3401027</u>	日本海で進行する気候変動の影響	荒巻 能史	2020	水産工学, 62(2), 123-130.
3401028	東北-北海道沖の大陸棚斜面における溶存酸素量の減少と底魚類の分布に対する影響	小埜 恒夫, 北川 大二, 伊藤 正木, 服部 努, 成松 庸二	2011	東北底魚研究, 31, 93-98.
<u>3401029</u>	Impact of seasonal hypoxia on benthic copepod communities in Omura Bay, a highly enclosed coastal sea in southwestern Japan	Kawano, K., Shimanaga, M., Ueda, R., Nguyen, Q. T. D., & Wada, M.	2021	Plankton and Benthos Research, 16(2), 123-134.

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3401030	Decrease in volume and density of foraminiferal shells with progressing ocean acidification	Kuroyanagi, A., Irie, T., Kinoshita, S., Kawahata, H., Suzuki, A., Nishi, H., Sasaki, O., Takashima, R., & Fujita, K.	2021	Scientific Reports, 11, 12345.
3401031	IPCC SROC Summary for Policymakers B.2	IPCC	2019	IPCC SROC Summary for Policymakers
3401032	The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate Summary for Policymakers	IPCC	2019	—
3401033	Abrupt shifts in 21st-century plankton communities	Cael, B. B., Dutkiewicz, S., & Henson, S.	2021	Science Advances, 7(12), eabc1234.
3401034	気候変動 2014 影響、適応及び脆弱性 政策決定者向け要約	環境省訳	2014	—
3401035	Effects of CO ₂ -driven ocean acidification on the early developmental stages of invertebrates	Kurihara, H.	2008	Marine Ecology Progress Series, 373, 275–284.
3401036	Effects of elevated pCO ₂ on the early development of the commercially important gastropod, Ezo abalone <i>Haliotis discus hannai</i>	Kimura, R., Takami, H., Ono, T., Onitsuka, T., & Nojiri, Y.	2011	Fisheries Oceanography, 20(5), 357–366.
3401037	Effects of ocean acidification on the early developmental stages of the horned turban, <i>Turbo cornutus</i>	Onitsuka, T., Kimura, R., Ono, T., Takami, H., & Nojiri, Y.	2014	Marine Biology, 161(5), 1127–1138.
3401038	Effects of elevated CO ₂ on shell ¹³ C and ¹⁸ O content and growth rates in the clam <i>Scapharca broughtonii</i>	Nishida, K., Hayashi, M., Yamamoto, Y., Irie, T., Watanabe, Y., Kishida, C., Nojiri, Y., Sato, M., Ishimura, T., & Suzuki, A.	2018	Geochimica et Cosmochimica Acta, 235, 246–261.
3401039	Effects of ocean acidification with pCO ₂ diurnal fluctuations on survival and larval shell formation of Ezo abalone, <i>Haliotis discus hannai</i>	Onizuka, T., Takami, H., Muraoka, D., Matsumoto, Y., Nakatsubo, A., Kimura, R., Ono, T., & Nojiri, Y.	2018	Marine Environmental Research, 134, 28–36.
3401040	Vulnerability of early life stage Northwest Atlantic forage fish to ocean acidification and low oxygen	DePasquale, E., Baumann, H., & Gobler, C. J.	2015	Marine Ecology Progress Series, 523, 145–156.
3401041	Potential impact of global warming on spring bloom projected by an eddy-permitting 3-D ecosystem mode	Hashioka, T., Takahashi, T., Sakamoto, Y., & Yamanaka, Y.	2009	Geophysical Research Letters, 36, L20604.
3401042	Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: projections with CMIP5 models	Bopp, L., Resplandy, J. C., Doney, S. C., Dunne, J. P., Gehlen, M., Halloran, P., Heinze, C., Iyina, T., Seferian, R., Tjiputra, J., & Vichi, M.	2013	Biogeosciences, 10, 6225–6245.
3401043	Projected 21st century decrease in marine productivity: a multi-model analysis	Steinnacher, M., Joos, F., Frolicher, T. L., Bopp, L., Cadule, P., Cocco, V., Doney, S. C., Gehlen, M., Lindsay, K., Moore, J. K., Schneider, B., & Segschneider, J.	2010	Biogeosciences, 7, 979–1005.
3401044	Sensitivity of global ocean biogeochemical dynamics to ecosystem structure in a future climate	Manizza, M., Buitenhuis, E. T., & Le Quéré, C.	2010	Geophysical Research Letters, 37(13), L13607.
3401045	Projected impacts of climate change and ocean acidification on the global biogeography of planktonic foraminifera	Roy, T., Lombard, F., Bopp, L., & Gehlen, M.	2014	Biogeosciences Discussions, 11, 10083–10121.
3401046	Predicting the habitat suitability for populations of Pacific cod under different climate change scenarios considering intraspecific genetic variation	Li, L., Zhao, L., Fu, J., Sun, B., & Liu, C.	2022	Ecological Indicators, 135, 123–134.
3401047	Warming and eutrophication combine to restructure diatoms and dinoflagellates	Xiao, W., Liu, X., Irwin, A. J., Laws, E. A., Wang, L., Chen, B., & Huang, B.	2018	Water Research, 128, 206–216.
3401048	Comprehensive assessment of copper's effect on marine organisms under ocean acidification and warming in the 21st century	Cui, L., Li, X., Gao, X., Zhang, H., Lei, K., Cheng, C., Lv, X., & Wang, Y.	2024	Science of the Total Environment, 900, 168123.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3401049	Improving the interpretability of climate landscape metrics: An ecological risk analysis of Japan's Marine Protected	Garcia Molinos, J., Takao, S., Kumagai, N. H., Poloczanska, E. S., Burrows, M. T., Fujii, M., & Yamano, H.	2017	Global Change Biology, 23(10), 4440-4452.

【物質収支】

(1) 物質収支

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3501001	Increasing trends of soil greenhouse gas fluxes in Japanese forests from 1980 to 2009	Hashimoto, S., Morishita, T., Sakata, T., & Ishizaka, S.	2011	Scientific Reports, 1, 116.
3501002	Long-term chamber measurements reveal strong impacts of soil temperature on seasonal and inter-annual variation in understory CO ₂ fluxes in a Japanese larch (<i>Larix kaempferi</i> Sarg.) forest	Teramoto, M., Liang, N., Zeng, J., Saigusa, N., & Takahashi, Y.	2017	Agricultural and Forest Meteorology, 234-235, 1-10.
3501003	気候変動による森林流域の変化―長良川流域を対象として―	篠田 成郎, 守利 悟朗, 和田 祐典, 亀原 裕, 山川 淳平, 片桐 猛	2004	地球環境シンポジウム講演論文集, 12, 165-170.
<u>3501004</u>	Long-term trends of oxygen concentration in the waters in bank and shelves of the outhern Japan Sea	Ono, T.	2021	Journal of Oceanography, 77(2), 123-134.
<u>3501005</u>	裏方思考の散歩のみち(第 17 回)磯焼けの話 17)二酸化炭素の排出と吸収について(III)～海洋における CO ₂ の排出と吸収について～	鍵谷 司	2021	環境施設, 164, 70-75.
<u>3501006</u>	日本の気候変動 2025 一大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書―	文部科学省及び気象庁	2025	—
<u>3501007</u>	Long-term trends in pH in Japanese coastal seawater	Ishizu, M., Miyazawa, Y., Tsunoda, T., & Ono, T.	2019	Biogeosciences, 16(15), 3123-3137.
<u>3501008</u>	Acceleration of Ocean Acidification in the Western North Pacific	Ono, H., Kosugi, N., Toyama, K., Tsujino, H., Kojima, A., Enyo, K., Iida, Y., Nakano, T., & Ishii, M.	2019	Geophysical Research Letters, 46(21), 12345-12356.
<u>3501009</u>	Short-term variation in pH in seawaters around coastal areas of Japan: characteristics and forcings	Ono, T., Muraoka, D., Hayashi, M., Yorifuji, M., Dazai, A., Omoto, S., Tanaka, T., Okamura, T., Onitsuka, G., Sudo, K., Fujii, M., Hamanoue, R., & Wakita, M.	2024	Biogeosciences, 21(2), 123-134.
<u>3501010</u>	2-2007 海洋酸性化と貧酸素化の複合影響の総合評価	国立環境研究所, 水産研究・教育機構, 海洋生物環境研究所, 産業技術総合研究所, 北海道大学	2022	環境研究総合推進費 終了研究成果報告書
<u>3501011</u>	Widespread deoxygenation of temperate lakes	Jane, S. F., Hansen, G. J. A., Kraemer, B. M., Leavitt, P. R., Mincer, J. L., North, R. L., Pilla, R. M., Stetler, J. T., Williamson, C. E., Woolway, R. I., Arvola, L., Chandra, S., DeGasperi, C. L., Diemer, L., Dunalska, J., Erina, O., Flaim, G., Grossart, H.-P., Hambright, K. D., Hein, C., Hejzlar, J., Janus, L. L., Jenny, J.-P., Jones, J. R., Knoll, L. B., Leoni, B., Mackay, E., Matsuzaki, S.-I. S., McBride, C., Müller-Navarra, D. C., Paterson, A. M., Pierson, D., Rogora, M., Rusak, J. A., Sadro, S., Saulnier-Talbot, E., Schmid, M.,	2021	Nature, 594, 66-70.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
		Sommaruga, R., Thiery, W., Verburg, P., Weathers, K. C., Weyhenmeyer, G. A., Yokota, K., & Rose, K. C.		
3501012	The effects of future nationwide forest transition to discharge in the 21st century with regard to general circulation model climate change scenarios	Mouri, G., Nakano, K., Tsuyama, I., & Tanaka, N.	2016	Environmental Research, 149, 288-296.
3501013	Potential carbon stock in Japanese forest soils – simulated impact of forest management and climate change using the CENTURY model	Hashimoto, S., Ugawa, S., Morisada, K., Wattenbach, M., Smith, P., & Matsuura, Y.	2012	Soil Use and Management, 28(1), 45–53.
3501014	Current and future carbon budget at Takayama site, Japan, evaluated by a regional climate model and a process-based terrestrial ecosystem model	Kuribayashi, M., Noh, N. J., Saitoh, T. M., Ito, A., Wakazuki, Y., & Muraoka, H.	2017	International Journal of Biometeorology, 61(6), 989-1001.
3501015	Sustained large stimulation of soil heterotrophic respiration rate and its temperature sensitivity by soil warming in a cool-temperate forested peatland	Aguilos, M., Takagi, K., Liang, N., Watanabe, Y., Teramoto, M., Goto, S., Takahashi, Y., Mukai, H., & Sasa, K.	2013	Tellus Series B: Chemical and Physical Meteorology, 65(1), 0-13.
3501016	Long - Term Stimulatory Warming Effect on Soil Heterotrophic Respiration in a Cool - Temperate Broad - Leaved Deciduous Forest in Northern Japan	Teramoto, M., Liang, N., Ishida, S., & Zeng, J.	2018	Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 123(4), 1161-1177.
3501017	Sustained acceleration of soil carbon decomposition observed in a 6-year warming experiment in a warm-temperate forest in southern Japan	Teramoto, M., Liang, N., Takagi, M., Zeng, J., & Grace, J.	2016	Scientific Reports, 6, 35563.
3501018	Soil microbial response to experimental warming in cool temperate semi-natural grassland in Japan	Yoshitake, S., Tabei, N., Mizuno, Y., Yoshida, H., Sekine, Y., Tatsumura, M., & Koizumi, H.	2015	Ecological Research, 30(2), 235-245.
3501019	Different responses of soil, heterotrophic and autotrophic respirations to a 4-year soil warming experiment in a cool-temperate deciduous broadleaved forest in central Japan	Noh, N. J., Kuribayashi, M., Saitoh, T. M., & Muraoka, H.	2017	Agricultural and Forest Meteorology, 247, 560-570.
3501020	Responses of Soil, Heterotrophic, and Autotrophic Respiration to Experimental Open-Field Soil Warming in a Cool-Temperate Deciduous Forest	Noh, N. J., Kuribayashi, M., Saitoh, T. M., Nakaji, T., Nakamura, M., Hiura, T., & Muraoka, H.	2016	Ecosystems, 19(3), 504-520.
3501021	Soil warming decreases inorganic and dissolved organic nitrogen pools by preventing the soil from freezing in a cool temperate forest	Ueda, M. U., Muller, O., Nakamura, M., Nakaji, T., & Hiura, T.	2013	Soil Biology & Biochemistry, 61, 105-108.
3501022	Reduced atmospheric CH ₄ consumption by two forest soils under elevated CO ₂ concentration in a FACE system in northern Japan	Kim, Y. S., Watanabe, M., Imori, M., Sasa, K., Takagi, K., Hatano, R., & Koike, T.	2011	大気環境学会誌, 46(2), 123-130.
3501023	Simulated nitrogen inputs influence methane and nitrous oxide fluxes from a young larch plantation in northern Japan	Kim, Y. S., Imori, M., Watanabe, M., Hatano, R., Yi, M. J., & Koike, T.	2012	Atmospheric Environment, 54, 123-134.
3501024	Emerging Global Ocean Deoxygenation Across the 21st Century	Gong, H., Li, C., & Zhou, Y.	2021	Geophysical Research Letters, 48(12), e2021GL092456.
3501025	国立環境研究所による民間貨物船舶を用いた大気・海洋温室効果ガス観測と海洋 CO ₂ 吸収量評価への貢献	中岡 慎一郎, 高尾 信太郎	2021	地球環境, 26(1), 1-10.

【生態系サービス】

(1) 生態系サービス

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3601001	Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services	IPBES	2019	—

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3601002	東北地域における斑点米カメムシ類：2014-2021 年の発生動向、被害実態と防除対策	田淵 研, 石岡 将樹, 對馬 佑介, 吉田 雅紀, 小野 亨, 新山 徳光, 高橋 良知, 中島 具子, 上野 清, 松木 伸浩, 吉村 英翔	2023	農研機構研究報告, 2023(15), 1-52.
3601003	Loss of Ice Cover, Shifting Phenology, and More Extreme Events in Northern Hemisphere Lakes	Sharma, S., Richardson, D. C., Woolway, R. I., Imrit, M. A., Bouffard, D., Blagrove, K., Daly, J., Filazzola, A., Granin, N., Korhonen, J., Magnuson, J., Marszelewski, W., Matsuzaki, S.-I. S., Perry, W., Robertson, D. M., Rudstam, L. G., Weyhenmeyer, G. A., & Yao, H.	2021	Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 126(8), e2021JG006348.
3601004	Changes in the potential stocks of coral reef ecosystem services following coral bleaching in Sekisei Lagoon, southern Japan: implications for the future under global warming	Sato, M., Nanami, A., Bayne, C. J., Makino, M., & Hori, M.	2020	Sustainability Science, 15(2), 563-574.
3601005	「緑地の生態的レジリエンスとグリーンインフラ」生態的レジリエンスの定義と緑化工学的視点	小林 達明	2022	日本緑化工学会誌, 47(3), 374-377.
3601006	災害に強く、生物多様性保全に役立つ林づくり	小林 達明	2022	Biocity, 92, 86-93.
3601007	Incorporating climate change into ecosystem service assessments and decisions: a review	Runting, R. K., Bryan, B. A., Dee, L. E., Maseyk, F. J., Mandle, L., Hamel, P., & Rhodes, J. R.	2017	Global Change Biology, 23(1), 28-41.
3601008	Optimal conservation planning of multiple hydrological ecosystem services under land use and climate changes in Teshio river watershed, northernmost of Japan	Fan, M., Shibata, H., & Wang, Q.	2016	Ecological Indicators, 62, 1-13.
3601009	Environmental and economic risks assessment under climate changes for three land uses scenarios analysis across Teshio watershed, northernmost of Japan	Fan, M., Shibata, H., & Chen, L.	2017	Science of The Total Environment, 599, 451-463.
3601010	Decline in the alpine landscape aesthetic value in a national park under climate change	Mameno, K., Kubo, T., Oguma, H., Amagai, Y., & Shoji, Y.	2022	Climatic Change, 172(3-4), 45-60.
3601011	Estimating spatial variation in the effects of climate change on the net primary production of Japanese cedar plantations based on modeled carbon dynamics	Toriyama, J., Hashimoto, S., Osone, Y., Yamashita, N., Tsurita, T., Shimizu, T., Saitoh, T. M., Sawano, S., Lehtonen, A., & Ishizuka, S.	2021	PLoS One, 16(7), e0254321.
3601012	Assessing the regional-scale distribution of height growth of Cryptomeria japonica stands using airborne LiDAR, forest GIS database and machine learning	Nakao, K., Kabeya, D., Awaya, Y., Yamasaki, S., Tsuyama, I., Yamagawa, H., Miyamoto, K., & Goto, M.	2022	Forest Ecology and Management, 56, 119953.
3601013	気温上昇や降水量の変化等による釧路湿原の水環境・生態系への影響に関する調査	日本エヌ・ユー・エス株式会社	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム北海道・東北地域事業委託業務報告書
3601014	ネイチャーポジティブな川づくりを目指す視点	中村 太士	2024	River Front, 45, 12-18.
3601015	Predictions of kelp distribution shifts along the northern coast of Japan	Sudo, K., Watanabe, K., Yotsukura, N., & Nakaoka, M.	2020	Ecological Research, 35(1), 47-60.
3601016	気候変動と陸域・海域の経済活動の変化が沿岸生態系に与える影響の統合的評価	仲間 雅裕	2022	沿岸海洋研究, 60(1), 71-72.
3601017	第 2 回サンゴ礁保全行動計画策定会議 サンゴ礁価値評価分科会報告	サンゴ礁価値評価分科会	2009	—
3601018	海洋酸性化が日本の沿岸社会に及ぼす影響評価	藤井 賢彦	2018	月刊海洋, 50(5), 208-216.
3601019	Potential future coral habitats around Japan depend strongly on anthropogenic CO ₂ emissions	Yara, Y., Yamano, H., Steinacher, M., Fujii, M., Vogt, M., Gruber, N., & Yamanaka, Y.	2016	Aquatic Biodiversity Conservation and Ecosystem Services, 41-56.
3601020	The effectiveness of coral reefs for coastal hazard risk reduction and adaptation	Ferrario, F., Beck, M. W., Storlazzi, C. D., Micheli, F., Shepard, C. C., & Airoldi, L.	2014	Nature Communications, 5, 3794.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3601021	The power of three: coral reefs, seagrasses and mangroves protect coastal regions and increase their resilience	Guannel, G., Arkema, K., Ruggiero, P., & Verutes, G.	2016	PLOS One, 11(7), e0158094.
3601022	Interdependency of tropical marine ecosystems in response to climate change	Saunders, M. I., Leon, J. X., Callaghan, D. P., Roelfsema, C. M., Hamylton, S., Brown, C. J., Baldock, T., Golshani, A., Phinn, S. R., Lovelock, C. E., Hoegh-Guldberg, O., Woodroffe, C. D., & Mumby, P. J.	2014	Nature Climate Change, 4(8), 724-729.
3601023	海域における自然資本・生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価	—	2020	環境研究総合推進費 戦略的研究開発領域課題(S-15) 社会・生態システムの統合化による自然資本・生態系サービスの予測評価 PANCES Policy Brief, No. 3
<u>3601024</u>	Seasonal-Spatial Distribution Variations and Predictions of <i>Loliolus beka</i> and <i>Loliolus uyii</i> in the East China Sea Region: Implications from Climate Change Scenarios	Xu, M., Liu, Z., Song, X., Zhang, H., Yang, L., Feng, W., Zhang, C., & Li, Z.	2024	Animals-Basel, 14(2), 123-134.
<u>3601025</u>	Climate change alters social-ecological trade-offs in achieving ocean futures' targets	Zeng, Z., Lam, V. W. Y., Sumaila, U. R., & Cheung, W. W. L.	2024	Global Change Biology, 30(4), 1234-1245.
3601026	Impact of climate-related changes to the timing of autumn foliage colouration on tourism in Japan	Liu, J., Cheng, H., Jiang, D., & Huang, L.	2019	Tourism Management, 70, 262-272.
3601027	Cultural ecosystem services provided by flowering of cherry trees under climate change: a case study of the relationship between the periods of flowering and festivals	Nagai, S., Saitoh, T. M., & Yoshitake, S.	2019	International Journal of Biometeorology, 63(2), 273-282.
3601028	Mobile phone network data reveal nationwide economic value of coastal tourism under climate change	Kubo, T., Uryu, S., Yamano, H., Tsuge, T., Yamakita, T., & Shirayama, Y.	2020	Tourism Management, 77, 104010.
3601029	国立公園等の生態系及び生態系サービスへの気候変動影響に関する調査及び適応策の検討	みずほ情報総研株式会社	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム全国運営・調査事業委託業務報告書
<u>3601030</u>	「林野庁 HP」令和 6 年度森林・林業白書「森林保全の動向 (2)山地災害等への対応」	林野庁	2025	—
<u>3601031</u>	令和元年台風 19 号の被害状況をふまえた Eco・DRR への展開	川越 清樹, 佐藤 大輝, 阿部 翼, 二瓶 茜	2022	地学教育と科学運動, 88, 34-42.
<u>3601032</u>	「里山グリーンインフラ」による気候変動適応:印旛沼流域における谷津の耕作放棄田の多面的活用の可能性	西廣 淳, 大槻 順朗, 高津 文人, 加藤 大輝, 小笠原 奨悟, 佐竹 康孝, 東海 林太郎, 長谷川 雅美, 近藤 昭彦	2020	応用生態工学, 22(2), 123-134.
<u>3601033</u>	防減災・環境保全のためのグリーンインフラ整備 里山グリーンインフラ地形と水循環を活かした気候変動適応の試みー	西廣 淳	2020	用水と廃水, 62(7), 499-505.
<u>3601034</u>	長野県の生物多様性の現状と地域戦略の見直しに向けた課題	須賀 丈, 畑中 健一郎, 尾関 雅章, 北野 聡, 高野 宏平, 陸 斉, 浜田 崇, 黒江 美紗子, 浦山 佳恵, 堀田 昌伸	2020	季刊全国環境研究会誌, 45(1), 45-50.
<u>3601035</u>	ブルーカーボンを利用した気候変動の緩和適応策の実践ー海藻草場を利用した増養殖の展開ー	堀 正和	2020	水産工学, 57(2), 123-130.
<u>3601036</u>	将来の海岸侵食の定量評価とブルーカーボン生態系による波浪減衰	伴野 雅之	2022	沿岸海洋研究, 59(2), 67-69.
<u>3601037</u>	The risk reduction effect of sediment production rate by understory coverage rate in granite area mountain forest	Mizuno, T., Kojima, N., & Asano, S.	2021	Scientific Reports, 11, 123456.

【その他】

(1) 生物季節

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3701001	IPCC AR6 WGII Technical Summary B.1.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Technical Summary
3701002	気候変動下での山岳生態系のモニタリングの意義とその方向性	工藤 岳	2014	地球環境, 19(1), 3-11.
3701003	地球温暖化の実態とそれが生態系と農業活動に及ぼす影響」に関する研究会に関する報告	小林 和彦, 桑形 恒男, 広田 知良, 近藤 純正, 清水 庸, 見延庄士郎	2007	生物と気象, 7, B-1.
3701004	日本各地のサクラの開花時期	小池 重人, 繁田 真由美, 樋口 広芳	2012	地球環境, 17(1), 15-20.
3701005	「福井県から見る地球温暖化」調査研究報告書	福井県衛生環境研究センター	2012	—
3701006	跡見花蹊日記を用いた明治・大正期における東京のサクラの開花季節記録のマイニング	永井 信, 小谷 亜由美, 丸谷 靖幸	2022	日本生気象学会雑誌, 59(3-4), 89-99.
3701007	Human influence increases the likelihood of extremely early cherry tree flowering in Kyoto	Christidis, N., Aono, Y., & Stott, P. A.	2022	Environmental Research Letters, 17(4), 044012.
3701008	気候変化の実態とその理解—日本における「気候」の理解に関する一考察—	山添 謙	2022	危機管理学研究, 15, 67-75.
3701009	今日における「環境緑化」を考える 目に見えるようになってきた温暖化が樹木に与える悪影響	中島 敦司	2022	グリーン・エージ, 49(3), 6-9.
3701010	平成 20 年度広島県内における温暖化影響調査報告書	広島県環境県民局環境部環境政策課	2009	—
3701011	岡山市におけるツクツクボウシの発生時期と地域温暖化の関係.	小野 雅之, 中村 圭司	2017	Naturalistae, 21, 29-36.
3701012	Exploring the factors influencing the first singing date of a cicada, Graptopsaltria nigrofusca: How will it be affected by climate change?	Tsujimoto, S. G., Koide, D., Kumagai, N. H., Nishihiro, J., Ikegami, M., & Tsujimoto, S. G.	2024	Ecological Entomology, 49(2), 123-134.
3701013	新潟市の海岸林における鳥類の春季渡来時期の経年変化と気温との関係.	中田 誠, 千野 奈帆美, 千葉 晃, 小松 吉蔵, 伊藤 泰夫, 赤原 清枝, 市村 靖子, 沖野 森生, 佐藤 弘, 太刀川 勝喜, 藤澤 幹子	2011	日本鳥学会誌, 60(1), 63-72.
3701014	日本に飛来する夏鳥の渡りおよび繁殖時期の長期変化	寺本 宗正, 梁内 成善, 高木 昌宏, 曾根 慈恵, ジョン・グレース	2016	日本鳥学会誌, 64(1), 39-51.
3701015	The effects of climate change on the phenology of winter birds in Yokohama, Japan.	Kobori, H., Kamamoto, T., Nomura, H., Oka, K., & Primack, R.	2012	Ecological Research, 27(1), 173-180.
3701016	Spatio-temporal variation in egg-laying dates of nestbox-breeding varied tits (Poecile varius) in response to spring pre-breeding period temperatures at long-term study sites in South Korea and Japan	Jeong, M. S., Kim, H., & Lee, W. S.	2020	Journal of Forest Research, 25(3), 123-134.
3701017	モニタリングサイト 1000 里地調査 2005-2022 年度とりまとめ報告書	環境省	2024	—
3701018	気候変動が九州および南西諸島地域における果樹生産に及ぼす影響	山本 雅史	2020	熱帯農業研究, 13(1), 46-48.
3701019	近年におけるサクラの開花と冬季の温暖化	松本 太	2017	日本生物気象学会誌, 54(1), 3-11.
3701020	重要生態系監視地域モニタリング推進事業（モニタリングサイト 1000）森林・草原調査 第 1 期とりまとめ報告書	環境省自然環境局生物多様性センター	2009	—
3701021	平成 24 年度くらしにおける温暖化適応策推進事業 気候変動適応策検討業務委託報告書	三重県	2013	—
3701022	半世紀にわたるモニタリング調査により分かった両生類の繁殖のタイミングの長期的傾向	草野 保	2022	爬虫両棲類学会報, 2022(2), 187-198.
3701023	How did the characteristics of the growing season change during the past 100 years at a steep river basin in Japan?	Nagai, S., Saitoh, T. M., & Nasahara, K. N.	2021	PLOS ONE, 16(7), e0254321.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3701024	わが国のサクラ（ソメイヨシノ）の開花に対する地球温暖化の影響	丸岡 知浩, 伊藤 久徳	2009	農業気象, 65(3), 283-296.
3701025	温暖化条件化で生育させたサザンカ'獅子頭'の開花と花の形態	中島 敦司, 櫛田 達矢, 十倉 武司, 中尾 史郎, 山田 宏之, 松本 勝正, 山田 和司, 養父 志乃夫	2002	土木学会論文集, 713, 171-176.
3701026	夏季から秋季にかけての気温がキンモクセイの開花に及ぼす影響	中島 敦司, 山本 将功, 大南 真緒, 中里 長浩, 廣岡 ありさ	2011	日本緑化工学会誌, 37(1), 26-31.
3701027	温暖化条件化で育成したヒノキの成長と生物季節	吉田 尚美, 中島 敦司, 山本 将功, 奥田 尚孝, 櫛田 達矢	2005	土木学会環境工学研究論文集, 42, 157-162.
3701028	温暖化条件下で育成した <i>Acer rufinerve</i> Sieb. Et Zucc. の成長と生物季節	山本 将功, 中島 敦司, 松本 尚子, 吉田 尚美	2006	日本緑化工学会誌, 32(1), 112-117.
3701029	Forecasting flowering phenology under climate warming by modelling the regulatory dynamics of flowering-time genes	Satake, A., Kawagoe, T., Saburi, Y., Chiba, Y., Sakurai, G., & Kudoh, H.	2013	Nature Communications, 4, 2303.

(2) 分布・個体群の変動

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3702001	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.1.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WG II Summary for Policymakers
3702002	Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services	IPBES	2019	—
3702003	全国クマゼミ調査	株式会社ウェザーニュース	2009	https://weathernews.jp/s/topics/201608/130085/ (令和2年度第2次気候変動影響評価報告書公表時に閲覧)
3702004	日本におけるナガサキアゲハ (<i>Papilio memnon</i> Linnacus) の分布の拡大と気候温暖化の関係	北原 正彦, 入来 正躬, 清水 剛	2001	蝶と蛾, 52(4), 253-264.
3702005	いきものみつけ 事業成果取りまとめ冊子	環境省自然環境局生物多様性センター	2013	—
3702006	ツマグロヒョウモンの北上に関する生気候学的研究	望月 宏美, 山口 隆子	2021	日本生気象学会雑誌, 57(2), 67-75.
3702007	ツマグロヒョウモンの分布拡大とその要因	山口 隆子	2021	昆虫と自然, 56(12), 34-37.
3702008	平成28年度 河川水辺の国勢調査結果の概要河川版	国土交通省	2018	平成28年度 河川水辺の国勢調査結果の概要河川版
3702009	Estimating possible bumblebee range shifts in response to climate and land cover changes	Suzuki-Ohno, Y., Yokoyama, J., Nakashizuka, T., & Kawata, M.	2020	Scientific Reports, 10, 12345.
3702010	モニタリングサイト1000 里地調査 2005-2017年度とりまとめ報告書	環境省自然環境局生物多様性センター	2019	—
3702011	自治体の施策に適応策を組み込むには	嶋田 知英	2015	森林環境, 2015, 70-78.
3702012	東京区部西縁3区におけるチョウ相の変化とその生態的要因	前角 達彦, 須田 真一, 角谷 拓, 鷲谷 いづみ	2010	保全生態学研究, 15(2), 241-254.
3702013	平成25年度河川水辺の国勢調査結果の概要〔河川版〕(生物調査編), 4. 鳥類照査, 4_26	国土交通省	2015	—
3702014	気候変動の影響? 越冬分布を広げるアカハラ, オオバン…	植田 陸之	2018	https://db3.bird-research.jp/news/201804-no2/ (令和2年度第2次気候変動影響評価報告書公表時に閲覧)
3702015	伊豆沼・内沼のガンカモ類	嶋田 哲郎	2020	伊豆沼・内沼研究報告, 14, 1-10.
3702016	モニタリングサイト1000 森林・草原調査 2004-2017年度とりまとめ報告書	環境省自然環境局生物多様性センター	2020	—
3702017	モニタリングサイト1000 森林・草原調査 2004-2022年度とりまとめ報告書	環境省自然環境局生物多様性センター	2025	—
3702018	平成24年度くらしにおける温暖化適応策推進事業 気候変動適応策検討業務委託報告書	三重県	2013	—

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
3702019	湿地の昆虫とその多様性 西日本で増加しつつあるコガタノゲンゴロウの謎	大庭 伸也	2022	昆虫と自然, 57(3), 67-72.
3702020	Northward expansion of the bivoltine life cycle of the cricket over the last four decades	Matsuda, N., Tanaka, K., Watari, Y., Shintani, Y., Goto, S. G., Nisimura, T., & Numata, H.	2018	Global Change Biology, 24(12), 5622-5628.
3702021	コオロギの生活史と温暖化	沼田 英治, 松田 直樹	2021	時間生物学, 27(2), 76-82.
3702022	温暖化がダンダラテントウの分布北上と鞘翅斑紋多型頻度の地理的・経時的変動に与える影響	河上 康子	2018	滋賀県立大学環境科学部環境科学研究科年報, 23, 36-38.
3702023	ナミテントウの鞘翅に見られる色紋多型の地理的勾配の年代変化	野村 哲郎	2022	衛生動物, 73, 33.
3702024	Japanese honey bees (<i>Apis cerana japonica</i>) have swarmed more often over the last two decades	Morii, K., & Sakamoto, Y.	2024	The Science of Nature, 111(2), 14.
3702025	Potential overwintering areas of the alien apple snail, <i>Pomacea canaliculata</i> , in Japan at its northern distribution limit	Yoshida, K., Wada, T., Matsukura, K., & Shiba, T.	2022	Aquatic Invasions, 17(2), 234-245.
3702026	IPCC AR6 WG II Technical Summary C.1.5	IPCC	2022	IPCC AR6 WG II Technical Summary
3702027	Extinction risk from climate change	Thomas, C. D., Cameron, A., Green, R. E., Bakkenes, M., Beaumont, L. J., Collingham, Y. C., Erasmus, B. F. N., Ferreira de Siqueira, M., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., van Jaarsveld, A. S., Midgley, G. F., Miles, L., Ortega-Huerta, M. A., Peterson, A. T., Phillips, O. L., & Williams, S. E.	2004	Nature, 427, 145-148.
3702028	Assessment of global warming impact on biodiversity using the extinction risk index in LCIA: a case study of Japanese plant species	Tang, L., Higa, M., Tanaka, N., & Itsubo, N.	2017	The International Journal of Life Cycle Assessment, 22(7), 1102-1110.
3702029	Potential for interspecific hybridization between <i>Zizina emelina</i> and <i>Zizina otis</i> (Lepidoptera Lycaenidae)	Sakamoto, Y., & Yago, M.	2017	Journal of Insect Conservation, 21(3), 509-515.
3702030	Lineage-level distribution models lead to more realistic climate change predictions for a threatened crayfish	Zhang, Z., Kass, J. M., Mammola, S., Koizumi, I., Li, X., Tanaka, K., Ikeda, K., Suzuki, T., Yokota, M., & Usio, N.	2021	Diversity and Distributions, 27(8), 1456-1470.
3702031	Climate change alters the optimal wind-dependent flight routes of an avian migrant	Nourani, E., Yamaguchi, N. M., & Higuchi, H.	2017	Proceedings of the Royal Society B, 284, 20170396.
3702032	Climate change leads to range contraction for Japanese population of the Oriental Honey-Buzzards: Implications for future conservation strategies	Condro, A. A., Syartinilia, Higuchi, H., Mulyani, Y. A., Raffiudin, R., Rusniarsyah, L., Setiawan, Y., & Prasetyo, L. B.	2022	Global Ecology and Conservation, 34, e02012.
3702033	Poised to prosper? A cross - system comparison of climate change effects on native and non - native species performance.	Sorte, C. J., Ibáñez, I., Blumenthal, D. M., Molinari, N. A., Miller, L. P., Grosholz, E. D., ... & Dukes, J. S.	2013	Ecology Letters, 16(2), 261-270.
3702034	Using ensemble forecasting to examine how climate change promotes worldwide invasion of the golden apple snail (<i>Pomacea canaliculata</i>)	Lei, J., Chen, L., & Li, H.	2017	Environmental Monitoring and Assessment, 189, 1-13.
3702035	Assessing the Potential Distribution of <i>Oxalis latifolia</i> , a Rapidly Spreading Weed, in East Asia under Global Climate Change	Poudel, A., Hong, S. H., Adhikari, P., Lee, Y. H., Na, C. S., Wee, J., Lee, Y. H., & Lee, D.-H.	2023	Plants, 12(18), 3254.
3702036	Biodiversity can benefit from climate stabilization despite adverse side effects of land-based mitigation	Ohashi, H., Hasegawa, T., Hirata, A., Fujimori, S., Takahashi, K., Tsuyama, I., Nakao, K., Kominami, Y., Tanaka, N., Hijioka, Y., & Matsui, T.	2019	Nature Communications, 10(1), 1-11.
3702037	北海道におけるオジロワシ <i>Haliaeetus albicilla</i> の風力発電用風車への衝突事故の現状	白木 彩子	2012	保全生態学研究, 17, 85-96.
3702038	The Influence of Solar Power Plants on Microclimatic Conditions and the Biotic Community in Chilean Desert Environments	Suuronen, A., Muñoz-Escobar, C., Lensu, A., Kuitunen, M., Guajardo Celis, N., Espinoza Astudillo,	2017	Environmental Management, 60(4), 630-642.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
		P, Ferrú, M., Taucare-Ríos, A., Miranda, M., & Kukkonen, J. V. K.		
3702039	Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants	Turney, D., & Fthenakis, V.	2011	Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(6), 3261–3270.
3702040	A preliminary assessment of avian mortality at utility-scale solar energy facilities in the United States	Walston, L. J., Rollins, K. E., LaGory, K. E., Smith, K. P., & Meyers, S. A.	2016	Renewable Energy, 92, 405–414.
3702041	20 - Solar Energy Development and the Biosphere	Murphy-Mariscal, M., Grodsky, S. M., & Hernandez, R. R.	2018	A Comprehensive Guide to Solar Energy Systems, 391–405.

B.4. 自然災害・沿岸域分野

【河川】

(1) 洪水

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4101001	日本の気候変動 2025 一大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書一	文部科学省, 気象庁	2025	—
4101002	気候変動を踏まえた治水計画のあり方（改訂）	気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会	2019 (2021 改訂)	—
4101003	Anthropogenic Warming Induced Intensification of Summer Monsoon Frontal Precipitation over East Asia	Moon, S., Utsumi, N., Jeong, J.-H., Yoon, J.-H., Wang, S.-Y. S., Shiogama, H., & Kim, H.	2023	Science Advances, 9(47), 1-9.
4101004	58 の一級水系における洪水被害に繋がる降雨のトレンド解析	渡邊 学, 藤井 実, 中島 謙一, 脇岡 靖明	2022	土木学会論文集 G (環境), 78(6), II_77-II_87.
4101005	北海道で考えるべき地球温暖化への適応策：水資源リスクへの対応	中津川 誠	2015	Docon Report, 198, 2-7.
4101006	Climatology of line-shaped rainbands over northern Japan in boreal summer between 1990 and 2010	Yamada, T., Sasak, J., & Matsuoka, N.	2012	Atmospheric Science Letters, 13(2), 133-138.
4101007	Prediction of extreme rainfall events in 21st century - The results based on Bayesian Markov Chain Monte Carlo	Jiao, Z. C., Alam, M. A., Yuan, J. H., Farnham, C., & Emura, K.	2024	Urban Climate, 53, 101822
4101008	d4PDF と 2 変量極値分布を用いた全国一級水系内の 2 水系間の河川流量の裾従属性の分析	田中 智大, 内村 在誠, 北野 利一, 立川 康人	2024	土木学会論文集, 80(16), 23-16195.
4101009	Acceleration of rises in the level of rivers induced by rising air temperatures in a cold climate	Higashino, M., Aso, D., & Stefan, H. G.	2021	Science of The Total Environment, 794, 148553
4101010	ダムや都市化などの影響が限定された河川水位データを対象とした気候変動影響検出手法の開発	渡邊 学, 脇岡 靖明, 藤井 実, 中島 謙一	2021	水文・水資源学会誌, 34(4), 227-242.
4101011	Assessment of climate change impacts on river flooding due to Typhoon Hagibis in 2019 using nonglobal warming experiments	Nihei, Y., Oota, K., Kawase, H., Sayama, T., Nakakita, E., Ito, T., & Kashiwada, J.	2023	Journal of Flood Risk Management, 16(3)
4101012	2019 河川ハンドブック	公益社団法人日本河川協会	2019	—
4101013	水害統計調査基本表に基づく河川水害による建物・市街地被害の傾向	中野 卓, 木内 望	2020	都市計画報告集, 19(3), 324-329.

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4101014	アンサンブル気候変動予測データベースを用いた洪水頻度解析による長良川流域の温暖化影響評価	原田 守啓, 丸谷 靖幸, 児島 利治, 松岡 大祐, 中川 友進, 川原 慎太郎, 荒木 文明	2018	土木学会論文集 B1 (水工学), 74(4), I_181-I_186.
4101015	気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言～参考資料～	気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会	2019 (2021 改訂)	—
4101016	気候変動の観測・予測・影響評価に関する統合レポート 2018～日本の気候変動とその影響～	環境省, 文部科学省, 農林水産省, 国土交通省, 気象庁	2018	—
<u>4101017</u>	住民自らの行動に結びつく水害・土砂災害ハザード・リスク情報共有プロジェクト 第1回資料 2-1 平成 30 年 7 月豪雨災害の概要と被害の特徴雨災害の概要と被害の特徴	国土交通省	2018	—
<u>4101018</u>	平成 30 年 7 月豪雨及び台風第 12 号による被害状況及び消防機関等の対応状況 (第 60 報)	消防庁	2019	—
<u>4101019</u>	住民自らの行動に結びつく水害・土砂災害ハザード・リスク情報共有プロジェクト 第 5 回参考資料 2 令和 2 年 7 月豪雨による被害等	国土交通省	2020	—
<u>4101020</u>	平成 30 年 7 月豪雨 (前線及び台風第 7 号による大雨等) 平成 30 年(2018 年)6 月 28 日～7 月 8 日	気象庁	2025	https://www.data.jma.go.jp/stats/data/bosai/report/2018/20180713/20180713.html (2025/9/28 閲覧)
4101021	大規模広域豪雨を踏まえた水災害対策のあり方について～複合的な災害にも多層的に備える緊急対策～答申	社会資本整備審議会	2018	—
<u>4101022</u>	千曲川流域と利根川流域を対象とした山越えを伴う地形性降雨の発生要因と将来変化	松岡 陽生, 岡地 季季, 山田 朋人	2023	土木学会論文集, 79(27), 23-27024.
<u>4101023</u>	The role of human-induced climate change in heavy rainfall events such as the one associated with Typhoon Hagibis	Li, S., & Otto, F. E. L.	2022	Climatic Change, 172(1), 7.
<u>4101024</u>	2019 年台風 19 号時に発生した多摩川下流域の浸水事象の再現計算	関根 正人, 吉野 萌	2020	土木学会論文集 B1 (水工学), 76(2), I_649-I_654.
<u>4101025</u>	荒川決壊時を想定した浸水拡大プロセスの解明と諸施設のリスク評価	関根 正人, WU Yonglin, 磯谷 朗太	2020	土木学会論文集 B1 (水工学), 76(2), I_511-I_516.
<u>4101026</u>	令和元年 10 月台風 19 号豪雨により阿武隈川水系内川流域で発生した土砂移動現象について	伊倉万理	2020	sabo, 128, 15-20.
<u>4101027</u>	令和 2 年 7 月豪雨による被害及び消防機関等の対応状況(第 57 報)	消防庁	2021	—
<u>4101028</u>	IPCC AR6 WGII Full Report 4.4.4	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
<u>4101029</u>	IPCC AR6 WGII Full Report 10.4.6.3.6	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
4101030	Increased human and economic losses from river flooding with anthropogenic warming	Dottori, F., Szewczyk, W., Ciscar, J.-C., Zhao, F., Alfieri, L., Hirabayashi, Y., Bianchi, A., Mongelli, I., Frieler, K., Betts, R. A., & Feyen, L.	2018	Nature Climate Change, 8(9), 781-786.
<u>4101031</u>	梅雨前線による線状対流系の時空間スケール特性及び将来変化	仲 ゆかり, 中北 英一	2022	水文・水資源学会研究発表会要旨集 水文・水資源学会/日本水文科学会 2022 年度研究発表会. 水文・水資源学会, 105.
<u>4101032</u>	Identifying Robust Changes of Extreme Precipitation in Japan From Large Ensemble 5-km-Grid Regional Experiments for 4K Warming Scenario	Kawase, H., Nosaka, M., Watanabe, S. I., Yamamoto, K., Shimura, T., Naka, Y., Wu, Y.-H., Okachi, H., Hoshino, T., Ito, R., Sugimoto, S., Suzuki, C., Fukui, S., Takemi, T., Ishikawa, Y., Mori, N., Nakakita, E., Yamada, T. J., Murata, A., Nakaegawa, T., & Takayabu, I.	2023	Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 128(18)
<u>4101033</u>	150 年連続計算データを用いた梅雨期の集中豪雨及び前線構造の将来変化予測	仲 ゆかり, 原田 茉知, 中北 英一	2023	水文・水資源学会研究発表会要旨集 水文・水資源学会/日本水文科学会 2023 年度研究発表会. 水文・水資源学会, 240.

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4101034	気候変動適応策に関する研究（中間報告）	国土技術政策総合研究所	2013	—
4101035	地球温暖化に伴う降雨特性の変化と洪水・渇水リスクの評価に関する研究	和田 一範, 村瀬 勝彦, 富澤 洋介	2005	土木学会論文集, 2005(796), 796_23-796_37.
4101036	降雨極値データを利用した気候変動に伴う全国浸水被害額評価	佐藤 歩, 川越 清樹, 風間 聡, 沢本 正樹	2008	水工学論文集, 52, 433-438.
4101037	地球温暖化による豪雨発生頻度の変化と洪水氾濫への影響評価	東 博紀, 大柴 浩司, 松浦 知徳	2006	水工学論文集, 50, 205-210.
4101038	Potential Changes in Extreme Events Under Global Climate Change	Dairaku, K., Emori, S., & Higashi, H.	2008	Journal of Disaster Research, 3(1), 39-50.
4101039	気候変化の治水施策への影響に関する全国マクロ評価	服部 敦, 板垣 修, 土屋 修一, 加藤 拓磨, 藤田 光一	2012	河川技術論文集, 18, 481-486.
4101040	気候変動による災害激甚化に関する影響評価結果	環境省	2023	—
4101041	超多数アンサンブル気候予測実験データを用いた極値河川流量の将来変化の分析	立川 康人, 宮脇 航平, 田中 智大, 萬 和明, 加藤 雅也, 市川 温, キム スンミン	2017	土木学会論文集 B1 (水工学), 73(3), 77-90.
4101042	気候変動下における大規模出水時の洪水流量の変化の検証	植村 郁彦, 吉田 隆年, 大村 宣明, 舩屋 繁和	2020	Docon Report, 209, 14-17.
4101043	北海道地方における気候変動を踏まえた治水対策技術検討会 第1回 資料3 気候変動を踏まえたリスク評価について	国土交通省 北海道開発局	2019	—
4101044	荒川全流域における潜在的氾濫パターンの気候変動影響による変化	田中 規夫, 小野寺 祐乃, 五十嵐 善哉, 米沢 拓繁, 天井 洋平, 小川 貴之	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_493-I_498.
4101045	令和元年東日本台風荒川上流域の洪水氾濫状況への気候変動影響評価	太田 皓陽, 二瓶 泰雄, 伊藤 毅彦, 川瀬 宏明, 佐山 敬洋, 中北 英一	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_1-I_6.
4101046	アンサンブル気候予測データを用いた利根川上流域における極値水文学の将来変化の推定	清水 啓太, 小島 彩織, 山田 正	2021	中央大学理工学研究所論文集
4101047	気象条件の最大化による可能最大降水量（PMP）と可能最大洪水（PMF）の推定	橋本 健, 矢島 啓	2017	水文・水資源学会誌, 30(6), 356-372.
4101048	地球温暖化による1.5℃上昇と各種適応策が富山県河川の洪水・侵食リスクに与える影響評価	藤下 龍澄, 呉 修一	2023	土木学会論文集, 79(27), 23-27034.
4101049	富山県河川の地球温暖化による流量と越水・侵食ポテンシャル将来予測	石川 彰真, 呉 修一	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_187-I_192.
4101050	富山県河川における地球温暖化の影響評価と各種適応策の定量評価	石川 彰真, 呉 修一, 菊地 大智, 武田 尚樹, 青木 明日香	2022	土木学会論文集 G (環境), 78(5), I_51-I_61.
4101051	庄川流域を対象とした融雪出水に対する気候変動の影響	新井 涼允, 豊田 康嗣, 大庭 雅道, 佐藤 隆宏, 風間 聡	2020	土木学会論文集 G (環境), 76(5), I_109-I_119.
4101052	A Generalized Framework for Assessing Flood Risk and Suitable Strategies under Various Vulnerability and Adaptation Scenarios: A Case Study for Residents of Kyoto City in Japan	Jhong, B. C., Tachikawa, Y., Tanaka, T., Udmale, P., & Tung, C. P.	2020	Water, 12(9)
4101053	気候予測データベース d4PDF に基づく九州地方の降雨及び河川流量の将来変化特性について	田井 明, 於久 達哉, 鍋島 孝顕	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_31-I_36.
4101054	令和元年東日本台風による河川氾濫の地球温暖化による変化応答予測	若月 泰孝, 小林 香澄, 阿部 紫織, 今田 由紀子	2022	土木学会論文集 B1 (水工学), 78(2), I_49-I_54.
4101055	将来の海面水温の変化を考慮した荒川流域におけるアンサンブル降雨—洪水シミュレーション—令和元年東日本台風を対象として—	北 真人, QIAN Chaochao, 此島 健男子, 中安 正晃, 辻本 哲郎	2021	河川技術論文集, 27, 499-504.
4101056	自己組織化マップを用いた台風来襲時における降水量の将来変化に関する検討	柴田 大輝, 児玉 充由, 井手 喜彦, 橋本 典明, 山城 賢	2020	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 76(2), I_1129-I_1134.
4101057	d4PDF を用いた2019年台風19号による氾濫水系数の再現期間とその将来変化分析	田中 智大, 小林 敬汰, 立川 康人	2020	土木学会論文集 B1 (水工学), 76(1), 159-165.
4101058	最大クラス台風を想定した淀川流域における洪水流出シミュレーション	宮脇 航平, 立川 康人, 田中 智大, 石井 大貴, 市川 温, 萬 和明, 竹見 哲也	2016	土木学会論文集 B1 (水工学), 72(4), I_31-I_36.
4101059	Simultaneous flood risk analysis and its future change among all the 109 class-A river basins in Japan using a large ensemble climate simulation database d4PDF	Tanaka, T., Kobayashi, K., & Tachikawa, Y.	2021	Environmental Research Letters, 16(7)

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4101060	気候変動下での複数流域における同時氾濫発生の可能性について ～関東地方を例にして～	小山 直紀, 並河 奎伍, 山田 正	2022	土木学会論文集 B1 (水工学), 78(2), I_85-I_90.
4101061	共有社会経済経路(SSP)を用いた気候変動と土地利用変化による日本全国の洪水被害の変化	柳原 駿太, 風間 聡, 多田 毅, 山本 道, 峠 嘉哉	2022	土木学会論文集 G (環境), 78(5), I_387-I_395.
4101062	Nationwide evaluation of changes in fluvial and pluvial flood damage and the effectiveness of adaptation measures in Japan under population decline	Yanagihara, H., Kazama, S., Yamamoto, T., Ikemoto, A., Tada, T., & Touge, Y.	2024	International Journal of Disaster Risk Reduction, 110
4101063	Evaluation of flood damage reduction throughout Japan from adaptation measures taken under a range of emissions mitigation scenarios	Yamamoto, T., Kazama, S., Touge, Y., Yanagihara, H., Tada, T., Yamashita, T., & Takizawa, H.	2021	Climatic Change, 165(3), 60.
4101064	気候変動による洪水被害に対する緩和策と適応策の評価	山本 道, 風間 聡, 峠 嘉哉, 多田 毅, 山下 毅	2019	土木学会論文集 G (環境), 75(5), I_15-I_23.
4101065	日本全国洪水氾濫解析による気候変動への緩和策及び土地利用規制の評価	山本 道, 風間 聡, 峠 嘉哉, 多田 毅, 山下 毅	2020	土木学会論文集 G (環境), 76(5), I_141-I_150.
4101066	2023 年度国土強靱化定量的脆弱性評価・報告書 (中間とりまとめ)	国土強靱化定量的脆弱性評価委員会	2024	—
4101067	北海道地方における気候変動を踏まえた治水対策技術検討会 第2回 資料5 十勝川流域のリスク評価について	国土交通省北海道開発局	2019	—
4101068	日本全域における人口変動に伴う洪水・内水氾濫・斜面崩壊の曝露人口の変化	柳原 駿太, 風間 聡, 川越 清樹	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_1375-I_1380.
4101069	将来における豪雨災害リスク曝露人口分布の調査分析 広島県を対象として	押領司 大輝, 田村 将太, 田中 貴宏	2021	日本建築学会技術報告集, 27(65), 458-463.
4101070	気候変動と人口減少,高齢化を考慮した大規模水害時における人的被害の将来リスクの推計	松井 大地, 池内 幸司, 南出 将志	2024	土木学会論文集, 80(16), 23-16070.
4101071	人口減少下における都市構造変化と大規模水害時の要避難者数の推定	山口 溪太郎, 谷口 健司	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_1507-I_1512.
4101072	気候変動による背水影響の増大に伴う低平地河川の農作物被害額の推定	関潤 哉, 中津川 誠, NGUYEN Thanh Thu	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_25-I_30.
4101073	洪水時の流域管理に向けた水田域の水稻被害推定手法	皆川 裕樹, 北川 蔵, 増本 隆夫	2016	農業農村工学会論文集, 84(3), I_271-I_279.
4101074	土地改良事業計画設計基準計画「排水」	農林水産省	2025	—
4101075	気候変動 2014 影響、適応及び脆弱性 政策決定者向け要約	環境省訳 (元文献は IPCC による)	2014	—
4101076	水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について (答申)	国土交通省社会資本整備審議会	2008	—
4101077	気候変動に伴う洪水・氾濫リスクの将来予測 那珂川・久慈川流域における解析	横木 裕宗, 戸村 達也, 塙 尚幸, 桑原 祐史, 三村 信男	2008	地球環境シンポジウム講演論文集, 16, 87-93.
4101078	「気候変動適応情報プラットフォーム」インフォグラフィック「洪水」	国立環境研究所	2022	https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/infographic/4_flooding.html (2025/9/28 閲覧)
4101079	既存ダムの洪水調節機能の強化に向けた基本方針	既存ダムの洪水調節機能強化に向けた検討会議	2019	—
4101080	河川氾濫を対象とした洪水リスクに対する適応策評価	風間 聡, 山本 道, 柳原 駿太, 池本 敦哉	2023	地球環境, 28(1), 77-83.
4101081	2022 年度 S-18 プロジェクト研究成果報告 自然災害・水資源分野を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価 河川洪水・内水氾濫による気候変動影響予測と適応策の評価	風間 聡, 川越 清樹, 桑原 祐史, 呉 修一	2023	2022 年度環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書, サブテーマ 3(3)
4101082	EVALUATING POTENTIAL FLOOD MITIGATION EFFECT OF PADDY FIELD DAM FOR TYPHOON NO. 19 IN 2019 IN THE NARUSE RIVER BASIN	Chai, Y., Touge, Y., Shi, K., & Kazama, S.	2020	Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering), 76(1), 295-303.
4101083	令和元年佐賀豪雨と将来豪雨による嘉瀬川流域の浸水被害と治水適応策の検討	阪本 こなん, 押川 英夫, 永溝 大河, 田井 明, 小松 利光	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_469-I_474
4101084	気候変動適応策の検討に向けた既存ダムの治水機能評価に関する研究	和泉 征良, 中西 一宏, 永谷 言, 小島 裕之, 倉橋 実, 川村 育男, 角 哲也	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_55-I_60.
4101085	2019 年台風 19 号を対象とした須賀川市の田んぼダム事業による浸水軽減効果の解析	竹田 稔真, 朝岡 良治, 佐藤 智明, 林 誠二	2020	土木学会論文集 G (環境), 76(5), I_343-I_351.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4101086	圃場整備におけるカバープラントと田んぼダムの導入	喜田 晋, 井手上 祐士, 古田 雅人	2023	農業農村工学会誌論文集, 91(8), 46-47.
4101087	堤内地における流域治水対策導入による人吉市市街地の浸水被害低減効果の検討	津田 拓海, 皆川 朋子	2024	土木学会論文集, 80(16), 23-16069.
4101088	人口減少都市における低未利用地を対象としたグリーンインフラ導入効果に関する研究 洪水抑制効果と熱環境改善効果に着目して	平井 慎二, 荒木 良太, 山鹿 力揮, 田村 将太, 田中 貴宏, 横山 真, 松尾 薫	2023	都市計画論文集, 58(3), 796-803.
4101089	環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書 日本の気候変動影響と適応策 ーレジリエントで持続可能な社会に向けてー	三村 信男他 (編)	2025	—
4101090	Evaluation of an Adaptation Strategy for Flood Damage Mitigation Under Climate Change Through the Use of Irrigation Reservoirs in Japan	Ikemoto, A., Kazama, S., Yoshida, T., & Yanagihara, H.	2023	Water Resources Management, 37(10)

(2) 内水

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4102001	日本の気候変動 2025 一大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書ー	文部科学省, 気象庁	2025	—
4102002	気候変動下の都市における戦略的水害リスク低減手法の開発	国土交通省国土技術政策総合研究所気候変動適応研究本部	2019	国土技術政策総合研究所資料, 1080, 5-6.
4102003	ガイドライン策定後における内水浸水対策の取組状況	下水道による内水浸水対策に関するガイドライン類改訂検討委員会	2020	—
4102004	水害統計調査基本表に基づく河川水害による建物・市街地被害の傾向	中野 卓, 木内 望	2020	都市計画報告集, 19(3), 324-329.
4102005	都市地下空間の利活用を考える リアルタイム浸水予報技術による都市地下空間の浸水被害軽減対策	関根 正人	2020	日本不動産学会誌, 34(2), 33-37.
4102006	大規模広域豪雨を踏まえた水災害対策のあり方についてー複合的な災害にも多層的に備える緊急対策ー答申	社会資本整備審議会	2018	—
4102007	気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策の推進について (提言) 参考資料	気候変動を踏まえた都市浸水対策に関する検討会	2020	—
4102008	平成 30 年 7 月豪雨による被害状況等について	農林水産省	2019	—
4102009	令和元年台風 19 号における丸森町の被害調査報告	柴山 明寛, 森口 周二, 橋本 雅和	2020	東北地域災害科学研究, 56, 17-20.
4102010	激化する災害への備え	木下 誠也	2020	危機管理学研究, 20-33.
4102011	令和元年東日本台風 (台風第 19 号) 等に係る被害情報	農林水産省	2021	—
4102012	令和元年佐賀豪雨と将来豪雨による嘉瀬川流域の浸水被害と治水適応策の検討	阪本 こなん, 押川 英夫, 永溝 大河, 田井 明, 小松 利光	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_469-I_474.
4102013	農業用ため池を巡る状況	農林水産省	2024	—
4102014	梅雨前線による線状対流系の時空間スケール特性及び将来変化	仲 ゆかり, 中北 英一	2022	水文・水資源学会研究発表会要旨集 水文・水資源学会/日本水文科学会 2022 年度研究発表会 水文・水資源学会, 105.
4102015	Identifying Robust Changes of Extreme Precipitation in Japan From Large Ensemble 5-km-Grid Regional Experiments for 4K Warming Scenario	Kawase, H., Nosaka, M., Watanabe, S. I., Yamamoto, K., Shimura, T., Naka, Y., Wu, Y.-H., Okachi, H., Hoshino, T., Ito, R., Sugimoto, S., Suzuki, C., Fukui, S., Takemi, T., Ishikawa, Y., Mori, N., Nakakita, E.,	2023	Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 128(18)

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
		Yamada, T. J., Murata, A., Nakaegawa, T., & Takayabu, I.		
4102016	150 年連続計算データを用いた梅雨期の集中豪雨及び前線構造の将来変化予測	仲 ゆかり, 原田 茉知, 中北 英一	2023	水文・水資源学会研究発表会要旨集 水文・水資源学会/日本水文科学会 2023 年度研究発表会. 水文・水資源学会, 240.
4102017	気候変動に伴う大気安定化及び水蒸気浸潤がゲリラ豪雨生起頻度に及ぼす影響	中北 英一, 橋本 郷志, 森元 啓太郎, 小坂田 ゆかり	2018	土木学会論文集 B1 (水工学), 74(5), I_25-I_30.
4102018	気候変動の観測・予測・影響評価に関する統合レポート「日本の気候変動とその影響(2012 年度版)」	文部科学省, 気象庁, 環境省	2013	—
4102019	気候変動に伴う農地・農業用施設に関する影響評価	平岩 竜彦, 松田 光平, 川久保 素尚, 松山 茂生	2011	農業農村工学会誌, 79(12), 929-933.
4102020	日本全域における人口変動に伴う洪水・内水氾濫・斜面崩壊の曝露人口の変化	柳原 駿太, 風間 聡, 川越 清樹	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_1375-I_1380.
4102021	日本全域を対象とした極値降雨データに基づく内水リスクの推定およびその将来変化	柳原 駿太, 山本 道, 風間 聡, 峠 嘉哉	2020	土木学会論文集 B1 (水工学), 76(2), I_85-I_90.
4102022	降水量の増加と社会経済状況の変化を考慮した都市圏の内水氾濫リスク評価	バシフィックコンサルタンツ株式会社	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム関東地域事業委託業務業務報告書
4102023	農業用ため池の持続的な保全管理手法—3 簡易なため池水収支モデルによる渇水・豪雨リスクの地域性評価	谷口 智之, 河野 幸正, 岡崎 恭知, 凌 祥之	2020	農業農村工学会誌, 88(9), 725-728.
4102024	気温上昇を想定した豪雨予測によるため池破堤確率の予測	舟木 遼, 西村 伸一, 柴田 俊文, 珠玖 隆行, 工藤 亮治	2022	農業農村工学会誌, 90(8), 634.
4102025	「気候変動適応情報プラットフォーム」インフォグラフィック「内水」	国立環境研究所	2022	https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/infographic/4_inlandWater.html (2025/9/28 閲覧)
4102026	多段階の浸水想定図及び水害リスクマップの検討・作成に関するガイドライン（令和 5 年 1 月）	国土交通省	2023	—
4102027	気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策の推進について 提言	気候変動を踏まえた都市浸水対策に関する検討会	2022	—
4102028	雨庭の社会実装化に向けた実践的シナリオの検討	石松 一仁	2020	景観生態学, 25(1), 33-41.
4102029	市街化による緑地の雨水浸透機能の変化に関する研究 東京都練馬区内の石神井川中流域を対象として	板谷 俊太郎, 竹内 智子	2023	都市計画論文集, 58(3), 1470-1477.
4102030	内水氾濫被害低減を目的とした浸透池の配置に関する研究 広島県福山市手城川流域中下流部を対象として	中田 憲伸, 横山 真	2023	都市計画論文集, 58(3), 1407-1414.
4102031	東京都市圏の水災害リスクと不動産への影響	大桑 浩司, 山形 与志樹, 平野 淳平, 瀬谷 創	2015	日本不動産学会誌, 29(1), 40-45.
4102032	水検知器の限られた水位情報と雨量による道路冠水の水位予測	小林 亘	2024	土木学会論文集, 80(22), 23-22013.
4102033	自動車渋滞を反映した都市浸水予測とこれと連動した経路検索システムに関する検討	鎌田 智哉, 関根 正人	2024	土木学会論文集, 80(16), 23-16014.
4102034	環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書 日本の気候変動影響と適応策 —レジリエントで持続可能な社会に向けて—	三村 信男他（編）	2025	—
4102035	Nationwide evaluation of changes in fluvial and pluvial flood damage and the effectiveness of adaptation measures in Japan under population decline	Yanagihara, H., Kazama, S., Yamamoto, T., Ikemoto, A., Tada, T., & Touge, Y.	2024	International Journal of Disaster Risk Reduction, 110, 104605.
4102036	平成 30 年 7 月豪雨によるため池への土砂流入時の被災要因	正田 大輔, 吉迫 宏, 小嶋 創	2021	農業農村工学会誌, 89(8), 569-572.

【沿岸】

(1) 海面水位の上昇

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4201001	IPCC AR6 WGI Summary for Policymakers A.1.7	IPCC	2021	IPCC AR6 WGI Summary for Policymakers
4201002	日本の気候変動 2025 一大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書一	文部科学省, 気象庁	2025	—
4201003	長期再解析データ FORA-WNP30 を用いた海水熱膨張と海面上昇に関する研究	羅 誌遠, 武若 聡	2021	土木学会論文集 B3 (海洋開発), 77(2), I_667-I_672.
4201004	日本沿岸の海面水位の長期変化傾向	国土交通省	2018	https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/shindan/a_1/sl_trend/sl_trend.html (2025/9/28 閲覧)
4201005	港湾における気候変動適応策の実装方針	港湾における気候変動適応策の実装に向けた技術検討委員会	2024	—
4201006	港湾の長期検潮記録から地盤変動を除去した平均海面水位の推定とその変動特性	内藤 了二, 浅井 正, 川口 浩二, 猪股 勉, 辰巳 大介, 成田 圭介	2015	国土技術政策総合研究所資料, 855.
4201007	IPCC AR6 WGI Summary for Policymakers B.5.3	IPCC	2021	IPCC AR6 WGI Summary for Policymakers
4201008	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.3.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
4201009	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.5.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
4201010	IPCC AR6 WGII Full Report 10.4.6.3.4	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
4201011	Coastal Migration due to 21st Century Sea-Level Rise	Lincke, D., & Hinkel, J.	2021	Earth's Future, 9(5), e2020EF001965
4201012	北海道地方における気候変動を踏まえた治水対策技術検討会 第2回 資料5 十勝川流域のリスク評価について	北海道地方における気候変動を踏まえた治水対策技術検討会	2019	—
4201013	Future sea level rise along the coast of China and adjacent region under 1.5 degrees C and 2.0 degrees C global warming	Qu, Y., Liu, Y., Jevrejeva, S., & Jackson, L. P.	2020	Advances in Climate Change Research, 11(3), 227-238.
4201014	地盤変動を考慮した沿岸域の海面水位上昇量の分析方法	野村 明弘, 石川 浩希, 佐藤 典之, 早川 哲也, 岩崎 慎介, 大塚 淳一, 森 信人, 渡部 靖憲	2022	土木学会論文集 B3 (海洋開発), 78(2), I_487-I_492.
4201015	Local Sea-Level Rise Caused by Climate Change in the Northwest Pacific Marginal Seas Using Dynamical Downscaling	Kim, Y. Y., Kim, B. G., Jeong, K. Y., Lee, E., Byun, D. S., & Cho, Y. K.	2021	Frontiers in Marine Science, 8
4201016	信頼度の高い近未来予測技術の開発及び超高解像度ダウンスケーリング技術の開発 モデル自治体等における技術開発 (茨城県及び鳥取県)	武若聡	2020	気候変動適応技術社会実装プログラム成果集, 33-34.
4201017	気候変動 2014 影響、適応及び脆弱性 政策決定者向け要約	環境省訳 (元文献は IPCC による)	2014	—
4201018	日本沿岸域における地価を用いた海面上昇による浸水被害の経済評価	氏家 一哉, 横木 裕宗, 田村 誠, 今村 航平	2023	土木学会論文集, 79(27), 23-27010.
4201019	環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書 日本の気候変動影響と適応策 —レジリエントで持続可能な社会に向けて—	三村 信男他 (編)	2025	—
4201020	Assessing the effectiveness of adaptation against sea level rise in Japanese coastal areas: protection or relocation?	Tamura, M., Imamura, K., Kumano, N., & Yokoki, H.	2024	Environment, Development and Sustainability, 26(9), 23561-23577.
4201021	日本沿岸域を対象とした海面上昇による浸水予測と最新の社会経済シナリオ(SSP)を用いた経済評価	大場 真裕子, 横木 裕宗, 田村 誠	2021	土木学会論文集 G (環境), 77(5), I_243-I_249.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4201022	2022 年度 S-18 プロジェクト研究成果報告 自然災害・水資源分野を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価 高潮・高波等を対象とした沿岸域への気候変動影響予測と適応策の評価	森 信人, 二宮 順一, 志村 智也, 宮下 卓也, Ho Tungcheng, 今井 優樹, 加藤 史訓, 本多 和彦	2023	2022 年度環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書, サブテーマ 3(2)
4201023	人口・土地利用シナリオに基づく日本沿岸域の海面上昇の社会経済影響評価	児玉 康希, 横木 裕宗, 田村 誠	2022	土木学会論文集 G (環境), 78(5), I_349-I_357.
4201024	第 16 回 気候変動に適応した治水対策検討小委員会資料	国土交通省	2014	—
4201025	2023 年度 S-18 プロジェクト研究成果報告 自然災害・水資源分野を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価 高潮・高波等を対象とした沿岸域への気候変動影響予測と適応策の評価	森 信人, 二宮 順一, 志村 智也, 宮下 卓也, Ho Tungcheng, 今井 優樹, 安田 誠宏, 加藤 史訓, 本多 和彦	2024	2023 年度環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書, サブテーマ 3(2)
4201026	既設の海岸構造物を考慮した海面上昇に対する適応費用の評価	山本 浩司, 横木 裕宗, 田村 誠, 今村 航平	2023	土木学会論文集, 79(27), 23-27007.
4201027	気候変動シナリオの違いによる三大湾ゼロメートル地帯の浸水危険度変化分析	山本 詩恩, 宮下 卓也, 安田 誠宏, 志村 智也, 森 信人	2024	土木学会論文集, 80(17), 24-17044.
4201028	気候変動の観測・予測・影響評価に関する統合レポート「日本の気候変動とその影響(2012 年度版)」	文部科学省, 気象庁, 環境省	2013	—
4201029	Cost-benefit analysis of adaptation to storm surge due to climate change in Osaka Bay, Japan	Ha, S., Tatano, H., Mori, N., Fujimi, T., & Jiang, X.	2021	Climatic change, 169(3), 23.
4201030	期待越波・越流計算モデルを使った三大湾高潮浸水被害の地球温暖化に対する感度の分析	鈴木 武, 根木 貴史	2011	土木学会論文集 G (環境), 67(5), I_27-I_33.
4201031	地球温暖化に起因する気候変動に対する港湾政策のあり方 (答申)	交通政策審議会	2009	—
4201032	日本沿岸域の海面上昇に対する住宅移転のシミュレーション	今村 航平, 田村 誠, 横木 裕宗	2023	土木学会論文集, 79(10), 23-00054.

(2) 高潮・高波

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4202001	日本の気候変動 2025 一大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書一	文部科学省, 気象庁	2025	—
4202002	上陸時（直前）の中心気圧が低い台風（統計期間：1951 年～2019 年第 13 号まで）	気象庁	2019	https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/statistics/ranking/air_pressure.html (2019/10/30 閲覧)
4202003	大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会 最終とりまとめ 【参考資料】	大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会	2019	—
4202004	令和元年 港湾関係災害復旧事業について	浅見 能章	2020	波となぎさ, 210, 6-7.
4202005	港湾における気候変動適応策の実装方針	港湾における気候変動適応策の実装に向けた技術検討委員会	2024	—
4202006	近年の高潮・波浪災害とその特徴について	森 信人	2021	ながれ, 40, 15-18.
4202007	平成 24 年 4 月 3 日からの暴風等による被害状況等について	秋田県災害警戒部	2012	—
4202008	平成 26 年 12 月に発生した根室地方の高潮現地調査の概要について	市川 真人	2016	測候時報, 第 83 巻(特別号), S83-S91.
4202009	河口低平農地における高潮災害のリスク管理に向けた課題	桐 博英, 丹治 肇	2010	農業農村工学会誌, 78(9), 765-768.
4202010	Multiplatform evaluation of global trends in wind speed and wave height	Young, I. R., & Ribal, A	2019	Science, 364(6440), 548-552.

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4202011	Global ocean wave fields show consistent regional trends between 1980 and 2014 in a multi-product ensemble	Erikson, L., Morim, J., Hemer, M., Young, I., Wang, X. L., Mentaschi, L., Mori, N., Semedo, A., Stopa, J., Grigorieva, V., Gulev, S., Aarnes, O., Bidlot, J.-R., Breivik, Ø., Bricheno, L., Shimura, T., Menendez, M., Markina, M., Sharmar, V., Trenham, C., Wolf, J., Appendini, C., Caires, S., Groll, N., & Webb, A.	2022	Communications Earth & Environment, 3(1), 320.
4202012	Wind-wave climate changes and their impacts	Casas-Prat, M., Hemer, M. A., Dodet, G., Morim, J., Wang, X. L., Mori, N., Young, I., Erikson, L., Kamranzad, B., Kumar, P., Menéndez, M., & Feng, Y.	2024	Nature Reviews Earth & Environment, 5(1), 23-42.
4202013	全国港湾海洋波浪観測長期データに基づく日本沿岸の季節別波浪特性の経年変化	関 克己, 河合 弘泰, 佐藤 真, 川口 浩二	2011	港湾空港技術研究所資料, 1241.
4202014	日本沿岸における有義波高の長期変化と台風に着目したその要因の考察	八木 亮多, 加藤 史訓	2024	土木学会論文集, 80(17), 24-17264.
4202015	海水域面積の長期変化傾向（オホーツク海）	気象庁	2024	https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/shindan/a_1/series_okhotsk/series_okhotsk.html (2025/9/28 閲覧)
4202016	Increase in the wave power caused by decreasing sea ice over the Sea of Okhotsk in winter	Iwasaki, S	2023	Scientific Reports, 13(1), 2539.
4202017	Role of sea ice on winter wave power and its interannual variability in the Sea of Okhotsk: Natural breakwater modified by surface wind changes	Iwasaki, S	2023	Progress in Oceanography, 210, 102944.
4202018	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.5.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
4202019	IPCC AR6 SROCC Technical Summary TS.4	IPCC	2019	IPCC AR6 SROCC Technical Summary
4202020	IPCC AR5 WGI Technical Summary TS.5.7.3	IPCC	2013	IPCC AR5 WGI Technical Summary
4202021	気候変動 2014 影響、適応及び脆弱性 政策決定者向け要約	環境省訳（元文献は IPCC による）	2014	—
4202022	IPCC AR6 SROCC Chapter4 4.1.3	IPCC	2019	IPCC AR6 SROCC
4202023	過去から温暖化条件下の将来へのシームレスな全球高潮・高波評価	志村 智也, PRINGLE William J, 森 信人, 宮下 卓也, 吉田 康平	2021	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 77(2), I_949-I_954.
4202024	気候変動を考慮した我が国の三大湾の高潮最大潮位偏差についての研究レビュー	森 信人, 福井 信気, 志村 智也	2020	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 76(1), 1-6.
4202025	日本海-オホーツク海経路の冬季爆弾低気圧の将来変化と最大高潮水位への影響	野村 明弘, 猿渡 亜由未, 渡部 靖憲	2023	土木学会論文集, 79(17), 23-17038.
4202026	SSP585 シナリオを用いた 2019 年台風 19 号に伴う東京湾の高潮の疑似温暖化実験	樽澤 矩樹, 中村 亮太, 大泉 洸太	2022	土木学会論文集 B3 (海洋開発), 78(2), I_349-I_354.
4202027	勢力を増す台風 ～我々はどのようなリスクに直面しているのか～ 2023	環境省	2023	—
4202028	2022 年台風 14 号の高潮に関する疑似温暖化進路アンサンブル実験	吉野 純, 栗野 優真, 小林 智尚	2023	土木学会論文集, 79(17), 23-17166.
4202029	2022 年度 S-18 プロジェクト研究成果報告 自然災害・水資源分野を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価 高潮・高波等を対象とした沿岸域への気候変動影響予測と適応策の評価	森 信人, 二宮 順一, 志村 智也, 宮下 卓也, Ho Tungcheng, 今井 優樹, 加藤 史訓, 本多 和彦	2023	2022 年度環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書, サブテーマ 3(2)
4202030	Cost-benefit analysis of adaptation to storm surge due to climate change in Osaka Bay, Japan	Ha, S., Tatano, H., Mori, N., Fujimi, T., & Jiang, X.	2021	Climatic Change, 169(3), 23.
4202031	気候変動の観測・予測・影響評価に関する統合レポート「日本の気候変動とその影響(2012 年度版)」	文部科学省, 気象庁, 環境省	2013	—
4202032	MRI-AGCM3.2H アンサンブル実験を用いた高潮の将来変化予測に関する研究	安田 誠宏, 山本 耀介, 森 信人, 間瀬 肇	2016	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 72(2), I_1477-I_1482.

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4202033	Future changes in extreme storm surges based on mega-ensemble projection using 60-km resolution atmospheric global circulation model	Mori, N., Shimura, T., Yoshida, K, Mizuta, R., Okada, Y., Fujita, M., Khujanazarov, T., & Nakakita, E.	2019	Coastal Engineering Journal, 61(3), 295-307.
4202034	気候変動を考慮した可能最大高潮の長期変動予測技術の開発	吉野 純, 高島 利紗, 小林 智尚	2014	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 70(2), I_1251-I_1255.
4202035	気候変動に伴う最大クラス台風経路と高潮偏差および再現期間の推定 ー伊勢湾における検討ー	澁谷 容子, 中條 壮大, 森 信人, 金 洙列, 間瀬 肇	2015	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 71(2), I_1513-I_1518.
4202036	Bias Correction in Typhoon and Storm Surge Projection Considering Characteristics of Global Climate Model MRI-AGCM3.2S	Hashimoto, N., Kinashi, N., Kawashima, T., Yokota, M., Yamashiro, M., & Kodama, M.	2015	Journal of Disaster Research, 10(3), 448-456.
<u>4202037</u>	大規模アンサンブル気候予測データベース(d4PDF)を活用した設計外力相当の高潮・波浪に対する気候変動の影響評価手法の検討	五十嵐 雄介, 野口 七海, 中國 大介, 牛木 賢司, 秩父 宏太郎, 渡邊 国広, 森 信人	2022	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 78(2), I_967-I_972.
<u>4202038</u>	Global warming changes tropical cyclone translation speed	Yamaguchi, M., Chan, J., Moon, J, Yoshida, K & Mizuta, R.	2020	Nature Communications, 11(1), 47.
<u>4202039</u>	MRI-AGCM150 年予測を用いた気候変動に伴う爆弾低気圧の将来変化と日本沿岸波浪への影響	小池 宏之進, 森 信人, 志村 智也, 宮下 卓也, 二宮 順一	2021	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 77(2), I_955-I_960.
4202040	Future Projection of Ocean Wave Climate: Analysis of SST Impacts on Wave Climate Changes in the Western North Pacific	Shimura, T., Mori, N., & Mase, H.	2015	Journal of Climate, 28(8), 3171-3190.
4202041	Variability and future decreases in winter wave heights in the Western North Pacific	Shimura, T., Mori, N., & Hemer, M.	2016	Geophysical Research Letters, 43(6), 2716-2722.
4202042	気候変動の観測・予測・影響評価に関する統合レポート 2018～日本の気候変動とその影響～	環境省, 文部科学省, 農林水産省, 国土交通省, 気象庁	2018	ー
4202043	信頼度の高い近未来予測技術の開発及び超高解像度ダウンスケーリング技術の開発 街区・港湾スケールの力学的ダウンスケーリング技術開発	森 信人	2020	気候変動適応技術社会実装プログラム成果集, 27-28.
4202044	地球温暖化による防波堤の滑动遭遇確率の変化	河合 弘泰	1999	地球環境シンポジウム講演論文集, 7, 321-326.
4202045	地球温暖化に起因する気候変動に対する港湾政策のあり方 (答申)	交通政策審議会	2009	ー
4202046	Variation of sliding failure probability of breakwater caisson due to global warming	Kawai, H	2000	Proceedings of the Symposium on Global Environment, 7, 321-326.
4202047	Effect of Climate Change on Performance-Based Design of Caisson Breakwaters	Kyung-Duck Suh, Seung-Woo Kim, Mori, N., & Mase, H.	2012	Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 138(3), 215-225.
4202048	Stability analysis of composite breakwater with wave-dissipating blocks considering increase in sea levels, surges and waves due to climate change	Mase, H., Tsujio, D., Yasuda, T., & Mori, N.	2013	Ocean Engineering, 71, 58-65.
4202049	地球温暖化に伴う海象要因変化が海岸構造物の安全性能に及ぼす影響評価	玉田 崇, 間瀬 肇	2011	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 67(2), I_1216-I_1220.
4202050	Future Projections of Extreme Ocean Wave Climates and the Relation to Tropical Cyclones: Ensemble Experiments of MRI-AGCM3.2H	Shimura, T., Mori, N., & Mase, H.	2015	Journal of Climate, 28(24), 9838-9856.
4202051	Projection of tropical cyclone-generated extreme wave climate based on CMIP5 multi-model ensemble in the Western North Pacific	Shimura, T., Mori, N., & Hemer, M.	2017	Climate Dynamics, 49(4), 1449-1462.
<u>4202052</u>	d4PDF を用いた設計波高の将来変化の効率的な推定手法	野村 明弘, 佐藤 典之, 石川 浩希, 早川 哲也, 岩崎 慎介, 大塚 淳一, 森 信人, 渡部 靖憲	2022	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 78(2), I_937-I_942.
<u>4202053</u>	d4PDF を活用した土佐湾沿岸の高潮・波浪に対する気候変動の影響検討	中道 誠, 佐藤 慎司, 小林 賢也, 高山 靖史, 亀田 知沙	2023	土木学会論文集, 79(17), 23-17046.
<u>4202054</u>	d4PDF の WRF ダウンスケーリング計算による将来気候の確率波高の推定	田中 陽二, Manawasekara Chathura, Amunugama Mangala, 鈴山 勝之	2023	土木学会論文集, 79(17), 23-17017.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4202055	「気候変動適応情報プラットフォーム」インフォグラフィック「高潮・高波」	国立環境研究所	2022	https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/infographic/4_highWaveHighTide.html (2025/9/28 閲覧)
4202056	全球堤防データを用いた浸水被害域の推定結果とその検証 ―日本、ベトナムおよび中国沿岸域を対象として―	豊田 慎伍, 桑原 祐史	2020	土木学会論文集 G (環境), 76(5), I_311-I_318.
4202057	計画規模を上回る高潮に対する防潮施設の機能強化に関する数値的検討	二村 昌樹, 川崎 浩司, 西田 修三, 村上 智一, 下川 信也	2021	土木学会論文集 B3 (海洋開発), 77(2), I_277-I_282.
4202058	港湾立地企業における気候変動リスク評価手法ガイドライン (Ver.1.0)	港湾における気候関連情報開示の物理的リスク評価等に関する検討委員会	2025	—
4202059	協働防護計画作成ガイドライン (Ver.1.0)	国土交通省	2025	—
4202060	直立護岸におけるブルノーズの設置高と突出距離に関する数値実験	原 知聡, 武田 将英, 倉原 義之介, BALQIS Ain Natasha, 山城 賢, 児玉 充由, 坂本 聡太, 新免 和明, 間瀬 肇	2023	土木学会論文集, 79(17), 23-17110.
4202061	大阪湾における台風 21 号 Jebi による高潮および想定最大規模高潮の再現期間の推定	安田 誠宏, 飯塚 麻莉, 横山 彼杜, KIM Sooyoul	2021	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 77(2), I_67-I_72.
4202062	大阪湾の港湾の防災・減災に活用する高潮早見図の試作	井瀬 肇, 田所 篤博, 原 信彦, 樋口 直人, 松林 清志, 井上 省吾, 本多 和彦, 河合 弘泰	2021	土木学会論文集 B3 (海洋開発), 77(2), I_283-I_288.
4202063	気象分野の最近のトピックス 気候変動による全球波浪・高潮特性の将来変化予測研究の進展	志村 智也	2023	日本風工学会誌, 48(3), 253-260.
4202064	気候変動を踏まえた海岸保全のあり方提言【概要】	気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会	2020	—
4202065	農林水産省気候変動適応計画	農林水産省	2023	—

(3) 海岸侵食

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4203001	日本の気候変動 2025 ―大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書―	文部科学省, 気象庁	2025	—
4203002	Linkages among interannual variations of shoreline, wave and climate at Hasaki, Japan	Kuriyama, Y., Banno, M., & Suzuki, T.	2012	Geophysical Research Letters, 39(6)
4203003	Regime shifts in the multi-annual evolution of a sandy beach profile	Kuriyama, Y., & Yanagishima, S.	2018	Earth Surface Processes and Landforms, 43(15), 3133-3141.
4203004	気象・海象変化に伴うサロマ湖沿岸域の地形変化特性	時沢 武史, 中村 雅博, 橋本 孝治, 酒向 章哲, 山下 俊彦	2017	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 73(2), I_775-I_780.
4203005	サロマ湖第二湖口周辺の漂砂特性への気象変化の影響	山下 俊彦, 押田 亮祐, 富沢 進一, 佐藤 誠, 時沢 武史, 山上 佳範	2014	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 70(2), I_606-I_610.
4203006	物部川流砂系海岸の海浜変形に及ぼす気候変動の影響	中道 誠, 佐藤 慎司, 多田 直人, 高山 靖史, 山本 隼也, 松本 知晃	2022	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 78(2), I_535-I_540.
4203007	気候変動による平均波向の将来変化が高知海岸の海浜変形に及ぼす影響	中道 誠, 佐藤 慎司, 松本 知晃	2024	土木学会論文集, 80(17), 24-17138.
4203008	気候変動を踏まえた海岸保全のあり方提言	気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会	2020	—
4203009	Effect of Spatial Resolution on Nationwide Projection of Future Beach Loss Rate in Japan	Takeda, Y., & Udo, K.	2020	Journal of Coastal Research, 95(sp1), 1310-1314.

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4203010	2022 年度 S-18 プロジェクト研究成果報告 自然災害・水資源分野を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価 高潮・高波等を対象とした沿岸域への気候変動影響予測と適応策の評価	森 信人, 二宮 順一, 志村 智也, 宮下 卓也, Ho Tungcheng, 今井 優樹, 加藤 史訓, 本多和彦	2023	2022 年度環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書, サブテーマ 3(2)
4203011	XBeach を用いた海面上昇を考慮した海浜断面地形の長期予測	鈴木 樹, 大家 隆行, 辻尾 大樹, 熊谷 健蔵, 加藤 史訓, 森 信人	2023	土木学会論文集, 79(17), 23-17082.
4203012	環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書 日本の気候変動影響と適応策 ーレジリエントで持続可能な社会に向けてー	三村 信男他 (編)	2025	—
4203013	Projection of decrease in Japanese beaches due to climate change using a geographic database	Mori N, Nakajo, S., Iwamura, S., & Shibutani, Y.	2018	Coastal Engineering Journal, 60(2), 239-246.
4203014	IPCC AR6 WGI Summary for Policymakers B.5.3	IPCC	2021	IPCC AR6 WGI Summary for Policymakers
4203015	海面上昇に伴う淡路島沿岸砂浜の消失将来予測と支配要因についての検討	宇野 宏司, 重松 直樹, 柿木 哲哉	2020	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 76(2), I_1123-I_1128.
4203016	Shoreline change caused by the increase in wave transmission over a submerged breakwater due to sea level rise and land subsidence	Kuriyama, Y., & Banno, M.	2016	Coastal Engineering, 112, 9-16.
4203017	日本の 5 海岸における過去の長期汀線変化特性と気候変動による将来の汀線変化予測	吉田 惇, 有働 恵子, 真野 明	2012	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 68(2), I_1246-I_1250.
4203018	海面上昇に伴う全国砂浜侵食量の推定	須川 太一, 有働 恵子, 三村 信男, 真野 明	2011	土木学会論文集 B, 2, 1196-1200.
4203019	潮位による影響及び時間的異質性を考慮した汀線変動モデルの構築と将来予測	伴野 雅之, 栗山 善昭	2013	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 69(2), I_541-I_545.
4203020	気候変動に伴う海面上昇と波浪特性の変化が汀線に及ぼす影響 ー鳥取砂丘海岸をケーススタディーとしてー	澁谷 容子, 藤原 伸泰, 森 信人, 黒岩 正光, 志村 智也	2017	土木学会論文集 B3 (海洋開発), 73(2), I_546-I_551.
4203021	気候変動に伴う沿岸外力変化が汀線変化へ及ぼす影響評価ー海面水温アンサンブル実験を用いた検討ー	林 健太郎, 志村 智也, 森 信人, 間瀬 肇	2015	土木学会論文集 B3 (海洋開発), 69(2), I_778-I_783.
4203022	気候変動に伴う波浪特性の変化が皆生海岸の地形に与える影響について	小坂田 祐紀, 澁谷 容子, 森 信人, 志村 智也, 黒岩 正光, 松原 雄平	2016	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 72(2), I_847-I_852.
4203023	気候変動による沿岸外力特性の変化が海浜に及ぼす影響ー鳥取県浦富海岸ー	林 健太郎, 澁谷 容子, 黒岩正光, 森 信人, 間瀬 肇	2015	土木学会論文集 B3 (海洋開発), 71(2), I_419-I_424.
4203024	「気候変動適応情報プラットフォーム」インフォグラフィック「海岸侵食」	国立環境研究所	2022	https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/infographic/4_coasterosion.html (2025/9/28 閲覧)
4203025	Combining gray and green infrastructure to improve coastal resilience: lessons learnt from hybrid flood defenses	Waryszak, P., Gavioille, A., Whitt, A., Kelvin, J & Macreadie, P.	2021	Coastal Engineering Journal, 63(3), 335-350.
4203026	将来の海岸侵食の定量評価とブルーカーボン生態系による波浪減衰	伴野 雅之	2022	沿岸海洋研究, 60(1)
4203027	Ocean Acidification limits temperature-induced poleward expansion of coral habitats around Japan	Yara Y, Vogt M, Fujii M, Yamano H, Hauri C, Steinacher M, Gruber N., & Yamanaka Y.	2012	Biogeosciences, 9(12), 4955-4968.
4203028	Potential future coral habitats around Japan depend strongly on anthropogenic CO ₂ emissions	Yara, Y , Yamano, H., Steinacher, M, Fujii, M, Vogt, M., Gruber, N, & Yamanaka, Y.	2016	Aquatic Biodiversity Conservation and Ecosystem Services, 41-56.

【山地】

(1) 土石流・地すべり・土砂流出等

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4301001	Evaluating the effects of climate change on different stages of weathering in some granitic and granodioritic landslide prone areas of Japan	Imam, M. H., Oguchi, C. T., Wakatsuki, T., & Ueda, M.	2024	Modeling Earth Systems and Environment, 10(4), 4787-4801.
4301002	水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について（答申）	国土交通省社会資本整備審議会	2008	—
4301003	平成 23 年度気候変動に対応した森林の水土保持機能の向上方策検討調査	林野庁	2012	—
4301004	気候変動を踏まえた砂防技術検討会 令和 5 年度版とりまとめ	気候変動を踏まえた砂防技術検討会	2024	—
4301005	Effects of climate change on sediment disasters in Japan	Uchida, T., Hiraoka, M., Kato, N., Sakai, Y., Kamiyama, J., Yamakawa, Y., Tsou, C.-Y., Naka, Y., Wu, Y., Yamanoi, K., Shuin, Y., Hotta, N., & Chiba, M.	2024	INTERPRAEVENT, A09, 57-61.
4301006	気候変動と防災・危機管理 増大する土砂災害リスクとその対策	小山 倫史	2022	21 世紀ひょうご, 32, 30-47.
4301007	歴史的に見た近年の土砂災害の特徴	内田 太郎, 西口 幸希	2011	砂防学会誌, 64(2), 58-64.
4301008	気候変動を見据えた土砂災害対策の必要性	平松 晋也	2022	砂防学会誌, 74(6), 1-2.
4301009	日本の気候変動 2025 一大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書一	文部科学省, 気象庁	2025	—
4301010	一連降雨によって引き起こされる土砂移動現象の変化	小山内 信智, 富田 陽子, 水野 秀明, 桂 真也, 山田 孝, 権田 豊, 菊池 英明, 島田 徹, 吉田 真也, 山下 勝, 石塚 忠範, 山越 隆雄	2011	砂防学会研究発表会概要集, 6-7.
4301011	土砂災害被害と降雨確率規模、災害発生頻度の関係	林 真一郎, 内田 太郎, 蒲原 潤一	2014	土木技術の総合情報誌, 56(1), 40-43.
4301012	2011 年台風 12 号における降雨量と斜面崩壊特性	内田 太郎, 佐藤 匠, 水野 正樹, 林 真一郎, 岡本 敦	2012	土木技術の総合情報誌, 54(10), 10-13.
4301013	Catastrophic landslide disasters triggered by record-breaking rainfall in Japan : Their Accurate Detection with Normalized Soil Water Index in the Kii Peninsula for the Year 2011	Saito, H., & Matsuyama, H.	2012	SOLA, 8, 081-084.
4301014	日本列島における土砂災害発生危険性を高めた大雨の空間分布とその地域的特徴	瓜田 真司, 齋藤 仁, 中山 大地, 泉 岳樹, 松山 洋	2011	地学雑誌, 120(4), 615-630.
4301015	2013 年 7 月下旬及び 8 月 9 日豪雨により東北地方で発生した土砂災害	井良沢 道也, 檜垣 大助, 伊藤 英之, 蒲原 潤一, 丹羽 諭, 堀 和彦, 鈴木 立男, 山科 真一, 三嶋 昭二	2014	砂防学会誌, 66(5), 53-60.
4301016	2016 年 8 月 30 日台風 10 号による岩手県岩泉町及び宮古市における土砂災害	井良沢 道也, 檜垣 大助, 小岩 直人, 高橋 未央, 岡本 隆, 安野 雅満, 多田 信之, 中島 達也, 新井 瑞穂, 落合 達也, 笠原 亮一, 齋藤 彰朗, 佐藤 聡, 広瀬 伸二, 講武 学, 佐藤 達也, 大坪 俊介, 真壁 さくら	2017	砂防学会誌, 69(6), 71-79.
4301017	平成 28 年台風 10 号豪雨により北海道十勝地方で発生した土砂流出	小山内 信智, 笠井 美青, 林 真一郎, 桂 真也, 古市 剛久, 伊倉 万理, 高坂 宗昭, 藤浪 武史, 水垣 滋, 阿部 孝章, 布川 雅典, 吉井 厚志, 紅葉 克也, 渡邊 康玄, 塩野 康浩, 宮崎 知与, 澤田 雅代, 早川 智也, 松岡 暁, 佐伯 哲朗, 稲葉 千秋, 永田 直己, 松岡 直基, 井上 涼子	2017	砂防学会誌, 69(6), 80-91.
4301018	気候変化が土砂災害に及ぼす影響に関する研究委員会最終報告	砂防学会「気候変化が土砂災害に及ぼす影響に関する研究委員会」	2011	—
4301019	降雨規模と斜面崩壊・土石流の発生確率及び生産土砂量の時系列的な関係分析	林 真一郎, 内田 太郎, 奥山 悠木, 丹波 諭, 蒲原 潤一, 武蔵 由育, 小林 真之, 鈴木 伴征	2014	砂防学会研究発表会概要集, 72, B-46-B-47.

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4301020	Historical Patterns of Heavy Rainfall Event and Deep-Seated Rapid Landslide Occurrence in Japan: Insight for Effects of Climate Change on Landslide Occurrence	Uchida, T., Sakurai, W., & Okamoto, A.	2017	In Workshop on World Landslide Forum: Advancing Culture of Living with Landslides, 251-257.
4301021	平成 25 年 10 月伊豆大島豪雨災害における土砂流下範囲と被害発生時刻	秋山 怜子, 石塚 忠範, 吉永 子規, 水谷 佑, 森田 耕司	2014	砂防学会誌, 67(4), 3-12.
4301022	2013 年 10 月 16 日台風 26 号による伊豆大島土砂災害	石川 芳治, 池田 暁彦, 柏原 佳明, 牛山 素行, 林 真一郎, 森田 耕司, 飛岡 啓之, 小野寺 智久, 宮田 直樹, 西尾 陽介, 小川 洋, 鈴木 崇, 岩佐 直人, 青木 規, 池田 武穂	2014	砂防学会誌, 66(5), 61-72.
4301023	2017 年 7 月の九州北部豪雨による土砂災害	丸谷 知己, 海堀 正博, 地頭 蘭隆, 水野 秀明, 大野 宏之, 清水 収, 久保田 哲也, 植弘 隆, 金澤 瑛, 河野 貴則, 古賀 省三, 小林 央宜, 小林 拓也, 坂島 俊彦, 酒谷 幸彦, 相楽 涉, 篠原 慶規, 鈴木 大和, 高木 将行, 鳥田 英司, 中濃 耕司, 藤澤 康弘, 山口 和也, 山田 勇智	2017	砂防学会誌, 70(4), 31-42.
4301024	流砂・流木を伴う洪水流の解析 ―2017 年 7 月九州北部豪雨による赤谷川洪水を対象として―	原田 大輔, 江頭 進治	2018	土木学会論文集 B1 (水工学), 74(4), I_937-I_942.
4301025	2018 年 7 月西日本豪雨災害調査報告書	公益社団法人土木学会中国支部	2018	—
4301026	激化する災害への備え	木下 誠也	2020	危機管理学研究(4), 20-33.
4301027	Runout characteristics and grain size distribution of large-scale debris flows triggered by deep catastrophic landslides	Nishiguchi, Y., Uchida, T., Takezawa, N., Ishizuka, T., & Mizuyama, T.	2012	International Journal of Erosion Control Engineering, 5(1), 16-26.
4301028	日本の天然ダムと対応策	水山 高久, 森 俊勇, 坂口 哲夫, 井上 公夫	2011	—
4301029	大規模土砂生産後の土砂流出	内田 太郎, 丹羽 諭, 蒲原 潤一	2014	土木技術の総合情報誌, 56(10), 24-27.
4301030	中長期の自然災害リスクに関する分析結果を公表～都道府県別の災害リスクエリア内人口の推移を分析しました～	国土交通省国土政策局総合計画課	2020	—
4301031	気候変動下における土砂災害対策を取り巻く状況	気候変動を踏まえた砂防技術検討会	2023	—
4301032	Changes in the factors contributing to the reduction of landslide fatalities between 1945 and 2019 in Japan	Shinohara, Y., & Kume, T.	2022	Science of the Total Environment, 827, 154392.
4301033	地球温暖化予測情報 第 8 巻	気象庁	2013	—
4301034	気候変動監視レポート 2013	気象庁	2014	—
4301035	地球温暖化が全国の裸地斜面の凍結融解特性に与える影響評価	泉山 寛明, 堤 大三, 藤田 正治	2010	京都大学防災研究所年報. B, 53(B), 545-552.
4301036	Effect of forest clear-cutting on landslide occurrences: Analysis of rainfall thresholds at Mt. Ichifusa, Japan	Saito, H., Murakami, W., Daimaru, H., & Oguchi, T.	2017	Geomorphology, 276, 1-7.
4301037	流域の土砂生産・流出と自然環境変化の相互作用に関する研究報告書	社団法人砂防学会	2011	砂防学会報告書
4301038	局所豪雨や表層斜面崩壊リスクへの気候変動影響	中北 英一	2021	砂防学会誌, 74(1), 1-2.
4301039	FUTURE CHANGE OF RAINFALL—TRIGGERED LANDSLIDE RISK USING NHRCM05 BASED ON CRITICAL LINE METHOD	Wu, Y. H., Nakakita, E., & Kunitomo, M.	2020	Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering), 76(2), I_67-I_72.
4301040	アンサンブル気候変動予測を用いた流出土砂量への影響評価	木戸 理歩, 井上 卓也, 鳩野 美佐子, 山野井 一輝	2022	土木学会論文集 B1 (水工学), 78(2), I_55-I_60.
4301041	気候変動による土砂崩壊の将来変化	植村 昌一, 平松 晋也, 鈴木 博人	2022	日本地すべり学会誌, 59(6), 237-247.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4301042	国民参加による気候変動情報収集・分析事業 各地方公共団体の年度別事業成果報告 茨城県令和3年度	茨城県地域気候変動適応センター	2022	—
4301043	SiMHIS と NHRCM05 出力データを用いた土砂・洪水災害の将来変化に関する研究	山野井 一輝, 藤田 正治, 鈴木 豪太	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_481-I_486.
4301044	日本全域における人口変動に伴う洪水・内水氾濫・斜面崩壊の曝露人口の変化	柳原 駿太, 風間 聡, 川越 清樹	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_1375-I_1380.
4301045	気候モデルを用いた将来の土砂災害被害額推計	川越 清樹, 江坂 悠里, 伊藤 圭祐, 脇岡 靖明	2014	土木学会論文集 G (環境), 70(5), I_167-I_175.
4301046	気温・降水量との関係を踏まえた 2020 年の積雪深の特徴と将来変化傾向の推計	齋藤 奏磨, 松本 綾乃, 渡部 哲史	2020	土木学会論文集 G (環境), 76(5), I_261-I_267.
4301047	北海道を対象とした流域水収支の検証に基づく高解像度ダウンスケーリング気候情報の推定	上田 聖也, 中津川 誠, 白谷 友秀	2020	土木学会論文集 B1 (水工学), 76(2), I_25-I_30.
4301048	気候変動を考慮した厚真川流域にある火山灰斜面の地盤災害リスク評価	千田 侑磨, 川村 志麻, 鈴木 大貴	2020	地盤工学会北海道支部技術報告集
4301049	気候変動に伴う降雨と融雪を誘因とする斜面災害発生危険度の推定	片寄 陸, 中津川 誠, 石川 達也	2022	土木学会論文集 B1 (水工学), 78(2), I_91-I_96.
4301050	気候変動を考慮した融雪期土砂災害の危険度評価手法の確立	川村 志麻, 石川 達也, 所 哲也	2023	一般財団法人北海道河川財団 研究所紀要(XXXIV)
4301051	庄川流域を対象とした融雪出水に対する気候変動の影響	新井 涼允, 豊田 康嗣, 大庭 雅道, 佐藤 隆宏, 風間 聡	2020	土木学会論文集 G (環境), 76(5), I_109-I_119.
4301052	気候変動を踏まえた砂防技術検討会 中間とりまとめ	気候変動を踏まえた砂防技術検討会	2020	—
4301053	気候変動による降水量変化が河川流域の流木災害リスクへ与える影響に関する評価	矢野 真一郎, 土橋 将太, 笠間 清伸, 竹村 大, 富田 浩平, 楊 東, 津末 明義	2018	土木学会論文集 B1 (水工学), 74(4), I_1327-I_1332.
4301054	国土交通省気候変動適応計画	国土交通省	2015	—
4301055	森林のグリーンインフラ機能向上による災害抑止効果の計測	山田 歩, 武藤 慎一, 相馬 一義	2022	土木学会論文集 D3 (土木計画学), 77(5), I_117-I_125.
4301056	Impact of Vegetation Differences on Shallow Landslides: A Case Study in Aso, Japan	Asada, H., Minagawa, T.	2023	Water, 15(18), 3193.
4301057	Quantifying effects of changes in forest age distribution on the landslide frequency in Japan	Lusiana, N., Shinohara, Y., & Imaizumi, F.	2024	Natural Hazards, 120(9), 8551-8570.

【その他】

(1) 強風等

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4401001	IPCC AR6 WGI Full Report 12.4.2.3	IPCC	2021	IPCC AR6 WGI Full Report
4401002	IPCC AR6 WGI Summary for Policymakers A.3.4	IPCC	2021	IPCC AR6 WGI Summary for Policymakers
4401003	日本の気候変動 2025 一大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書一	文部科学省, 気象庁	2025	—
4401004	Change in the Occurrence Frequency of Landfalling and Non—Landfalling Tropical Cyclones over the Northwest Pacific	Xiao, Mingzhong	2021	Journal of Climate, 34(8), 3145-3155.
4401005	気象分野の最近のトピックス 台風強度に関する近年の研究の進展について	伊藤 耕介	2023	日本風工学会誌, 48(3), 261-267.
4401006	Increase in the Number of Tropical Cyclones Approaching Tokyo since 1980	Yamaguchi, M., & Maeda, S	2020	Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II, 98(4), 775-786.
4401007	近年に発生した熱帯低気圧特性が台風統計量に及ぼす影響についての確率台風モデルを用いた検討	中條 壮大, 森 信人	2021	土木学会論文集 B3 (海洋開発), 77(2), I_781-I_786.
4401008	JRA-55 を用いた日本周辺の冬期低気圧の長期変動特性について	森 信人, 千綿 蒔, 二宮 順一, 間瀬 肇	2017	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 73(2), I_487-I_492.

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4401009	平成 30 年台風第 21 号 平成 30 年台風 21 号による建物等の強風被害について	野田 稔	2019	季刊消防防災の科学, 137, 18-28.
4401010	【速報】台風 1915 号(FAXAI)がもたらした強風災害について	小林 文明, 佐藤 英一, 友清 衣利子, 野田 稔, Gavanski Eri, 高館 祐貴, 高森 浩治, 木村 吉郎, 中藤 誠二, 森山 英樹, 鈴木 覚, 重永 永年, 服部 力, 松井 正宏, 岩下 久人	2020	日本風工学会誌, 45(1), 30-39.
4401011	2019 年台風 15 号(Faxai)により東京湾沿岸で発生した強風,高潮・高波災害の被害調査	山本 晴彦, 兼光 直樹, 兼光 直樹, 宮川 雄太, 宮川 雄太, 大谷 有紀, 渡邊 祐香, 坂本 京子, 岩谷 潔	2020	自然災害科学, 39(2), 113-136.
4401012	2019 年の台風災害 2019 年の台風 15 号および 19 号による人的被害と住家被害の特徴	友清 衣利子, 西嶋 一欽	2021	日本風工学会誌, 46(1), 29-34.
4401013	Tornado Disaster 2012 in Northern Kanto and the Features of Tornado Disasters in Japan	Maeda, J., & Tomokiyo, E.	2013	Journal of Disaster Research, 8(6), 1078-1083.
4401014	IPCC AR6 WGI Full Report 11.7.1.2	IPCC	2021	IPCC AR6 WGI Full Report
4401015	IPCC AR6 WGII Full Report 10.4.6.3.5	IPCC	2021	IPCC AR6 WGII Full Report
4401016	Projection of the Future Changes in Tropical Cyclone Activity Affecting East Asia over the Western North Pacific Based on Multi-RegCM4 Simulations	Wu, J., Gao, X., Zhu, Y., Shi, Y., & Giorgi, F	2022	Advances in Atmospheric Sciences, 39(2), 284-303.
4401017	CMIP6 HighResMIP 実験にもとづく MPI 理論を用いた熱帯低気圧強度の長期評価	伊藤 駿, 森 信人, 志村 智也, 宮下 卓也	2023	土木学会論文集, 79(17), 23-17171.
4401018	Future changes in typhoons and storm surges along the Pacific coast in Japan: proposal of an empirical pseudo-global-warming downscaling	Toyoda, M., Yoshino, J., & Kobayashi, T.	2022	Coastal Engineering Journal, 64(1), 190-215.
4401019	A Multimodel Intercomparison of an Intense Typhoon in Future, Warmer Climates by Four 5-km-Mesh Models	Kanada, S., Takemi, T., Kato, M., Yamasaki, S., Fudeyasu, H., Tsuboki, K., Arakawa, O., & Takayabu, I.	2017	Journal of Climate, 30(15), 6017-6036.
4401020	スラブ海洋結合全球大気気候モデルを用いた月固定 EA 実験による顕著台風発生条件における台風特性評価	岡田 智晴, 志村 智也, 森 信人, 宮下 卓也, 水田 亮	2023	土木学会論文集, 79(17), 23-17168.
4401021	Attribution of Projected Future Changes in Tropical Cyclone Passage Frequency over the Western North Pacific	Yokoi, S., Takayabu, Y. N., & Murakami, H.	2013	Journal of Climate, 26(12), 4096-4111.
4401022	Future increase of supertyphoon intensity associated with climate change	Tsuboki, K., Yoshioka, M. K., Shinoda, T., Kato, M., Kanada, S., & Kitoh, A.	2015	Geophysical Research Letters, 42(2), 646-652.
4401023	Future changes in extreme storm surges based on mega-ensemble projection using 60-km resolution atmospheric global circulation model	Mori, N., Shimura, T., Yoshida, K., Mizuta, R., Okada, Y., Fujita, M., Khujanazarov, T., & Nakakita, E.	2019	Coastal Engineering Journal, 61(3), 295-307.
4401024	気候変動を踏まえた海岸保全のあり方提言	気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会	2020	—
4401025	大規模アンサンブル気候予測データベース(d4PDF)の台風を対象としたバイアス補正手法とその将来変化予測	有村 盾一, 邱 睿, 岡安 徹也, 秩父 宏太郎, 渡邊 国広, 森 信人	2021	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 77(2), I_973-I_978.
4401026	全球確率台風モデルを用いた将来の台風特性の都市域スケールでの評価	中條 壮大, 森 信人	2020	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 76(2), I_1141-I_1146.
4401027	Effects of global warming on the impacts of Typhoon Mireille (1991) in the Kyushu and Tohoku regions	Takemi, T., Ito, R., & Arakawa, O.	2016	Hydrological Research Letters, 10(3), 81-87.
4401028	A Possible Reduction in the Severity of Typhoon Wind in the Northern Part of Japan under Global Warming: A Case Study	Ito, R., Takemi, T., & Arakawa, O	2016	Sola, 12, 100-105.
4401029	Climate model-based probabilistic assessment of wind risk for residential buildings under projected climate change	Zhang, S., Nishijima, K., & Maruyama, T.	2014	Civil Engineering and Environmental Systems, 31(2), 98-110.
4401030	大規模アンサンブル気候予測データをを用いた爆弾低気圧の将来変化	高 裕也, 二宮 順一, 森 信人	2018	土木学会論文集 B1 (水工学), 74(4), I_175-I_180.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4401031	Projecting changes in explosive cyclones and high waves around Japan using a mega—ensemble projection, Ocean Engineering	Ninomiya, J., Taka, Y., & Mori, N	2021	Ocean Engineering, 237, 109634.
4401032	Evaluation of tornadic environments and their trends and projected changes in Japan	Kawazoe, S., Inatsu, M., Fujita, M., Sugimoto, S., Okada, Y., & Watanabe, S.	2023	npj Climate and Atmospheric Science, 6(1), 199.
4401033	Future Change of Tornadogenesis-Favorable Environmental Conditions in Japan Estimated by a 20-km-Mesh Atmospheric General Circulation Model	Muramatsu, T., Kato, T., Nakazato, M., Endo, H., & Kitoh, A.	2016	Journal of the Meteorological Society of Japan, 94A, 105-120.
4401034	地球温暖化予測情報 第8巻	気象庁	2013	—
4401035	A preliminary impact assessment of typhoon wind risk of residential buildings in Japan under future climate change	Nishijima, K., Maruyama, T., & Graf, M.	2012	Hydrological Research Letters, 6, 23-28.
4401036	確率台風モデルを用いた近未来台風リスク評価	楠原 啓右, 今田 由紀子, 井芹 慶彦, 森 正人, 鼎 信次郎	2012	土木学会論文集 B1 (水工学), 68(4), I_445-I_450.
4401037	超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測に関する研究 平成23年度研究成果報告書	文部科学省研究開発局 21世紀気候変動予測革新プログラム	2013	—
4401038	水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について（答申）	国土交通省社会資本整備審議会	2008	—
4401039	Projection of impacts of climate change on windthrows and evaluation of potential adaptation measures in forest management: A case study from empirical modelling of windthrows in Hokkaido, Japan, by Typhoon Songda (2004)	Takano, K. T., Nakagawa, K., Aiba, M., Oguro, M., Morimoto, J., Furukawa, Y., Mishima, Y., Ogawa, K., Ito, R., & Takemi, T.	2016	Hydrological Research Letters, 10(4), 132-138.
4401040	令和元年房総半島台風を踏まえた建築物の強風対策の方向性	国土交通省	2020	—

【複合的な災害影響】

(1) 複合的な災害影響

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4501001	日本の気候変動 2025 一大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書—	文部科学省, 気象庁	2025	—
4501002	2017年7月の九州北部豪雨による土砂災害	丸谷 知己, 海堀 正博, 地頭 菌隆, 水野 秀明, 大野 宏之, 清水 収, 久保田 哲也, 植 弘隆, 金澤 瑛, 河野 貴則, 古賀 省三, 小林 央宜, 小林 拓也, 坂島 俊彦, 酒谷 幸彦, 相楽 渉, 篠原 慶規, 鈴木 大和, 高木 将行, 鳥田 英司, 中濃 耕司, 藤澤 康弘, 山口 和也, 山田 勇智	2017	砂防学会誌, 70(4), 31-42.
4501003	平成30年7月豪雨により広島県で発生した土砂災害	海堀 正博, 長谷川 祐治, 山下 祐一, 崎田 博史, 中井 真司, 桑田 志保, 平松 晋也, 地頭 菌隆, 井良沢 道也, 清水 収, 今泉 文寿, 中谷 加奈, 柏原 佳明, 加藤 誠章, 鳥田 英司, 平川 泰之, 吉永 子規, 田中 健路, 林 拙郎	2018	砂防学会誌, 71(4), 49-60.
4501004	気候変動の観測・予測・影響評価に関する統合レポート 2018～日本の気候変動とその影響～	環境省, 文部科学省, 農林水産省, 国土交通省, 気象庁	2018	—
4501005	「平成30年7月豪雨」及び7月中旬以降の記録的な高温の特徴と要因について	気象庁	2018	—

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4501006	気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言～参考資料～	気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会	2019	—
4501007	気候変動を踏まえた砂防技術検討会 中間とりまとめ	気候変動を踏まえた砂防技術検討会	2020	—
4501008	令和元年台風 19 号により発生した土砂移動の実態について	滝澤 雅之, 荒井 健一, 堀口 礼顕, 新井 瑞穂, 落合 達也, 北村 啓太郎, 古賀 勇輝, 山影 修司, 三上 博司	2020	2020 年度砂防学会研究発表会概要集, 427-428.
4501009	令和元年 10 月台風 19 号豪雨により阿武隈川水系内川流域で発生した土砂移動現象について	伊倉 万理	2020	sabo, 128, 15-20.
4501010	A Proposed Simultaneous Calculation Method for Flood by River Water, Inland Flood, and Storm Surge at Tidal Rivers of Metropolitan Cities: A Case Study of Katabira River in Japan	Koyama, N., & Yamada, T.	2020	Water, 12(6), 1769.
4501011	重量氾濫による複合水害が避難に与える影響 一単位幅比力を用いた検討一	石塚 正秀, 溝淵 佳希, 渡辺 悠斗, 藤澤 一仁, 三好 正明, 岡崎 慎一郎, 吉田 秀典, 金田 義行	2024	土木学会論文集, 80(16), 23-16074.
4501012	2018 年台風 21 号 Jebi による沿岸災害調査報告	森 信人, 中條 壮大, 安田 誠宏, 片岡 智哉, 鈴木 高二朗, 有川 太郎	2018	2018 年台風 21 号 Jebi による沿岸被害調査報告書, 3-4.
4501013	力学モデルを用いた高潮・洪水の同時生起による複合氾濫リスクの評価	文部科学省	2023	気候変動予測先端研究プログラムハザード統合予測モデルの開発
4501014	大気・海洋・河川結合モデルを用いた中小河川の複合氾濫モデリング	豊田 将也, 森 信人, 金 洙列, 澁谷 容子	2022	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 78(2), I_193-I_198.
4501015	大地震後の降雨により発生した土砂災害の特徴と発生リスク	鈴木 素之, 後根 裕樹	2022	地盤工学会誌, 70(3), 26-29.
4501016	巨大広域災害と危機管理 首都直下地震の複合災害化の可能性と様相	中林 一樹	2020	自治体危機管理研究, 23, 17-36.
4501017	低気圧と前線による大雨 令和 6 年 (2024 年) 9 月 20 日～9 月 22 日	気象庁	2024	—
4501018	能登半島での地震・大雨を踏まえた水害・土砂災害対策のあり方について 提言	能登半島での地震・大雨を踏まえた水害, 土砂災害対策検討会	2025	—
4501019	2018 年北海道胆振東部地震による北広島市大曲並木地区の宅地被害の安定解析分析	橋本 隆雄, 内田 秀明, 宗川 清	2020	国土舘大学理工学部紀要, 13, 77-94.
4501020	気候変動脆弱地域の複合地盤災害リスクの評価に関する取り組み	石川 達也, 川村 志麻	2022	地盤工学会誌, 70(3), 30-34.
4501021	豪雨と地震の複合作用下におけるため池の動的挙動	泉明 良, 澤田 豊, 眞木 陸, 堀 俊和	2022	地盤工学会誌, 70(3), 22-25.
4501022	複合災害に備えた基礎自治体のレジリエントな避難所開設・運営の提案	坂田 朗夫, 川本 篤志, 井面 仁志, 白木 渡	2020	土木学会論文集 F6 (安全問題), 76(2), I_117-I_122.
4501023	複合災害に備えたホスピタリティマネジメントの要素を入れた都市・建築におけるリスク回避に関する検討: 近年の自然災害を事例として	齋藤 和希, 田中 毅弘	2021	Hospitality, (31), 37-46.
4501024	A multi-country comparative analysis of the impact of COVID-19 and natural hazards in India, Japan, the Philippines, and USA	Izumi, T., & Shaw, R.	2022	International Journal of Disaster Risk Reduction, 73, 102899.
4501025	第 21 回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会 資料 1 令和元年に発生した災害の概要と対応について	経済産業省	2019	—
4501026	SiMHIS と NHRCM05 出力データを用いた土砂・洪水災害の将来変化に関する研究	山野井 一輝, 藤田 正治, 鈴木 豪太	2021	土木学会論文集 B1 (水工学), 77(2), I_481-I_486.
4501027	気候変動下の洪水と高潮の複合災害リスク推定	三澤 公希, 風間 聡, 鈴木 武, 有働 恵子, 手塚 翔也	2014	土木学会論文集 G(環境), 70(5), I_95-I_100.
4501028	アンサンブル気候予測データ d4PDF を用いた三大湾における複合氾濫の診断的評価	豊田 将也, 森 信人, 田中 智大, 萬和 明	2023	土木学会論文集, 79(17), 23-17042.
4501029	擬似温暖化経路アンサンブル実験を用いた高潮・洪水による複合氾濫特性の評価	豊田 将也, 春山 和輝, 森 信人, 金 洙列, 吉野 純	2024	土木学会論文集, 80(17), 24-17045.
4501030	5km 力学的ダウンスケーリングを活用した気候変動による高知平野での高潮洪水複合災害リスクの影響評価	吉村 耕平	2021	環境共生, 38(1), 67-72.
4501031	東日本大震災 ～東北地方太平洋沖地震～ 関連ポータルサイト 揺れの大きかった地域における気象警報・注意報の発表基準について	気象庁	2024	https://www.jma.go.jp/jma/menu/keiho_unyo_z.html (2024/7/1 閲覧)
4501032	「令和 6 年能登半島地震」に伴う洪水警報・注意報発表基準の暫定的な運用について	気象庁	2024	—

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
4501033	宮城県河川海岸環境配慮指針	宮城県	2020	—
4501034	気仙沼市震災復興計画	気仙沼市	2011	—
4501035	気候変動を考慮した融雪期土砂災害の危険度評価手法の確立	川村 志麻, 石川 達也, 所 哲也	2023	一般財団法人北海道河川財団 研究所紀要
4501036	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.5.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
4501037	海面上昇が津波被害額に与える影響評価 一産業連関表を用いた推定法一	藤 皓介, Anawat Suppasri, Kwanchai Pakoksung, 宮本 龍, 今村 文彦, 松八重 一代	2021	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 77(2), I_1081-I_1086.
4501038	Impact of rising sea levels on future Nankai-Tonankai earthquake tsunamis: a case study of Osaka, Japan	Takabatake, T., & Kojima, T.	2023	Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards, 17(3), 595-611.
4501039	地球温暖化による防波堤の滑動遭遇確率の変化	河合 弘泰	1999	地球環境シンポジウム講演論文集, 7, 321-326.
4501040	地球温暖化に起因する気候変動に対する港湾政策のあり方 (答申)	交通政策審議会	2009	—
4501041	Variation of sliding failure probability of breakwater caisson due to global warming	Kawai H.	2000	Proceedings of the Symposium on Global Environment, 7, 321-326.
4501042	Effect of Climate Change on Performance-Based Design of Caisson Breakwaters	Kyung-Duck Suh, Seung-Woo Kim, Nobuhito Mori, & Hajime Mase.	2012	Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 138(3), 215-225.
4501043	Stability analysis of composite breakwater with wave-dissipating blocks considering increase in sea levels, surges and waves due to climate change	Mase, H., Tsujio, D., Yasuda, T., & Mori, N.	2013	Ocean Engineering, 71, 58-65.
4501044	地球温暖化に伴う海象要因変化が海岸構造物の安全性能に及ぼす影響評価	玉田 崇, 間瀬 肇	2011	土木学会論文集 B2 (海岸工学), 67(2), I_1216-I_1220.

B.5. 健康分野

【暑熱】

(1) 死亡リスク

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5101001	IPCC AR6 WGII Full Report Chapter 7 Executive Summary	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5101002	WHO Fact sheet "Climate change and health"	WHO	2023	https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health (2025/9/30 閲覧)
5101003	Using Detection And Attribution To Quantify How Climate Change Is Affecting Health	Ebi, K. L., Åström, C., Boyer, C. J., Harrington, L. J., Hess, J. J., Honda, Y., Kazura, E., Stuart-Smith, R. F., & Otto, F. E. L.	2020	Health Affairs, 39(12), 2168-2174.
5101004	What Caused the Extraordinarily Hot 2018 Summer in Korea?	Ha, K. J., Yeo, J. H., Seo, Y. W., Chung, E. S., Moon, J. Y., Feng, X., Lee, Y. W., & Ho, C. H.	2020	Journal of the Meteorological Society of Japan, 98(1), 153-167.
5101005	Longer-term impact of high and low temperature on mortality: An international study to clarify length of mortality displacement	Armstrong, B., Bell, M. L., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M., Guo, Y. L. L., Guo, Y., Goodman, P., Hashizume, M., Honda, Y., Kim, H.,	2017	Environmental Health Perspectives, 125(10), 107009.

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
		Lavigne, E., Michelozzi, P., Nascimento Saldiva, P. H., Schwartz, J., Scortichini, M., Sera, F., Tobias, A., Tong, S., Wu, C.-F., Zanobetti, A., Zeka, A., & Gasparrini, A.		
5101006	Variation in vulnerability to extreme-temperature-related mortality in Japan: A 40-year time-series analysis	Onozuka, D., & Hagihara, A.	2015	Environmental Research, 140, 177-184.
5101007	Changes in susceptibility to heat during the summer: A multicountry analysis	Gasparrini, A., Guo, Y., Hashizume, M., Lavigne, E., Tobias, A., Zanobetti, A., Schwartz, J. D., Leone, M., Michelozzi, P., Kan, H., Tong, S., Honda, Y., Kim, H., & Armstrong, B. G.	2016	American Journal of Epidemiology, 183(11), 1027-1036.
<u>5101008</u>	Ensuring safety and health at work in a changing climate	ILO	2024	—
<u>5101009</u>	Chronic Diseases Associated With Mortality in British Columbia, Canada During the 2021 Western North America Extreme Heat Event	Lee, M. J., McLean, K. E., Kuo, M., Richardson, G. R. A., & Henderson, S. B.	2023	GeoHealth, 7(3), e2022GH000729.
5101010	A multi-country analysis on potential adaptive mechanisms to cold and heat in a changing climate	Vicedo-Cabrera, A. M., Sera, F., Guo, Y., Chung, Y., & Arbuthnott, K.	2018	Environment International, 111, 239-246.
5101011	Heat-related mortality: Effect modification and adaptation in Japan from 1972 to 2010	Ng, C. F. S., Boeckmann, M., Ueda, K., Zeeb, H., Nitta, H., Watanabe, C., & Honda, Y.	2016	Global Environmental Change, 39, 234-243.
5101012	Changing susceptibility to non optimum temperatures in Japan, 1972–2012: The role of climate, demographic, and socioeconomic factors	Chung, Y., Yang, D., Gasparrini, A., Vicedo-Cabrera, A. M., Ng, C. F. S., Kim, Y., Honda, Y., & Hashizume, M.	2018	Environmental Health Perspectives, 126(5), 057002.
5101013	Temperature deviation index and elderly mortality in Japan	Lim, Y. H., Reid, C. E., Honda, Y., & Kim, H.	2015	International Journal of Biometeorology, 60(7), 991-998.
5101014	暑熱（熱中症）による国内死者数と夏季気温の長期変動	藤部 文昭	2013	天気, 60(5), 371-381.
5101015	日本の6都道府県における外因死と暑熱の関連	水口 恵美子	2015	筑波大学, 12102 甲 7471
5101016	Mortality related to extreme temperature for 15 cities in northeast Asia	Chung, Y., Lim, Y.-H., Honda, Y., Guo, Y.-L. L., Hashizume, M., Bell, M. L., Chen, B.-Y., & Kim, H.	2015	Epidemiology, 26(2), 255-262.
<u>5101017</u>	年齢（5歳階級）別にみた熱中症による死亡数の年次推移（平成7年～令和6年）～人口動態統計（確定数）より	厚生労働省	2025	https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/tokusyu/necchusho24/ (2025/9/30 閲覧)
<u>5101018</u>	Mortality Risk of Hot Nights: A Nationwide Population-Based Retrospective Study in Japan	Kim, S. E., Hashizume, M., Armstrong, B., Gasparrini, A., Oka, K., Hijioka, Y., Vicedo-Cabrera, A. M., & Honda, Y.	2023	Environmental Health Perspectives, 131(5), 057005.
<u>5101019</u>	Heat-mortality risk and the population concentration of metropolitan areas in Japan: a nationwide time-series study	Lee, W., Ebi, K. L., Kim, Y., Hashizume, M., Honda, Y., Hashimoto, H., Choi, H. M., Choi, M., & Kim, H.	2021	International Journal of Epidemiology, 50(2), 602-612.
5101020	都道府県別高齢者夏季死亡率と気温との関係	北島 晴美	2014	日本地理学会発表要旨集, 2014, 100291.
5101021	Sociogeographic variation in the effects of heat and cold on daily mortality in Japan	Ng, C. F. S., Ueda, K., Takeuchi, A., Nitta, H., Konishi, S., Bagrowicz, R., Watanabe, C., & Takami, A.	2013	Journal of Epidemiology, 24(1), 15-24.
5101022	Economic status and temperature-related mortality in Asia	Lim, Y. H., Bell, M. L., Kan, H., Honda, Y., Guo, Y. L. L., & Kim, H.	2015	International Journal of Biometeorology, 59(10), 1405-1412.

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5101023	Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios	Gasparrini, A., Guo, Y., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A. M., Huber, V., Tong, S., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M., Nascimento Saldiva, P. H., Lavigne, E., Matus Correa, P., Valdes Ortega, N., Kan, H., Osorio, S., Kyselý, J., Urban, A., Jaakkola, J. J. K., Rytí, N. R. I., Pascal, M., Goodman, P. G., Zeka, A., Michelozzi, P., Scortichini, M., Hashizume, M., Honda, Y., Hurtado-Díaz, M., Cruz, J. C., Seposo, X., Kim, H., Tobias, A., Iñiguez, C., Forsberg, B., Åström, D. O., Ragettli, M. S., Guo, Y.-L., Wu, C.-F., Zanobetti, A., Schwartz, J., Bell, M. L., Dang, T. N., Do Van, D., Heaviside, C., Vardoulakis, S., Hajat, S., Haines, A., & Armstrong, B.	2017	The Lancet Planetary Health, 1(9), e360-e367.
5101024	Temperature-related mortality impacts under and beyond Paris Agreement climate change scenarios	Vicedo-Cabrera, A. M., Guo, Y., Sera, F., Huber, V., Schleussner, C.-F., Mitchell, D., Tong, S., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M., Nascimento Saldiva, P. H., Lavigne, E., Matus Correa, P., Valdes Ortega, N., Kan, H., Osorio, S., Kyselý, J., Urban, A., Jaakkola, J. J. K., Rytí, N. R. I., Pascal, M., Goodman, P. G., Zeka, A., Michelozzi, P., Scortichini, M., Hashizume, M., Honda, Y., Hurtado-Díaz, M., Cruz, J., Seposo, X., Kim, H., Tobias, A., Iñiguez, C., Forsberg, B., Åström, D. O., Ragettli, M. S., Röösli, M., Guo, Y. L., Wu, C.-F., Zanobetti, A., Schwartz, J., Bell, M. L., Dang, T. N., Do Van, D., Heaviside, C., Vardoulakis, S., Hajat, S., Haines, A., Armstrong, B., Ebi, K. L., & Gasparrini, A.	2018	Climatic Change, 150(3), 391-402.
5101025	Heat and health in the WHO European Region: updated evidence for effective prevention	WHO Europe	2021	Heat and Health in the WHO European Region: Updated Evidence for Effective Prevention.
5101026	The effects of night-time warming on mortality burden under future climate change scenarios: a modelling study	He, C., Kim, H., Hashizume, M., Lee, W., Honda, Y., Kim, S. E., Kinney, P. L., Schneider, A., Zhang, Y., Zhu, Y., Zhou, L., Chen, R., & Kan, H.	2022	The Lancet Planetary Health, 6(8), e648-e657.
5101027	Predicted temperature-increase-induced global health burden and its regional variability	Lee, J. Y., Kim, H., Gasparrini, A., Armstrong, B., Bell, M. L., Sera, F., Lavigne, E., Abrutsky, R., Tong, S., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M., Nascimento Saldiva, P. H., Correa, P. M., Valdes Ortega, N., Kan, H., Osorio, S., Kyselý, J., Urban, A., Orru, H., Indermitte, E., Jaakkola, J. J. K., Rytí, N. R. I., Pascal, M., Goodman, P. G., Zeka, A., Michelozzi, P., Scortichini, M., Hashizume, M., Honda, Y., Hurtado, M., Cruz, J., Seposo, X., Nunes, B., Teixeira, J. P., Tobias, A., Iñiguez, C., Forsberg, B., Åström, C.,	2019	Environment International, 131, 105027.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
		Vicedo-Cabrera, A. M., Ragettli, M. S., Guo, Y.-L., Chen, B.-Y., Zanobetti, A., Schwartz, J., Dang, T. N., Do Van, D., Mayvaneh, F., Overcenco, A., Li, S., & Guo, Y.		
5101028	Heat-related mortality risk model for climate change impact projection	Honda, Y., Kondo, M., McGregor, G., Kim, H., Guo, Y.-L., Hijioka, Y., Yoshikawa, M., Oka, K., Takano, S., Hales, S., & Kovats, R. S.	2014	Environmental Health and Preventive Medicine, 19(1), 56-63.
5101029	Heat-Related Mortality/Morbidity in East Asia	Honda, Y., & Onozuka, D.	2020	In Extreme Weather Events and Human Health: International Case Studies, 131-144.
5101030	S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究 2014 報告書 地球温暖化「日本への影響」—新たなシナリオに基づく総合的影響評価予測と適応策—	茨城大学地球変動適応科学研究機関（ICAS），独立行政法人 国立環境研究所	2014	—
5101031	環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書 日本の気候変動影響と適応策 —レジリエントで持続可能な社会に向けて—	三村信男他（編）	2025	—
5101032	Non-optimal temperature-attributable mortality and morbidity burden by cause, age and sex under climate and population change scenarios: a nationwide modelling study in Japan	Yuan, L., Madaniyazi, L., Vicedo-Cabrera, A. M., Ng, C. F. S., Oka, K., Chua, P. L. C., Ueda, K., Tobias, A., Honda, Y., & Hashizume, M.	2024	The Lancet Regional Health–Western Pacific, 52.
5101033	Net impact of air conditioning on heat-related mortality in Japanese cities	Chua, P.L.C., Takane, Y., Ng, C.F.S., Oka, K., Honda, Y., Kim, Y., & Hashizume, M.	2023	Environment International, 181, 108310.
5101034	「気候変動適応情報プラットフォーム」インフォグラフィック「死亡リスク等・熱中症等」	国立環境研究所	2022	https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/infographic/5_mortalityRiskHeatstroke.html （2025/9/30 閲覧）
5101035	Enhancing health resilience in Japan in a changing climate	Kim, Y., Oka, K., Kawazu, E.C., Ng, C.F.S., Seposo, X., Ueda, K., Hashizume, M., & Honda, Y.	2023	The Lancet Regional Health–Western Pacific, 40.
5101036	気候変動と医療 熱中症の現状および将来とその適応策	岡 和孝	2024	医学のあゆみ, 290(3), 211-216.
5101037	職場における熱中症の現状と予防対策	川波 祥子	2022	産業医学レビュー, 35(2), 91.
5101038	職場における熱中症対策について	大塚 尚寛	2023	骨材資源工学会, 55(217), 1-14.
5101039	熱中症環境保健マニュアル 2022	環境省	2022	—
5101040	職場における熱中症予防対策マニュアル	厚生労働省	2018	—
5101041	Internet of Things(IoT)を用いた室温介入調査:高齢者自宅は熱中症の危険性が高い	山下 駿, 織田 良正, 神代 修, 森川 伸一, 香月 尚子, 多胡 雅毅, 西山 雅則, 織田 正道, 山下 秀一	2020	日本遠隔医療学会雑誌, 16(1), 2-6.
5101042	Possible adaptation measures for climate change in preventing heatstroke among older adults in Japan	Fujimoto, M., Hayashi, K., & Nishiura, H.	2023	Frontiers in Public Health, 11, 1184963.
5101043	高齢者で問題となる病態 2)熱中症、低体温症	三宅 康史	2020	老年内科, 1(6), 725-731
5101044	ヒートアイランド現象における熱中症等の健康リスク	鳴海 大典	2020	ビルと環境, 169, 4-14
5101045	A survey of solitary death by heat stroke in Yokohama City	Kakiuchi, Y., Nagao, R., Ochiai, E., Kakimoto, Y., & Osawa, M.	2021	Journal of Public Health, 29(5), 1055-1059.
5101046	大阪市内の熱中症死亡に対する気象・居住環境の影響	片岡 真弓, 吉澤 秀憲, 川井 和久, 田村 佳映, 小林 奏子, 松野 恵子, 荒木 尚美, 吉田 謙一	2021	医学のあゆみ, 277(3), 253-255.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5101047	Prediction of climate change impacts on heatstroke cases in Japan's 47 prefectures with the effect of long-term heat adaptation	Oka, K., Honda, Y., Phung, V. L. H., & Hijioka, Y.	2023	Environmental Research, 232, 116390.
5101048	Future heatstroke mortality in Japan: Impacts of climate, demographic changes, and long-term heat adaptation	Oka, K., Phung, V. L. H., Jinyu, H. E., Honda, Y., Hashizume, M., & Hijioka, Y.	2025	Environmental Research, 123012.
5101049	Heatstroke Risk Projection in Japan under Current and Near Future Climates	Nakamura, S., Kusaka, H., Sato, R., & Sato, T.	2022	Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II, 100(4), 597-615.
5101050	気候変動による直接的健康リスク 熱関連疾病・死亡	本田 靖	2020	保健医療科学, 69(5), 412-417.
5101051	冷暖房への態度及び省エネルギー行動と熱中症・ヒートショック対策の実施との関連	向江 亮, 木方 真理子, 小林 和幸, 坂本 大樹	2020	日本エネルギー学会誌, 99(3), 28-40.
5101052	Air Conditioning and Heat-related Mortality: A Multi-country Longitudinal Study	Sera, F., Hashizume, M., Honda, Y., Lavigne, E., Schwartz, J., Zanobetti, A., Tobias, A., Iñiguez, C., Vicedo-Cabrera, A. M., Blangiardo, M., Armstrong, B., & Gasparrini, A.	2020	Epidemiology, 31(6), 779-787.
5101053	夏のコミックマーケット来場者の熱中症リスクアセスメント	鈴木 英悟, 島崎 あかね, 菊地 潤, 櫻村 修生	2021	日本スポーツ健康科学誌, 7(1), 31-36.
5101054	暑熱環境下における個人の適応策としての日傘の効果評価に関する研究	三坂 育正, 山口 竜, 石丸 泰	2022	環境情報科学論文集, 36, 75-80.
5101055	日傘による暑熱環境緩和効果の実証的研究	渡邊 慎一, 石井 仁	2020	日本生気象学会雑誌, 56(4), 133-144.
5101056	太陽光利用型植物工場の作業負担と作業速度に及ぼす暑熱環境の影響	磯山 陽介, 北村 八祥, 松岡 敏生, 平生 祐一郎, 大西 範和	2022	農作業研究, 57(1), 3-11.
5101057	被服環境が暑熱環境下植物工場内の作業負担に及ぼす影響	松岡 敏生, 磯山 陽介, 北村 八祥	2022	デサントスポーツ科学, 42, 222-232.
5101058	暑熱環境下における熱中症予防のためのクーリング方策に関する研究	諸岡 晴美, 坂下 理穂, 加藤 礼菜, 中橋 美幸	2020	デサントスポーツ科学, 41, 226-236.
5101059	The use of sun-shade on safe heat exposure limit on a sunny summer day: a modelling study in Japan	Otani, H., and Lee, J. K.	2022	International Journal of Biometeorology, 66(4), 731-740.
5101060	都市の暑熱化への適応、ヒートアイランド現象緩和、地球温暖化緩和の観点からの街路空間の暑さ対策効果の定量化	弓野 沙織, 石田 泰之, 大場 優作, 内田 大貴, 小林 光, 持田 灯	2022	日本建築学会環境系論文集, 87(794), 271-281.
5101061	UV Parasol, Dry-Mist Spraying, and Street Trees as Tools for Heat Stress Mitigation	Kusaka, H., Nakamura, Y., & Asano, Y.	2022	気象集誌. 第2輯, 100(4), 677-685
5101062	神戸市熱中症搬送者データに基づく市街地における熱中症発症危険地区の抽出 時間積算平均放射温度による市街地熱中症発症危険レベル推定手法の提案	湊 太雅, 宮崎 ひろ志, 尾崎 平, 北詰 恵一	2021	都市計画論文集, 56(3), 1488-1492.
5101063	交通行動に着目した熱中症リスク評価に関する研究	井ノ口 弘昭, 秋山 孝正	2021	土木学会論文集 G (環境), 77(6), II_131-II_137.

(2) 熱中症

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5102001	関東地方の熱中症と気候変動の関係(気象システム,口頭発表)	高谷 清彦, 森岡 優志, Behera Swadhin K	2013	日本気象学会 大会講演予講集, 103, 58.
5102002	岐阜県多治見市における夏季晴天日の暑熱環境の実態調査と領域気象モデル WRF を用いた予測実験: 物理モデルと水平解像度に伴う予測結果の不確実性の検討	高根 雄也, 日下 博幸, 高木 美彩, 岡田 牧, 阿部 紫織, 永井 徹, 富士 友紀乃, 飯塚 悟	2013	地理学評論 Series A, 86(1), 14-37.
5102003	山梨県における熱中症発生の地域特性	赤塚 慎, 宇野 忠, 堀内 雅弘	2014	日本生気象学会雑誌, 51(1), 23-36
5102004	平成 27 年の熱中症による救急搬送状況	総務省消防庁	2015	—
5102005	熱中症患者速報 平成 27 年度報告書	国立環境研究所	2016	—

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5102006	Characterizing the effect of summer temperature on heatstroke-related emergency ambulance dispatches in the Kanto area of Japan	Ng, C. F. S., Ueda, K., Ono, M., Nitta, H., & Takami, A.	2014	International Journal of Biometeorology, 58(5), 941-948.
5102007	高齢者の熱中症発生における社会経済的生活環境要因の寄与	清野 薫子	2016	科学研究費助成事業研究成果報告書
<u>5102008</u>	Using Detection And Attribution To Quantify How Climate Change Is Affecting Health	Ebi, K. L., Åström, C., Boyer, C. J., Harrington, L. J., Hess, J. J., Honda, Y., Kazura, E., Stuart-Smith, R. F., & Otto, F. E. L.	2020	Health Affairs, 39(12), 2168-2174.
<u>5102009</u>	Heat health risk assessment analysing heatstroke patients in Fukuoka City, Japan	Toosty, N. T., Hagishima, A., & Tanaka, K. I.	2021	PLOS one, 16(6), e0253011.
<u>5102010</u>	熱中症の救急搬送データに基づく危険度評価手法の検討	尾崎 平, 北詰 恵一, 西村 邦宏, 盛岡 通	2020	土木学会論文集 G (環境), 76(5), I_451-I_459
<u>5102011</u>	長崎県における熱中症発生と気象との関連性(2020 年度)	古賀 康裕, 福田 祥一	2021	長崎県環境保健研究センター所報
<u>5102012</u>	福岡市における暑熱環境調査(令和元年)	松本 弘子, 宇野 映介, 佐野 七穂	2020	福岡市保健環境研究所報
<u>5102013</u>	熱中症による救急搬送率の地域性と変動 一死亡率との比較一	藤部 文昭, 松本 淳, 鈴木 秀人	2020	日本ヒートアイランド学会論文集, 15, 1-13.
<u>5102014</u>	気候変動による暑熱・健康等への影響に関する研究	岡本 一真, 鷺岡 和寿	2022	香川県環境保健研究センター所報
<u>5102015</u>	さいたま市立病院における 2010 年夏の熱中症患者の特徴	芳賀 佳之, 角田 修	2011	日本救急医学会雑誌, 22(10), 815-817.
<u>5102016</u>	川崎市内における気温と熱中症救急搬送状況の解析結果	田中 貴裕, 齊藤 武弥, 宝田 博一	2022	川崎市環境総合研究所年報
<u>5102017</u>	熱中症の死亡数の年次推移 一平成 6～25 年一	厚生労働省	2015	一
<u>5102018</u>	わが国における熱中症死亡の地域差	星 秋夫, 中井 誠一, 金田 英子, 山本 享, 稲葉 裕	2010	日本生気象学会雑誌, 47(4),175-184
<u>5102019</u>	熱中症めぐる最近の動向と歴史的変換	中井 誠一	2015	公衆衛生, 79(6), 366-372
<u>5102020</u>	職場における熱中症の現状と予防対策	川波 祥子	2022	産業医学レビュー, 35(2), 91.
<u>5102021</u>	平成 30 年 (5 月から 9 月) の熱中症による救急搬送状況	総務省	2018	一
<u>5102022</u>	年齢 (5 歳階級) 別にみた熱中症による死亡数の年次推移 (平成 7 年～令和 6 年) ～ 人口動態統計 (確定数) より	厚生労働省	2025	https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/tokusyu/necchusho24/ (2025/9/30 閲覧)
<u>5102023</u>	The July 2018 high temperature event in Japan could not have happened without human-induced global warming	Imada, Y., Watanabe, M., Kawase, H., Shiogama, H., & Arai, M.	2019	Sola, 15A-002.
<u>5102024</u>	令和 6 年 (5 月～9 月) の熱中症による救急搬送状況	総務省消防庁	2024	一
<u>5102025</u>	令和 6 年 職場における熱中症による死傷災害の発生状況	厚生労働省	2025	https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_58389.html (2025/9/30 閲覧)
<u>5102026</u>	過去 10 年間ににおける市内の熱中症救急搬送状況の解析	田中 貴裕, 近藤 玲子, 鶴見 賢治, 鈴木 英幸	2023	川崎市環境総合研究所年報
<u>5102027</u>	Launching criteria of 'Heatstroke Alert'in Japan according to regionality and age group	Oka, K., Honda, Y., & Hijioka, Y.	2023	Environmental Research Communications, 5(2), 025002.
<u>5102028</u>	Potential effect of heat adaptation on association between number of heatstroke patients transported by ambulance and wet bulb globe temperature in Japan	Oka, K., Honda, Y., Phung, V. L. H., & Hijioka, Y.	2023	Environmental Research, 216, 114666.
<u>5102029</u>	熱中症搬送者データと都市機能集積指数に基づく都市域の暑熱障害に対する脆弱性評価 一堺市・神戸市・京都市を対象として一	尾崎 平, 沓澤 篤樹, 郭 敏娜, 北詰 恵一, 西村 邦宏, 盛岡 通	2020	土木学会論文集 G (環境), 76(6), II_209-II_218.
<u>5102030</u>	気候変動による暑熱・健康等への影響に関する研究(第 2 報)	藤田 哲也, 岡本 一真	2023	香川県環境保健研究センター所報.
<u>5102031</u>	長崎県における熱中症発生と気象との関連性(2020・2022 年度)	横田 哲朗, 古賀 康裕, 福田 祥一	2024	長崎県環境保健研究センター所報.
<u>5102032</u>	Preventing heat illness in the anticipated hot climate of the Tokyo 2020 Summer Olympic Games	Kakamu, T., Wada, K., Smith, D. R., Endo, S., & Fukushima, T.	2017	Environmental Health and Preventive Medicine, 22(1), 68.
<u>5102033</u>	温熱快適感マップの作成と夏季マラソンコースの温熱環境予測	山崎 雄大, 常松 展充, 横山 仁, 梅木 清, 本條 毅	2016	環境情報科学論文集, 30, 43-48.
<u>5102034</u>	Microclimate variation and estimated heat stress of runners in the 2020 Tokyo Olympic marathon	Kosaka, E., Iida, A., Vanos, J., Middel, A., Yokohari, M., & Brown, R.	2018	Atmosphere, 9(5), 192.

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5102035	東京 2020 オリンピック・パラリンピック競技大会公式報告書	東京都	2021	—
5102036	都市域における気温変化が人間の健康面に及ぼす影響	廉林 篤, 二浦尾 友佳子, 鳴海 大典, 下田 吉之, 水野 稔	2007	空気調和・衛生工学会大会 近畿支部発表会論文集, 25-28.
5102037	東京都における高齢者の熱中症発生と気候との関係 —2010 年夏季を事例として—	松本 太, 横山 仁	2021	日本福祉大学健康科学論集, 24, 11-19.
5102038	暑熱（熱中症）による国内死者数と夏季気温の長期変動	藤部 文昭	2013	天気, 60(5), 371-381.
5102039	政令指定都市の救急搬送データを用いた仕事場を中心とした熱中症の発生場所別分析	上野 哲, 早野 大輔, 野口 英一, 有賀 徹.	2021	労働安全衛生研究, 14(2), 119-128.
5102040	大阪市における熱中症発症の実態	飯田 涼太, 黒木 尚長, 櫻井 嘉信, 廣崎 英和, 畑 明 寿, 藤谷 登	2016	千葉科学大学紀要, (9), 93-98.
5102041	Heatstroke in older adults	Kuzuya, M.	2013	Japanese Medical Association Journal, 56, 193-198.
5102042	都市における住宅内熱環境と熱中症リスクの評価	橋本 侑樹, 樹元 慶子, 大橋 唯太, 井原 智彦	2018	日本ヒートアイランド学会第 13 回全国大会講演論文集, 152-153
5102043	高齢者で問題となる病態 2)熱中症、低体温症	三宅 康史	2020	老年内科, 1(6), 725-731
5102044	東京都における高齢者の熱中症発生に関する地域的特徴	松本 太	2022	日本生気象学会雑誌, 59
5102045	長崎県における熱中症発生と気象との関連性(2021 年度)	古賀 康裕, 福田 祥一	2022	長崎県環境保健研究センター所報
5102046	熱中症環境保健マニュアル 2022	環境省	2022	—
5102047	慢性閉塞性肺疾患患者の寝室暑熱環境と呼吸困難感に関連する気象要因	階堂 武郎, 鈴木 幸子, 本田 靖, 本城 綾子, 前倉 亮 治	2017	日本健康学会誌, 83(3), 85-93
5102048	Effects of solar heat on the thermoregulatory responses of young and older men	Tsuzuk, K., Misaka, I., Narita, K., & Ishimaru, Y.	2016	14th International Conference of Indoor Air Quality and Climate
5102049	本邦における熱中症の現状 Heatstroke STUDY2012 最終報告	熱中症に関する委員会	2014	日本救急医学会誌, 25(11), 846-862
5102050	Effects of high ambient temperature on ambulance dispatches in different age groups in Fukuoka, Japan	Kotani, K., Ueda, K., Seposo, X., Yasukochi, S., Matsumoto, H., Ono, M., Honda, A., & Takano, H.	2018	Global health action, 11(1), 1437882
5102051	温暖化する気候が子どもの運動遊び・身体活動量に与える影響	岡 みゆき, 地下 まゆみ	2017	大阪大谷大学教育学部幼児教育実践研究センター紀要, (8), 25-31.
5102052	全国の公立小学校の運動会開催時期と熱中症の危険度評価	渡邊 慎一, 石井 仁	2017	日本生気象学会雑誌, 54(2), 75-86.
5102053	スポーツと熱中症	川原 貴	2015	公衆衛生 79(6), 401-404
5102054	大学バドミントン選手のスポーツ傷害と熱中症発生に関する調査研究	利根川 直樹, 浦辺 幸夫, 沼野 崇平, 福井 一輝, 前田 慶明	2018	理学療法科学, 33(1), 39-43.
5102055	東京 23 区の熱中症死亡率と気温分布との関係 -2013 年についての解析-	藤部 文昭, 松本 淳, 鈴木 秀人	2017	日本ヒートアイランド学会論文集, 12, 1-8
5102056	Heat wave vulnerability and exposure mapping for Osaka City, Japan	Macnee, R. G., & Tokai, A.	2016	Environment Systems and Decisions, 36(4), 368-376.
5102057	関東地方における熱中症の社会経済要因に関する調査	小楠 智子, 関山 牧子, 橋本 侑樹, 井原 智彦	2018	日本ヒートアイランド学会第 13 回全国大会講演論文集
5102058	都道府県別高齢者夏季死亡率と気温との関係	北島 晴美	2014	日本地理学会発表要旨集 2014s(0), 100291
5102059	小地域の地理的条件の違いによる熱中症発症件数との関係分析	郭 敏娜, 北詰 恵一, 沓澤 篤樹, 尾崎 平, 西村 邦宏, 盛岡 通	2021	環境共生, 37(1), 77-82.
5102060	Assessment of the impact of metropolitan-scale urban planning scenarios on the moist thermal environment in a warmed climate: A study of the Tokyo metropolitan area using regional climate modeling	Suzuki-Parker, A., Kusaka, H., & Yamagata, Y.	2015	Advances in Meteorology, 2015(1), 693754.
5102061	Future projections of labor hours based on WBGT for Tokyo and Osaka, Japan, using multi-period ensemble dynamical downscale simulations	Suzuki-Parker, A., & Kusaka, H.	2016	International Journal of Biometeorology, 60(2), 307-310.
5102062	A study of urban thermal environment in Tokyo in summer of the 2030s under influence of global warming	Kikumoto, H., Ooka, R., & Arima, Y.	2016	Energy and Buildings, 114, 54-61.
5102063	WBGT に基づいた日本の暑熱環境の将来予測	鈴木パーカー 明日香, 日下 博幸	2015	日本生気象学会雑誌, 52(1), 59-72.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5102064	S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究 2014 報告書 地球温暖化「日本への影響」―新たなシナリオに基づく総合的影響評価予測と適応策―	茨城大学地球変動適応科学研究機関（ICAS）、独立行政法人 国立環境研究所	2014	—
5102065	適応策評価のための暑熱環境と健康影響モデル開発	国立大学法人筑波大学	2020	気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)成果集
5102066	Heatstroke Risk Projection in Japan under Current and Near Future Climates	Nakamura, S., Kusaka, H., Sato, R., & Sato, T.	2022	Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II, 100(4), 597-615.
5102067	Effects of heatwave features on machine-learning-based heat-related ambulance calls prediction models in Japan	Ke, D., Takahashi, K., Takakura, J. Y., Takara, K., & Kamranzad, B.	2023	Science of the Total Environment, 873, 162283
5102068	Enhancing health resilience in Japan in a changing climate	Kim, Y., Oka, K., Kawazu, E.C., Ng, C.F.S., Seposo, X., Ueda, K., Hashizume, M., & Honda, Y.	2023	The Lancet Regional Health–Western Pacific, 40.
5102069	2010 年夏 日本の猛暑	楠 昌司（編）	2012	気象研究ノート, 第 225 号「2010 年夏日本の猛暑」
5102070	An analysis of the spatial heterogeneity of future climate change impacts in support of cross-sectoral adaptation strategies in Japan	Liu, F., & Masago, Y.	2023	Climate Risk Management, 41, 100528.
5102071	Baseline scenarios of heat-related ambulance transportations under climate change in Tokyo, Japan	Fujimoto, M., & Nishiura, H.	2022	PeerJ, 10, e13838.
5102072	Prediction of climate change impacts on heatstroke cases in Japan's 47 prefectures with the effect of long-term heat adaptation	Oka, K., Honda, Y., Hung, V. L. H., & Hijioka, Y.	2023	Environmental Research, 232, 116390.
5102073	Heatstroke risk predictions for current and near-future summers in Sendai, Japan, based on mesoscale WRF simulations	Kasai, M., Okaze, T., Mochida, A., & Hanaoka, K.	2017	Sustainability, 9(8), 1467.
5102074	Summer heatstroke risk prediction for Tokyo in the 2030s based on mesoscale simulations by WRF	Kasai, M., Okaze, T., Yamamoto, M., Mochida, A., & Hanaoka, K.	2017	Journal of Heat Island Institute International, 12, 2.
5102075	擬似温暖化手法を用いた WRF による気候解析結果に基づく熱中症リスクの評価 -2050 年代における東京と仙台の比較-	山本 ミゲイル, 河西 昌隆, 大風 翼, 花岡 和聖, 持田 灯	2017	平成 29 年度日本風工学会年次研究発表会
5102076	Projection of future heat-related morbidity in three metropolitan prefectures of Japan based on large ensemble simulations of climate change under 2 ° C global warming scenarios	Ueta, H., Koderia, S., Sugimoto, S., & Hirata, A.	2024	Environmental Research, 247, 118202.
5102077	環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書 日本の気候変動影響と適応策 ―レジリエントで持続可能な社会に向けて―	三村信男他（編）	2025	—
5102078	Prediction of ambulance transport system collapse under extremely high temperatures induced by climate change	Oka, K., Honda, Y., & Hijioka, Y.	2024	Environmental Research: Health, 2(3), 035002.
5102079	Economic burden of ambulance transports for patients with heatstroke under climate change: comparison of the effects of gradual temperature increases and extreme heat events	Oka, K., He, J., Honda, Y., & Hijioka, Y.	2025	Environmental Research Communications, 7(4), 041009.
5102080	Differing spatial patterns of the urban heat exposure of elderly populations in two megacities identifies alternate adaptation strategies	Park, C. Y., Thorne, J. H., Hashimoto, S., Lee, D. K., & Takahashi, K.	2021	Science of the Total Environment, 781, 146455.
5102081	Possible adaptation measures for climate change in preventing heatstroke among older adults in Japan	Fujimoto, M., Hayashi, K., & Nishiura, H.	2023	Frontiers in Public Health, 11, 1184963.
5102082	熱中症リスクの評価手法の整理・構築	パシフィックコンサルタンツ株式会社	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム関東地域事業委託業務報告書
5102083	熱中症発生要因の分析と熱中症予防行動の検討	一般財団法人九州環境管理協会	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム九州・沖縄地域事業委託業務報告書
5102084	熱ストレス増大による都市生活への影響調査	一般財団法人日本気象協会	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム近畿地域事業委託業務報告書

(3) 疾病発生・悪化、死因別死亡リスク

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5103001	IPCC AR6 WGII Full Report 7.2.3	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5103002	IPCC AR6 WGII Full Report 7.2.3.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5103003	IPCC AR6 WGII Full Report 7.2.3.4	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5103004	IPCC AR6 WGII Full Report 7.2.4.3	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5103005	WHO Fact sheet "Heat and Health"	WHO	2024	https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health (2025/9/30 閲覧)
5103006	Heat and health in the WHO European Region: updated evidence for effective prevention	WHO Europe	2021	Heat and health in the WHO European Region: updated evidence for effective prevention.
5103007	Heat-related cardiorespiratory mortality: Effect modification by air pollution across 482 cities from 24 countries	Rai, M., Stafoggia, M., de'Donato, F., Scortichini, M., Zafeiratou, S., Vazquez Fernandez, L., Zhang, S., Katsouyanni, K., Samoli, E., Rao, S., Lavigne, E., Guo, Y., Kan, H., Osorio, S., Kyselý, J., Urban, A., Orru, H., Maasikmets, M., Jaakkola, J. J. K., Rytö, N., Pascal, M., Hashizume, M., Ng, C. F. S., Alahmad, B., Hurtado Díaz, M., De la Cruz Valencia, C., Nunes, B., Madureira, J., Scovronick, N., Garland, R. M., Kim, H., Lee, W., Tobias, A., Íñiguez, C., Forsberg, B., Åström, C., Vicedo-Cabrera, A. M., Ragettli, M. S., Guo, Y.-L., Pan, S.-C., Li, S., Gasparrini, A., Sera, F., Masselot, P., Schwartz, J., Zanobetti, A., Bell, M. L., Schneider, A., & Breitner, S.	2023	Environment International, 174, 107825.
5103008	Associations Between Extreme Temperatures and Cardiovascular Cause-Specific Mortality: Results From 27 Countries	Alahmad, B., Khraishah, H., Royé, D., Vicedo-Cabrera, A. M., Guo, Y., Papatheodorou, S. I., Achilleos, S., Acquaotta, F., Armstrong, B., Bell, M. L., Pan, S.-C., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M., Colistro, V., Dang, T. N., Do Van, D., De' Donato, F. K., Entezari, A., Guo, Y.-L., Hashizume, M., Honda, Y., Indermitte, E., Íñiguez, C., Jaakkola, J. J. K., Kim, H., Lavigne, E., Lee, W., Li, S., Madureira, J., Mayvaneh, F., Orru, H., Overcenco, A., Ragettli, M. S., Rytö, N. R. I., Nascimento Saldiva, P. H., Scovronick, N., Seposo, X., Sera, F., Silva, S. P., Stafoggia, M., Tobias, A., Garshick, E., Bernstein, A. S., Zanobetti, A., Schwartz, J., Gasparrini, A., & Koutrakis, P.	2023	Circulation, 147(1), 35-46.
5103009	Heat and the Heart	Desai, Y., Khraishah, H., & Alahmad, B.	2023	The Yale Journal of Biology and Medicine, 96(2), 197.
5103010	Medical diagnoses of heat wave-related hospital admissions in older adults	Hopp, S., Dominici, F., & Bobb, J. F.	2018	Preventive Medicine, 110, 81-85.

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5103011	The health impacts of heat waves in five regions of New South Wales, Australia: a case-only analysis	Khalaj, B., Lloyd, G., Sheppeard, V., & Dear, K.	2010	International Archives of Occupational and Environmental Health, 83(7), 833-842.
5103012	The 2006 California heat wave: impacts on hospitalizations and emergency department visits	Knowlton, K., Rotkin-Ellman, M., King, G., Margolis, H. G., Smith, D., Solomon, G., Trent, R., & English, P.	2009	Environmental Health Perspectives, 117(1), 61-67.
<u>5103013</u>	Ensuring safety and health at work in a changing climate	ILO	2024	—
<u>5103014</u>	Workers' health and productivity under occupational heat strain: a systematic review and meta-analysis	Flouris, A. D., Dinas, P. C., Ioannou, L. G., Nybo, L., Havenith, G., Kenny, G. P., & Kjellstrom, T.	2018	The Lancet Planetary Health, 2(12), e521-e531.
5103015	A new era of climate medicine - Addressing heat-triggered renal disease	Sorensen, C., & Garcia-Trabanino, R.	2019	New England Journal of Medicine, 381(8), 693-696.
<u>5103016</u>	昇熟ストレスによる腎障害	佐藤 由香	2020	医学のあゆみ, 273(7), 595-596
<u>5103017</u>	豪州の地球温暖化と水枯渇に対応する腎臓医療	永井 恵	2021	沙漠研究, 30(4), 63-69.
<u>5103018</u>	Kidney injury risk during prolonged exposure to current and projected wet bulb temperatures occurring during extreme heat events in healthy young men	Hess, H. W., Stooks, J. J., Baker, T. B., Chapman, C. L., Johnson, B. D., Pryor, R. R., Basile, D. P., Monroe, J. C., Hostler, D., & Schlader, Z. J.	2022	Journal of Applied Physiology, 133(1), 27-40.
5103019	Association of extreme heat events with hospital admission or mortality among patients with end-stage renal disease	Remigio, R. V., Jiang, C., Raimann, J., Kotanko, P., Usvyat, L., Maddux, F. W., Kinney, P., & Sapkota, A.	2019	JAMA Network Open, 2(8), e198904-e198904.
5103020	Global climate change and children's health: Threats and strategies for prevention	Sheffield, P. E., & Landrigan, P. J.	2011	Environmental Health Perspectives, 119(3), 291-298.
5103021	All-cause and cause-specific risk of emergency transport attributable to temperature	Onozuka, D., & Hagihara, A.	2015	Medicine, 95(51), e2259
5103022	Effects of high ambient temperature on ambulance dispatches in different age groups in Fukuoka, Japan	Kotani, K., Ueda, K., Seposo, X., Yasukochi, S., Matsumoto, H., Ono, M., Honda, A., & Takano, H.	2018	Global Health Action, 11(1), 1437882.
5103023	Spatial and temporal variation in emergency transport during periods of extreme heat in Japan: A nationwide study	Onozuka, D., & Hagihara, A.	2016	Science of the Total Environment, 544, 220-229.
<u>5103024</u>	Association between ambient temperature and cause-specific cardiovascular disease admissions in Japan: A nationwide study	Pan, R., Okada, A., Yamana, H., Yasunaga, H., Kumazawa, R., Matsui, H., Fushimi, K., Honda, Y., & Kim, Y.	2023	Environmental Research, 225, 115610.
<u>5103025</u>	Ambient temperature and hospital admissions for acute cholecystitis: a nationwide inpatient database study in Japan	Miyakawa, T., Michihata, N., Morita, K., Matsui, H., Honda, M., & Yasunaga, H.	2022	HPB, 24(3), 398-403.
<u>5103026</u>	Association between ambient temperature and genitourinary emergency ambulance dispatches in Japan: A nationwide case-crossover study	Mano, Y., Yuan, L., Ng, C. F. S., & Hashizume, M.	2024	Environmental Epidemiology, 8(2), e298.
<u>5103027</u>	Mortality Risk of Hot Nights: A Nationwide Population-Based Retrospective Study in Japan	Kim, S. E., Hashizume, M., Armstrong, B., Gasparrini, A., Oka, K., Hijioka, Y., Vicedo-Cabrera, A. M., & Honda, Y.	2023	Environmental Health Perspectives, 131(5), 057005.
5103028	Ambient temperature and nervous system diseases-related mortality in Japan from 2010 to 2019: A time-stratified case-crossover analysis	Lin, S. Y., Ng, C. F. S., Kim, Y., Htay, Z. W., Cao, A. Q., Pan, R., & Hashizume, M.	2023	Science of The Total Environment, 867, 161464.
<u>5103029</u>	A Nationwide Comparative Analysis of Temperature-Related Mortality and Morbidity in Japan	Yuan, L., Madaniyazi, L., Vicedo-Cabrera, A. M., Honda, Y., Ng, C. F. S., Ueda, K., Oka, K., Tobias, A., & Hashizume, M.	2023	Environmental Health Perspectives, 131(12), 127008.
<u>5103030</u>	Ambient Temperature and External Causes of Death in Japan from 1979 to 2015: A Time-Stratified Case-Crossover Analysis	Pan, R., Honda, Y., Minakuchi, E., Kim, S. E., Hashizume, M., & Kim, Y.	2022	Environmental Health Perspectives, 130(4), 047004.
5103031	日本の6都道府県における外因死と暑熱の関連	水口 恵美子	2015	筑波大学, 12102 甲 7471

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5103032	Temporal change and spatial heterogeneity of the association between ambient temperature and transport accident mortality in Japan from 1972 to 2019: a nationwide time-stratified case-crossover study	Pan, R., Chung, Y., Sim, K., Hashizume, M., Honda, Y., Lee, W., & Kim, Y.	2024	Environmental Research Communications, 6(8), 085011.
5103033	The influence of meteorological factors on the occurrence of trauma and motor vehicle collisions in Tokyo	Abe, T., Tokuda, Y., Ohde, S., Ishimatsu, S., Nakamura, T., & Birrer, R. B.	2008	Emergency Medicine Journal, 25(11), 769-772.
5103034	一般化加法モデル(GAM)を用いた循環器系疾患の死亡率と気象・気候の関係分析	大橋 唯太, 井原 智彦	2022	日本生気象学会雑誌, 59.
5103035	Heat Exposure Following the Rainy Season Is Associated With an Increased Risk of Cardiovascular Emergency Among the Elderly in Japan	Fujimoto, R., Suzuki, E., Kashima, S., Nakamura, K., Naito, H., Nakao, A., Ito, H., & Yorifuji, T.	2023	Journal of the American Heart Association, 12(6), e027046.
5103036	高温経験の遷延性を考慮した高齢者の熱中症と虚血性心疾患の死亡リスクの地理的差異	大橋 唯太, 井原 智彦, 高根 雄也	2023	環境情報科学論文集, (37), 27-32.
5103037	Association between high and low ambient temperature and out-of-hospital cardiac arrest with cardiac etiology in Japan - a case-crossover study	Yamazaki, S., & Michikawa, T.	2017	Environmental Health and Preventive Medicine, 22(1), 60.
5103038	慢性閉塞性肺疾患患者の寝室暑熱環境と呼吸困難感に関連する気象要因	階堂 武郎, 鈴木 幸子, 本田 靖, 本城 綾子, 前倉 亮治	2017	日本健康学会誌, 83(3), 85-93
5103039	夏期および冬期におけるフレイル高齢者の睡眠と寝室暑熱環境の実態	城戸 千晶, 久保 博子, 東実 千代, 佐々 尚美, 磯田 憲生	2021	人間と生活環境, 28(2), 107-114.
5103040	Multivariate analysis of the impact of weather and air pollution on emergency department visits for night-time headaches among children: retrospective, clinical observational study	Yamaguchi, H., Nozu, K., Ishiko, S., Nagase, H., Ninchoji, T., Nagano, C., Takeda, H., Unzaki, A., Ishibashi, K., Morioka, I., Iijima, K., & Ishida, A.	2021	BMJ open, 11(4), e046520.
5103041	熊谷市の小・中学校における熱ストレスによる保健室来室者割合の地域性 一来室者割合と気温・湿度との関係に関する定量的把握の試みー	重野 拓基, 澤田 康徳	2020	E-journal GEO, 15(1), 1-13.
5103042	Ambient temperature and preterm birth: A case-crossover study	Terada, S., Nishimura, H., Miyasaka, N., & Fujiwara, T.	2023	BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology, 131(5), 632-640.
5103043	Climate change is associated with male:female ratios of fetal deaths and newborn infants in Japan	Fukuda, M., Fukuda, K., Shimizu, T., Nobunaga, M., Mamsen, L. S., & Andersen, C. Y.	2014	Fertility and Sterility, 102(5), 1364-1370.
5103044	Association between heat exposure and hospitalization for diabetic ketoacidosis, hyperosmolar hyperglycemic state, and hypoglycemia in Japan	Miyamura, K., Nawa, N., Nishimura, H., Fushimi, K., & Fujiwara, T.	2022	Environment International, 167, 107410.
5103045	IPCC AR6 WGII Full Report 7.3.1.7	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5103046	Cold- and heat-related mortality: a cautionary note on current damage functions with net benefits from climate change	Huber, V., Ibarreta, D., & Frieler, K.	2016	Climatic Change, 142(3), 407-418.
5103047	The burden of heat-related stroke mortality under climate change scenarios in 22 East Asian cities	Zhou, L., He, C., Kim, H., Honda, Y., Lee, W., Hashizume, M., Chen, R., & Kan, H.	2022	Environment International, 170, 107602.
5103048	Future projections of temperature-related excess out-of-hospital cardiac arrest under climate change scenarios in Japan	Onozuka, D., Gasparrini, A., Sera, F., Hashizume, M., & Honda, Y.	2019	Science of the Total Environment, 682, 333-339.
5103049	Machine learning analysis and risk prediction of weather-sensitive mortality related to cardiovascular disease during summer in Tokyo, Japan	Ohashi, Y., Ihara, T., Oka, K., Takane, Y., & Kikegawa, Y.	2023	Scientific Reports, 13(1), 17020.
5103050	Non-optimal temperature-attributable mortality and morbidity burden by cause, age and sex under climate and population change scenarios: a nationwide modelling study in Japan	Yuan, L., Madaniyazi, L., Vicedo-Cabrera, A. M., Ng, C. F. S., Oka, K., Chua, P. L. C., Ueda, K., Tobias, A., Honda, Y., & Hashizume, M.	2024	The Lancet Regional Health-Western Pacific, 52.
5103051	Non-heat related impacts of climate change on working populations	Bennett, C. M., & McMichael, A. J.	2010	Global Health Action, 3(1), 5640.
5103052	IPCC AR6 WGII Full Report 7.3.1.8	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report

【感染症】

(1) 水系・食品媒介性感染症

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5201001	IPCC AR6 WGII Full Report 7.2.2.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5201002	IPCC AR6 WGII Full Report 7.2.2.3	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5201003	The Fifth National Climate Assessment (NCA5) Ch. 15: Human Health	U.S. Global Change Research Program (NCA)	2018	The Fifth National Climate Assessment (NCA5)
5201004	Associations between ambient temperature and enteric infections by pathogen: a systematic review and meta-analysis	Chua, P. L., Ng, C. F. S., Tobias, A., Seposo, X. T., & Hashizume, M.	2022	The Lancet Planetary Health, 6(3), e202-e218.
5201005	The association between ambient temperature and acute diarrhea incidence in Hong Kong, Taiwan, and Japan	Chen, C. C., Lin, B. C., Yap, L., Chiang, P. H., & Chan, T. C.	2018	Sustainability, 10(5), 1417.
5201006	Seasonal trend and serotype distribution of rotavirus infection in Japan, 1981–2008	Dey, S. K., Ushijima, H., Phathamavong, O., Chanit, W., Okitsu, S., Mizuguchi, M., & Ota, Y.	2010	The Pediatric Infectious Disease Journal, 29(2), 166-167.
5201007	Nationwide variation in the effects of temperature on infectious gastroenteritis incidence in Japan	Onozuka, D., & Hagihara, A.	2015	Scientific Reports, 5(1), 12932.
5201008	Weather variability and paediatric infectious gastroenteritis	Onozuka, D., & Hashizume, M.	2011	Epidemiology and Infection, 139, 1369–1378
5201009	香川県における腸炎ビブリオ消長調査について	有塚 真弓, 関 和美, 宮本 孝子, 内田 順子, 池本 龍一	2013	香川県環境保健研究センター所報, 12, 112-114
5201010	富山県における市販魚介類および漁港海水の腸炎ビブリオ菌数の推移と食中毒事例数との相関(1979～1995, 2008～2012年)	金谷 潤一, 磯部 順子, 木全 恵子, 清水 美和子, 佐多 徹太郎, 綿引 正則	2014	日本食品微生物学会雑誌, 31(2), 93-99
5201011	夏季に発生する腸炎ビブリオおよびサルモネラの動態について	後藤 郁男, 中居 真代, 宮崎 麻由	2011	宮城県保健環境センター年報, (29), 33-36
5201012	気候変動の観測・予測・影響評価に関する統合レポート「日本の気候変動とその影響(2012年度版)」	文部科学省, 気象庁, 環境省	2013	—
5201013	長崎県沿岸における <i>Vibrio vulnificus</i> の分布と環境因子	山岡 省吾, 右田 雄二, 中村 まき子, 浦 伸孝, 工藤 由起子, 三澤 尚明, 岡本 嘉六, 高瀬 公三	2009	日本獣医公衆衛生学会会誌, 62, 649-655
5201014	IPCC AR6 WGII Full Report 7.3.1.4	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5201015	IPCC AR6 WGII Full Report 7.3.1.5	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5201016	地球温暖化による水系感染症の健康被害係数の推定	湯龍龍, 伊坪徳宏	2011	日本 LCA 学会誌, 7(3), 242-256
5201017	Global projections of temperature-attributable mortality due to enteric infections: a modelling study	Chua, P. L. C., Huber, V., Ng, C. F. S., Seposo, X. T., Madaniyazi, L., Hales, S., Woodward, A., & Hashizume, M.	2021	The Lancet Planetary Health, 5(7), e436-e445.
5201018	Modeling future projections of temperature-related excess morbidity due to infectious gastroenteritis under climate change conditions in Japan.	Onozuka, D., Gasparrini, A., Sera, F., Hashizume, M., & Honda, Y.	2019	Environmental Health Perspectives, 127(7), 077006.
5201019	気候変動と感染性胃腸炎	小野塚 大介	2021	医学のあゆみ, 279(7), 726-727.
5201020	「気候変動適応情報プラットフォーム」インフォグラフィック「水系・食品媒介性感染症」	国立環境研究所	2022	https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/infographic/5_water-foodborneInfection.html (2025/9/30 閲覧)

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5201021	IPCC AR6 WGII Full Report Chapter 7 Executive Summary	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report

(2) 節足動物媒介感染症

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5202001	IPCC AR6 WGII Full Report 7.2.2.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5202002	Health and Social Care Sector Briefing: Findings from the third UK Climate Change Risk Assessment (CCRA3) Evidence Report 2021	UK Climate Risk	2021	—
5202003	The effects of seasonal climate variability on dengue annual incidence in Hong Kong: A modelling study	Yuan, H. Y., Liang, J., Lin, P. S., Sucipto, K., Tsegaye, M. M., Wen, T. H., Pfeiffer, S., & Pfeiffer, D.	2020	Scientific Reports, 10(1), 4297.
5202004	Climate factors and the East Asian summer monsoon may drive large outbreaks of dengue in China	Liu, K., Hou, X., Ren, Z., Lowe, R., Wang, Y., Li, R., Liu, X., Sun, J., Lu, L., Song, X., Wu, H., Wang, J., Yao, W., Zhang, C., Sang, S., Gao, Y., Li, J., Li, J., Xu, L., & Liu, Q.	2020	Environmental Research, 183, 109190.
5202005	Long-term spatio-temporal dynamics of the mosquito <i>Aedes aegypti</i> in temperate Argentina	Fischer, S., De Majo, M. S., Quiroga, L., Paez, M., & Schweigmann, N.	2016	Bulletin of Entomological Research, 107(2), 225-233.
5202006	Adaptation to temperate climates: Evidence of photoperiod-induced embryonic dormancy in <i>Aedes aegypti</i> in South America	Fischer, S., De Majo, M. S., Di Battista, C. M., Montini, P., Loetti, V., & Campos, R. E.	2019	Journal of Insect Physiology, 117, 103887.
5202007	Temperature and photoperiod effects on dormancy status and life cycle parameters in <i>Aedes albopictus</i> and <i>Aedes aegypti</i> from subtropical Argentina	Garzón, M. J., Maffey, L., Lizuain, A., Soto, D., Díaz, P. C., Leporace, M., Salomon, O. D., & Schweigmann, N. J.	2020	Medical and Veterinary Entomology, 35(1), 97-105.
5202008	<i>Aedes aegypti</i> spreading in South America: new coldest and southernmost records	Rubio, A., Cardo, M. V., Vezzani, D., & Carbajo, A. E.	2020	Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 115, e190496.
5202009	Increasing dengue outbreaks in temperate Brazil is linked to <i>Aedes aegypti</i> invasion and infestation level driving widespread virus transmission	Bermann, T., Gregianini, T. S., Godinho, F. M., Baethgen, L. F., Martiny, F. L., Möllmann, E. B., Ruivo, A. P., dos Santos, F. M., Ferreira, C. N., de Lima, G. B., Barbosa, D. A. M., Dezordi, F. Z., Bauermann, M., Selayaran, T. M., Loreto, E. L. da S., Naveca, F. G., de Oliveira, A. L. S., da Veiga, A. B. G., Paiva, M. H. S., Campos, T. de L., Bello, G., Bezerra, M. F., de Oliveira, F. V., Maciel-de-Freitas, R., Gräf, T., Salvato, R. S., & Wallau, G. L.	2025	medRxiv, 2025-02.
5202010	チクングニアウイルス感染症	高崎 智彦	2011	獣医学雑誌, 15(2), 114-116
5202011	注目すべき感染症	石塚 達夫, 福沢 嘉孝, 村上 啓雄, 橋本 迪子, 坂部 茂俊, 大曲 貴夫, 玉川 達雄	2011	日本内科学会雑誌, 100(5), 1434-1442
5202012	デング熱の現状と動向	森田 公一	2016	日本内科学会雑誌, 105(11), 2140-2145
5202013	デング熱研究の歴史とデング熱流行 2014	高崎 智彦	2015	獣医学雑誌, 19(1), 1-3
5202014	代々木公園を中心とした都内のデング熱国内感染事例発生について	関 なおみ	2015	IASR, 36, 37-38

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5202015	健康・医療 デング熱について	厚生労働省	2024	https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000131101.html (2025/9/30 閲覧)
5202016	日本の輸入デング熱症例の動向について（2018 年 4 月～2024 年 3 月診断症例）	健康危機管理研究機構	2024	IASR, 45, 140-142
5202017	「観光庁 HP」観光統計・白書「訪日外国人旅行者数・出国日本人数」	観光庁	2024	—
5202018	感染症の伝播と気候変動	林 克磨, 西浦 博	2021	オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学, 66(4), 207-215.
5202019	気候変動と医療 わが国における気候変動と感染症媒介蚊	葛西 真治	2024	医学のあゆみ, 290(3), 217-222
5202020	岩手県におけるヒトスジシマカの分布と GIS を用いた生息条件の解析	佐藤 卓, 松本 文雄, 安部 隆司, 二瓶 直子, 小林 睦生	2012	衛生動物, 63(3), 195-204
5202021	デング熱とジカ熱の国内輸入例と国内侵入リスク	高崎 智彦	2016	獣疫学雑誌, 20(2), 108-110.
5202022	Geospatial analysis of invasion of the Asian tiger mosquito <i>Aedes albopictus</i> : Competition with <i>Aedes japonicus japonicus</i> in its northern limit area in Japan	Nihei, N., Komagata, O., Mochizuki, K., & Kobayashi, M.	2014	Geospatial Health, 8(2), 417-427
5202023	ヒトスジシマカの分布域拡大について	前川芳秀, 比嘉 由紀子, 沢辺 京子, 葛西 真治	2020	IASR, 41(6), 92-93.
5202024	Retrospective search for dengue vector mosquito <i>Aedes albopictus</i> in areas visited by a German traveler who contracted dengue in Japan	Kobayashi, M., Komagata, O., Yonejima, M., Maekawa, Y., Hirabayashi, K., Hayashi, T., Nihei, N., Yoshida, M., Tsuda, Y., & Sawabe, K.	2014	International Journal of Infectious Diseases, 26, 135-137.
5202025	琉球列島における日本脳炎媒介蚊ニセシロハシエカ亜群, 特にニセシロハシエカ <i>Culex vishnui</i> の生息分布と発生状況	富間 孝子, 比嘉 由紀子, 宮城 一郎	2015	衛生動物, 66(3), 127-133
5202026	つつが虫病と日本紅斑熱	馬原 文彦, 藤田 博巳	2011	公衆衛生, 75(1), 31-35
5202027	Meteorological factors affecting scrub typhus occurrence: A retrospective study of Yamagata Prefecture, Japan, 1984–2014	Seto, J., Suzuki, Y., Nakao, R., Otani, K., Yahagi, K., & Mizuta, K.	2017	Epidemiology & Infection, 145(3), 462-470.
5202028	感染症発生動向調査で届出られた SFTS 症例の概要（2025 年 7 月 31 日現在）	国立健康危機管理研究機構 感染症情報提供サイト	2025	https://id-info.jihs.go.jp/surveillance/idwr/article/sfts/020/20250820095747.html (2025/9/30 閲覧)
5202029	重症熱性血小板減少症候群(SFTS)にご注意ください	栃木県	2025	https://www.pref.tochigi.lg.jp/e60/tidc/topics/sfts.html (2025/11/4 閲覧)
5202030	全国のニホンジカ及びイノシシの生息分布調査について	環境省	2021	https://www.env.go.jp/press/109239.html (2025/9/30 閲覧)
5202031	Diversity and distribution of ticks in Niigata prefecture, Japan (2016-2018): Changes since 1950	Sato, M., Ikeda, S., Arai, R., Kato, M., Aoki, J., Nishida, A., Watanabe, K., Hirokawa, C., Watanabe, K., Regilme, M. A. F., Sato, M., Sato, M. O., & Tamura, T.	2021	Ticks and Tick-borne Diseases, 12(3), 101683
5202032	IPCC AR6 WGII Full Report 7.3.1.3	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5202033	Future risk of dengue fever to workforce and industry through global supply chain	Nakano, K.	2017	Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 23(3), 433-449.
5202034	Potential for Zika virus transmission by mosquitoes in temperate climates	Blagrove, M. S. C., Caminade, C., Diggle, P. J., Patterson, E. I., Sherlock, K., Chapman, G. E.,	2020	Proceedings of the Royal Society B, 287(1930), 20200119.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
		Hesson, J., Metelmann, S., McCall, P. J., Lycett, G., Medlock, J., Hughes, G. L., della Torre, A., & Baylis, M.		
5202035	The Epidemic Risk of Dengue Fever in Japan: Climate Change and Seasonality	Wang, X., & Nishiura, H.	2021	Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology, 2021(1), 6699788.
5202036	Quantifying the future risk of dengue under climate change in Japan	Hayashi, K., Fujimoto, M., & Nishiura, H.	2022	Frontiers in Public Health, 10, 959312.
5202037	環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書 日本の気候変動影響と適応策 ―レジリエントで持続可能な社会に向けて―	三村 信男他（編）	2025	—
5202038	S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究 2014 報告書 地球温暖化「日本への影響」―新たなシナリオに基づく総合的影響評価予測と適応策―	茨城大学地球変動適応科学研究機関（ICAS）, 独立行政法人 国立環境研究所	2014	—
5202039	蚊媒介性感染症	小林 睦生	2015	生活衛生, 79(7), 449-453.
5202040	Predicting the start of the Aedes albopictus (Diptera: Culicidae) female adult biting season using the spring temperature in Japan	Komagata, O., Higa, Y., Muto, A., Hirabayashi, K., Yoshida, M., Sato, T., Nihei, N., Sawabe, K., & Kobayashi, M.	2017	Journal of Medical Entomology, 54(6), 1519-1524.
5202041	気候変動による節足動物媒介感染症リスクの評価	バシフィックコンサルタンツ株式会社	2020	平成年度地域適応コンソーシアム関東地域事業委託業務報告書
5202042	気候変動と感染症	橋爪 真弘	2012	最新医学, 67(4), 1020-1026
5202043	気温上昇がヒトスジシマカの分布に与える影響（特集 地球温暖化と節足動物媒介性感染症を考える）	駒形 修	2017	獣医畜産新報, 70(6), 413-417
5202044	日本の感染症サーベイランス	健康危機管理研究機構感染症情報提供サイト	2018	https://id-info.jihs.go.jp/surveillance/idss/nesid-program-summary/index.html (2025/9/30 閲覧)
5202045	「気候変動適応情報プラットフォーム」インフォグラフィック「蚊媒介感染症」	国立環境研究所	2022	https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/infographic/5_mosquito-borneInfection.html (2025/9/30 閲覧)
5202046	「気候変動適応情報プラットフォーム」インフォグラフィック「ダニ媒介感染症」	国立環境研究所	2022	https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/infographic/5_tickborneInfection.html (2025/9/30 閲覧)
5202047	マダニが媒介する動物由来新興感染症対策のための野生動物管理	岡部 貴美子, 亘 悠哉, 矢野 泰弘, 前田 健, 五箇 公一	2019	保全生態学研究, 24(1), 109-124.
5202048	野外に生息するマダニ類に対する数種殺虫剤の防除効果	橋本 知幸, 数間 亨, 武藤 敦彦, 皆川 恵子, 永廣 香菜, 當山 啓介, 足立 雅也, 池田 文明, 駒形 修, 富田 隆史, 森川 茂, 澤邊 京子	2015	衛生動物, 66(1), 7-12.
5202049	人の活動域に生息するマダニに対する衛生害虫用殺虫剤の防除効果	橋本 知幸, 皆川 恵子, 数間 亨, 武藤 敦彦, 葛西 真治, 駒形 修, 前川 芳秀, 富田 隆史, 渡辺 護, 澤邊 京子, 白石 都, 大石 英明, 山内 健生, 五十嵐 真人, 池田 文明	2017	衛生動物, 68(3), 101-108.
5202050	重症熱性血小板減少症候群（SFTS）をはじめとするマダニ媒介性感染症の現状	前田 健	2016	学術の動向, 21(3), 3_67-3_71.

(3) その他の感染症

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5203001	IPCC AR6 WGII Full Report 7.2.2.4	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5203002	IPCC AR6 WGII Full Report Cross-Chapter Box COVID	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5203003	A cross-sectional analysis of meteorological factors and SARS-CoV-2 transmission in 409 cities across 26 countries	Sera, F., Armstrong, B., Abbott, S., Meakin, S., O'Reilly, K., von Borries, R., Schneider, R., Royé, D., Hashizume, M., Pascal, M., Tobias, A., Vicedo-Cabrera, A. M., MCC Collaborative Research Network, CMMID COVID-19 Working Group, Gasparrini, A., & Lowe, R.	2021	Nature Communications, 12(1), 5968.
5203004	奄美地域におけるインフルエンザ夏季流行の要因について	石谷 完二, 濱田 まどか, 岩元 由佳, 濱田 結花, 御供田 睦代, 岩切 忠文	2014	鹿児島県環境保健センター所報, 15, 52-54
5203005	Comparative epidemiology of influenza A and B viral infection in a subtropical region: a 7-year surveillance in Okinawa, Japan	Iha, Y., Kinjo, T., Parrott, G., Higa, F., Mori, H., & Fujita, J.	2016	BMC Infectious Diseases, 16(1), 650.
5203006	Non-stationary dynamics of climate variability in synchronous influenza epidemics in Japan	Onozuka, D., & Hagihara, A.	2015	International Journal of Biometeorology, 59(9), 1253-1259.
5203007	Association between meteorological factors and reported cases of hand, foot, and mouth disease from 2000 to 2015 in Japan	Sumi, A., Toyoda, S., Kanou, K., Fujimoto, T., Mise, K., Kohei, Y., Koyama, A., & Kobayashi, N.	2017	Epidemiology & Infection, 145(14), 2896-2911.
5203008	The influence of temperature and humidity on the incidence of hand, foot, and mouth disease in Japan	Onozuka, D., & Hashizume, M.	2011	Science of the Total Environment, 410, 119-125.
5203009	The role of temperature in reported chickenpox cases from 2000 to 2011 in Japan	Harigane, K., Sumi, A., Mise, K., and Kobayashi, N.	2015	Epidemiology & Infection, 143(12), 2666-2678.
5203010	The association of extreme temperatures and the incidence of tuberculosis in Japan	Onozuka, D., & Hagihara, A.	2015	International Journal of Biometeorology, 59(8), 1107-1114.
5203011	愛知県で検出された RS ウイルスの分子疫学解析	安達 啓一, 廣瀬 絵美, 中村 範子, 新美 瞳, 皆川 洋子, 齋藤 典子, 伊藤 雅, 安井 善宏, 佐藤 克彦	2022	愛知県衛生研究所報, (72), 1-10.
5203012	Enhancing health resilience in Japan in a changing climate	Kim, Y., Oka, K., Kawazu, E.C., Ng, C.F.S., Seposo, X., Ueda, K., Hashizume, M., & Honda, Y.	2023	The Lancet Regional Health-Western Pacific, 40.
5203013	平成 20 年度広島県内における温暖化影響調査報告書	広島県環境県民局環境部環境政策課	2009	—
5203014	Low temperature and low UV indexes correlated with peaks of influenza virus in northern Europe during 2010-2018	lanevski, A., Zusinaite, E., Shtaida, N., Kallio-Kokko, H., Valkonen, M., Kantele, A., Telling, K., Lutsar, I., Letjuka, P., Metelitsa, N., Oksenysh, V., Dumpis, U., Vitkauskienė, A., Stašaitis, K., Öhrmalm, C., Bondeson, K., Bergqvist, A., Cox, R. J., Tenson, T., Merits, A., & Kainov, D. E.	2019	Viruses, 11(3), 207.
5203015	Environmental predictors of seasonal influenza epidemics across temperate and tropical climates	Tamerius, J. D., Shaman, J., Alonso, W. J., Bloom-Feshbach, K., Uejio, C. K., Comrie, A., & Viboud, C.	2013	PLOS pathogens, 9(3), e1003194.
5203016	Climatic factors and influenza transmission, Spain, 2010-2015	Gomez-Barroso, D., León-Gómez, I., Delgado-Sanz, C., & Larrauri, A.	2017	International Journal of Environmental Research and Public Health, 14(12), 1469.
5203017	Global environmental drivers of influenza	Deyle, E. R., Maher, M. C., Hernandez, R. D., Basu, S., & Sugihara, G.	2016	Proceedings of the National Academy of Sciences, 113(46), 13081-13086.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5203018	Associations between meteorological parameters and influenza activity in Berlin (Germany), Ljubljana (Slovenia), Castile and Leon (Spain) and Israeli Districts	Soebiyanto, R. P., Gross, D., Jorgensen, P., Buda, S., Bromberg, M., Kaufman, Z., Prosenc, K., Socan, M., Vega Alonso, T., Widdowson, M.-A., & Kiang, R. K.	2015	PLOS one, 10(8), e0134701.
5203019	Seasonality of influenza and respiratory syncytial viruses and the effect of climate factors in subtropical-tropical Aisa using influenza-like illness surveillance data, 2010-2012	Kamigaki, T., Chaw, L., Tan, A. G., Tamaki, R., Alday, P. P., Javier, J. B., Olveda, R. M., Oshitani, H., & Tallo, V. L.	2016	PLOS one, 11(12), e0167712.
5203020	Thinking outside the box: Association of antimicrobial resistance with climate warming in Europe – A 30 country observational study	Kaba, H. E., Kuhlmann, E., & Scheithauer, S.	2019	International Journal of Hygiene and Environmental Health, 223(1), 151-158.
5203021	Antibiotic resistance increases with local temperature	MacFadden, D. R., McGough, S. F., Fisman, D., Santillana, M., & Brownstein, J. S.	2018	Nature Climate Change, 8(6), 510-514.
5203022	日本の感染症サーベイランス	健康危機管理研究機構感染症情報提供サイト	2018	https://id-info.jihs.go.jp/surveillance/idss/nesid-program-summary/index.html (2025/9/30 閲覧)
5203023	インフルエンザ	健康危機管理研究機構感染症情報提供サイト	2025	https://id-info.jihs.go.jp/diseases/a/influenza/index.html (2025/9/30 閲覧)
5203024	コロナウイルス感染症	健康危機管理研究機構感染症情報提供サイト	2021	https://id-info.jihs.go.jp/diseases/ka/coronavirus/010/coronavirus.html (2025/6/10 閲覧)
5203025	A Report of the Questionnaire Survey on Awareness of COVID-19 and Shelters	Yasui, A., & Numada, M.	2021	Journal of Disaster Research, 16(4), 747-764.
5203026	Predicting the effective reproduction number of COVID-19: inference using human mobility, temperature, and risk awareness	Jung, S. M., Endo, A., Akhmetzhanov, A. R., & Nishiura, H.	2021	International Journal of Infectious Diseases, 113, 47-54.

【その他】

(1) 温暖化と大気汚染の複合影響

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5301001	IPCC AR6 WGII Full Report 7.2.3.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5301002	IPCC AR6 WGII Full Report 7.2.3.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5301003	Effects of temperature and ozone on daily mortality during the August 2003 heat wave in France	Dear, K., Ranmuthugala, G., Kjellström, T., Skinner, C., & Hanigan, I.	2005	Archives of Environmental & Occupational Health, 60(4), 205-212.
5301004	Ozone modifies associations between temperature and cardiovascular mortality analysis of the NMMAPS data	Ren, C., Williams, G. M., Morawska, L., Mengersen, K., & Tong, S.	2008	Occupational and Environmental Medicine, 65(4), 255-260.
5301005	光化学大気汚染の対策と現況 ―近年の対策とその根拠―	若松 伸司	2013	大気環境学会誌, 48(3), 167-170.
5301006	観測データから見た近年の埼玉県における大気環境の状況と光化学オキシダント濃度推移の要因	竹内 庸夫	2012	全国環境研究会誌, 37(4), 2-10
5301007	光化学大気汚染の現状 ―発生源の変化と常時監視データを中心として―	星 純也	2013	大気環境学会誌, 48(3), 171

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5301008	大気汚染による健康影響 一歴史の変遷と現状一	島 正之	2017	日本衛生学雑誌, 72(3), 159-165.
5301009	炭化水素類の濃度と光化学オキシダント濃度上昇との関係について (III)	本田 雄一	2014	香川県環境保健研究センター所報, 13, 42-47
5301010	Tropospheric ozone assessment report: present-day ozone distribution and trends relevant to human health	Fleming, Z. L., Doherty, R. M., von Schneidemesser, E., Malley, C. S., Cooper, O. R., Pinto, J. P., Colette, A., Xu, X., Simpson, D., Schultz, M. G., Lefohn, A. S., Hamad, S., Moolla, R., Solberg, S., & Feng, Z.	2018	Elementa: Science of the Anthropocene , 6, 12.
<u>5301011</u>	First long-term surface ozone variations at an agricultural site in the North China Plain: Evolution under changing meteorology and emissions	Zhang, X., Xu, W., Zhang, G., Lin, W., Zhao, H., Ren, S., Zhou, G., Chen, J., & Xu, X.	2023	Science of The Total Environment, 860, 160520.
<u>5301012</u>	令和四年度 大気汚染状況報告書 第4章「光化学オキシダント」	環境省水・大気環境局	2024	令和四年度 大気汚染状況報告書
<u>5301013</u>	全世界を対象とした異なる PM _{2.5} 由来の健康影響評価関数に関する研究	関沢 賢, 渡邊 諒一, 藤森 真一郎, 大城 賢, 上田 佳代	2022	土木学会論文集 G (環境), 78(5), I_239-I_250.
<u>5301014</u>	Heat-related cardiorespiratory mortality: Effect modification by air pollution across 482 cities from 24 countries	Rai, M., Stafoggia, M., de'Donato, F., Scortichini, M., Zafeiratou, S., Vazquez Fernandez, L., Zhang, S., Katsouyanni, K., Samoli, E., Rao, S., Lavigne, E., Guo, Y., Kan, H., Osorio, S., Kysely, J., Urban, A., Orru, H., Maasikmets, M., Jaakkola, J. J. K., Rytli, N., Pascal, M., Hashizume, M., Ng, C. F. S., Alahmad, B., Hurtado Diaz, M., De la Cruz Valencia, C., Nunes, B., Madureira, J., Scovronick, N., Garland, R. M., Kim, H., Lee, W., Tobias, A., Iñiguez, C., Forsberg, B., Åström, C., Vicedo-Cabrera, A. M., Ragettli, M. S., Guo, Y.-L., Pan, S.-C., Li, S., Gasparrini, A., Sera, F., Masselot, P., Schwartz, J., Zanobetti, A., Bell, M. L., Schneider, A., & Breitner, S.	2023	Environment International, 174, 107825.
<u>5301015</u>	Effect modification by temperature on the association between O ₃ and emergency ambulance dispatches in Japan: A multi-city study	Phosri, A., Ueda, K., Seposo, X., Honda, A., & Takano, H.	2023	Science of the Total Environment, 861, 160725.
<u>5301016</u>	The effect modification of PM _{2.5} and ozone on the short-term associations between temperature and mortality across the urban areas of Japan	Tajudin, M. A. B. A., Kubo, R., Ng, C. F. S., Hashizume, M., Seposo, X., Kim, Y., Nishikawa, H., Takano, H., & Ueda, K.	2024	Environmental Health and Preventive Medicine, 29, 57-57.
<u>5301017</u>	IPCC AR6 WGII Full Report 7.3.1.6	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
<u>5301018</u>	Historical and future changes in air pollutants from CMIP6 models	Turnock, S. T., Allen, R. J., Andrews, M., Bauer, S. E., Deushi, M., Emmons, L., Good, P., Horowitz, L., John, J. G., Michou, M., Nabat, P., Naik, V., Neubauer, D., O' Connor, F. M., Olivie, D., Oshima, N., Schulz, M., Sellar, A., Shim, S., Takemura, T., Tilmes, S., Tsigaridis, K., Wu, T., & Zhang, J.	2020	Atmospheric Chemistry and Physics Discussions, 2020, 1-40.
<u>5301019</u>	Impacts of changes in climate, land use, and emissions on global ozone air quality by mid-21st century following selected Shared Socioeconomic Pathways	Bhattarai, H., Tai, A. P., Martin, M. V., & Yung, D. H.	2024	Science of the Total Environment, 906, 167759.
<u>5301020</u>	Tropospheric ozone chanaes and ozone sensitivity from the present day to the future under shared socio-economic pathways	Liu, Z., Doherty, R. M., Wild, O., O'Connor, F. M., & Turnock, S. T.	2022	Atmospheric Chemistry and Physics Discussions, 2021, 1-27.

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5301021	Shift in Peaks of PAH-Associated Health Risks From East Asia to South Asia and Africa in the Future	Lou, S., Shrivastava, M., Ding, A., Easter, R. C., Fast, J. D., Rasch, P. J., Shen, H., Simonich, S. M. L., Smith, S. J., Tao, S., & Zelenyuk, A.	2023	Earth's Future, 11(6), e2022EF003185.
5301022	The interplay of climate change and air pollution on health	Orru, H., Ebi, K. L., & Forsberg, B.	2017	Current Environmental Health Reports, 4(4), 504-513.
5301023	Projections of summertime ozone concentration over East Asia under multiple IPCC SRES emission scenarios	Lee, J. B., Cha, J. S., Hong, S. C., Choi, J. Y., Myoung, J. S., Park, R. J., Woo, J. H., Ho, C., Han, J. S., & Song, C. K.	2015	Atmospheric Environment, 106, 335-346.
5301024	Regional Features of Long-Term Exposure to PM _{2.5} Air Quality over Asia under SSP Scenarios Based on CMIP6 Models	Shim, S., Sung, H., Kwon, S., Kim, J., Lee, J., Sun, M., Song, J., Ha, J., Byun, Y., Kim, Y., Turnock, S. T., Stevenson, D. S., Allen, R. J., O'Connor, F. M., Teixeira, J. C., Williams, J., Johnson, B., Keeble, J., Mulcahy, J., & Zeng, G.	2021	International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(13), 6817.
5301025	The effect of future ambient air pollution on human premature mortality to 2100 using output from the ACCMIP model ensemble	Silva, R. A., West, J. J., Lamarque, J. F., Shindell, D. T., Collins, W. J., Dalsoren, S., Faluvegi, G., Folberth, G., Horowitz, L. W., Nagashima, T., Naik, V., Rumbold, S. T., Sudo, K., Takemura, T., Bergmann, D., Cameron-Smith, P., Cionni, I., Doherty, R. M., Eyring, V., Josse, B., MacKenzie, I. A., Plummer, D., Righi, M., Stevenson, D. S., Strode, S., Szopa, S., & Zeng, G.	2016	Atmospheric Chemistry and Physics, 16(15), 9847-9862.
5301026	Comprehensive Impact of Changing Siberian Wildfire Severities on Air Quality, Climate, and Economy: MIROC5 Global Climate Model's Sensitivity Assessments	Yasunari, T. J., Narita, D., Takemura, T., Wakabayashi, S., & Takeshima, A.	2024	Earth's Future, 12(4), e2023EF004129.
5301027	環境省 地球環境研究総合推進費 戦略的研究開発プロジェクト S-4 温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための温暖化影響の総合的評価に関する研究 地球温暖化「日本への影響」－最新の科学的知見－	環境省温暖化影響総合予測プロジェクトチーム	2008	—
5301028	Climate change and air pollution in East Asia: Taking transboundary air pollution into account	Yamashita, K., & Honda, Y.	2018	Climate Change and Air Pollution: The Impact on Human Health in Developed and Developing Countries, 309-326.
5301029	Impact of introducing net-zero carbon strategies on tropospheric ozone (O ₃) and fine particulate matter (PM _{2.5}) concentrations in Japanese region in 2050	Hata, H., Inoue, K., Yoshikado, H., Genchi, Y., & Tsunemi, K.	2023	Science of The Total Environment, 891, 164442.
5301030	PM _{2.5} and ozone pollution-related health challenges in Japan with regards to climate change	Long, Y., Wu, Y., Xie, Y., Huang, L., Wang, W., Liu, X., Zhou, Z., Zhang, Y., Hanaoka, T., Ju, Y., Li, Y., Chen, B., & Yoshida, Y.	2023	Global Environmental Change, 79, 102640.
5301031	世界規模の NOx 排出削減がもたらす気候、健康、農業への影響に関する研究	山崎 航我, 藤森 真一郎, 大城 賢, 上谷 明生, 関沢 賢	2023	土木学会論文集, 79(27), 23-27011.
5301032	気候変動対策・大気環境改善のための光化学オキシダント総合対策について	光化学オキシダント対策ワーキングプラン（環境省 水・大気環境局）	2022	—

(2) メンタルヘルスへの影響

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5302001	IPCC AR6 WGII Full Report 7.2.5.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5302002	The Fourth National Climate Assessment (NCA4) Ch. 14: Human Health	U.S. Global Change Research Program (NCA)	2018	The Fourth National Climate Assessment (NCA4)
5302003	The Fifth National Climate Assessment (NCA5) Ch. 15: Human Health	U.S. Global Change Research Program (NCA)	2023	The Fifth National Climate Assessment (NCA5)
5302004	Suicide and ambient temperature in East Asian countries: a time-stratified case-crossover analysis	Kim, Y., Kim, H., Honda, Y., Guo, Y. L., Chen, B. Y., Woo, J. M., & Ebi, K. L.	2016	Environmental Health Perspectives, 124(1), 75-80.
5302005	Temperature-associated suicide mortality: contrasting roles of climatic warming and the suicide prevention program in Finland	Helama, S., Holopainen, J., & Partonen, T.	2013	Environmental Health and Preventive Medicine, 18(5), 349-355.
5302006	Positive Association of Aggression with Ambient Temperature	Kim, S. E., Kim, Y., Hashizume, M., Honda, Y., Kazutaka, O., Hijioka, Y., & Kim, H.	2023	The Yale Journal of Biology and Medicine, 96(2), 189.
5302007	Does extreme temperature exposure take a toll on mental health? Evidence from the China Health and Retirement Longitudinal Study	Chen, Y., Sun, R., Chen, X., & Qin, X.	2023	Environment and Development Economics, 28(5), 486-510.
5302008	Relation between temperature and suicide mortality in Japan in the presence of other confounding factors using time-series analysis with a semiparametric approach	Likhvar, V., Honda, Y., & Ono, M.	2011	Environmental Health and Preventive Medicine, 16(1), 36-43.
5302009	Ambient Temperature and External Causes of Death in Japan from 1979 to 2015: A Time-Stratified Case-Crossover Analysis	Pan, R., Honda, Y., Minakuchi, E., Kim, S. E., Hashizume, M., & Kim, Y.	2022	Environmental Health Perspectives, 130(4), 047004.
5302010	Nonlinear temperature-suicide association in Japan from 1972 to 2015: Its heterogeneity and the role of climate, demographic, and socioeconomic factors	Sim, K., Kim, Y., Hashizume, M., Gasparrini, A., Armstrong, B., Sera, F., Ng, C. F. S., Honda, Y., & Chung, Y.	2020	Environment International, 142, 105829.
5302011	Association between ambient temperature and intentional injuries: A case-crossover analysis using ambulance transport records in Japan	Kubo, R., Ueda, K., Seposo, X., Honda, A., & Takano, H.	2021	Science of the Total Environment, 774, 145511.
5302012	Short-term exposure to ambient temperature and the mortality burden of suicide in Japan	Thawonmas, R., Kim, Y., & Hashizume, M.	2024	Environmental Research Communications, 6(6), 065012.
5302013	東京都における気温上昇と犯罪件数増加の関係	野村 実広, 村上 道夫, 小野 雄也	2017	生産研究, 69(3), 171-175.
5302014	IPCC AR6 WGII Full Report 7.3.1.11	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5302015	Climate, crime, and suicide : Empirical evidence from Japan	Takahashi, R.	2017	Climate Change Economics, 8(01), 1750003.
5302016	Projections of Temperature-Related Suicide under Climate Change Scenarios in Japan	Thawonmas, R., Hashizume, M., & Kim, Y.	2023	Environmental Health Perspectives, 131(11), 117012.
5302017	こころの情報サイト	国立精神・神経医療研究センター	—	https://kokoro.ncnp.go.jp/support_certificate.php (2025/9/30 閲覧)

(3) 自然災害に起因する健康影響

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5303001	「内閣府 HP」令和 5 年版防災白書「自然災害の激甚化・頻発化」	内閣府	2023	https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r05/honbun/t1_2s_01_00.html (2025/9/30 閲覧)
5303002	線状降水帯の特徴と予測可能性	廣川康隆, 加藤輝之	2024	日本風工学会誌, 48(3), 244-252.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5303003	気候変動と2023年の異常気象の関係	今田由紀子	2024	学術の動向, 29(2), 2_34-2_43.
5303004	IPCC AR6 WGII Full Report 7.2.4.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5303005	IPCC AR6 WGII Full Report 7.2.2.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5303006	IPCC AR6 WGII Full Report 7.2.5.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5303007	IPCC AR6 WGII Full Report Cross-Chapter Box COVID	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5303008	IPCC AR6 WGII Full Report 7.2.3.4	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5303009	Mortality risks associated with floods in 761 communities worldwide: time series study	Yang, Z., Huang, W., McKenzie, J. E., Xu, R., Yu, P., Ye, T., Wen, B., Gasparrini, A., Armstrong, B., Tong, S., Lavigne, E., Madureira, J., Kysely, J., Guo, Y., & Li, S.	2023	The BMJ, 383, e075081.
5303010	The overlooked health impacts of extreme rainfall exposure in 30 East Asian cities	He, C., Kim, H., Hashizume, M., Lee, W., Honda, Y., Kim, S. E., Guo, Y. L., Schneider, A., Zhu, Y., Zhou, L., Chen, R., & Kan, H.	2024	Nature Sustainability, 7(4), 423-431.
5303011	Global short-term mortality risk and burden associated with tropical cyclones from 1980 to 2019: a multi-country time-series study	Huang, W., Li, S., Vogt, T., Xu, R., Tong, S., Molina, T., Masselot, P., Gasparrini, A., Armstrong, B., Pascal, M., Royé, D., Ng, C. F. S., Vicedo-Cabrera, A. M., Schwartz, J., Lavigne, E., Kan, H., Goodman, P., Zeka, A., Hashizume, M., Hurtado Diaz, M., De la Cruz Valencia, C., Seposo, X., Nunes, B., Madureira, J., Kim, H., Lee, W., Tobias, A., Íñiguez, C., Guo, Y. L., Pan, S.-C., Zanobetti, A., Dang, T. N., Do Van, D., Geiger, T., Otto, C., Johnson, A., Hales, S., Yu, P., Yang, Z., Ritchie, E. A., & Guo, Y.	2023	The Lancet Planetary Health, 7(8), e694-e705.
5303012	Tropical cyclone and daily respiratory mortality across East Asia: a time series study	He, C., Chen, R., Kim, H., Hashizume, M., Lee, W., Honda, Y., Kim, S. E., Guo, Y. L., Schneider, A., Ge, W., Zhu, Y., Zhou, L., & Kan, H.	2023	The European Respiratory Journal, 62(1), 2300546.
5303013	Tropical cyclone-specific mortality risks and the periods of concern: A multicountry time-series study	Huang, W., Yang, Z., Zhang, Y., Vogt, T., Armstrong, B., Yu, W., Xu, R., Yu, P., Liu, Y., Gasparrini, A., Hundessa, S., Lavigne, E., Molina, T., Geiger, T., Guo, Y. L., Otto, C., Hales, S., Pourzand, F., Pan, S.-C., Ju, K., Ritchie, E. A., Li, S., & Guo, Y.	2024	PLOS medicine, 21(1), e1004341.
5303014	Assessing the potential impacts of climate change on food-and waterborne diseases in Europe	ECDC	2012	Assessing the Potential Impacts of Climate Change on Food-and Waterborne Diseases in Europe.
5303015	Outbreak of <i>Cryptosporidium hominis</i> following river flooding in the city of Halle (Saale), Germany, August 2013	Gertler, M., Dürr, M., Renner, P., Poppert, S., Askar, M., Breidenbach, J., Frank, C., Preußel, K., Schielke, A., Werber, D., Chalmers, R., Robinson, G., Feuerpfeil, I., Tannich, E., Gröger, C., Stark, K., & Wilking, H.	2015	BMC infectious diseases, 15(1), 88.
5303016	地球温暖化と感染症 今後、寄生虫感染症は増加するのか？	松村 隆弘	2022	検査と技術, 50(1), 24-26

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5303017	Climate change and mental health	Trombley, J., Chalupka, S., & Anderko, L.	2017	The American Journal of Nursing, 117(4), 44-52.
5303018	Longitudinal impact of hurricane sandy exposure on mental health symptoms	Schwartz, R. M., Gillezeau, C. N., Liu, B., Lieberman-Cribbin, W., & Taioli, E.	2017	International Journal of Environmental Research and Public Health, 14(9), 957.
5303019	The Suicidal Ideation of Disaster Victims: A Nationwide Cross-Sectional Study	Kim, Y., & Lee, E.	2023	Psychology Research and Behavior Management, 905-914.
5303020	Ensuring safety and health at work in a changing climate	ILO	2024	—
5303021	Advancing the framework for considering the effects of climate change on worker safety and health	Schulte, P. A., Bhattacharya, A., Butler, C. R., Chun, H. K., Jacklitsch, B., Jacobs, T., Kiefer, M., Lincoln, J., Pendergrass, S., Shire, J., Watson, J., & Wagner, G. R.	2016	Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 13(11), 847-865.
5303022	First Responders: Mental Health Consequences of Natural and Human-Made Disasters for Public Health and Public Safety Workers	Benedek, D. M., Fullerton, C., & Ursano, R. J.	2007	Annual Review of Public Health, 28(1), 55-68.
5303023	Hurricane Katrina and Superstorm Sandy: Mental Health Providers as Victims and First Responders	Doherty, T.	2013	Ecopsychology, 5, 1.
5303024	Increased Medical Visits and Mortality among Adults with Cardiovascular Diseases in Severely Affected Areas after Typhoon Morakot	Shih, H. I., Chao, T. Y., Huang, Y. T., Tu, Y. F., Sung, T. C., Wang, J. D., & Chang, C. M.	2020	International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(18), 6531.
5303025	「内閣府 HP」令和元年版 防災白書「平成 30 年 7 月豪雨（西日本豪雨）災害」	内閣府防災情報	2019	—
5303026	平成 30 年 7 月豪雨及び台風第 12 号による被害状況及び消防機関等の対応状況（第 60 報）	消防庁応急対策室	2019	—
5303027	Emergency Medical Teams' Responses during the West Japan Heavy Rain 2018: J-SPEED Data Analysis	Chimed-Ochir, O., Yumiya, Y., Taji, A., Kishita, E., Kondo, H., Wakai, A., Akahoshi, K., Chishima, K., Toyokuni, Y., Koido, Y., & Kubo, T.	2022	Prehospital and Disaster Medicine, 37(2), 205-211.
5303028	「内閣府 HP」令和 2 年版防災白書「令和元年房総半島台風による災害」	内閣府防災情報	2020	—
5303029	令和元年房総半島台風による被害及び消防機関等の対応状況（第 41 報）	消防庁応急対策室	2020	—
5303030	令和元年房総半島台風、東日本台風及び 10 月 25 日の大雨災害 災害弔慰金及び災害障害見舞金の支給状況（令和 3 年 1 月 31 日現在）	千葉県市町村総合事務組合	2021	—
5303031	Heat-related mortality and ambulance transport after a power outage in the Tokyo metropolitan area	Yamasaki, L., Kamada, T., Ng, C. F. S., Takane, Y., Nakajima, K., Yamaguchi, K., Oka, K., Honda, Y., Kim, Y., & Hashizume, M.	2024	Environmental Epidemiology, 8(2), e292.
5303032	Heat-Related Mortality in Japan after the 2011 Fukushima Disaster: An Analysis of Potential Influence of Reduced Electricity Consumption	Kim, Y., Gasparrini, A., Hashizume, M., Honda, Y., Ng, C. F. S., & Armstrong, B.	2017	Environmental Health Perspectives, 125(7), 077005.
5303033	Energy Saving May Kill: Evidence from the Fukushima Nuclear Accident	He, G., & Tanaka, T.	2024	American Economic Journal: Applied Economics, 15(2), 377-414.
5303034	「内閣府 HP」令和 2 年版防災白書「令和元年東日本台風による災害」	内閣府防災情報	2020	—
5303035	令和元年東日本台風及び前線による大雨による被害及び消防機関等の対応状況（第 67 報）	消防庁応急対策室	2020	—
5303036	令和元年東日本台風災害での長野医療圏エコノミークラス症候群予防検診の経緯と提言	星 研一, 滝澤 伸憲, 山田 美智治, 倉嶋 俊雄, 内川 慎一郎, 三浦 崇, 實原 正明, 小林 良清	2022	日本血栓止血学会誌, 33(6), 667-674.
5303037	Relationship between the flood disaster caused by the Reiwa first year east Japan typhoon and cardiovascular and cerebrovascular events in Nagano City: The SAVE trial	Sunohara, D., Miura, T., Komatsu, T., Hashizume, N., Momose, T., Kono, T., Motoki, H., Mochidome, T., Kasai, T., Kuwahara, K., & Ikeda, U.	2021	Journal of Cardiology, 78(5), 447-455.
5303038	Increased risk of Legionella pneumonia as community-acquired pneumonia after heavy rainfall in 2018 in west Japan	Mitsui, M., Ito, A., Ishida, T., Tachibana, H., Nakanishi, Y., Yamazaki, A., & Washio, Y.	2021	Journal of Infection and Chemotherapy, 27(10), 1429-1435.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5303039	農作業にともなうレプトスピラ症の感染リスクと接触機会の推定	石橋 良信, 渡部 徹, 上原 鳴夫	2010	国際保健医療, 25(3), 143-153.
5303040	Leptospirosis in the Tohoku region: Re-emerging infectious disease	Saitoh, H., Koizumi, N., Seto, J., Ajitsu, S., Fujii, A., Takasaki, S., Yamakage, S., Aoki, S., Nakayama, K., Ashino, Y., Chagan-Yasutan, H., Kiyomoto, H., & Hattori, T.	2015	The Tohoku Journal of Experimental Medicine, 236(1), 33-37.
5303041	水環境の変化と感染症媒介生物の分布・挙動 被災地における感染症媒介蚊の発生状況	渡辺 護	2022	水環境学会誌, 45(8), 252-256.
5303042	A Report of the Questionnaire Survey on Awareness of COVID-19 and Shelters	Yasui, A., & Numada, M.	2021	Journal of Disaster Research, 16(4), 747-764.
5303043	平成 26 年 8 月 20 日に発生した 広島市土砂災害の概要	内閣府防災情報	2016	—
5303044	2014 年広島豪雨災害報告書（最終版）	土木学会社会支援部	2015	—
5303045	災害メンタルヘルス 災害が心に与えるもの一精神保健福祉センターの立場から	皆川 英明	2021	医学のあゆみ, 278(2), 128-132
5303046	豪雨災害後の被災者がかかえる課題 一災害 1 年後の関市訪問調査から一	山下 科子, 木村 恵子, 名倉 弘美, 田中 耕	2021	人間福祉学会誌, 20(1), 11-22.
5303047	Prevalence of Mental Health Problems among Patients Treated by Emergency Medical Teams: Findings from J-SPEED Data Regarding the West Japan Heavy Rain 2018	Yumiya, Y., Chimed-Ochir, O., Taji, A., Kishita, E., Akahoshi, K., Kondo, H., Wakai, A., Chishima, K., Toyokuni, Y., Koido, Y., Tachikawa, H., Takahashi, S., Gomei, S., Kawashima, Y., & Kubo, T.	2022	International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(18), 11454.
5303048	令和 4 年台風 15 号による断水時の透析医療機関等の対応と今後の課題	湯浅 恭史, 宮地 武彦, 蔭 景彩, 上月 康則	2023	土木学会論文集 G (環境), 73(6), II_283-II_291.
5303049	化学物質過敏症専門外来から見えてきた日本の化学物質過敏症の実態と問題点及び緊急課題	水城 まさみ, 宮田 幹夫	2021	臨床環境医学, 29(1), 10-17.
5303050	The effect of the 2018 Japan Floods on cognitive decline among long-term care insurance users in Japan: a retrospective cohort study	Yoshida, S., Kashima, S., & Matsumoto, M.	2021	Environmental Health and Preventive Medicine, 26(1), 113.
5303051	How the 2018 Japan Floods Impacted Nursing Home Admissions for Older Persons: A Longitudinal Study Using the Long-Term Care Insurance Comprehensive Database	Miyamori, D., Yoshida, S., Kashima, S., Koike, S., Ishii, S., Okazaki, Y., Ikeda, K., & Matsumoto, M.	2023	Journal of the American Medical Directors Association, 24(3), 368-375.
5303052	透析医療における災害対策 5 大型台風・豪雨 一2018 年西日本豪雨における透析被害とその対応	村上 和春	2021	臨床透析, 37(8)
5303053	千葉県館山市における台風 15 号被災と在宅酸素療法継続の問題点について	瀬口 京介, 張本 英男, 青島 あずさ, 伊豆 倉通, 藤江 聡	2022	日本災害医学会雑誌, 27(3), 161-164.
5303054	自然災害における対策と取り組み ～東京都で出来ることは?～千葉県大規模停電での対応について～房総半島台風の被害～	佐久間 宏治	2022	東京都臨床工学会会誌, 33(1), 20-21
5303055	IPCC AR6 WGII Full Report 7.3.1.4	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5303056	IPCC AR6 WGII Full Report 7.3.1.11	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5303057	Extreme precipitation and emergency room visits for gastrointestinal illness in areas with and without combined sewer systems: An analysis of massachusetts data, 2003–2007	Jagai, J. S., Li, Q., Wang, S., Messier, K. P., Wade, T. J., & Hilborn, E. D.	2015	Environmental Health Perspectives, 123(9), 873-879.
5303058	日本の気候変動 2025 一大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書一	文部科学省, 気象庁	2025	—
5303059	被災地での健康を守るために	厚生労働省	2011	https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/hoken-sidou/disaster.html (2024/12/1 閲覧)
5303060	DMAT とは	厚生労働省 DMAT 事務局	—	http://www.dmat.jp/dmat/dmat.html (2024/12/1 閲覧)
5303061	地域医療を実践する内科医とは 予測可能な災害避難としての人工呼吸器使用患者の早期入院	諏訪園 秀吾, 新里 恵, 佐喜真 和弥	2021	日本内科学会雑誌, 110(4), 780-784.

(4) 冬季の健康影響

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5304001	IPCC AR6 WGII Full Report 7.2.4.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5304002	Health and Social Care Sector Briefing: Findings from the third UK Climate Change Risk Assessment (CCRA3) Evidence Report 2021	UK Climate Risk	2021	—
5304003	Global, regional, and national burden of mortality associated with non-optimal ambient temperatures from 2000 to 2019: a three-stage modelling study	Zhao, Q., Guo, Y., Ye, T., Gasparrini, A., Tong, S., Overcenco, A., Urban, A., Schneider, A., Entezari, A., Vicedo-Cabrera, A. M., Zanobetti, A., Analitis, A., Zeka, A., Tobias, A., Nunes, B., Alahmad, B., Armstrong, B., Forsberg, B., Pan, S.-C., Iñiguez, C., Ameling, C., De la Cruz Valencia, C., Åström, C., Houthuijs, D., Do, V. D., Royé, D., Indermitte, E., Lavigne, E., Mayvaneh, F., Acquaotta, F., de'Donato, F., Di Ruscio, F., Sera, F., Carrasco-Escobar, G., Kan, H., Orru, H., Kim, H., Holobăc, I. H., Kyselý, J., Madureira, J., Schwartz, J., Jaakkola, J. J. K., Katsouyanni, K., Hurtado Diaz, M., Ragettli, M. S., Hashizume, M., Pascal, M., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M., Valdes Ortega, N., Rytí, N., Scovronick, N., Michelozzi, P., Matus Correa, P., Goodman, P., Saldiva, P. H. N., Abrutzky, R., Osorio, S., Rao, S., Fratianni, S., Dang, T. N., Colistro, V., Huber, V., Lee, W., Seposo, X., Honda, Y., Guo, Y. L., Bell, M. L., & Li, S.	2021	The Lancet Planetary Health, 5(7), e415-e425.
5304004	A global comprehensive analysis of ambient low temperature and non-communicable diseases burden during 1990-2019	Song, J., Qin, W., Pan, R., Yi, W., Song, S., Cheng, J., & Su, H.	2022	Environmental Science and Pollution Research, 29(44), 66136-66147.
5304005	Individual- and community-level shifts in mortality patterns during the January 2016 East Asia cold wave associated with a super El Nino event: Empirical evidence in Hong Kong	Ho, H. C., Chan, T. C., Xu, Z., Huang, C., & Li, C.	2020	Science of the Total Environment, 711, 135050.
5304006	Cold spells and ischaemic sudden cardiac death: effect modification by prior diagnosis of ischaemic heart disease and cardioprotective medication	Ryti, N. R. I., Mäkityrö, E. M. S., Antikainen, H., Junttila, M. J., Hookana, E., Ikäheimo, T. M., Kortelainen, M.-L., Huikuri, H. V., & Jaakkola, J. J. K.	2016	Scientific Reports, 7(1), 41060.
5304007	Coronary stenosis as a modifier of the effect of cold spells on the risk of sudden cardiac death: a case-crossover study in Finland	Ryti, N. R., Junttila, M. J., Antikainen, H., Kortelainen, M. L., Huikuri, H. V., & Jaakkola, J. J.	2018	BMJ open, 8(8), e020865.
5304008	Global association of cold spells and adverse health effects: A systematic review and meta-analysis	Ryti, N. R., Guo, Y., & Jaakkola, J. J.	2016	Environmental Health Perspectives, 124(1), 12-22.
5304009	Risk of sudden cardiac death in relation to season-specific cold spells: a case- crossover study in Finland	Ryti, N. R. I., Mäkityrö, E. M. S., Antikainen, H., Hookana, E., Junttila, M. J., Ikäheimo, T. M., Kortelainen, M.-L., Huikuri, H. V., & Jaakkola, J. J. K.	2017	BMJ open, 7(11), e017398.
5304010	低温による国内死者数と冬季気温の長期変動	藤部 文昭	2016	天気, 63(6), 469-476.

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5304011	人口動態統計を用いた住宅内の安全性に関する研究 その 10 最寒日から死亡に至るまでの経過日数に関する研究	三上 遥, 羽山 広文, 森 太郎, 菊田 弘輝	2013	日本建築学会北海道支部研究報告集, (86), 253-254.
5304012	人口動態統計を用いた住宅内の安全性に関する研究 その 12 最寒日と 4 疾患による死亡に関する研究	三上 遥, 羽山 広文, 森 太郎, 菊田 弘輝	2014	日本建築学会北海道支部研究報告集, (87), 219-220
5304013	Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study	Gasparrini, A., Guo, Y., Hashizume, M., Lavigne, E., Zanobetti, A., Schwartz, J., Tobias, A., Tong, S., Rocklöv, J., Forsberg, B., Leone, M., De Sario, M., Bell, M. L., Guo, Y.-L. L., Wu, C.-F., Kan, H., Yi, S.-M., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M., Saldiva, P. H. N., Honda, Y., Kim, H., & Armstrong, B.	2015	The Lancet, 386(9991), 369-375.
5304014	Variation in vulnerability to extreme-temperature-related mortality in Japan: A 40-year time-series analysis	Onozuka, D., & Hagihara, A.	2015	Environmental Research, 140, 177-184.
5304015	All-cause and cause-specific risk of emergency transport attributable to temperature	Onozuka, D., & Hagihara, A.	2015	Medicine, 94(51), e2259.
5304016	Out-of-hospital cardiac arrest risk attributable to temperature in Japan	Onozuka, D., & Hagihara, A.	2017	Scientific Reports, 7(1), 39538.
5304017	低温が救急搬送と死亡に及ぼす影響	土海 一美, 宮武 伸行, 田中 直子, 木下 博之	2018	日本ヒートアイランド学会第 13 回全国大会講演論文集
5304018	Cold Spells and Cause-Specific Mortality in 47 Japanese Prefectures: A Systematic Evaluation	Ma, C., Yang, J., Nakayama, S. F., Iwai-Shimada, M., Jung, C. R., Sun, X. L., & Honda, Y.	2021	Environmental Health Perspectives, 129(6), 067001.
5304019	人口動態統計を用いた疾病による死亡の季節依存性に関する経時的分析	長谷川 舞, 森 太郎, 羽山 広文, 林 基哉.	2021	日本建築学会環境系論文集, 86(783), 557-566.
5304020	Temporal changes in mortality impacts of heat wave and cold spell in Korea and Japan	Lee, W., Choi, H. M., Lee, J. Y., Kim, D. H., Honda, Y., & Kim, H.	2018	Environment International, 116, 136-146.
5304021	全国労災病院 46,000 例からみた脳卒中発症の季節性(2002-2008 年)	豊田 章宏	2011	脳卒中, 33(2), 226-235.
5304022	Ambient temperature change increases in stroke onset: Analyses based on the Japanese regional metrological measurements	Takumi, I., Mishina, M., Kominami, S., Mizunari, T., Kobayashi, S., Teramoto, A., & Morita, A.	2015	Journal of Nippon Medical School, 82(6), 281-286.
5304023	気候変動による健康ハイルスク集団の特定と効果的な予防・適応策の構築	津田 敏秀	2013	科学研究費助成事業研究成果報告書
5304024	Association of out-of-hospital cardiac arrest with prior activity and ambient temperature	Nishiyama, C., Iwami, T., Nichol, G., Kitamura, T., Hiraide, A., Nishiuchi, T., Hayashi, Y., Nonogi, H., & Kawamura, T.	2011	Resuscitation, 82(8), 1008-1012.
5304025	Impact of seasonal temperature environment on the neurologic prognosis of out-of-hospital cardiac arrest: A nationwide, population-based cohort study	Fukuda, T., Ohashi, N., Doi, K., Matsubara, T., Kitsuta, Y., Nakajima, S., & Yahagi, N.	2014	Journal of Critical Care, 29(5), 840-847.
5304026	Influence of weather conditions on the frequent onset of acute myocardial infarction	Honda, T., Fujimoto, K., & Miyao, Y.	2016	Journal of Cardiology, 67(1), 42-50.
5304027	Relation of ST-segment elevation myocardial infarction to daily ambient temperature and air pollutant levels in a Japanese nationwide percutaneous coronary intervention registry (J-PCI)	Yamaji, K., Kohsaka, S., Morimoto, T., Fujii, K., Amano, T., Uemura, S., Akasaka, T., Kadota, K., Nakamura, M., & Kimura, T.	2016	The American Journal of Cardiology, 119(6), 872-880.
5304028	Relationship between cold temperature and cardiovascular mortality, with assessment of effect modification by individual characteristics – Ibaraki prefectural health study –	Atsumi, A., Ueda, K., Irie, F., Sairenchi, T., Iimura, K., Watanabe, H., Iso, H., Ota, H., & Aonuma, K.	2013	Circulation Journal, 77(7), 1854-1861.
5304029	Spatiotemporal variations of extreme low temperature for emergency transport: a nationwide observational study	Onozuka, D., & Hagihara, A.	2016	International Journal of Biometeorology, 61(6), 1081-1094.
5304030	Association between ambient temperature and cause-specific cardiovascular disease admissions in Japan: A nationwide study	Pan, R., Okada, A., Yamana, H., Yasunaga, H., Kumazawa, R., Matsui, H., Fushimi, K., Honda, Y., & Kim, Y.	2023	Environmental Research, 225, 115610.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5304031	Ambient temperature and nervous system diseases-related mortality in Japan from 2010 to 2019: A time-stratified case-crossover analysis	Lin, S. Y., Ng, C. F. S., Kim, Y., Htay, Z. W., Cao, A. Q., Pan, R., & Hashizume, M.	2023	Science of The Total Environment, 867, 161464.
5304032	IPCC AR6 WGII Full Report 7.3.1.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5304033	IPCC AR6 WGII Full Report 7.3.1.11	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5304034	Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios	Gasparrini, A., Guo, Y., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A. M., Huber, V., Tong, S., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M., Nascimento Saldiva, P. H., Lavigne, E., Matus Correa, P., Valdes Ortega, N., Kan, H., Osorio, S., Kyselý, J., Urban, A., Jaakkola, J. J. K., Rytí, N. R. I., Pascal, M., Goodman, P. G., Zeka, A., Michelozzi, P., Scortichini, M., Hashizume, M., Honda, Y., Hurtado-Díaz, M., Cruz, J. C., Seposo, X., Kim, H., Tobias, A., Iñiguez, C., Forsberg, B., Åström, D. O., Ragettli, M. S., Guo, Y. L., Wu, C.-F., Zanobetti, A., Schwartz, J., Bell, M. L., Dang, T. N., Do Van, D., Heaviside, C., Vardoulakis, S., Hajat, S., Haines, A., & Armstrong, B.	2017	The Lancet Planetary Health, 1(9), e360-e367.
5304035	平成 24 年度 大気環境物質のためのシームレス同化システムの構築とその応用（SALAS）報告書	中島 映至	2012	文部科学省気候変動適応研究推進プログラム成果
5304036	環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書 日本の気候変動影響と適応策 ―レジリエントで持続可能な社会に向けて―	三村 信男他（編）	2025	—
5304037	Future projections of temperature-related excess out-of-hospital cardiac arrest under climate change scenarios in Japan	Onozuka, D., Gasparrini, A., Sera, F., Hashizume, M., & Honda, Y.	2019	Science of the Total Environment, 682, 333-339.

(5) その他の健康影響

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5305001	IPCC AR6 WGII Full Report 7.2.3.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5305002	IPCC AR6 WGII Full Report 7.2.3.3	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5305003	「林野庁 HP」令和 5 年度 森林・林業白書「スギ等による花粉症の顕在化と対応（1）顕在化してきたスギ等の花粉症」	林野庁	2024	—
5305004	Effect of climate change on allergenic airborne pollen in Japan	Kishikawa, R., & Koto, E.	2021	Immunology and Allergy Clinics, 41(1), 111-125.
5305005	Effects of climate change on Cupressaceae pollen grains in Japan	Kishikawa, R., Oshikawa, C., Koto, E., Saito, A., Sahashi, N., Soh, N., Yokoyama, T., Usami, A., Teranishi, H., Enomoto, T., Murayama, K., Fukutomi, Y., Okabe, K., Fukushima, T., Sugiyama, A., Shimoda, T., Iwanaga, T., Honjo, S., Yoshida, M., & Imai, T.	2023	Japanese Journal of Palynology, 69(1), 6911.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
5305006	Dynamics of pollen-generating environment producing impact on society based on the relative humidity of the previous year and flowering synchrony	Miki, K.	2023	Science of The Total Environment, 892, 164745.
5305007	気候変動下の森林—その多様な役割と社会との関わり— 気候変動と花粉症	倉本 恵生	2021	環境情報科学, 50 (1), 42-46.
5305008	過去 26 年間のスギ花粉飛散パターンのクラスター分析	伊藤 由紀子	2014	日本耳鼻咽喉科学会会報, 117(5), 681-687.
5305009	Genetic diversity and distribution of the ciguatera-causing dinoflagellate gambierdiscus spp. (Dinophyceae) in coastal areas of Japan	Nishimura, T., Sato, S., Tawong, W., Sakanari, H., Uehara, K., Shah, M. M. R., Suda, S., Yasumoto, T., Taira, Y., Yamaguchi, H., & Adachi, M.	2013	PLOS One, 8(4), e60882.
5305010	奄美大島・加計呂麻島におけるシガテラ原因魚の毒組成解析	與儀 健太郎, 大城 直雅, 松田 聖子, 佐久川 さつき, 松尾 敏明, 安元 健	2013	食品衛生学雑誌, 54(6), 385-391.
5305011	沖縄県で発生している自然毒中毒事例	玉那覇 康二	2013	マイコトキシシン, 63(1), 55-65.
5305012	Aflatoxins in rice artificially contaminated with aflatoxinproducing Aspergillus flavus under Natural Storage in Japan	Sugihara, S., Doi, H., Kato, M., Mitoh, Y., Tsuda, T., & Ikeda, S.	2016	Acta Medica Okayama, 70(3), 167-173.
5305013	IPCC AR6 WGII Full Report 7.3.1.6	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5305014	IPCC AR6 WGII Full Report 7.3.1.10	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
5305015	日本海若狭湾西部において見出された底生渦鞭毛藻 Gambierdiscus 属	畑山 裕城, 石川 輝, 夏池 真史, 武市 有未, 鯨坂 哲朗, 澤山 茂樹, 今井 一郎	2011	日本水産学会誌, 77(4), 685-687.
5305016	北海道オホーツク海沿岸における麻痺性貝毒の発生予測に関する生物海洋学的研究	嶋田 宏	2018	北海道水産試験場研究報告
5305017	スギ花粉発生源対策推進方針	林野庁	2024	https://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyou/kafun/suishin.html (2025/9/30 閲覧)
5305018	花粉飛散予測について	気象庁	—	https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kurashi/kafun.html (2025/9/30 閲覧)
5305019	自然毒のリスクプロファイル：魚類：シガテラ毒	厚生労働省	2024	https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryou/shokuhin/syokuchu/poison/animal_det_02.html (2025/9/30 閲覧)
5305020	食中毒関連 「シガテラ」	沖縄県	2024	https://www.pref.okinawa.jp/kurashikankyo/shoku/1004101/1018584/1004114.html (2025/9/30 閲覧)

B.6. 産業・経済活動分野

【産業】

(1) 全般

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6101001	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.1.5	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6101002	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.1.6	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
6101003	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.5.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
6101004	Ensuring safety and health at work in a changing climate	ILO	2024	https://www.ilo.org/publications/ensuring-safety-and-health-work-changing-climate (2025/10/01 閲覧)
6101005	国際対応型 LCIA 手法 LIME3 の枠組みに基づく世界 42 国の行政区域の年間環境影響評価	山崎 潤也, 伊香賀 俊治, 伊坪 徳宏	2020	日本建築学会環境系論文集, 85(767), 67-77.
6101006	企業の事業・サプライチェーンと自然災害リスク ―TCFD 開示に見る国内企業の対応とエンゲージメントのポイント―	富永 健司	2024	野村サステナビリティクォーターリー
6101007	水害統計調査：産業区分別事業所資産被害額	国土交通省	2018-2023	政府統計の総合窓口（e-stat） https://www.e-stat.go.jp/ (2025/9/30 閲覧)
6101008	Transmission of flood damage to the real economy and financial intermediation: Simulation analysis using a DSGE model	Hashimoto, R., & Sudo, N.	2024	Journal of Environmental Economics and Management, 128, 103058.
6101009	3 つのキーワードで読む 気候クライシス ―なぜ気候変動への「適応」が求められているのか	前川 統一郎	2020	Today, 23(5), 4-7.
6101010	高速道路ネットワークの寸断が地域経済に与える経済被害に関する研究	神田 佑亮	2020	高速道路と自動車, 63(12), 63-66.
6101011	浸水時における事業所資産のフラジリティ曲線の推計：平成 30 年 7 月豪雨を対象として	黒田 望, 梶谷 義雄, 多々納 裕一	2020	土木学会論文集 B1（水工学）, 76(1), 70-80.
6101012	災害時の交通マネジメントの経済被害抑制効果に関する一考察―平成 30 年 7 月豪雨の広島～呉間の交通を対象として―	神田 佑亮, 富永 凌太郎, 赤木 大介, 重光 裕介, 藤原 章正	2022	土木学会論文集 D3（土木計画学）, 78(6), II_400-II_408.
6101013	令和 6 年 職場における熱中症による死傷災害の発生状況（確定値）	厚生労働省	2025	https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_58389.html (2025/9/30 閲覧)
6101014	職場における熱中症対策の強化について	厚生労働省	2025	—
6101015	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.4.6	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
6101016	アジアにおける気候変動問題の深刻化とグリーン・ファイナンスの現状	清水 聡	2020	環太平洋ビジネス情報 RIM, 20(77), 88-126.
6101017	激甚化する水害のリスクマネジメント	篠原 瑞生, 池田 昌子	2022	水循環：貯留と浸透, 123, 46-49.
6101018	環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書 日本の気候変動影響と適応策 ―レジリエントで持続可能な社会に向けて―	三村 信男（編）	2025	—
6101019	人口・土地利用シナリオに基づく日本沿岸域の海面上昇の社会経済影響評価	児玉 康希, 横木 裕宗, 田村 誠	2022	土木学会論文集 G（環境）, 78(5), I_349-I_357.
6101020	海面上昇による津波の経済被害評価の試み―宮城県でのアウトーライズ地震津波の事例	藤 浩介, サッパシー アナワット, 今村 文彦, ベコク スン クワンチャイ	2023	津波工学研究報告, 40, 171-175.

(2) 製造業

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6102001	改訂版 民間企業の気候変動適応ガイド ―気候リスクに備え、勝ち残るために―	環境省	2022	—

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6102002	平成 29 年度環境省請負業務 平成 29 年度民間事業者の気候変動適応策推進のための調査業務報告書	国際航業株式会社	2018	—
<u>6102003</u>	水害統計調査：産業区分別事業所資産被害額	国土交通省	2020-2025	政府統計の総合窓口（e-stat） https://www.e-stat.go.jp/ (2025/9/30 閲覧)
6102004	中小企業の防災・減災対策に関する現状と課題について	経済産業省中小企業庁	2018	—
6102005	中小企業強靱化研究会 中間とりまとめ	経済産業省中小企業庁	2019	—
<u>6102006</u>	Influence of future climate changes scenarios on the feasibility of the adaptive comfort model in Japan	Misuri, A., Cruz, A. M., Park, H., Garnier, E., Ohtsu, N., Hokugo, A., Fujita, I., Aoki, S., & Cozzani, V.	2021	Sustainable Cities and Society, 61, 102303.
<u>6102007</u>	Risk assessment for adaptation to climate change in the international supply chain	Nakano, K.	2021	Journal of Cleaner Production, 319, 15, 128785.
<u>6102008</u>	令和 6 年 職場における熱中症による死傷災害の発生状況（確定値）	厚生労働省	2025	https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_58389.html (2025/9/30 閲覧)
<u>6102009</u>	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.5.3	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
6102010	気候変動に伴う影響 ―東京湾周辺における海面上昇による影響の経済的損失の一考察―	山本 桂香	2010	環境情報科学論文集, 24, 381-386.
6102011	気候変動と産業競争力	Kim, H. S.	2012	北東アジア研究島根県立大学開学十周年記念号
6102012	伝統産業と気候変動：茅野の天然寒天業への影響に関する事例調査	木村 浩巳	2012	法政大学レボジトリ
<u>6102013</u>	TCFD の提言に基づくシナリオ分析	富士製薬工業株式会社	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/tcfd/tcfd-023.html (2025/9/30 閲覧)
<u>6102014</u>	TCFD 提言に基づく情報開示のためのシナリオ分析	住友化学株式会社	2022	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/tcfd/tcfd-016.html (2025/9/30 閲覧)
<u>6102015</u>	気候変動関連リスク・機会の分析・評価	小野薬品工業株式会社	2022	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/tcfd/tcfd-012.html (2025/9/30 閲覧)
<u>6102016</u>	気候関連リスクと機会に関するシナリオ分析	コニカミノルタ株式会社	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/tcfd/tcfd-021.html (2025/9/30 閲覧)
<u>6102017</u>	「気候変動適応情報プラットフォーム」 インフォグラフィック（事業者編） 「製造業」	国立環境研究所	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/infographic/index.html (2025/9/30 閲覧)
<u>6102018</u>	Natural Disasters and Firm Selection: Heterogeneous Effects of Flooding Events on Manufacturing Sectors in Japan	Yoshida, J., S. Uchida, K. Nohara, A. Hibiki	2021	Tohoku University Research Center for Policy Design Discussion Paper, TUPD-2021-007, 1-23

(3) 食料品製造業

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6103001	改訂版 民間企業の気候変動適応ガイド 一気候リスクに備え、勝ち残るために一	環境省	2022	—
6103002	中小企業の防災・減災対策に関する現状と課題について	経済産業省中小企業庁	2018	事務局説明資料
6103003	水害統計調査：産業区分別事業所資産被害額	国土交通省	2020-2025	政府統計の総合窓口（e-stat） https://www.e-stat.go.jp/ (2025/9/30 閲覧)
6103004	中小企業強靱化研究会 中間とりまとめ	経済産業省中小企業庁	2019	—
6103005	伝統産業と気候変動：茅野の天然寒天業への影響に関する事例調査	木村 浩巳	2012	法政大学レボジトリ
6103006	伝統産業への気候変動影響 長野県諏訪地域の天然寒天を事例として	畑中 健一郎, 木村 浩巳	2015	2015 年度日本地理学会春季学術大会, P049.
6103007	乳白米の特性および米菓加工に及ぼす混入率の影響 一理化学特性による米菓加工適性評価一	北爪 良太, 中村 澄子, 熊谷 武久, 高橋 肇, 大坪 研一	2012	日本食品科学工学会誌, 59(12), 621-627.
6103008	令和 6 年 職場における熱中症による死傷災害の発生状況（確定値）	厚生労働省	2025	https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_58389.html (2025/9/30 閲覧)
6103009	植物工場の新展開と課題	野末雅之	2013	オレオサイエンス, 13(6), 267-273.
6103010	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.5.3	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
6103011	油脂産業と気候変動に対するレジリエンス対応 落花生のポテンシャルを活かした大豆油代替システムの構築	田上 安宣, 杉本 卓巳	2021	油脂, 74(9), 62-81.
6103012	“人と自然と響きあう”環境経営 ～TNFD 提言・TCFD 提言に基づく統合開示～	サントリーホールディングス株式会社	2023	https://www.suntory.co.jp/company/csr/env_tcfcd/ (2025/9/30 閲覧)
6103013	TCFD 提言に基づいたシナリオ分析	アサヒグループホールディングス株式会社	2022	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/tcfd/tcfd-006.html (2025/9/30 閲覧)
6103014	「気候変動適応情報プラットフォーム」 インフォグラフィック（事業者編） 「製造業」	国立環境研究所	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/infographic/index.html (2025/9/30 閲覧)

(4) エネルギー産業

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6104001	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.1.5	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
6104002	2018 年度夏季の電力需給実績と冬季の電力需給見通しについての概要（案）	調整力及び需給バランス評価等に関する委員会事務局	2018	第 33 回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会, 資料 2-1
6104003	過去から現在にかけての種々の要因変化がエネルギー消費の気温感応度に与える影響	清川 勇樹, 鳴海 大典	2020	日本建築学会環境系論文集, 85(774), 615-624.
6104004	改訂版 民間企業の気候変動適応ガイド 一気候リスクに備え、勝ち残るために一	環境省	2022	—

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6104005	平成 29 年度環境省請負業務 平成 29 年度民間事業者の気候変動適応策推進のための調査業務報告書	国際航業株式会社	2018	—
<u>6104006</u>	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.4.5	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
<u>6104007</u>	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.5.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
6104008	地球温暖化予測情報を用いた将来気象データの開発 一気候変動に適応可能な建築・設備の計画支援を目的とする将来気象データに関する研究—	曾我 和弘	2014	日本建築学会環境系論文集, 79(703), 803-812.
6104009	The effect of climate change on office building energy consumption in Japan	Shibuya, T., & Croxford, B.	2016	Energy and Buildings, 117, 1-11.
<u>6104010</u>	How climate change may shift power demand in Japan: Insights from data-driven analysis	Gurriaran, L., Tanaka, K., Takahashi, K., & Ciais, P.	2023	Journal of Environmental Management, 345, 118799.
<u>6104011</u>	Regional and temporal variations in the impacts of future climate change on Japanese electricity demand: Simultaneous interactions among multiple factors considered	蛭田 有希, 石崎 紀子, 芦名 秀一, 高橋 潔	2022	Energy Conversion and Management: X, 14, 100172.
6104012	Climate change feedback on economic growth: explorations with a dynamic general equilibrium model	Eboli, F., Parrado, R., & Roson, R.	2010	Environment and Development Economics, 15, 515-533.
6104013	東京の事務所街区における電力需要の湿度依存性	井原 智彦, 佐藤 貴文, 玄地 裕, 山口 和貴, 遠藤 康之	2006	研究発表会講演論文集, 25, 105-108.
6104014	地球温暖化に挑む土木工学	土木学会	2009	—
6104015	民生部門エネルギー消費の気温影響に関する地域特性	鳴海 大典, 橋本 早紀, 下田 吉之, 水野 稔	2007	エネルギー・資源, 28(6), 396-402.
6104016	気象指標に基づく近未来冷暖房負荷の予測 東京の最近 50 年間よりのオフィス年間冷暖房負荷予測	磯崎 恭一郎, 武田 仁	2016	日本建築学会環境系論文集, 81(726), 669-678.
6104017	領域気候・都市気候・建物エネルギー連成数値モデルを用いた名古屋市における夏季の電力需要および温熱快適性の将来予測	高根 雄也, 青木 翔平, 亀卦川 幸浩, 山川 洋平, 原政之, 近藤 裕昭, 飯塚 悟	2015	日本建築学会環境系論文集, 80(716), 973-983.
6104018	屋外の温熱環境およびエネルギー需要の観点からみた気候変動適応策の影響評価	山川 洋平, 高根 雄也, 亀卦川 幸浩, 近藤 裕昭, 青木 翔平, 原 政之, 足立 幸穂, 飯塚 悟	2014	日本ヒートアイランド学会第 9 回全国大会, A-16.
6104019	昇温が大阪府域のエネルギー消費に及ぼす影響	鳴海 大典, 二浦尾 友佳子, 下田 吉之, 水野 稔	2007	日本建築学環境系論文集 613, pp.71-78
6104020	気温変化が地域の電力消費に及ぼす影響	鳴海 大典, 二浦尾 友佳子, 下田 吉之, 水野 稔	2007	エネルギー・資源, 163, 154-160.
6104021	平成 16 年度 ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査	環境省	2004	https://www.env.go.jp/press/6226.html (2025/9/30 閲覧)
6104022	気候変動を考慮した日本の水力発電ポテンシャル評価	角 哲也, 桑田 光明, 石田 裕哉, 丹羽 尚人, 小島 裕之, 井上 素行, 佐藤 嘉展, 竹門 康弘, Kantoush Sameh	2016	京都大学防災研究所年報, 59(B), 457-483.
6104023	枚尾ダムの水資源管理に対するダム堆砂および気候変動の長期的影響	角 哲也, 寺田 和暉, 竹門 康弘, 佐藤 嘉展	2014	京都大学防災研究所年報, 57(B), 491-503.
6104024	気候変動が積雪地域の多目的ダムの利水管理に与える影響	川村 一人, 中津川 誠	2011	第 24 回 (2011 年度) 水文・水資源学会総会・研究発表会, 84.
<u>6104025</u>	150 年連続気候実験データを用いた積雪地域におけるダム季節運用への気候変動の影響評価	野原 大督, 佐藤 嘉展, 角 哲也	2022	土木学会論文集 B1 (水工学), 78(2), I_73-I_78.
<u>6104026</u>	水資源の持続的確保を取り巻く現状と課題 地球規模の水資源不足に備えるために 気候変動と堆砂進行がダムの利水機能に及ぼす影響	角 哲也, 小島 裕之	2022	ながれ, 41(1), 16-21.
6104027	将来の気候変動が太陽光発電に及ぼす影響	曾我 和弘	2013	日本建築学会大会学術講演梗概集, 1343-1344.
6104028	Climate change impacts on potential solar energy production: A study case in Fukushima, Japan	Oka, K., Mizutani, W., & Ashina, S.	2020	Renewable Energy, 153, 249-260.
6104029	Southward shift of the global wind energy resource under high carbon dioxide emissions	Karnauskas, K. B., Lundquist, J. K., & Zhang, L.	2018	Nature Geoscience, 11, 38-43.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6104030	電力レジリエンスワーキンググループ中間取りまとめ	経済産業省	2018	—
6104031	「気候変動適応情報プラットフォーム」 インフォグラフィック（事業者編） 「電気・水道・ガス・熱供給業」	国立環境研究所	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/infographic/index.html (2025/9/30 閲覧)

(5) 原材料業

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6105001	改訂版 民間企業の気候変動適応ガイド 一気候リスクに備え、勝ち残るために—	環境省	2022	—
6105002	水害統計調査：産業区分別事業所資産被害額	国土交通省	2020–2025	政府統計の総合窓口（e-stat） https://www.e-stat.go.jp/ (2025/9/30 閲覧)
6105003	Three cases in Japan occurred by natural hazards and lessons for Natech disaster management	Kumasaki, M., & King, M.	2020	Disaster Risk Reduction, 51, 101855.
6105004	土砂災害を起因とした化学物質流出事故のリスク評価と対策の費用便益分析	森口 暢人, 伊藤 理彩, 東海 明宏	2022	リスク学研究, 31(3), 195-218.
6105005	サステナビリティレポート 2023	株式会社エンビプロ・ホールディングス	2023	https://www.envipro.jp/sustainability/report/report2023/ (2025/9/30 閲覧)
6105006	TCFD 推奨シナリオ分析	JFE ホールディングス株式会社	2023	https://www.jfe-holdings.co.jp/sustainability/environment/climate/tcfid/ (2025/9/30 閲覧)
6105007	TCFD 提言への対応	三井化学株式会社	—	https://jp.mitsuichemicals.com/jp/sustainability/mci_sustainability/circular_economy/tcfid/index.htm (2025/9/30 閲覧)
6105008	「気候変動適応情報プラットフォーム」 インフォグラフィック（事業者編） 「製造業」	国立環境研究所	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/infographic/index.html (2025/9/30 閲覧)

(6) 商業

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6106001	気候情報を活用した気候リスク管理技術に関する調査報告書 ～清涼飲料分野～	株式会社インテジリサーチ	2017	—
6106002	天候リスクと天候デリバティブの研究	可児 滋	2017	横浜商大論集, 48-85
6106003	気候情報を活用した気候リスク管理技術に関する調査報告書 ～家電流通分野～	株式会社インテジリサーチ	2017	—

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6106004	気象データを活用した省エネ物流プロジェクト	小腰 久美	2017	エネルギー・資源, 38(6), 333-337
6106005	中国地域の経済動向（平成 30 年 7 月の指標を中心に）	中国経済産業局	2018	ニュースリリース（平成 30 年 9 月 13 日）
6106006	百貨店・スーパー販売状況（近畿地域）（平成 30 年 9 月速報）	近畿経済産業局	2018	ニュースリリース（平成 30 年 11 月 5 日）
6106007	平成 29 年度環境省請負業務 平成 29 年度民間事業者の気候変動適応策推進のための調査業務報告書	国際航業株式会社	2018	—
6106008	改訂版 民間企業の気候変動適応ガイド 一気候リスクに備え、勝ち残るために—	環境省	2022	—
6106009	TCFD 提言に沿った情報開示	株式会社三越伊勢丹ホールディングス	2021	https://www.imhds.co.jp/corporate/sustainability/environment/tcfd.html (2025/9/30 閲覧)
6106010	高島屋グループ ESG レポート 2023	株式会社高島屋	2021	https://www.takashimaya.co.jp/corp/csr/esg_report.html (2025/9/30 閲覧)
6106011	統合報告書 2022	イオンモール株式会社	2022	https://www.aeonmall.com/ir/integrated/2022year/ (2025/9/30 閲覧)
6106012	気候関連財務情報開示タスクフォース	株式会社ヤマダホールディングス	2023	https://www.yamada-holdings.jp/csr/csr104.html (2025/9/30 閲覧)
6106013	気候関連財務情報開示タスクフォース（TCFD）に基づく対応	株式会社セブン＆アイ・ホールディングス	2022	https://www.7andi.com/sustainability/tcfd.html (2025/9/30 閲覧)
6106014	少子高齢化と地球温暖化が食料需要に与える影響	松田 敏信	2011	日本家政学会誌, 62(6), 347-349.
6106015	「気候変動適応情報プラットフォーム」インフォグラフィック（事業者編）「卸売業・小売業」	国立環境研究所	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/infographic/index.html (2025/9/30 閲覧)

(7) 金融・保険業

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6107001	自然災害補償と官民役割分担	堀田 一吉	2014	損害保険研究, 75(4), 135-156.
6107002	保険事業の視点から見た「地球環境問題」 一気候変動における「適応と緩和」を目指して—	佐藤 正敏, 落合 誠一, 濱 筆治	不明	損害保険研究, 71(3), 1-19.
6107003	気候変動リスクが顕在化	村上 芽	2016	金融財政ビジネス
6107004	2017 年の自然災害と人災： 未曾有の損害をもたらした 1 年	Swiss Re Institute	2018	SIGMA, 2017 年の報告諸表.
6107005	2015 年の自然災害と人災： 甚大な損害を被ったアジア	Swiss Re Institute	2016	SIGMA, 2015 年の報告諸表
6107006	2014 年の自然災害と人災： 損害 の大部分をもたらした「対流性 暴風雨」と「冬の嵐」	Swiss Re Institute	2015	SIGMA, 2014 年の報告諸表
6107007	改訂版 民間企業の気候変動適応ガイド 一気候リスクに備え、勝ち残るために—	環境省	2022	—
6107008	平成 29 年度環境省請負業務 平成 29 年度民間事業者の気候変動適応策推進のための調査業務報告書	国際航業株式会社	2018	—

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6107009	A call for action: Climate change as a source of financial risk	Network for Greening the Financial System	2019	https://www.preventionweb.net/publication/call-action-climate-change-source-financial-risk (2025/9/30 閲覧)
6107010	多様化する環境問題に挑む ーポストコロナ,気候変動,電磁環境,海洋 MP 汚染など ー気候変動対策の推進ー緩和策と適応策の両輪で	向井 人史	2021	公衆衛生, 85(5), 303-309.
6107011	自然災害での支払額 「風水害等による保険金の支払い」	一般社団法人日本損害保険協会	2025	https://www.sonpo.or.jp/report/statistics/disaster/index.html (2025/9/30 閲覧)
6107012	【火災保険】参考純率改定のご案内	損害保険料率算出機構	2014	—
6107013	天候リスクと天候デリバティブの研究	可児 滋	2017	横浜商大論集, 48-85.
6107014	保険料率の算出「火災保険参考純率」	損害保険料率算出機構	2025	https://www.giroj.or.jp/ratemaking/fire/ (2025/9/30 閲覧)
6107015	Transmission of flood damage to the real economy and financial intermediation: Simulation analysis using a DSGE model	Hashimoto, R., & Sudo, N.	2024	Journal of Environmental Economics and Management, 128, 103058.
6107016	TCFD・TNFD 提言に基づく情報開示	農林中央金庫	2022	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/tcfd/tcfd-018.html (2025/9/30 閲覧)
6107017	SMBC グループサステナビリティレポート 2025	株式会社三井住友フィナンシャルグループ	2025	https://www.smfg.co.jp/sustainability/report/backnumber/ (2025/9/30 閲覧)
6107018	みずほフィナンシャルグループ気候・自然関連レポート 2025	みずほフィナンシャルグループ	2025	https://www.mizuho-fg.co.jp/sustainability/report/index.html (2025/9/30 閲覧)
6107019	UNEP Finance Initiatives, Adaptation and Vulnerability to Climate Change: The Role of the Finance Sector	UNEP FI	2006	—
6107020	東京都市圏の水災害リスクと不動産への影響	大楽 浩司, 山形 与志樹, 平野 淳平, 瀬谷 創	2015	日本不動産学会誌, 29(1), 40-45.
6107021	TCFD・TNFD フレームワークに基づく統合情報開示 ー物理的リスクー	MS&AD インシュアランスグループホールディングス株式会社	2022	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/tcfd/tcfd-015.html (2025/9/30 閲覧)
6107022	TCFD 提言に沿ったリスク認識と戦略への活用	第一生命ホールディングス株式会社	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/tcfd/tcfd-022.html (2025/9/30 閲覧)
6107023	「気候変動適応情報プラットフォーム」 インフォグラフィック（事業者編）「金融業・保険業」	国立環境研究所	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/infographic/index.html (2025/9/30 閲覧)

(8) 観光業

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6108001	気候変動への賢い適応	環境省	2008	—
6108002	野外活動における温暖化傾向現象について—スキーゲレンデの積雪量変化から—	土方 幹夫	2013	駿河台経済論集, 22(2), 27-37.
6108003	近年のスキー場来客数の慢性的な減少と気候変動に関する統計的解析	供田 豪, 森 龍太, 森杉 雅史, 大野 栄治, 中嶋 一憲, 坂本 直樹	2018	土木学会論文集 G, Vol.74, No.5, I_349-I_357.
6108004	地球温暖化による自然観光資源と観光客への影響分析—茨城県大子町袋田の滝を事例として—	石内 鉄平, 小柳 武和, 桑原 祐史, 大橋 健一	2012	土木学会論文集 G (環境), 68(5), I_111-I_119.
6108005	World heritage and tourism in a changing climate	Markham, A., Osipova, E., Lafrenz Samuels, K., & Caldas, A.	2016	https://whc.unesco.org/en/tourism-climate-change/ (2025/9/30 閲覧)
6108006	Culture and climate change: Japanese cherry blossom festivals and stakeholders' knowledge and attitudes about global climate change	Sakurai, R., Jacobson, S. K., Kobori, H., Primack, R., Oka, K., Komatsu, N., & Machida, R.	2011	Biological Conservation, 144(1), 654-658.
6108007	Urbanization, Disasters, and Tourism Development : Evidence from RCEP Countries	Wu, W., Su, Q., Li, C., Yan, C., & Gozgor, G.	2020	Sustainability, 12(3), 1221.
6108008	Managing "Buffer" A Special Focus on the Itsukushima Shinto Shrine World Heritage Site, Japan	Utaka, Y.	2015	International Review for Spatial Planning and Sustainable Development, 3(2), 79-95.
6108009	大阪湾圏域における文化財・観光資源・地域資源の浸水リスク評価	宇野 宏司	2023	土木学会論文集, 79(17), 23-17178.
6108010	平成 29 年度環境省請負業務 平成 29 年度民間事業者の気候変動適応策推進のための調査業務報告書	国際航業株式会社	2018	—
6108011	Evaluation of the Tourism Climate Index over Japan in a Future Climate Using a Statistical Downscaling Method	Kubokawa, H., Inoue, T., & Satoh, M.	2014	Journal of the Meteorological Society of Japan, 92, 37-54.
6108012	Climate change feedback on economic growth: explorations with a dynamic general equilibrium model	Eboli, F., Parrado, R., & Roson, R.	2010	Environment and Development Economics, 15, 515-533.
6108013	地球温暖化がスキー場の積雪量や滑走可能日数に及ぼす影響予測 一気象庁 RCM20 予測を用いて	中口 毅博	2010	芝浦工業大学研究報告, 44(1), 71-76.
6108014	地球温暖化による積雪量の変化がスキー場の営業に及ぼす影響 一富山県を対象として—	大田原 望海, 大西 暁生, 佐藤 嘉展, 佐尾 博志, 森杉 雅史	2014	土木学会論文集 G (環境), 70(5), I_21-I_29.
6108015	スキー場の経済的価値と温暖化による被害の推計	供田 豪, 森杉 雅史, 大野 栄治	2019	土木学会論文集 G (環境), 75(5), I_57-I_64.
6108016	Assessing the sustainability of ski fields in southern Japan under global warming	Suzuki-Parker, A., Miura, Y., Kusaka, H., & Kureha, M.	2018	Advances in Meteorology, 2018(1), 1-10.
6108017	気候の変化や極端な気象現象による観光業への影響調査	日本エヌ・ユー・エス株式会社	2020	平成 31 年度地域適応コンソーシアム北海道・東北地域事業委託業務報告書
6108018	気候変動に伴う降雪量の変化を考慮した日光の社寺のレクリエーション価値の推計	佐尾 博志, 堀越 徹哉, 佐藤 嘉展, 森杉 雅史, 大西 暁生	2016	環境共生, 29, 13-23.
6108019	温暖化による世界自然遺産への影響分析 一仮想行動法によるレクリエーション価値の変化の推計—	森 龍太, 今井 海里, 大野 栄治, 森杉 雅史	2014	土木学会論文集 G (環境), 70(5), I_31-I_41.
6108020	世界遺産ブランドを考慮した観光需要推計に基づくレクリエーション価値の計測 一温暖化がもたらす世界遺産ブランドへの影響—	森 龍太, 大野 栄治, 森杉 雅史, 佐尾 博志, 今井 海里, 山本 誠也	2016	土木計画学研究・講演集, 53, 171-176.
6108021	砂浜に対する海面上昇の影響評価	三村 信男, 幾世橋 慎, 井上 馨子	1993	海岸工学論文集, 40, 1046-1050.
6108022	砂浜に対する海面上昇の影響評価 (2) 一予測モデルの妥当性の検証と全国規模の評価—予	三村 信男, 井上 馨子, 幾世橋 慎, 泉宮 尊司, 信岡 尚道	1994	海岸工学論文集, 41, 1161-1165.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6108023	地球温暖化による砂浜消失の経済評価：旅行費用法によるアプローチ	大野 栄治, 杉山 泰久, 森杉 壽芳, 野原 克仁	2009	地球環境, 14(2), 291-297.
6108024	旅行費用法と整合的な応用一般均衡モデルの開発	坂本 直樹, 中嶋 一憲	2012	土木学会論文集 G (環境), 68(6), II_217-II_228.
6108025	気候変動による砂浜侵食の地域別被害計測並びに適応政策の検討	佐尾博志, 森杉雅史, 大野栄治, 坂本 直樹, 中嶋一憲, 森杉壽芳	2013	土木学会論文集 G (環境), 69(5), I_249-I_257.
6108026	気候変動による砂浜侵食に関する適応策の費用便益分析	中嶋 一憲, 坂本 直樹, 大野 栄治, 森杉 雅史, 森 龍太	2018	土木学会論文集 G (環境), 74(5), I_425-I_436.
6108027	将来の社会経済変動を考慮した気候変動による砂浜侵食の経済評価	阪本 蘭, 中嶋 一憲, 森 龍太, 坂本 直樹, 供田 豪, 大野 栄治, 森杉 雅史	2022	土木学会論文集 G (環境), 78(5), I_337-I_348.
6108028	気候変動と砂浜消失による新潟県・石川県の海岸別経済的被害の推計	供田 豪, 徳力 遼, 森杉 雅史, 大野 栄治	2021	土木学会論文集 G(環境), 77(5), I_231-I_241.
6108029	大阪・ミナミ地区における災害時のインバウンド対応についての調査	米田 亜希, 宮崎 千紗, 生田 英輔, 小島 一哉, 野村 森代	2020	都市防災研究論文集, 7, 43-48.
6108030	「気候変動適応情報プラットフォーム」 インフォグラフィック 「雪上レジャー」	国立環境研究所	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/infographic/6_snowLeisure.html (2025/9/30 閲覧)
6108031	北陸信越スノーリゾート地域の活性化推進検討会資料	北陸信越運輸局観光部・鉄道部	2020	—

(9) 建設業

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6109001	暑中コンクリートと九州	小山 智幸, 小山田 英弘	2010	コンクリート工学, 48(1), 84-88.
6109002	暑中コンクリートの現状と対策	小山 智幸, 小山田 英弘, 伊藤 是清	2012	コンクリート工学, 50(3), 239-244.
6109003	生コン工場での製造時における暑中対策について	石田 聡	2013	コンクリート工学, 51(5), 442-445.
6109004	令和 6 年 職場における熱中症による死傷災害の発生状況（確定値）	厚生労働省	2025	https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_58389.html (2025/9/30 閲覧)
6109005	水害統計調査：産業区分別事業所資産被害額	国土交通省	2020-2025	政府統計の総合窓口（e-stat） https://www.e-stat.go.jp/ (2025/9/30 閲覧)
6109006	強風・豪雪等による建築物の被害 一甚大な気象外乱に対する荷重外力分野からのアプローチ	喜々津 仁密	2019	日本建築学会（北陸）環境工学部門研究協議会資料
6109007	平成 29 年度環境省請負業務 平成 29 年度民間事業者の気候変動適応策推進のための調査業務報告書	国際航業株式会社	2018	—
6109008	夏季の関東地方を対象とした近未来標準気象データの試作と気候変動の建築熱負荷への影響評価	有馬 雄祐, 大岡 龍三, 菊本 英紀, 山中 徹	2015	日本建築学会環境系論文集, 80(710), 371-379.
6109009	Effects of climate change on reduction of internal bond strength of particleboard subjected to various climatic conditions in Japan	Korai H., Nakao K., Matsui T., Watanabe K., & Ishigooka, Y.	2017	Journal of Wood Science, 63, 253-262.
6109010	気候変動が日本の設計風速に与える影響に関する研究	畔上 泰彦, 大竹 和夫, 田中 英之, 日下 博幸	2023	日本風工学会誌

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6109011	脱炭素社会の実現に資するための建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律等の一部を改正する法律（令和 4 年法律第 69 号）について	国土交通省	2022	https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/r4kaisei_shoenehou_kijuhou.html (2025/9/30 閲覧)
6109012	改訂版 民間企業の気候変動適応ガイド ―気候リスクに備え、勝ち残るために―	環境省	2022	—
6109013	TCFD 提言に基づくシナリオ分析	戸田建設株式会社	2022	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/tcfd/tcfd-019.html (2025/9/30 閲覧)
6109014	TCFD（気候関連財務情報開示タスクフォース）への対応	大和ハウス工業株式会社	2022	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/tcfd/tcfd-007.html (2025/9/30 閲覧)
6109015	サステナビリティレポート 2023	旭化成グループ	2023	https://www.asahi-kasei.com/jp/sustainability/basic_information/library/report/ (2025/9/30 閲覧)
6109016	「気候変動適応情報プラットフォーム」インフォグラフィック（事業者編）「建設業」	国立環境研究所	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/infographic/index.html (2025/9/30 閲覧)
6109017	気候変化による災害防止に関する特別調査委員会報告書	日本建築学会気候変化による災害防止に関する特別調査委員会	2016	—
6109018	異常気象にどう対応するか？―都市・建築環境分野への視座	一般社団法人日本建築学会	2019	建築雑誌, 1733.
6109019	激甚化する既往災害への建築分野の実効性ある取組み	一般社団法人日本建築学会	2019	2019 年度日本建築学会大会（北陸） 気象災害特別調査＋環境工学部門＋地球環境部門パネルディスカッション資料
6109020	建築物の浸水対策案の試設計に基づくその費用対効果に関する研究	木内 望, 中野 卓	2023	建築研究報告, 153.
6109021	様々な極端降雨シナリオによる洪水氾濫シミュレーションに基づく事業所の水害対策設備への投資判断支援	野中 沙樹, 岩前 伸幸, 野原 大督, 山田 順之	2023	鹿島技術研究所年報, 71, 143.

(10) 情報・通信業

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6110001	水害統計調査：産業区分別事業所資産被害額	国土交通省	2020-2025	政府統計の総合窓口（e-stat） https://www.e-stat.go.jp/ (2025/9/30 閲覧)
6110002	改訂版 民間企業の気候変動適応ガイド ―気候リスクに備え、勝ち残るために―	環境省	2022	—

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6110003	気候変動対策	京セラ株式会社	2024	https://www.kyoceradocumentsolutions.com/ja/ecology/management/climate.html (2025/9/30 閲覧)
6110004	TNFD 提言に基づく情報開示	ソフトバンク株式会社	2024	https://www.softbank.jp/corp/news/info/2024/20240628_02/ (2025/9/30 閲覧)
6110005	「気候変動適応情報プラットフォーム」 インフォグラフィック（事業者編） 「情報通信業」	国立環境研究所	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/infographic/index.html (2025/9/30 閲覧)

(11) 運輸業

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6111001	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.1.5	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
6111002	令和 6 年 職場における熱中症による死傷災害の発生状況（確定値）	厚生労働省	2025	https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_58389.html (2025/9/30 閲覧)
6111003	災害等による貨物鉄道ネットワークの途絶が及ぼす経済的インパクトに関する研究	相浦 宣徳, 平出 渉	2022	研友社 Annual Review, 24, 25–29.
6111004	改訂版 民間企業の気候変動適応ガイド 一気候リスクに備え、勝ち残るために―	環境省	2022	―
6111005	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.4.5	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
6111006	気候変動による港湾稼働率の将来変化推計手法	佐藤 典之, 早川 哲也, 岩崎 慎介, 大塚 淳一, 平野 誠治, 本多 和彦, 森 信人, 渡部 靖憲, 木村 克俊	2023	土木学会論文集, 79(17), 23-17022.
6111007	TCFD 提言に基づく情報開示	西日本旅客鉄道株式会社	2021	https://www.nishitetsu.co.jp/ja/sustainability/management_promotion/tcfd.html (2025/9/30 閲覧)
6111008	TCFD 提言に基づく情報開示	ヤマトホールディングス株式会社	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/tcfd/tcfd-024.html (2025/9/30 閲覧)
6111009	積雪寒冷地における気候変動の影響評価と適応策に関する研究(1)降雪・積雪の変化の影響	野口 泉, 濱原 和広, 芥川 智子, 山口 高志, 鈴木 啓明, 長谷川 祥樹, 小野 理	2021	エネルギー・環境・地質研究所研究報告, (1), 69–74.
6111010	「気候変動適応情報プラットフォーム」 インフォグラフィック（事業者編） 「運輸業・郵便業」	国立環境研究所	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/infographic/index.html (2025/9/30 閲覧)
6111011	浸水からの鉄道車両事前避難に関する決定木分析	奥村 誠, 森合 一輝	2024	運輸政策研究, 26, 6-14.
6111012	JR 北海道におけるロングレール・遊間管理の取り組み	山縣 峻	2024	新線路, 78(2), 6-8.
6111013	JR 東日本における張り出し事故防止に向けた取り組み	鈴木 惇平	2025	新線路, 79(2), 9-11.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6111014	JR 九州における酷暑期に備えた取組み	横内 良介	2024	新線路, 78(2), 21-23.
6111015	災害時の交通マネジメントの経済被害抑制効果に関する一考察ー平成 30 年 7 月豪雨の広島～呉間の交通を対象としてー	神田 佑亮, 富永 凌太郎, 赤木 大介, 重光 裕介, 藤原 章正	2022	土木学会論文集 D3 (土木計画学), 78(6), II_400-II_408.

(12) 不動産業

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6112001	自然災害の経済活動への影響	山鹿 久木	2022	日本不動産学会誌, 36(1), 47-51.
6112002	The Impact of Natural Disasters on US Home Ownership	Sheldon, T. L., & Zhan, C.	2019	Journal of the Association of Environmental and Resource Economists, 6(6), 1169-1203.
6112003	積雪寒冷地における気候変動の影響評価と適応策に関する研究(1)降雪・積雪の変化の影響	野口 泉, 濱原 和広, 芥川 智子, 山口 高志, 鈴木 啓明, 長谷川 祥樹, 小野 理	2021	エネルギー・環境・地質研究所研究報告, (1), 69-74.
6112004	脱炭素社会の実現に資するための建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律等の一部を改正する法律（令和 4 年法律第 69 号）について	国土交通省	2022	https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/r4kaisei_shoenehou_kijunhou.html (2025/9/30 閲覧)
6112005	改訂版 民間企業の気候変動適応ガイド 一気候リスクに備え、勝ち残るためにー	環境省	2022	ー
6112006	TCFD(気候関連財務情報開示タスクフォース)への対応(2021)	野村不動産ホールディングス株式会社	2021	https://www.nomura-re-hd.co.jp/sustainability/theme/archive/2021.html (2025/9/30 閲覧)
6112007	「気候変動適応情報プラットフォーム」 インフォグラフィック（事業者編） 「不動産業」	国立環境研究所	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/infographic/index.html (2025/9/30 閲覧)
6112008	防災・減災に対応した不動産活用	高橋 英嗣	2022	季刊不動産研究, 64(1), 40-48.
6112009	異常気象にどう対応するか？ー都市・建築環境分野への視座	佐藤 理人	2020	建築雑誌, 1733, 43-44.
6112010	激甚化する既往災害への建築分野の実効性ある取組み	喜納 啓	2020	建築雑誌, 1733, 55-56.

(13) サービス業

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6113001	改訂版 民間企業の気候変動適応ガイド 一気候リスクに備え、勝ち残るためにー	環境省	2022	ー
6113002	水害統計調査：産業区別事業所資産被害額	国土交通省	2020-2025	政府統計の総合窓口（e-stat） https://www.e-stat.go.jp/ (2025/9/30 閲覧)

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6113003	TCFD 提言に沿った情報開示	株式会社オリエンタルランド	2022	https://www.olc.co.jp/ja/sustainability/environment/climate/tcfid.html (2025/9/30 閲覧)
6113004	TCFD 提言への対応	株式会社すかいらくホールディングス	2022	https://corp.skylark.co.jp/sustainability/environment/climate/ (2025/9/30 閲覧)
6113005	TNFD レポート ～東急不動産ホールディングスグループにおけるネイチャーポジティブへの貢献～（第3版）	東急不動産ホールディングス	2024	—
6113006	「気候変動適応情報プラットフォーム」インフォグラフィック（事業者編）「宿泊業・飲食サービス業」	国立環境研究所	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/infographic/index.html (2025/9/30 閲覧)

(14) 医療・福祉・製薬業

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6114001	医療機関の洪水に対する防災・減災対策に関する調査 ―東京都東部デルタ地帯・博多湾沿岸地帯を例にして―	後藤 浩, 筑 雄太, 石野 和男, 竹澤 三雄	2014	土木学会論文集 F6（安全問題）, 70(2), 93-98.
6114002	岩手県における維持透析医療の災害対策について ～東日本大震災の教訓は生かされているか～	大森 聡	2020	医工学治療, 32(3), 161-165.
6114003	2018 年西日本豪雨災害における当院の断水対応	中川 五男	2020	救急医学, 44(8), 988-995.
6114004	在宅医療 2020 災害の時代における在宅医療一多様化する大規模災害に備える	古屋 聡	2020	医学のあゆみ, 275(2), 191-197.
6114005	2019 年台風 15 号・19 号襲来時の断水対応	大谷 俊介, 渡邊 栄三, 橋田 知明, 馬場 彩夏	2020	救急医学, 44(8), 996-1002.
6114006	未然に防ぐ災害リスクマネジメントについて	溝口 昌一, 黒田 千重美, 力丸 佳子, 鶴間 和幸, 千葉 泰之, 中島 信雄, 大川 正史, 入田 和男	2022	血液事業, 44(4), 555-557.
6114007	Spatial and temporal variation in emergency transport during periods of extreme heat in Japan: A nationwide study	Onozuka, D., & Hagihara, A.	2016	Science of the Total Environment, 544, 220-229.
6114008	Effects of high ambient temperature on ambulance dispatches in different age groups in Fukuoka, Japan	Kotani, K., Ueda, K., Seposo, X., Yasukochi, S., Matsumoto, H., Ono, M., Honda, A., & Takano, H.	2018	Global health action, 11(1), 1437882.
6114009	Chromobacterium violaceum nosocomial pneumonia in two Japanese patients at an intensive care unit	Hagiya, H., Murase, T., Suzuki, M., Shibayama, K., Kokumai, Y., Watanabe, N., Miyako, M., & Otsuka, F.	2014	Journal of Infection and Chemotherapy, 20(2), 139-142.
6114010	改訂版 民間企業の気候変動適応ガイド ―気候リスクに備え、勝ち残るために―	環境省	2022	—
6114011	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.5.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
6114012	Baseline scenarios of heat-related ambulance transportations under climate change in Tokyo, Japan	Fujimoto, M., & Nishiura, H.	2022	PeerJ, 10, e13838.
6114013	Prediction of ambulance transport system collapse under extremely high temperatures induced by climate change	Oka, K., Honda, Y., & Hijioka, Y.	2024	Environmental Research: Health, 2(3), 035002.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6114014	気候変動関連リスク・機会の分析・評価	小野薬品工業株式会社	2022	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/tcfd/tcfd-012.html (2025/9/30 閲覧)
6114015	TCFD の提言に基づくシナリオ分析	富士製薬工業株式会社	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/tcfd/tcfd-023.html (2025/9/30 閲覧)
6114016	「気候変動適応情報プラットフォーム」 インフォグラフィック（事業者編）「医療・福祉」	国立環境研究所	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/infographic/index.html (2025/9/30 閲覧)

(15) 衣料品製造業

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6115001	中国地域の経済動向（平成 30 年 7 月の指標を中心に）	中国経済産業局	2018	—
6115002	アダストリアグループ TCFD 提言に基づいた情報開示	株式会社アダストリア	2023	https://www.andst-hd.co.jp/sustainability/theme/environment/sales/ (2025/9/30 閲覧)
6115003	TCFD(気候関連財務情報開示タスクフォース)提言に基づく情報開示	青山商事株式会社	2023	https://www.aoyama-syouji.co.jp/ir/esg/e_management.html (2025/9/30 閲覧)
6115004	アパレル・ファッション産業における気候リスク評価調査報告書	気象庁	2013	—
6115005	「気候変動適応情報プラットフォーム」 インフォグラフィック（事業者編）「卸売業・小売業」	国立環境研究所	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/infographic/index.html (2025/9/30 閲覧)

【海外影響】

(1) 海外からの 2 次的影響

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6201001	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.4.3	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
6201002	気候変動 2014 影響、適応及び脆弱性 政策決定者向け要約	環境省（元文献：IPCC）	2014	—
6201003	気候変動による農産物貿易への影響と食料安全保障に関する分析	吉永 健治	2011	国際地域学研究, (14), 51-74.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6201004	Crop production losses associated with anthropogenic climate change for 1981–2010 compared with preindustrial levels	Iizumi, T., Shiogama, H., Imada, Y., Hanasaki, N., Takikawa, H., & Nishimori, M.	2018	International Journal of Climatology, 38(14), 5405-5417.
6201005	Climate change lessons from the US military: What Japanese industry can learn from another global enterprise	The Center for Climate & Security	2019	—
6201006	気候安全保障（Climate Security）に関する報告	中央環境審議会地球環境部会－気候変動に関する国際戦略専門委員会	2007	—
6201007	北極海とわが国の防衛	金田 秀昭	2013	北極のガバナンスと日本の外交戦略, 第4章
6201008	Climate Effects on U.S. International Interests	Smith, J. B., Muth, M., Alpert, A., Buizer, J. L., Cook, J., Dave, A., Furrow, J., Preston, K., Schultz, P., & Vaughan, L.	2018	Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, 2, 595-628.
6201009	企業の事業・サプライチェーンと自然災害リスクーTCFD開示に見る国内企業の対応とエンゲージメントのポイントー	富永 健司	2024	野村サステナビリティクォーターリー, 5(2), 140-157.
6201010	タイの洪水をどう捉えるかーサプライチェーンの自然災害リスクをいかに軽減するかー	大泉 啓一郎	2012	Rim: 環太平洋ビジネス情報, (44), 24-48.
6201011	2011年タイ王国チャオプラヤ川洪水における緊急災害対応ー政府機関の組織間連携と情報共有に着目してー	川崎 昭如, 古森 大輔, 中村 晋一郎, 木口 雅司, 西島 亜佐子, 沖 一雄, 沖 大幹, 目黒 公郎	2012	地域安全学会論文集, 17, 109-117.
6201012	タイ洪水による HDD サプライチェーンへの影響	清水 誠	2012	ぐんま経済, 343, 28-31.
6201013	自然災害の特徴とリスク対応	佐藤 一郎	2013	品質, 43(2), 185-191.
6201014	持続可能なサプライチェーンマネジメント	中野 冠	2015	安全工学, 54(3), 186-192.
6201015	Flood risks and impacts: A case study of Thailand's floods in 2011 and research questions for supply chain decision making	Haraguchi, M., & Lall, U.	2015	International Journal of Disaster Risk Reduction, 14, 256-272.
6201016	気候変動に伴うアジア・太平洋地域における自然災害の分析と脆弱性への影響を踏まえた外交政策の分析・立案	外務省	2017	官公庁環境専門資料, 52(5), 1-49.
6201017	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.5.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
6201018	気候要因が農作物貿易に与える影響に関する実証分析ー小麦, 米, トウモロコシのケーススタディ	日引 聡, 鶴見 哲也, 馬奈木 俊介, 花崎 直太	2013	環境科学会誌, 26(3), 278-286.
6201019	Decreases in global beer supply due to extreme drought and heat	Xie, W., Xiong, W., Pan, J., Ali, T., Cui, Q., Guan, D., Meng, J., Mueller, N. D., Lin, E., & Davis, S. J.	2018	Nature Plants, 4(11), 964-973.
6201020	Global economic-biophysical assessment of midterm scenarios for agricultural markets—biofuel policies, dietary patterns, cropland expansion, and productivity growth	Delzeit, R., Klepper, G., Zabel, F., & Mauser, W.	2018	Environmental Research Letters, 13(2), 025003.
6201021	国外の気候変動影響による食料生産変化が日本の食料輸入に及ぼす効果に関する研究	櫻井 玄, 森岡 涼子	2021	環境研究総合推進費 終了研究成果報告書 2-1801 世界の気候変動影響が日本の社会・経済活動にもたらすリスクに関する研究, 45-56.
6201022	A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee	Bunn, C., Läderach, P., Ovalle Rivera, O. & Kirschke, D.	2015	Climatic Change, 129(1), 89-101.
6201023	気候変動とコーヒー生産者の応答: 今, 生産現場で何が起きているのか	武田 淳	2023	人間と環境, 49(3), 25-29.
6201024	Screening of climatic impacts on a country's international supply chains: Japan as a case study	Nakano, K.	2015	Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 22(4), 651-667.
6201025	Future risk of dengue fever to workforce and industry through global supply chain	Nakano, K.	2017	Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 23(3), 433-449.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
6201026	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.4.7	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
6201027	International dimensions of climate change	Sentance, A., & Betts, R.	2012	Climate Policy, 12(sup01), S1-S5.
6201028	Global Strategic Trends: The Future Starts Today Sixth Edition	UK Ministry of Defence	2018	—
6201029	Regional security implications of climate change and natural disasters in the South Pacific	MacPherson, G.	2017	Indo-Pacific Strategic Digest, 257-268.
6201030	The Climate Crisis: Defence readiness and responsibilities	New Zealand Ministry of Defence	2018	—
6201031	Climate Change as a Security Risk	Schubert, R., Schellnhuber, H. J., Buchmann, N., Epiney, A., Griefhammer, R., Kulesa, M., Messner, D., Rahmstorf, S., & Schmid, J.	2008	WBGU Report 2007 (German Advisory Council on Global Change)
6201032	気候変動と安全保障概念の理論的側面に関する研究	蓮井 誠一郎, 小松 寛	2021	環境研究総合推進費 終了研究成果報告書 2-1801 世界の気候変動影響が日本の社会・経済活動にもたらすリスクに関する研究, 64-78.
6201033	国際制度における気候変動リスク対処方策に関する研究	高村 ゆかり	2021	環境研究総合推進費 終了研究成果報告書 2-1801 世界の気候変動影響が日本の社会・経済活動にもたらすリスクに関する研究, 79-89.
6201034	共同討論（報告 I） 多面的価値とリンクした食料安全保障の実現に向けて：視点と論点	萩原 英樹	2020	農業経済研究, 92(3), 210-215.
6201035	国際サプライチェーンを通じた気候変動の国内経済活動への影響に関する研究	南斉 規介, 中島 謙一, 森岡 涼子	2021	環境研究総合推進費 終了研究成果報告書 2-1801 世界の気候変動影響が日本の社会・経済活動にもたらすリスクに関する研究, 30-47.
6201036	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.5.3	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
6201037	Resilience of international trade to typhoon-related supply disruptions	Kuhla, K., Willner, S. N., Otto, C., & Levermann, A.	2023	Journal of Economic Dynamics and Control, 151, 104663.
6201038	「気候変動適応情報プラットフォーム」インフォグラフィック（事業者編）「卸売業・小売業」	国立環境研究所	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/infographic/index.html (2025/9/30 閲覧)

B.7. 国民生活・都市生活分野

【健全な生活とその基盤】

(1) インフラ・ライフライン等

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7101001	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.1.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7101002	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.1.5	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7101003	日本の気候変動 2025 一大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書一	文部科学省, 気象庁	2025	—
7101004	「消防庁 HP」平成 30 年版 消防白書「平成 30 年 7 月豪雨の被害と対応 1.災害の概要」	総務省消防庁	2018	—
7101005	土砂災害の解消を目指して 平成 30 年 7 月豪雨による土砂災害をうけて	野志 克仁	2020	砂防と治水, 53(5), 28-30.
7101006	福岡県内の平成 30 年 7 月豪雨災害の特徴	黒木 貴一	2020	地理科学, 75(3), 146-154.
7101007	「A2-BCP」ガイドライン（改訂版）	国土交通省	2024	—

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7101008	「内閣府 HP」令和 2 年版防災白書「令和元年東日本台風による災害」	内閣府	2020	https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r02/honbun/0b_1s_01_03.html (2025/9/28 閲覧)
7101009	令和元年東日本台風による道路災害の復旧について ～日原街道における取組 「人と暮らしを守る道」～	河野 通尚	2022	https://www.ktr.mlit.go.jp/ (2025.9.30 閲覧)
7101010	令和元年東日本台風に伴う洪水氾濫による供給系ライフラインの途絶被害に関する分析：電気・ガス事業の発災・復旧過程の考察から	田代 喬	2020	土木学会論文集 B1（水工学）, 76(1), 360-369.
7101011	「内閣府 HP」令和 3 年版防災白書「令和 2 年 7 月豪雨による災害」	内閣府	2021	https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r03/honbun/0b_1s_02_01.html (2025/9/28 閲覧)
7101012	豪雨等大規模災害時における集落の孤立解消に向けた地域の取組に関する調査 一被災地における代替路確保に向けた関係機関の連携状況を中心として一	九州管区行政評価局	2022	—
7101013	「消防庁 HP」平成 27 年版 消防白書	消防庁	2015	(令和 2 年度第 2 次気候変動影響評価報告書公表時に閲覧)
7101014	「消防庁 HP」平成 28 年版 消防白書	消防庁	2016	(令和 2 年度第 2 次気候変動影響評価報告書公表時に閲覧)
7101015	うねり性波浪による越波災害の発生過程の推定とその対策	平山 克也, 加島 寛章	2013	港湾空港技術研究所資料, 1270.
7101016	2004 年に来襲した台風による波浪災害事例	平山 克也, 南 靖彦, 奥野 光洋, 峯村 浩治, 河合 弘泰, 平石 哲也	2005	港湾空港技術研究所資料, 1101.
7101017	平成 26 年 12 月 17 日低気圧による根室港及び周辺地域の高潮被害	熊谷 兼太郎, 関 克己, 藤木 峻, 富田 孝史, 鶴田 修己, 酒井 和彦, 山本 泰司, 柿崎 永己	2015	国土技術政策総合研究所資料, 854.
7101018	2004 年の高潮・高波災害	加藤 史訓, 稲垣 茂樹, 野口 賢二, 福濱 方哉	2005	国土技術政策総合研究所資料, 273.
7101019	2017 typhoon Lan reconnaissance field survey in coasts of Kanto region, Japan	Islam, M. R., Takagi, H., Anh, L. T., Takahashi, A., & Bowei, K.	2018	Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3(Ocean Engineering), 74(2), 1_593-1_598.
7101020	「内閣府 HP」令和 4 年度版防災白書「令和 3 年 7 月 1 日からの大雨による災害, 令和 3 年 8 月の大雨による災害」	内閣府	2022	https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r04/honbun/0b_1s_01_00.html https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r04/honbun/0b_1s_02_00.html (2025/9/28 閲覧)
7101021	「内閣府 HP」令和 4 年度版防災白書「令和 4 年 8 月の大雨等による災害, 令和 4 年台風第 15 号による災害」	内閣府	2023	https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r05/honbun/t2_2s_01_00.html https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r05/honbun/t2_4s_01_00.html (2025/9/28 閲覧)
7101022	「内閣府 HP」令和 6 年度防災白書「令和 5 年台風第 6 号による災害, 令和 5 年台風第 13 号による災害」	内閣府	2023	https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r06/honbun/1b_3s_02_01.html https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r06/honbun/1b_3s_04_00.html

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
				1.html (2025/9/28 閲覧)
7101023	気候変動の観測・予測・影響評価に関する統合レポート「日本の気候変動とその影響(2012年度版)」	文部科学省, 気象庁, 環境省	2013	—
<u>7101024</u>	都市地下空間の利活用を考える リアルタイム浸水予報技術による都市地下空間の浸水被害軽減対策	関根 正人	2020	日本不動産学会誌, 34(2), 33-37.
7101025	鉄道土構造物の災害復旧	杉山 友康, 太田 直之	2011	地盤工学会誌, 59(11), 8-11.
<u>7101026</u>	気候災害特別調査委員会報告書 激甚化する気候災害への建築分野の取組むべき課題	日本建築学会 気候災害特別調査委員会	2020	—
7101027	密集市街地における内水氾濫時の地下鉄浸水に関する検討	寺田 光宏, 岡部 良治, 石垣 泰輔, 尾崎 平, 戸田 圭一	2016	土木学会論文集 B1 (水工学), 72(4), I_1357-I_1362.
7101028	記録的水災害に対する大規模地下空間の浸水脆弱性に関する検討	濱口 舜, 石垣 泰輔, 尾崎 平, 戸田 圭一	2016	土木学会論文集 B1 (水工学), 72(4), I_1363-I_1368.
7101029	計画中の新路線を考慮した内水氾濫時の地下鉄浸水に関する検討	寺田 光宏, 石垣 泰輔, 尾崎 平, 戸田 圭一	2018	土木学会論文集 B1 (水工学), 74(4), I_1465-I_1470.
7101030	鉄道事業の自然災害リスク・ファイナンスにおける破産確率	大堀 勝正, 森地 茂	2016	土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), 72(2), 63-72.
7101031	海岸道路における越波による車両被害とその対策に関する研究	越智 聖志	2016	室蘭工業大学 博士論文.
7101032	高波による海岸道路の盛土被害の発生条件と対策の検討	本間 大輔, 山本 泰司, 宮武 誠, 木村 克俊	2015	土木学会論文集 B3 (海洋開発), 71(2), 269-274.
7101033	異常降雨による高速自動車道における切土斜面の崩壊と対策	安原 一哉, 金山 義幸, 中山 伸一, 伴 夏男, 小野澤 宏之	2011	ジオシンセティックス論文集, 26, 189-195.
7101034	豪雨発生が社会基盤施設に及ぼした被害に関する研究	松林 由里子, 渡辺 一也, 川越 清樹	2014	土木学会論文集 G (環境), 70(5), I_249-I256.
7101035	A survey on impacts of climate change on road transport infrastructure and adaptation strategies in Asia	Regmi, M. B., & Hanaoka, S.	2011	Environmental Economics and Policy Studies, 13(1), 21-41.
<u>7101036</u>	「緑地の生態的レジリエンスとグリーンインフラ」生態的レジリエンスの定義と緑化工学的視点	小林 達明	2022	日本緑化工学会誌, 47(3), 374-377.
<u>7101037</u>	環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書 日本の気候変動影響と適応策 ―レジリエントで持続可能な社会に向けて―	三村 信男他 (編)	2025	—
<u>7101038</u>	Assessing Natural Disaster Risks for Bus Operation Bases: Focus on Vulnerability and Importance	Xu, F., Tajima, H., & Kato, H.	2023	Modern Environmental Science and Engineering, 9 (7-9), 99-107.
<u>7101039</u>	特集 地形・建物データと気象予報からレール温度を予測する	浦川 文寛, 渡辺 勉	2021	RRR, 78(3), 12-15.
7101040	2018 年度夏季の電力需給実績と冬季の電力需給見通しについての概要 (案)	電力広域的運営推進機関	2018	第 33 回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会 (資料 2-1)
<u>7101041</u>	電力需給について	資源エネルギー庁	2023	小売電気事業の健全な競争に関する勉強会兼 2023 年度夏季及び冬季の電力需給見通しを踏まえた勉強会 (資料 3-1)
<u>7101042</u>	需給状況改善のための指示の実施について<東京電力パワーグリッド> (6 月 30 日 6 時 01 分実施)	電力広域的運営推進機関	2022	https://www.occto.or.jp/oshirase/shiji/20220630_jukyushiji.html (2025/9/29 閲覧)
<u>7101043</u>	需給状況改善のための指示の実施について<東北電力ネットワーク> (6 月 11 日 17 時 23 分実施)	電力広域的運営推進機関	2024	https://www.occto.or.jp/archives/718 (2025/9/29 閲覧)
7101044	台風 21 号対応検証委員会報告	関西電力株式会社	2018	—
7101045	台風 21 号・24 号非常災害対応検証委員会検討結果	中部電力株式会社	2018	—
7101046	台風 19 号に伴う都市ガスの供給支障について	東京ガス株式会社	2019	—

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7101047	給電運用と気象情報	柴田 創	2015	電気学会論文誌 B (電力・エネルギー部門誌) , 135(3), 137-140.
7101048	水力発電施設に関わる災害事例の収集と溢水被害に伴う社会的影響評価法の検討	梶谷 義雄, 山本 広祐, 豊田 康嗣, 中島 正人	2011	土木学会論文集 F4(建設マネジメント), 67(1), 1-13.
<u>7101049</u>	令和元年に発生した災害の概要と対応	経済産業省 産業保安グループ 電力安全課	2019	第 21 回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会 (資料 1)
7101050	令和元年台風第 19 号に係る被害状況等について	内閣府	2019	—
<u>7101051</u>	台風19 号に伴う停電復旧対応の振り返り	中部電力株式会社	2019	—
<u>7101052</u>	近年の台風・豪雨災害における対応状況	経済産業省 産業保安グループ ガス安全室	2020	—
<u>7101053</u>	国土強靱化推進会議 (第 8 回) 電気通信事業者における自然災害への対応について	山本 和弘	2024	—
<u>7101054</u>	「内閣府 HP」令和 2 年度版防災白書「「令和元年台風第 15 号・第 19 号等に係る検証チーム会議」の検討経緯」	内閣府	2020	https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r02/honbun/0b_2s_01_01.html (2025/9/29 閲覧)
<u>7101055</u>	「令和 2 年 7 月豪雨」等における通信確保に関する総務省の取組み	総務省総合通信基盤局 電気通信技術システム課	2020	—
7101056	水源水質の変動と健康リスク	秋葉 道宏, 山田 俊郎, 中村 怜奈, 小阪 浩司, 浅見 真理	2010	EICA, 15(1), 16-19.
7101057	降水が水道原水の懸濁物質およびその浄水処理時の凝集剤注入量に与える影響	下ヶ橋 雅樹, 山田 俊郎, 中村 怜奈, 小阪 浩司, 秋葉 道弘	2012	第 49 回 環境工学フォーラム講演集, 121-123.
7101058	豪雨対策に向けた水道システムの機能強化	古米 弘明	2016	学術の動向, 21(11), 81
7101059	高濁度に対応した水道システム	富井 正雄	2013	水坤, 45, 21-23.
<u>7101060</u>	気候変動影響に対する水道システムの適応策	小坂 浩司, 秋葉 道宏	2020	保健医療科学, 69(5), 425-433.
<u>7101061</u>	水災害分野における気候変動適応策のあり方について ～災害リスク情報と危機感を共有し、減災に取り組む社会へ～ (答申)	社会資本整備審議会	2015	https://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_000892.html (2025/9/29 閲覧)
7101062	水道ハザードマップを用いた自然災害による水道事業への影響評価	吉川 泰代, 矢部 博康, 小池 亮, 森本 達男, 子熊 久美子, 荒巻 俊也, 滝沢 智	2012	愛知教育大学研究報告, 57 (自然科学編) , 31-37.
7101063	地方公共団体における廃棄物・リサイクル分野の気候変動適応策ガイドライン	環境省 環境再生・資源循環局 廃棄物適正処理推進課	2019	—
7101064	平成 30 年 7 月豪雨による被害状況等について	内閣府	2019	https://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon7/index.html (2025/9/29 閲覧)
<u>7101065</u>	2019 年度 (令和元年度) 災害調査報告書 (令和元年 8 月豪雨・台風 15 号・19 号に係る調査報告書)	一般社団法人環境衛生施設維持管理業協会 技術部会 研究グループ	2021	—
<u>7101066</u>	片付けごみを仮置場以外で排出する要因の検討 一平成 30 年 7 月豪雨の倉敷市の事例より一	多島 良, 森嶋 順子	2021	廃棄物資源循環学会論文誌, 32, 31-42.
<u>7101067</u>	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.4.5	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
<u>7101068</u>	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.5.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7101069	Climate change and infrastructure impacts: comparing the impact on roads in ten countries through 2100	Schweikert, A., Chinowsky, P., Espinet, X., & Tarbert, M.	2014	Procedia Engineering, 78, 306-316.
7101070	地下鉄を考慮した名古屋と大阪の大規模浸水解析	村瀬 将隆, 中島 勇介, 武田 誠, 川池 健司, 松尾 直規	2017	土木学会論文集 B1(水工学), 73(4), 1_1441-1_1446.
<u>7101071</u>	豪雨時の斜面崩壊に伴う孤立地域発生可能性の気候変動による変化の予測	松本 和司, 徐 非凡, 加藤 博和	2024	土木学会論文集, 80(27), 24-27026.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7101072	ネットワークの構造を考慮した道路網の水害・土砂災害リスク評価手法	高山芳樹, 加藤博和, 朴秀日, 田島治希	2022	第 65 回土木計画学研究発表会・講演集
7101073	2022 年度 S-18 プロジェクト研究成果報告 国民の生活の質（QoL）とその基盤となるインフラ・地域産業への気候変動影響予測と適応策の検討と評価 気候変動による鉄道ネットワークの水害リスク変化の評価に関する研究	加藤 博和、徐 非凡、田島 治希	2023	2022 年度環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書, サブテーマ 4(1)
7101074	気候変動による鉄道ネットワークの水害リスク変化の評価に関する研究	田島 治希, 徐 非凡, 加藤 博和	2023	土木学会論文集, 79(27), 23-27033
7101075	気候変動による降水変化に伴う鉄道輸送の安定性への影響評価 複数の路線を対象とした解析―	植村 昌一, 橋本 健, 鈴木 博人	2021	土木学会論文集 B1(水工学), 77(2), I_13-I_18.
7101076	気候変動による鉄道沿線の土砂崩壊の将来変化 複数の路線を対象とした解析―	植村 昌一、鈴木 博人	2024	土木学会論文集, 80(16), 23-16122
7101077	International dimensions of climate change	Government Office of Science, UK	2011	—
7101078	Regional and temporal variations in the impacts of future climate change on Japanese electricity demand: Simultaneous interactions among multiple factors considered	Hiruta, Y., Ishizaki, N. N., Ashina, S., & Takahashi, K.	2022	Energy Conversion and Management: X, 14, 100172.
7101079	地球温暖化予測情報を用いた将来気象データの開発 一気候変動に適応可能な建築・設備の計画支援を目的とする将来気象データに関する研究―	曾我 和弘	2014	日本建築学会環境系論文集, 79(703), 803-812.
7101080	The effect of climate change on office building energy consumption in Japan	Shibuya, T., & Croxford, B.	2016	Energy and Buildings, 117, 1-11.
7101081	How climate change may shift power demand in Japan: Insights from data-driven analysis	Gurriaran, L., Tanaka, K., Takahashi, K., & Ciais, P.	2023	Journal of Environmental Management, 345, 118799.
7101082	温暖化に対するエネルギー産業の課題	中岡 章	2011	気候影響・利用研究会会報, 30, セッション 4, 社会・経済への影響解説論文, 13-18.
7101083	洪水氾濫流が都市ガス供給システムに及ぼす影響に関する 一考察：供給地域の浸水過程と施設に作用する流体力に基づく被害推定	田代 喬, 八木 健太郎, 戸田 祐嗣	2018	土木学会論文集 B1(水工学), 74(5), 489-494.
7101084	業務指標を用いた気候変動に対する小規模水道事業体の脆弱性評価	渡辺 直子, 矢部 博康, 小池 亮	2011	地球環境シンポジウム講演集, 19, 77-83
7101085	大規模アンサンブル気候予測データに基づく将来の渇水リスクに関する検討 一兵庫県を対象地域として―	清水 浩太郎, 尾崎 平, 橋本 彰博, 戸田 圭一	2020	土木学会論文集 G(環境), 76(6), II_285-II_293.
7101086	Assessment of spatiotemporal variations in the fluvial wash-load component in the 21st century with regard to GCM climate change scenarios	Mouri, G.	2015	Science of The Total Environment, 533(15), 238-246.
7101087	首都圏大規模水害における水害廃棄物発生量の推定手法	平山 修久, 島岡 隆行, 藤原 健史, 岡山 朋子, 河田 恵昭	2010	第 21 回廃棄物資源循環学会研究発表会, A5-4.
7101088	地球沸騰化時代の適応策 100 選！ ―ADAPTATION アダプテーション [適応] 気候危機をサバイバルするための 100 の戦略―	肱岡 靖明, 根本 緑	2024	—
7101089	屋外公共空間での異常高温対策に今夏も取り組んでいきます！	神戸市建設局技術管理課	2025	https://www.city.kobe.lg.jp/a48501/117387905864.html (2025/9/29 閲覧)
7101090	道路のヒートアイランド対策について（舗装の取組）	東京都建設局	2025	https://www.kensetsu.metro.tokyo.lg.jp/documents/d/kensetsu/2025-05-22-164514-959 (2025/9/29 閲覧)
7101091	危機管理対策マニュアル策定指針の渇水対策マニュアル策定指針, 渇水対策マニュアルの概要, I-4	国土交通省	2020	—
7101092	厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合研究事業 気候変動に伴う水道システムの生物障害等リスク評価とその適応性の強化に向けた研究 令和 3 年度 総括・分担研究報告書	秋葉道宏	2022	—

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7101093	首相官邸ウェブサイト『災害が起きる前にできること』	首相官邸	—	https://www.kantei.go.jp/jp/headline/bousai/sonae.html (2025/9/29 閲覧)
7101094	リスク管理型の水資源政策の深化・加速化について ～気候変動や災害、社会情勢の変化等を見据えた流域のあらゆる関係者による総合的な水のマネジメントへ～ 提言 概要	国土審議会, 水資源開発分科会, 調査企画部会	2023	—
7101095	ご家庭の皆様 夏季の省エネに取り組みましょう	資源エネルギー庁	2024	—
7101096	事業者の皆様 夏季の省エネに取り組みましょう	資源エネルギー庁	2024	—

(2) 医療・福祉、教育

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7102001	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.1.4	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7102002	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.1.5	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7102003	千葉県における令和元年台風 15 号による地域高齢者の被災状況と災害対応での課題	大塚 理加, 永松 伸吾	2021	地域安全学会論文集, 39, 213-221.
7102004	豪雨災害後の被災者がかかえる課題 一災害 1 年後の関市訪問調査から一	山下 科子, 木村 恵子, 名倉 弘美, 田中 耕	2021	人間福祉学会誌, 20(1), 11-22.
7102005	令和 4 年 8 月 9 日からの豪雨による青森県鯉ヶ沢町の保育園での避難行動と保育継続	中野 晋, 西村 実穂	2023	土木学会論文集, 79(24), 23-24008.
7102006	平成 30 年 7 月豪雨における広島県内の保育所の被害と対応	中野 晋, 金井 純子, 山城 新吾, 長谷川 真之	2020	土木学会論文集 F6 (安全問題), 76(2), I_155-I_164.
7102007	令和元年東日本台風による長野県内の保育園の被災と業務継続	山城 新吾, 中野 晋, 金井 純子, 長谷川 真之	2020	土木学会論文集 F6 (安全問題), 76(2), I_1-I_8.
7102008	学校環境における熱中症発生状況に関する調査研究一地域ブロック毎の熱中症発生状況に基づく考察一	岩下 剛	2021	人間と生活環境, 28(2), 99-105.
7102009	学校における暑熱対策	前 真之	2024	都市問題, 115(8), 29-36.
7102010	学校体育館への空調整備の早期実施に向けて	文部科学省大臣官房文教施設企画・防災部施設助成課	2025	—
7102011	令和元年東日本台風による越辺川沿いの社会福祉施設の被災と業務継続に及ぼす施設特性	金井 純子, 中野 晋, 山城 新吾, 三上 卓	2020	土木学会論文集 F6 (安全問題), 76(2), p.I_211-I_218
7102012	学校施設の ZEB 化の手引き	文部科学省	2024	—
7102013	学校における熱中症対策ガイドライン作成の手引き (令和 6 年 4 月 追補版)	環境省, 文部科学省	2024	https://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/anzen/1401870_00001.htm (2025/10/1 閲覧)
7102014	空調設備整備事業 (空調設備整備臨時特例交付金)	文部科学省	2025	—
7102015	令和 6 年度 第 1 回 熱中症特別警戒情報等に関するワーキング・グループ 資料 1, 今夏の振り返り	環境省	2024	—
7102016	テレメータデータの大規模欠測回避・スピードアップ・精度アップを目指します。	赤塚 誠之, 桑原 和男, 情報通信技術活用検討会	2020	建設電気技術技術集, 1-4.

(3) 飲食

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7103001	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.1.3	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7103002	Attributing changes in food insecurity to a changing climate	Dasgupta, S., & Robinson, E. J. Z.	2022	Scientific Reports, 12(1), 4709.
7103003	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.4.3	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7103004	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.5.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7103005	Projections of future drought intensity associated with various local greenhouse gas emission scenarios in East Asia	Park, C.-K., Ho, C.-H., Park, R. J., Woo, J.-H., Lim, C., Park, D.-S. R., Park, H., Kim, M. J., Kim, Y., Hong, S.-C., & Kim, J.	2020	Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences, 31(1), 9-19.
7103006	「気候変動適応情報プラットフォーム」インフォグラフィック「食料需給」	国立環境研究所	2024	https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/infographic/1_foodsupplydemand.html (2025.9.25 閲覧)

(4) 住宅・住居

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7104001	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.1.6	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7104002	洪水ハザードエリアにおける建設資材ストック・フローの時空間分析	細川 莉来, 永田 聡太, 白川 博章, 谷川 寛樹	2024	土木学会論文集, 80(26), 24-26023.
7104003	自然災害の経済活動への影響	山鹿 久木	2022	日本不動産学会誌, 36(1), 47-51.
7104004	「内閣府 HP」令和 2 年版防災白書「令和元年東日本台風による災害」	内閣府	2020	https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r02/honbun/0b_1s_01_03.html (2025/9/28 閲覧)
7104005	「内閣府 HP」令和 3 年版防災白書「令和 2 年 7 月豪雨による災害」	内閣府	2021	https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r03/honbun/0b_1s_02_01.html (2025/9/28 閲覧)
7104006	日本の気候変動 2025 一大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書一	文部科学省, 気象庁	2025	—
7104007	水害時における迅速な住宅復旧への備えに関する研究 一令和元年東日本台風時における世田谷区を対象として一	石田 雅美, 葉袋 奈美子, 石川 永子, 中林 一樹	2022	日本女子大学大学院紀要 家政学研究科・人間生活学研究科, 95.
7104008	低平地における浸水害とその課題 佐賀県建築士会による佐賀豪雨災害における取り組み	川崎 康広, 犬塚 敏治, 永石 洋幸, 向井 浩史	2020	低平地研究, 29, 27-30.
7104009	暑熱環境と住まいにおける健康	松原 斎樹, 柴田 祥江	2020	東洋大学工業技術研究所工業技術, 42, 11-14.
7104010	気候変動による建築と室内環境への影響	金 勳, 山田 裕巳, 阪東 美智子, 開原 典子	2020	保健医療科学, 69(5), 434-443.
7104011	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.3.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7104012	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.4.5	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7104013	積雪寒冷地における気候変動の影響評価と適応策に関する研究(1)降雪・積雪の変化の影響	野口 泉, 濱原 和広, 芥川 智子, 山口 高志, 鈴木 啓明, 長谷川 祥樹, 小野 理	2021	エネルギー・環境・地質研究所研究報告, 1, 69-74.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7104014	「気候変動適応情報プラットフォーム」インフォグラフィック「洪水」	国立環境研究所	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/infographic/4_flooding.html (2025.9.29 閲覧)
7104015	気候災害特別調査委員会報告書 激甚化する気候災害への建築分野の取組むべき課題	日本建築学会 気候災害特別調査委員会	2020	—
7104016	熱中症対策実行計画	環境省	2023	—
7104017	生活保護世帯におけるエアコン購入費用に関する取扱い等について（周知）	厚生労働省	2025	—
7104018	2022 年度 S-18 プロジェクト研究成果報告 自然災害・水資源分野を対象とした気候変動影響予測と適応策の評価 気候変動による氾濫・浸水災害の統合影響予測と適応策の経済評価	横木 裕宗, 田村 誠, 外岡 秀行, 柴田 傑, 増永 英治, 今村 航平, 佐藤 大作, 熊野 直子	2023	2022 年度環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書, サブテーマ 3(1)
7104019	Assessing the effectiveness of adaptation against sea level rise in Japanese coastal areas: protection or relocation?	Tamura, M., Imamura, K., Kumano, N., & Yokoki, H.	2024	Environment, Development and Sustainability, 26, 23561-23577.
7104020	Nationwide evaluation of changes in fluvial and pluvial flood damage and the effectiveness of adaptation measures in Japan under population decline	Hayata, Y., Kazama, S., Yamamoto, T., Ikemoto, A., Tada, T., & Touge, Y.	2024	International Journal of Disaster Risk Reduction. 110, 104605.
7104021	建築物の浸水対策案の試設計に基づくその費用対効果に関する研究	木内 望, 中野 卓	2023	建築研究報告, 153.

(5) 労働・消費

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7105001	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.1.6	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7105002	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.5.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7105003	Working on a warmer planet: The effect of heat stress on productivity and decent work	Kjellstrom, T., Maitre, N., Saget, C., Otto, M., & Karimova, T.	2019	International Labour Organization, 13-58.
7105004	暑熱環境下における建設作業員の心拍数の特徴に関する研究	赤川 宏幸, 笠井 泰彰, 飯塚 浩二, 山田 昇吾, 森川 直洋	2020	大林組技術研究所報, 84, 1-6.
7105005	暑熱環境下における建設作業員の体調管理のため 心拍数指標に関する基礎的研究	山田 昇吾, 赤川 宏幸, 笠井 泰彰, 飯塚 浩二, 森川 直洋	2021	大林組技術研究所報, 85, 1-6.
7105006	太陽光利用型植物工場の作業負担と作業速度に及ぼす暑熱環境の影響	磯山 陽介, 北村 八祥, 松岡 敏生, 平生 祐一郎, 大西 範和	2022	農作業研究, 57(1), 3-11.
7105007	暑熱環境下における大学体育授業実施時の生理指標の調査	長尾 茉珠, 田村 達也, 片岡 悠妃, 岡室 憲明, 遠藤 俊典, 安井 年, 宮崎 純一, 今川 正浩, 井上 直子	2020	日本アスレティックトレーニング学会誌, 5(2), 185-189.
7105008	2022 年度 S-18 プロジェクト研究成果報告 気候変動影響及び適応策に関する経済評価手法の開発 気候変動による自然災害がもたらす影響及び適応策に関する経済評価手法の開発	野原 克仁	2023	2022 年度環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書, サブテーマ 5(2)
7105009	気候変動に伴う暑熱ストレスの増大による屋外労働可能時間短縮に対する適応策の検討	高倉 潤也, 藤森 真一郎, 高橋 潔, 本田 靖, 長谷川 知子, 脇岡 靖明, 増井 利彦	2017	土木学会論文集 G (環境), 73(6), II_283-II_291.
7105010	Economic costs of heat-induced reductions in worker productivity due to global warming	Orlov, A., Sillmann, J., Aunan, K., Kjellstrom, T., & Asbjørn A.	2020	Global Environmental Change, 63, 102087.
7105011	IPCC AR6 WGII Full Report 18.2.5.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7105012	人間工学 - WBGT (湿球黒球温度) 指数に基づく作業者の熱ストレスの評価 - 暑熱環境	日本産業規格	1999	https://kikakurui.com/z8/Z8504-1999-01.html
7105013	職場における熱中症予防基本対策要綱	厚生労働省	2021	—
7105014	職場における熱中症の現状と予防対策	川波 祥子	2022	産業医学レビュー, 35(2), 91-107.
7105015	IPCC AR6 WGII Technical Summary Supplementary Material Table SMTS.4	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Technical Summary Supplementary Material
7105016	衣服内空気循環が夏季暑熱環境下農作業時の体温調節反応に及ぼす影響	鈴木 英悟, 檜村 修生, 高橋 弘彦, 南 和広, 中井 誠 —	2012	日本生気象学会雑誌, 49(2), 83-92.

(6) 健康的な暮らし

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7106001	「気候変動適応情報プラットフォーム」 インフォグラフィック 「ヒートアイランド」	国立環境研究所	2023	https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/infographic/7_heatIsland.html (2025/9/29 閲覧)
7106002	都市化率と平均気温等の長期変化傾向	気象庁	2025	https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/himr/himr_1-1-1.html (2025/9/30 閲覧)
7106003	メソ気象モデル WRF を用いた海岸に立地する都市の規模と夏のヒートアイランド強度の関係分析	竹林 英樹, 妹尾 将司	2016	日本建築学会環境系論文集, 81(726), 707-713.
7106004	岡山県倉敷市における夏季ヒートアイランド現象の長期観測	佐藤 真由美, 大橋 唯太	2011	Naturalistae, 15, 23-30.
7106005	地方都市における移動・定点観測によるヒートアイランド特性	天野 智順, 岡田 拓, 須田 祥平	2009	富山県立大学紀要, 19, 65-69.
7106006	長野県小布施町におけるヒートアイランド強度と郊外の土地被覆との関係	榊原 保志	1999	天気, 46(9), 567-575.
7106007	Urban warming in Japanese cities and its relation to climate change monitoring	Fujibe, F.	2011	International Journal of Climatology, 31, 162-173.
7106008	Detection of urban warming in recent temperature trends in Japan	Fujibe, F.	2009	International Journal of Climatology, 29, 1811-1822.
7106009	Evaluation of background and urban warming trends based on centennial temperature data in Japan	Fujibe, F.	2012	気象研究所研究報告, 63, 43-56.
7106010	Diagnostic study of the effects of a large city on heavy rainfall as revealed by an ensemble simulation: A case study of central Tokyo, Japan	Inamura, T., Izumi, T., & Matsuyama, H.	2011	Journal of Applied Meteorology and Climatology, 50(3), 713-728.
7106011	Mechanism of precipitation increase with urbanization in Tokyo as revealed by ensemble climate simulations	Kusaka, H., Takane, Y., & Furuhashi, N.	2014	Journal of Applied Meteorology and Climatology, 53(4), 824-839.
7106012	2008 年に東京都雑司ヶ谷付近で発生した局地的大雨へ都市加熱が与えた影響	相馬 一義, 田中 賢治, 砂田 憲吾, 末次 忠司, 坪木 和久, 榊原 篤志, 茂木 耕作	2012	土木学会論文集 B1 (水工学), 68(4), I403-I408.
7106013	Long-term change and spatial anomaly of warm season afternoon precipitation in Tokyo	Fujibe, F., Togawa, H., & Sakata, M.	2009	SOLA, 5, 17-20.
7106014	Numerical experiments on fair-weather clouds forming over the urban area in northern Tokyo	Inoue, T., & Kimura, F.	2007	SOLA, 3, 125-128.
7106015	Numerical simulation of urban impact on precipitation in Tokyo: How does urban temperature rise affect precipitation?	Seino, N., Aoyagi, T., & Tsuguti, H.	2018	Urban Climate, 23, 8-35.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7106016	Role and impact of the urban environment in a numerical forecast of an intense summertime precipitation event over Tokyo	Bélair, S., Leroyer, S., Seino, N., Spacek, L., Souvanlassy, V., & Paquin-Ricard, D.	2017	Journal of the Meteorological Society of Japan, 96A, 77-94.
7106017	The effect of changes of urban surfaces on rainfall phenomenon as determined by a non-hydrostatic mesoscale model	Matheson, M. A., & Ashie, Y.	2008	Journal of the Meteorological Society of Japan, 86(5), 733-751.
7106018	Urban thermal influence on the background environment of convective precipitation	Sugawara, H.	2017	Journal of the Meteorological Society of Japan, 96A, 67-76.
7106019	ヒートアイランドと緑地：放射環境の違いがもたらす熱中症リスク	重田 祥範, 荻原 悠季	2022	日本ヒートアイランド学会誌, 17, 15-18.
7106020	Effects of Dierent Urbanization Levels on Land Surface Temperature Change: Taking Tokyo and Shanghai for Example	Chao, Z., Wang, L., Che, M., & Hou, S.	2022	Remote Sensing, 2020, 12(12), 2022.
7106021	ヒートアイランド対策マニュアル ―最新状況と適応策等の対策普及に向けて―	環境省	2012	—
7106022	熊谷市の小・中学校における熱ストレスによる保健室来室者割合の地域性 ―来室者割合と気温・湿度との関係に関する定量的把握の試み―	重野 拓基, 澤田 康德	2020	E-journal GEO, 15(1), 1-13.
7106023	ヒートアイランド現象に対する適応策の効果の試算結果について	環境省 水・大気環境局大気生活環境室	2011	—
7106024	日本における夏季の不快感の経年変化と分布に関する研究	井暮 知伸, 堀越 哲美	2011	人間と生活環境, 18(2), 67-82.
7106025	大丸有地区の屋外アメニティ空間における温熱環境と利用状況の調査	安藤 邦明, 西田 恵, 三坂 育正, 成田 健一	2012	アーバンインフラ・テクノロジー推進会議技術研究発表会, 24, A6
7106026	人が利用する屋外空間における環境評価に関する研究 その4 都内オフィスビルの屋外アメニティ空間における調査	安藤 邦明, 三坂 育正, 成田 健一	2013	日本建築学会大会(北海道)学術講演会・建築デザイン発表会学術講演梗概集 2013(環境工学 I), 897-898.
7106027	関東地方の熱中症と気候変動の関係	高谷 清彦, 森岡 優志, Behera S. K.	2013	日本気象学会大会講演予講集, 103, 58.
7106028	岐阜県多治見市における夏季晴天日の暑熱環境の実態調査と領域気象モデル WRF を用いた予測実験: 物理モデルと水平解像度に伴う予測結果の不確実性の検討	高根 雄也, 日下 博幸, 高木 美彩, 岡田 牧, 阿部 紫織, 永井 徹, 富士 友紀乃	2013	地理学評論(SeriesA), 86(1), 14-37.
7106029	K 大学における夏季スポーツ活動時の体育館環境と熱中症の実態	木下 めぐみ, 塩野 沙季, 杉田 侑磨, 下津 貴広, 川瀬 はるな	2022	神戸国際大学リハビリテーション研究, 13, 23-29.
7106030	東京 23 区を対象とした夏季の睡眠障害と夜間の屋外熱環境の関係について	大橋 唯太, 井原 智彦, 玄地 裕	2014	環境情報科学学術論文集, 28, 367-372.
7106031	気候変化による災害防止に関する特別調査委員会報告書	日本建築学会 気候変化による災害防止に関する特別調査委員会	2016	—
7106032	ヒートアイランド現象における熱中症等の健康リスク	鳴海 大典	2020	ビルと環境, 169, 15-20.
7106033	夜間就寝時の温熱環境が睡眠に及ぼす影響	都築 和代, 久保 博子	2008	日本建築学会環境工学委員会熱シンポジウム, 38, 87-92.
7106034	被害算定方 LCIA 手法によるヒートアイランド現象の県境影響評価 その3 東京都 23 区の夜間高温化による睡眠障害の定量化と睡眠障害に伴う経済損失の評価	井原 智彦, 岡野 泰久, 玄地 裕	2007	日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 環境工学 1, 2007, 769-770.
7106035	被害算定方 LCIA 手法によるヒートアイランド現象の県境影響評価 その4 東京 23 区におけるヒートアイランド現象による睡眠障害の影響評価	玄地 裕, 岡野 泰久, 井原 智彦	2007	日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 環境工学 1, 2007, 771-772.
7106036	平成 20 年度ヒートアイランド対策の環境影響等に関する調査業務報告書	社団法人環境情報科学センター	2008	—
7106037	UTCI に基づく 1980 年から 2020 年までの夏季における日本全国の熱的快適性	廣木 亮哉, Khanh, D. N., Varquez, A. C. G., 神田 学	2022	土木学会論文集 B1 (水工学), 78(2), I_79-I_84.
7106038	気候変動が住民の生活の質 (QOL) に与える影響評価フレームワークの提案	戸川 卓也, 高野 剛志, 森田 紘圭, 大場 真, Estoque, R. C., 近藤 美沙希	2020	土木学会論文集 G (環境), 76(5), I_461-I_470.
7106039	気候変動影響に対する全国自治体の影響深刻度認知の分析	今井 葉子, 栗栖 聖	2022	土木学会論文集 G (環境), 78(6), II_99-II_107.
7106040	将来的な気候変動影響ノ予測に向けた地域の生活環境の状態への満足度と主観的幸福感との関連性評価	白井 浩介, 栗栖 聖, 福士 謙介	2023	土木学会論文集 G (環境), 79(26), 23-26005.

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7106041	環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書 日本の気候変動影響と適応策 ―レジリエントで持続可能な社会に向けて―	三村 信男他（編）	2025	—
7106042	気候変動適応策検討のための地域社会将来シナリオの CC-QOL 評価	高野 剛志, 戸川 卓哉, 森田 紘圭	2023	土木学会論文集 G（環境）, 79(27), 23-27001.
7106043	IPCC AR6 WGII Full Report 7.2.5.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report
7106044	Climate change anxiety in China, India, Japan, and the United States	Tam, K.-P., Chan, H.-W., & Clayton, S.	2023	Journal of Environmental Psychology, 87, 101991.
7106045	Prevalence of solenopsis invicta (Hymenoptera: Formicidae) venom allergic reactions in mainland China	Xu, Y., Huang, J., Zhou, A., & Zeng, L.	2012	The Florida Entomologist, 95(4), 961–965.
7106046	Anaplasia caused by stings from the Salenopsis invicta, lava-pes and or red imported fire ant	Haddad Junior, V., & Larsson, C. E.	2015	Anais Brasileirosde Dermatologia, 90(3), 22-25.
7106047	日本の外来種対策	環境省	2025	https://www.env.go.jp/nature/intro/index.html (2025.10.1 閲覧)
7106048	Prevalence of Mental Health Problems among Patients Treated by Emergency Medical Teams: Findings from J-SPEED Data Regarding the West Japan Heavy Rain 2018	Yumiya, Y., Chimed-Ochir, O., Taji, A., Kishita, E., Akahoshi, K., Kondo, H., Wakai, A., Chishima, K., Toyokuni, Y., Koido, Y., Tachikawa, H., Takahashi, S., Gomei, S., Kawashima, Y., & Kubo, T.	2022	Environmental Research and Public Health, 19(18), 11454.
7106049	The effect of the 2018 Japan Floods on cognitive decline among long-term care insurance users in Japan: a retrospective cohort study	Yoshida, S., Kashima, S., & Matsumoto, M.	2021	Environmental Health and Preventive Medicine, 26(1), 113.
7106050	How the 2018 Japan Floods Impacted Nursing Home Admissions for Older Persons: A Longitudinal Study Using the Long-Term Care Insurance Comprehensive Database	Miyamori, D., Yoshida, S., Kashima, S., Koike, S., Ishii, S., Okazaki, Y., Ikeda, K., & Matsumoto, M.	2023	Journal of the American Medical Directors Association, 24(3), 368–375.
7106051	Impact of heavy rains of 2018 in western Japan: disaster—induced health outcomes among the population of Innoshima Island	Bandaru, S., Sano, S., Shimizu, Y., Seki, Y., Okano, Y., Sasaki, T., Wada, H., Otsuki, T., & Ito, T.	2020	Heliyon, 6(5), e03942.
7106052	過去 4 年における北海道の雪による事故の傾向分析	阿部 佑平, 堤 拓哉, 高橋 章弘	2011	雪氷研究大会 2011, P2-36.
7106053	雪下ろし事故の発生と気象要素との関係 ―北海道を対象とした分析―	堤 拓哉, 高橋 章弘, 阿部 佑平	2012	雪氷研究大会 2012, B3-14.
7106054	Risk factors for fracture by same-level falls among workers across sectors: a cross-sectional study of national open database of the occupational injuries in Japan	Hayashi, C., Ogata, S., Toyoda, H., Tanemura, N., Okano, T., Umeda, M., & Mashino, S.	2023	Public Health, 217, 196–204.
7106055	Comparison of the impact of global climate changes and urbanization on summertime future climate in the Tokyo Metropolitan Area	Adachi, S. A., Kimura, F., Kusaka, H., Inoue, T., & Ueda, H.	2012	Journal of Applied Meteorology and Climatology, 51(8), 1441-1454.
7106056	Moderation of summertime heat island phenomena via modification of the urban form in the Tokyo Metropolitan Area	Adachi, S. A., Kimura, F., Kusaka, H., Duda, M. G., Yamagata, Y., Seya, H., Nakamichi, K., & Aoyagi, T.	2014	Journal of Applied Meteorology and Climatology., 53(8), 1886–1900.
7106057	Assessment of the impact of metropolitan-scale urban planning scenarios on the moist thermal environment under global warming: A study of the Tokyo metropolitan area using regional climate modeling	Suzuki-Parker, A., Kusaka, H., & Yamagata, Y.	2015	Advances in Meteorology, 2015(1), 693754.
7106058	将来の高温高湿下における保水性建材の効果の検討	浅野 真於, 玄 英麗, 飯塚 悟	2016	日本ヒートアイランド学会第 11 回全国大会, A-43.
7106059	WRF による名古屋都市圏温熱環境・風環境シミュレーション（その 8）将来の都市形態の変化が温熱環境に及ぼす影響評価	近藤 由美, 飯塚 悟, 伊藤 奨, 黒木 美早衣, 日下 博幸, 原 政之	2012	日本建築学会大会学術講演梗概集, 2012, 40367.
7106060	IPCC SRES A2 シナリオ下での三大都市圏の夏季気候の将来予測: WRF-UCM による力学的ダウンスケール	高根 雄也, 日下 博幸, 原 政之	2012	日本ヒートアイランド学会論文集, 7, 18-26.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7106061	複数の IPCC SRES シナリオに基づく 2030 年代・2050 年代・2070 年代・2090 年代の名古屋都市圏温熱環境・風環境の将来予測の比較、領域気象モデル WRF による名古屋都市圏の温熱環境シミュレーション（その 3）	黒木 美早衣, 飯塚 悟, 伊藤 奨, 日下 博幸, 原 政之	2012	日本建築学会環境系論文集, 77(678), 689-697.
7106062	三大都市圏を対象とした夏季気候の再現計算と将来予測	日下 博幸, 高田 智行, 原 政之, 足立 幸穂	2010	日本気象学会 2010 年度春季大会講演予講集, 111.
<u>7106063</u>	気候変動下の SSP・RCP 別将来像に基づく市街地の夏季温度分布の日変化解析 ―実測結果との比較を踏まえた解析モデルを用いて―	山崎 潤也, 若月 泰孝, 飯塚 悟, 吉田 崇紘, 似内 遼一, 真鍋 陸太郎, 村山 顕人	2023	都市計画論文集, 58(3), 835-842.
<u>7106064</u>	Microclimate Simulation for Future Urban District under SSP/RCP :Reflecting changes in building stocks and temperature rises	Yamasaki, J., Wakazuki, Y., Iizuka, S., Yoshida, T., Nitanaï, R., Manabe, R., & Murayama, A.	2024	Urban Climate, 57, 102068.
7106065	WBGT に基づいた日本の暑熱環境の将来予測	鈴木 バーカー 明日香, 日下 博幸	2015	日本生気象学会雑誌, 52(1), 59-72.
7106066	問題比較型影響評価手法を用いた都市気温上昇に伴う軽度の健康影響の推定	井原 智彦, 日下 博幸, 原 政之, 松橋 隆治, 吉田 好邦	2011	日本建築学会環境系論文集, 76(662), 459-467.
<u>7106067</u>	Enhancing health resilience in Japan in a changing climate	Kim, Y., Oka, K., Kawazu, E. C., Ng, C. F. S., Seposo, X., Ueda, K., Hashizume, M., & Honda, Y.	2023	The Lancet Regional Health – Western Pacific, 40, 100970.
7106068	2070 年代 8 月を対象とした東京・名古屋・大阪における熱中症および睡眠困難の将来予測	日下 博幸, 飯島 奈津美., 井原 智彦, 原 政之, 高根雄也, 飯塚 悟	2013	日本建築学会環境系論文集, 78(693), 873-881.
<u>7106069</u>	Differing spatial patterns of the urban heat exposure of elderly populations in two megacities identifies alternate adaptation strategies	Park, C. Y., Thorne, J. H., Hashimoto, S., Lee, D. K., & Takahashi, K.	2021	Science of The Total Environment, 790, 146455.
<u>7106070</u>	屋外公共空間での異常高温対策に今夏も取り組んでいきます！	神戸市建設局技術管理課	2025	https://www.city.kobe.lg.jp/a48501/117387905864.html (2025/9/29 閲覧)
<u>7106071</u>	最小スケール気候変動適応策としての被服色彩選択効果について	一ノ瀬 俊明	2020	日本地理学会 2020 年度春季学術大会, 27.
<u>7106072</u>	Clothing color effect as a target of the smallest scale climate change adaptation	Ichinose, T., Pan, Y., & Yoshida, Y.	2024	International Journal of Biometeorology, 68, 2029-2040.
<u>7106073</u>	Heatstroke Risk Projection in Japan under Current and Near Future Climates	Nakamura, S., Kusaka, H., Sato, R., & Sato, T.	2022	Journal of the Meteorological Society of Japan, 100(4), 597-615.
<u>7106074</u>	気候変動による直接的健康リスク 熱関連疾病・死亡	本田 靖	2020	保健医療科学, 69(5), 412-417.
<u>7106075</u>	冷暖房への態度及び省エネルギー行動と熱中症・ヒートショック対策の実施との関連	向江 亮 , 木方 真理子, 小林 和幸, 坂本 大樹	2020	日本エネルギー学会誌, 99(3), 28-40.
<u>7106076</u>	Air Conditioning and Heat-related Mortality: A Multi-country Longitudinal Study	Sera, F., Hashizume, M., Honda, Y., Lavigne, E., Schwartz, J., Zanobetti, A., Tobias, A., Iniguez, C., Vicedo-Cabrera, A. M., Blangiardo, M., Armstrong, B., & Gasparrini, A.	2020	Epidemiology, 31(6), 779-787.
<u>7106077</u>	神戸市熱中症搬送者データに基づく市街地における熱中症発症危険地区の抽出 時間積算平均放射温度による市街地熱中症発症危険レベル推定手法の提案	湊太 雅, 宮崎 ひろ志, 尾崎 平, 北詰 恵一	2021	都市計画論文集, 56(3), 1488-1492.
7106078	機能性ウェアへの水分散布による蒸発性熱放散促進および紫外線散乱による温熱的快適性向上	芝崎 学, 久保 博子, 難波 真理	2022	デサントスポーツ科学, 42, 3-23.
<u>7106079</u>	日傘による暑熱環境緩和効果の実証的研究	渡邊 慎一, 石井 仁	2020	日本生気象学会雑誌, 56(4), 133-144.
<u>7106080</u>	夏のコミックマーケット来場者の熱中症リスクアセスメント	鈴木 英悟, 島崎 あかね, 菊地 潤, 櫻村 修生	2021	日本スポーツ健康科学誌, 7(1), 31-36.
<u>7106081</u>	暑熱環境下における個人の適応策としての日傘の効果評価に関する研究	三坂 育正, 奥津 ノンナバット, 山口 竜, 石丸 泰	2022	環境情報科学論文集, 36, 75-80.
<u>7106082</u>	The use of sun-shade on safe heat exposure limit on a sunny summer day: a modelling study in Japan	Otani, H., & Lee, J. K. W.	2022	International Journal of Biometeorology, 66(4), 731-740.
<u>7106083</u>	IPCC AR6 WGII Full Report 6.3.4.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Full Report

(7) レジャー・大規模イベント

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7107001	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.1.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7107002	奈良県吉野山におけるヤマザクラ樹林景観の開花期間に及ぼす気象要素の影響	飯田 義彦, 今西 純一, 森本 幸裕	2013	環境情報科学学術研究論文集, 27, 1-4.
7107003	温暖化が植物や鳥類の生物季節に及ぼす影響	樋口 広芳	2012	気候影響・利用研究会会報 31 号特集「地球温暖化と季節変化・開花の異常について」講演予稿, 25-26.
7107004	サクラの開花と積雪量の関連について一福井県を対象として一	三浦 麻, 松川 育美	2012	福井大学教育地域科学部紀要（自然科学環境科学編）, 3, 77-88.
7107005	過去百年間における都市化にともなう東京の生物相の変化	高岡 貞夫	2013	地学雑誌, 122(6), 特集号：東京—過去・現在・未来—（PartI）, 1020-1038.
7107006	史料による春の開花記録の特徴と気候復元への応用の有効性	青野 靖之	2011	時間学研究, 4, 17-29.
7107007	マクロスケールからみる温暖化の植物フェノロジーへの影響：気象庁・生物季節データセットによる解析	土居 秀幸, 高橋 まゆみ	2010	日本生態学会誌, 60, 241-247.
7107008	Pressures from long term environmental change at the shrines and temples of Nikkō	Brimblecombe, P., & Hayashi, M.	2018	Heritage Science, 6(1), 1-12.
7107009	都市の高温化が植物季節に及ぼす影響の評価：埼玉県熊谷市を事例として	松本 太	2012	地球環境, 17(1), 51-58.
7107010	横浜駅周辺における気温分布とソメイヨシノ開花日の関係	神田 萌, 赤坂 郁美	2014	2014 年度日本地理学会秋季学術大会発表要旨集, 102.
7107011	仙台市におけるソメイヨシノの開花進行過程と土地利用の関係	西城 潔, 和田 枝里	2010	宮城教育大学環境教育研究紀要, 12, 95-101.
7107012	都市およびその近郊地域におけるソメイヨシノの開花日と周辺土地被覆の関係	多田 裕樹, 村上 暁信	2011	ランドスケープ研究, 74(5), 511-514.
7107013	近年におけるサクラの開花と冬季の温暖化	松本 太	2017	日本生気象学会雑誌, 54(1), 3-11.
7107014	イチョウの開芽日・黄葉日の時系列変化と地理的傾向の解析	清水 庸, 梅村 周平, 大政 謙次	2014	生物と気象, 14, 57-70.
7107015	植物指標としてのイチョウの黄葉と郊外都市における熱分布の関係	後藤 明美, 松田 修三, 小沢 和浩, 坂本 憲昭, 但馬 文昭, 宮武 直樹	2015	第 29 回ファジィシステムシンポジウム, 800-803.
7107016	気候変動への賢い適応	環境省	2008	—
7107017	野外活動における温暖化傾向現象について—スキーゲレンデの積雪量変化から—	土方 幹夫	2013	駿河台経済論集, 22(2), 27-37.
7107018	気温・降水量との関係を踏まえた 2020 年の積雪深の特徴と将来変化傾向の推計	齋藤 奏磨, 松本 綾乃, 渡部 哲史	2020	土木学会論文集 G（環境）, 76(5), I_261-I_267.
7107019	地球温暖化による自然観光資源と観光客への影響分析—茨城県大子町袋田の滝を事例として—	石内 鉄平, 小柳 武和, 桑原 祐史, 大橋 健一	2012	土木学会論文集 G（環境）, 68(5), I_111-I_119.
7107020	World heritage and tourism in a changing climate	Markham, A., Osipova, E., Samuels, K. L., & Caldas, A.	2016	World Heritage and Tourism in a Changing Climate, the United Nations Environment Programme, 47.
7107021	Managing "Buffer" A Special Focus on the Itsukushima Shinto Shrine World Heritage Site, Japan	Utaka, Y.	2015	International Review for Spatial Planning and Sustainable Development, 3(2), 79-95.
7107022	Climate-induced species range shift and local adaptation strategies in a temperate marine protected area, Ashizuri-Uwakai National Park, Shikoku Island, western Japan	Abe, H., Suzuki, H., Kitano, Y. F., Kumagai, N. H., Mitsui, S., & Yamano, H.	2021	Ocean & Coastal Management, 210, 105744.
7107023	2023 年間キャンプ場営業実績アンケート集計レポート（概要）	一般社団法人日本オートキャンプ協会	2024	https://www.autocamp.or.jp/post-17487/ (2025/9/30 閲覧)

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7107024	Mass gatherings medicine: public health issues arising from mass gathering religious and sporting events	Memish, Z. A., Steffen, R., White, P., Dar, O., Azhar, E. I., Sharma, A., & Zumla, A.	2019	The Lancet, 393, 10185, 2073-2084.
7107025	21 世紀末の気候変動下における夏季五輪へお暑熱影響と適応策の評価	大山 剛弘, 高倉 潤也, 藤井 実, 中島 謙一, 脇岡 靖明	2023	土木学会論文集, 79(26), 23-26015.
7107026	温暖化がサクラの開花期間に及ぼす影響	塚原 あずみ, 林 陽生	2012	地球環境, 17(1), 31-36.
7107027	Modeling daily flowering probabilities: expected impact of climate change on Japanese cherry phenology	Allen, J. M., Terres, M. A., Katsuki, T., Iwamoto, K., Kobori, H., Higuchi, H., Primack, R. B., Wilson, A. M., Gelfand, A., & Silander, J. A., Jr.	2014	Global Change Biology, 20(4), 1251-1263.
7107028	Human influence increases the likelihood of extremely early cherry tree flowering in Kyoto	Christidis, N., Aono, Y., & Stott, P. A.	2022	Environmental Research Letters, 17(5), 054051.
7107029	国立公園における造礁サンゴ・大型海藻・海草の管理と利用:気候変動への適応策検討に向けた課題の抽出	阿部 博哉, ミツ井 聡美, 山野 博哉	2022	保全生態学研究, 27(1), 2120.
7107030	気候変動によるスキー場・海水浴場の来場者数及びアクセス交通量の変化予測の試み	高山 芳樹, 松永 就朗, 大野 悠貴, 加藤 博和, 朴 秀日	2021	日本環境共生学会学術大会発表論文集, 24
7107031	地球温暖化がスキー場の積雪量や滑走可能日数に及ぼす影響予測 一気象庁 RCM20 予測を用いて	中口 毅博	2010	芝浦工業大学研究報告, 44(1), 71-76.
7107032	地球温暖化による積雪量の変化がスキー場の営業に及ぼす影響 一富山県を対象として一	大田原 望海, 大西 暁生, 佐藤 嘉展, 佐尾 博志, 森杉 雅史	2014	土木学会論文集 G (環境), 70(5), 1_21- 1_29.
7107033	Projections of surface air temperature required to sustain permafrost and importance of adaptation to climate change in the Daisetsu Mountains, Japan	Yokohata, T., Iwahana, G., Sone, T., Saito, K., Ishizaki, N. N., Kubo, T., Oguma, H., & Uchida, M.	2021	Scientific Reports, 11(1), 15518.
7107034	北アルプス富山側登山道等維持連絡協議会 ブログ: 雪の上が登山道! ? 室堂から裏剣の仙人池へ	一ノ枝 亮輔	2024	https://nationalpark-japanesepstrail.jp/blog-toyama/190/ (2025/9/30 閲覧)
7107035	夏季五輪マラソンへの気候変動による暑熱の影響と複数の適応策がもたらす効果を明らかにしました	大山 剛弘, 脇岡 靖明, 高倉 潤也	2022	https://www.nies.go.jp/whatsnew/20220407/20220407.html (2025/9/30 閲覧)
7107036	サンゴ礁生態系保全行動計画 2022-2030	環境省	2022	—
7107037	気候変動と砂浜消失による新潟県・石川県の海岸別経済的被害の推計	供田 豪, 徳力 遼, 森杉 雅史, 大野 栄治	2021	土木学会論文集 G (環境), 77(5), 1231-1241.
7107038	「気候変動適応情報プラットフォーム」 インフォグラフィック 「雪上レジャー」	国立環境研究所	2025	https://adaptation-platform.nies.go.jp/local/infographic/6_snowLeisure.html (2025/9/30 閲覧)
7107039	2025 年日本国際博覧会 防災実施計画 (初版)	公益社団法人 2025 年日本国際博覧会協会	2024	—
7107040	東京 2020 大会における暑さ対策 (概要)	環境省熱中症対策推進会議	2021	—
7107041	東京 2020 オリンピック・パラリンピック競技大会 ラストマイルの取り組みについて	東京都	2021	https://www.koho.metro.tokyo.lg.jp/2021/06/11_01.html (2025/9/30 閲覧)
7107042	アスリート・観客にやさしい道づくりに向けた提言	アスリート・観客にやさしい道の検討会	2016	—

(8) 災害避難

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7108001	日本全域における人口変動に伴う洪水・内水氾濫・斜面崩壊の曝露人口の変化	柳原 駿太, 風間 聡, 川越 清樹	2021	土木学会論文集 B1 (水工学) , 77(2), 1_1375-1_1380.
7108002	Technological accidents caused by floods: The case of the Saga prefecture oil spill, Japan 2019	Misuri, A., Cruz, A. M., Park, H., Garnier, E., Ohtsu, N., Hokugo, A., Fujita, I., Aoki, S., & Cozzani, V.	2021	International Journal of Disaster Risk Reduction. 66, 102634.
7108003	提言(案) 激甚化する水害への建築分野の取組むべき課題 一戸建て住宅を中心として一	日本建築学会	2020	激甚化する気候災害への 建築分野の取組むべき課題, 109-120.
7108004	高齢者福祉施設における避難の実効性を高める方策について	令和2年7月豪雨災害を踏まえた高齢者福祉施設の避難確保に関する検討会(厚生労働省老健局, 国土交通省水管理・国土保全局)	2021	—
7108005	水害時における迅速な住宅復旧への備えに関する研究 一令和元年東日本台風時における世田谷区を対象として一	石田 雅美, 葉袋 奈美子, 石川 永子, 中林 一樹	2022	日本女子大学大学院紀要 家政学研究科・人間生活学研究科, 28, 91-97.
7108006	平成29年7月九州北部豪雨における土砂移動現象の時空間分布の推定と避難実態	厚井 高志, 長井 義樹, 菊井 稔宏, 小林 拓也, 大野 宏之, 城ヶ崎 正人, 野呂 智之, 水野 秀明, 田中 淳	2020	砂防学会誌, 73(3), 54-59.
7108007	水害危険地域における住民の避難先選択に影響を及ぼす要因 一大分県国東市旭日地区を事例に一	岡田 太一, 照本 清峰	2023	地域安全学会論文集, 42, 49-55.
7108008	沼田川の氾濫により浸水被害を受けた三原市内の高齢者施設の災害対応	加藤 駿平, 金井 純子, 中野 晋, 湯浅 恭史, 徳永 雅彦	2020	土木学会論文集 F6 (安全問題) , 76(2), 1_131-1_139.
7108009	令和2年7月豪雨による芦北町の高齢者施設における避難行動調査	金井 純子, 中野 晋, 蔭 景彩, 徳永 雅彦, 廣瀬 幸佑	2022	自然災害科学, 41(S09), 37-43.
7108010	日本の気候変動 2025 一大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書一	文部科学省, 気象庁	2025	—
7108011	荒川決壊時を想定した浸水拡大プロセスの解明と諸施設のリスク評価	関根 正人, 巫 泳林, 磯谷 朗太	2020	土木学会論文集 B1 (水工学) , 76(2), 511-516.
7108012	九州北部で発生した豪雨災害により被災した保育施設の避難と災害対応における課題	西村 実穂, 中野 晋	2023	自然災害科学, 42 特別号, 59-74.
7108013	低平地における浸水害とその課題 佐賀県建築士会による佐賀豪雨災害における取り組み	川崎 康広, 犬塚 敏治, 永石 洋幸, 向井 浩史	2020	低平地研究, 29, 27-30.
7108014	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.3.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7108015	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.4.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7108016	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.4.5	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7108017	環境研究総合推進費戦略的研究課題 S-18 報告書 日本の気候変動影響と適応策 ーレジリエントで持続可能な社会に向けてー	三村 信男他(編)	2025	—
7108018	人口減少下における都市構造変化と大規模水害時の要避難者数の推定	山口 溪太郎, 谷口 健司	2021	土木学会論文集 B1 (水工学) , 77(2), 1_1507-1_1512.
7108019	避難情報に関するガイドライン	内閣府(防災担当)	2021	—
7108020	災害情報伝達手段の整備等に関する手引き	消防庁防災情報室	2025	—
7108021	避難行動要支援者の避難行動支援に関する取組指針	内閣府	2021	https://www.bousai.go.jp/taisaku/hisaisyagyousei/youengosya/r3/index.html (2025/9/30 閲覧)
7108022	空調設備整備事業(空調設備整備臨時特例交付金)	文部科学省	2025	—
7108023	自動車渋滞を反映した都市浸水予測とこれと連動した経路検索システムに関する検討	鎌田 智哉, 関根 正人	2024	土木学会論文集, 80(16), 23-16014.
7108024	水検知器の限られた水位情報と雨量による道路冠水の水位予測	小林 亘	2024	土木学会論文集, 80(22), 23-22013.

【精神的な基盤】

(1) 自然環境

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7201001	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.1.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7201002	奈良県吉野山におけるヤマザクラ樹林景観の開花期間に及ぼす気象要素の影響	飯田 義彦, 今西 純一, 森本 幸裕	2013	環境情報科学学術研究論文集, 27, 1-4.
7201003	温暖化が植物や鳥類の生物季節に及ぼす影響	樋口 広芳	2012	気候影響・利用研究会会報 31 号特集「地球温暖化と季節変化・開花の異常について」講演予稿, 25-26.
7201004	サクラの開花と積雪量の関連について一福井県を対象として一	三浦 麻, 松川 育美	2012	福井大学教育地域科学部紀要（自然科学環境科学編）, 3, 77-88.
7201005	過去百年間における都市化にともなう東京の生物相の変化	高岡 貞夫	2013	地学雑誌, 122(6), 1020-1038.
7201006	史料による春の開花記録の特徴と気候復元への応用の有効性	青野 靖之	2011	時間学研究, 4, 17-29.
7201007	マクロスケールからみる温暖化の植物フェノロジーへの影響：気象庁・生物季節データセットによる解析	土居 秀幸, 高橋 まゆみ	2010	日本生態学会誌, 60, 241-247.
7201008	Pressures from long term environmental change at the shrines and temples of Nikkō	Brimblecombe, P., & Hayashi, M.	2018	Heritage Science, 6(27), 1-12.
7201009	都市の高温化が植物季節に及ぼす影響の評価：埼玉県熊谷市を事例として	松本 太	2012	地球環境, 17(1), 51-58.
7201010	横浜駅周辺における気温分布とソメイヨシノ開花日の関係	神田 萌, 赤坂 郁美	2014	2014 年度日本地理学会秋季学術大会発表要旨集, 2014, 102.
7201011	仙台市におけるソメイヨシノの開花進行過程と土地利用の関係	西城 潔, 和田 枝里	2016	宮城教育大学環境教育研究紀要, 12, 95-101.
7201012	都市およびその近郊地域におけるソメイヨシノの開花日と周辺土地被覆の関係	多田 裕樹, 村上 暁信	2011	ランドスケープ研究, 74(5), 511-514.
7201013	近年におけるサクラの開花と冬季の温暖化	松本 太	2017	日本生気象学会雑誌, 54(1), 3-11.
7201014	イチヨウの開芽日・黄葉日の時系列変化と地理的傾向の解析	清水 庸, 梅村 周平, 大政 謙次	2014	生物と気象, 14, 57-70.
7201015	植物指標としてのイチヨウの黄葉と郊外都市における熱分布の関係	後藤 明美, 松田 修三, 小沢 和浩, 坂本 憲昭, 但馬 文昭, 宮武 直樹	2015	第 29 回ファジィシステムシンポジウム, 800-803.
7201016	標識調査情報に基づいた 2000 年代と 1960 年代のツバメの渡り時期と繁殖状況の比較	出口 智広, 吉安 京子, 尾崎 清明	2012	日本鳥学会誌, 61(2), 273-282.
7201017	日本に飛来する夏鳥の渡りおよび繁殖時期の長期変化	出口 智広, 吉安 京子, 尾崎 清明, 佐藤 文男, 茂田 良光, 米田 重玄, 仲村 昇, 富田 直樹, 千田 万里子, 広居 忠量	2015	日本鳥学会誌, 64(1), 39-51.
7201018	A cicada that ensures its fitness during climate warming by synchronizing its hatching time with the rainy season	Moriyama, M., & Numata, H.	2011	Zoological Science, 28(12), 875-881.
7201019	長野県環境保全研究所(飯綱庁舎)におけるセミの鳴き声調査	栗林 正俊, 大塚 孝一	2019	長野県環境保全研究所研究報告, 15.
7201020	Mechanisms of human-black bear conflicts in Japan: In preparation for climate change	Honda, T., & Kozakai, C.	2020	Science of the Total Environment, 739, 140028.
7201021	卸売市場統計値によるアユとサツキマスの生物季節モニタリング	永井 信, 斎藤 琢, 永山 滋也	2024	日本生気象学会雑誌, 61(1), 19-31.
7201022	温暖化がサクラの開花期間に及ぼす影響	塚原 あずみ, 林 陽生	2012	地球環境, 17(1), 31-36.
7201023	Modeling daily flowering probabilities: expected impact of climate change on Japanese cherry phenology	Allen, J. M., Terres, M. A., Katsuki, T., Iwamoto, K., Kobori, H., Higuchi, H., Primack, R. B., Wilson, A. M., Gelfand, A., & Silander Jr, J. A.	2014	Global Change Biology, 20(4), 1251-1263.
7201024	Human influence increases the likelihood of extremely early cherry tree flowering in Kyoto	Christidis, N., Aono, Y., & Stott, P. A.	2022	Environmental Research Letters, 17(5), 054051.
7201025	年間を通した高温がナンコウバイの開花、開芽に及ぼす影響	大野 拓也, 中島 敦司, 河野 仁美, 大南 真緒	2014	日本緑化工学会誌, 40(1), 78-83.

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
<u>7201026</u>	Predicting Future Shifts in the Distribution of Tropicalization Indicator Fish that Affect Coastal Ecosystem Services of Japan	Sudo, K., Maehara, S., Nakaoka, M., & Fujii, M.	2022	Frontiers in Built Environment, 7, 788700.

(2) 文化・歴史

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
<u>7202001</u>	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.5.2	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7202002	兵庫県における酒米品種「山田錦」の玄米品質と気温との関係	池上 勝, 藤本 啓之, 小河 拓也, 三好 昭宏, 矢野 義昭, 土田 利一, 平川 嘉一郎	2015	日本作物学会紀事, 84(3), 295-302.
7202003	気候変動による北海道におけるワイン産地の確立 ―1998 年以降のピノ・ノワールへの正の影響―	広田 知良, 山崎 太地, 安井 美裕, 古川 準三, 丹羽 勝久, 根本 学, 濱崎 孝弘, 下田 星児, 菅野 洋光, 西尾 善太	2017	生物と気象, 17, 34-45.
7202004	伝統産業と気候変動：茅野の天然寒天業への影響に関する事例調査	木村 浩巳	2012	地域イノベーション, 5, 115-124.
7202005	伝統産業への気候変動影響 長野県諏訪地域の天然寒天を事例として	畑中 健一郎, 木村 浩巳	2015	2015 年度日本地理学会春季学術大会発表要旨集, 100087.
7202006	2013:過去 30 年のお渡し拝観式一覧表	諏訪市博物館	—	https://suwacitymuseum.jp/ (2013/3/14 閲覧)
7202007	気候変化レポート 2012 ―関東甲信・北陸・東海地方	東京管区気象台	2012	—
7202008	平成 20 年度広島県内における温暖化影響調査報告書	広島県環境県民局環境部環境政策課	2009	—
<u>7202009</u>	文化財防災の現状と課題	高妻 洋成	2020	文化財の虫菌害, 80, 3-10.
<u>7202010</u>	大阪湾圏域における文化財・観光資源・地域資源の浸水リスク評価	宇野 宏司	2023	土木学会論文集, 79(17), 23-17178.
7202011	Managing "Buffer" A Special Focus on the Itsukushima Shinto Shrine World Heritage Site, Japan	Utaka, Y.	2015	International Review for Spatial Planning and Sustainable Development, 3(2), 79-95.
<u>7202012</u>	重要文化財後背斜面での現地計測結果に基づく降雨量と斜面の変位量との関係	檀上 徹, 藤本 将光, 石澤 友浩, 深川 良一, 里深 好文	2020	歴史都市防災論文集, 14, 99-106.
<u>7202013</u>	身近な森「社叢」 ―日本の森林文化とその維持管理― 戸隠神社奥社の杜を未来へつないでいくために	大杉 明彦	2022	森林技術, 961, 12-15.
<u>7202014</u>	川崎市市民ミュージアムの救援活動報告 令和元年の台風 19 号による被害を受けた川崎市市民ミュージアムの文化財レスキューについて	橋口 豊	2021	神奈川県博物館協会会報, 92, 14-15.
<u>7202015</u>	令和 2 年 7 月豪雨による歴史的建造物の被害 ―「令和 2 年 7 月豪雨」対応チーム活動報告(4)―	森山 学, 脇中 康太, 上久保 祐志, 岩坪 要	2021	熊本高等専門学校研究紀要, 12, 61-64.
<u>7202016</u>	ショック!! 国宝神谷神社 落雷が原因で火災	雷保護システム普及協会	2023	雷ニュース, 27, 3.
<u>7202017</u>	岐阜県 重要文化財日吉神社三重塔 ―落雷被害状況報告―	加藤 雅大	2011	文建協通信, 104, 34-36.
<u>7202018</u>	「令和 5 年梅雨前線による大雨及び 台風第 2 号による災害」の記録	和歌山県海南市	2024	—
<u>7202019</u>	Mapping Climate Change, Natural Hazards and Tokyo's Built Heritage	Brimblecombe, P., Hayashi, M., & Futagami, Y.	2020	Atmosphere, 11(7), 680.
<u>7202020</u>	A-PLAT 百年先を見据えた酒造り ―酒蔵の県外移転―	国立環境研究所	2021	https://adaptation-platform.nies.go.jp/data/interview/cs-028.html

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
				https://adaptation-platform.nies.go.jp/private_sector/riskmgmt/risk-014.html (2025/9/30 閲覧)
7202021	ダム建設計画に係る環境インパクト調査に関するガイドライン	国際協力事業団	1990	—
7202022	文化財等の所在情報と災害情報の重ね合わせによる文化財等災害予測マップの構築と活用	蝦名 裕一, 加納 靖之, 土井 一生	2022	京都大学防災研究所年報, 65C, 348–351.
7202023	地理情報を活用した文化遺産防災の取組に関する事例報告	目時 和哉	2024	岩手県立博物館研究報告, 41, 35–42.
7202024	城下町秋月に残る歴史的河川・水路網の治水機能の評価	兒玉 健佑, 林 博徳	2022	土木学会論文集 B1 (水工学), 78(2), 1_307–1_312.

(3) 地域社会

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7203001	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.2.1	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7203002	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.2.5	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7203003	豪雨災害被災地における子育て支援に関する研究 ―子育てをめぐる労働配分に着目して―	阪本 真由美, 平岡 敦子, 小山 真紀, 松多 信尚, 原 耕平	2021	地域安全学会論文集, 39, 315–323.
7203004	居住地の自然災害リスクの種類に応じた居住継続意識に関する研究	水流 風馬, 鈴木 温, 井倉 祐樹, 青木 俊明	2022	土木学会論文集 D3 (土木計画学), 77(5), 1_161–1_171.
7203005	被災子育てケア労働軽減のための支援枠組みの検討 ―平成 30 年 7 月豪雨災害における岡山県倉敷市真備町の事例分析より―	原 耕平, 阪本 真由美	2021	地域安全学会論文集, 39, 113–122.
7203006	地域コミュニティの崩壊要因が地域防災力に及ぼす影響についての考察	岩原 廣彦, 白木 渡, 井面 仁志, 高橋 亨輔	2020	土木学会論文集 F6 (安全問題), 76(2), 1_97–1_105.
7203007	コミュニティの人材確保と育成 ―協働を通じた持続可能な地域社会―	公益財団法人日本都市センター	2020	—
7203008	災害対応能力の維持向上のための地域コミュニティのあり方に関する検討会 報告書	消防庁国民保護・防災部 防災課	2009	—

【世代間・世代内公平性】

(1) 公平性・社会的弱者への配慮

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7301001	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.1.7	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7301002	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers B.1.6	IPCC	2022	IPCC AR6 WGII Summary for Policymakers
7301003	「障害者と気候変動」をめぐる議論や研究の動向と課題	丸山 啓史	2022	発達障害研究, 44(1), 100–108.
7301004	猛暑災害と生活困窮者: 脆弱性と対策の必要性	後藤 広史	2024	都市問題, 115(8), 16–20.

文献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	掲載誌
7301005	避難行動要支援者の避難行動支援に関する取組指針（令和 3 年 5 月改訂）	内閣府	2021	https://www.bousai.go.jp/taisaku/hisaisyagyousei/youengosya/r3/index.html (2025/9/30 閲覧)
7301006	How the 2018 Japan Floods Impacted Nursing Home Admissions for Older Persons: A Longitudinal Study Using the Long-Term Care Insurance Comprehensive Database	Miyamori, D., Yoshida, S., Kashima, S., Koike, S., Ishii, S., Okazaki, Y., Ikeda, K., & Matsumoto, M.	2023	Journal of the American Medical Directors Association, 24(3), 368-375.
7301007	Effects of the 2018 Japan Floods on long-term care insurance costs in Japan: retrospective cohort study	Yoshida, S., Kashima, S., Ishii, S., Koike, S., & Matsumoto, M.	2022	BMC Public Health, 22(1), 341.
7301008	令和元年台風 15 号 千葉県における高齢者被災状況調査報告	大塚 理加	2021	防災科学技術研究所研究資料. 452, 1-83.
7301009	千葉県における令和元年台風 15 号による地域高齢者の被災状況と災害対応での課題	大塚 理加, 永松 伸吾	2021	地域安全学会論文集, 39, 213-221.
7301010	豪雨災害被災地における子育て支援に関する研究 ―子育てをめぐる労働配分に着目して―	阪本 真由美, 平岡 敦子, 小山 真紀, 松多 信尚, 原 耕平	2021	地域安全学会論文集, 39, 315-323.
7301011	災害発生後に設置される子どもの居場所（CFS）運営時の課題	西村 実穂	2022	未来の保育と教育 ―東京未来大学保育・教職センター紀要―, 9, 105-114.
7301012	福祉避難所の確保・運営ガイドライン（令和 3 年 5 月改定）	内閣府	2021	https://www.bousai.go.jp/taisaku/hinanjo/r3_guideline.html (2025/9/30 閲覧)
7301013	熱中症対策実行計画	環境省	2023	—
7301014	生活保護世帯におけるエアコン購入費用に関する取扱い等について（周知）	厚生労働省	2025	—
7301015	災害時の福祉支援体制の整備に向けたガイドライン の概要	厚生労働省	2025	—
7301016	避難所運営ガイドライン	内閣府（防災担当）	2016	—
7301017	気候変動と経済的不平等に関する子どもアンケート調査	公益社団法人 セーブ・ザ・チルドレン アドボカシー部	2022	—
7301018	地球沸騰化時代の適応策 100 選！ ―ADAPTATION アダプテーション [適応] 気候危機をサバイバルするための 100 の戦略―	肱岡 靖明, 根本 緑	2024	—

付録 C. 検討体制

(1) 中央環境審議会地球環境部会気候変動影響評価・適応小委員会

表 C-1 中央環境審議会地球環境部会気候変動影響評価・適応小委員会
委員名簿（敬称略、順不同、○は座長）

種別	氏名	現職
専門委員	井田 寛子	NPO 法人気象キャスターネットワーク 理事長(気象予報士)
専門委員	稲田 恭輔	独立行政法人国際協力機構 サステナビリティ推進担当特命審議役
専門委員	今田 由紀子	国立大学法人東京大学 大気海洋研究所 気候システム研究系気候変動現象研究部門 准教授
臨時委員	江守 正多	国立大学法人東京大学 未来ビジョン研究センター 教授
臨時委員	沖 大幹	国立大学法人東京大学 大学院工学系研究科 教授
限定委員	奥 真美	東京都立大学 都市環境学部 都市政策科学科 教授
専門委員	葛西 真治	国立健康危機管理研究機構 国立感染症研究所 昆虫医科学部 部長
専門委員	木村 淳子	広島県立総合技術研究所 保健環境センター 環境研究部 担当部長
専門委員	栗栖 聖	国立大学法人東京大学 大学院工学系研究科 都市工学専攻 准教授
専門委員	塩田 裕子	丸井グループ 執行役員 サステナビリティ部 兼 ESG 推進部 部長
委員	勢一 智子	西南学院大学 法学部 法律学科 教授
専門委員	高根沢 めぐみ	那須塩原市 環境戦略部カーボンニュートラル課 課長補佐 兼 気候変動対策係長
専門委員	中北 英一	国立大学法人京都大学 総長特別補佐 名誉教授
専門委員	長谷川 利拡	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境研究部門 エグゼクティブリサーチャー
臨時委員	◎肱岡 靖明	国立研究開発法人国立環境研究所 気候変動適応センター センター長
専門委員	堀江 正知	産業医科大学 産業保健管理学 教授
専門委員	三島 和子	三井住友海上火災保険株式会社 経営企画部長 (SX 推進担当)
専門委員	三村 信男	国立大学法人茨城大学 地球・地域環境共創機構 特命教授
限定委員	山野 博哉	国立研究開発法人国立環境研究所 生物多様性領域 上級主席研究員 国立大学法人東京大学大学院理学系研究科 教授
専門委員	渡部 雅浩	国立大学法人東京大学 大気海洋研究所 気候システム研究系気候変動現象研究部門 教授

(2) 気候変動の影響に関する分野別ワーキンググループ（環境省請負検討会）

表 C-2 気候変動の影響に関する WG 農業・林業・水産業分野 委員名簿
(敬称略、順不同、○は座長)

氏名	職名
安藤 忠	水産研究・教育機構 水産技術研究所 環境・応用部門 水産物応用開発部 主幹研究員
飯泉 仁之直	農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境研究部門 気候変動適応策研究領域 作物影響評価・適応グループ 上級研究員
木所 英昭	水産研究・教育機構 水産資源研究所 底魚資源部 副部長（新潟庁舎）
小島 克己	東京大学 アジア生物資源環境研究センター 生物資源開発研究部門 教授
齋藤 英樹	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 研究ディレクター（気候変動研究担当）
阪谷 美樹	農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門 高度飼養技術研究領域 繁殖システムグループ グループ長
杉浦 俊彦	農業・食品産業技術総合研究機構 果樹茶業研究部門 果樹茶業研究部門研究推進部 研究推進室
中山 真義	農業・食品産業技術総合研究機構 野菜花き研究部門 研究推進部
西森 基貴	農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境研究部門 気候変動適応策研究領域 領域長
○長谷川 利拡	農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境研究部門 エグゼクティブリサーチャー
増本 隆夫	秋田県立大学 生物資源科学部 名誉教授
松村 正哉	農業・食品産業技術総合研究機構 植物防疫研究部門 基盤防除技術研究領域 海外飛来性害虫・先端防除技術グループ
吉田 吾郎	水産研究・教育機構 水産技術研究所 沿岸生態システム部 副部長

表 C-3 気候変動の影響に関する WG 水環境・水資源分野 委員名簿
(敬称略、順不同、○は座長)

氏名	職名
秋葉 道宏	国立保健医療科学院 生活環境研究部 特任研究官
沖 大幹	東京大学 大学院工学系研究科 教授
仲江川 敏之	気象庁気象研究所 気候・環境研究部 部長
○古米 弘明	中央大学研究開発機構 機構教授
皆川 裕樹	農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門水利工学研究領域 流域管理グループ 上席研究員
山田 正	中央大学研究開発機構 機構教授

表 C-4 気候変動の影響に関する WG 自然生態系分野 委員名簿
(敬称略、順不同、○は座長)

氏名	職名
小埜 恒夫	水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター海洋環境部 主幹研究員
中尾 勝洋	森林研究・整備機構 森林総合研究所 関西支所 主任研究員
中村 太士	北海道大学 名誉教授
西廣 淳	国立環境研究所 気候変動適応センター 副センター長
野尻 幸宏	国立環境研究所 客員研究員
○山野 博哉	国立環境研究所 生物多様性領域 領域長室 上級主席研究員
和田 直也	富山大学 学術研究部理学系・研究推進機構 サステイナビリティ国際研究センター 教授・同センター長
渡辺 誠	東京農工大学 大学院農学研究院 教授

表 C-5 気候変動の影響に関する WG 自然災害・沿岸域分野 委員名簿
(敬称略、順不同、○は座長)

氏名	職名
磯部 雅彦	高知県公立大学法人高知工科大学 名誉教授
江守 正多	東京大学 未来ビジョン研究センター 教授
川崎 将生	国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部長
栗山 善昭	沿岸技術研究センター 特別研究監
高野 洋雄	気象庁気象研究所 応用気象研究部 第三研究室 室長
桜井 亘	国土交通省 国土技術政策総合研究所 土砂災害研究部 部長
佐山 敬洋	京都大学 防災研究所 社会防災研究部門 防災技術政策研究分野 教授
武若 聡	筑波大学 システム情報系 教授
玉井 幸治	森林研究・整備機構 森林総合研究所 森林防災研究領域 気象害・防災林研究室 主任研究員
○中北 英一	京都大学 総長特別補佐 名誉教授
藤田 正治	京都大学 名誉教授
増本 隆夫	秋田県立大学 名誉教授
森 信人	京都大学 防災研究所 気候変動適応研究センター 教授

表 C-6 気候変動の影響に関する WG 健康分野 委員名簿
(敬称略、順不同、○は座長)

氏名	職名
上田 佳代	北海道大学 大学院社会医学系部門 社会医学分野 教授
大前 比呂思	獨協医科大学 特任教授
岡 和孝	国立環境研究所 気候変動適応センター 気候変動影響観測研究室 室長
小野 雅司	国立環境研究所 環境リスク・健康領域 客員研究員
葛西 真治	国立健康危機管理研究機構 国立感染症研究所 昆虫医科学部 部長
○橋爪 真弘	東京大学 大学院医学系研究科 国際保健学専攻 国際保健政策学分野 教授
本田 靖	筑波大学 名誉教授

表 C-7 気候変動の影響に関する WG 産業・経済活動／国民生活・都市生活分野 委員名簿
(敬称略、順不同、○は座長)

氏名	職名
秋元 圭吾	地球環境産業技術研究機構 システム研究グループ グループリーダー・主席研究員
亀山 康子	東京大学 大学院新領域創成科学研究科附属サステイナブル社会デザインセンター教授
栗栖 聖	東京大学 大学院工学系研究科 都市工学専攻 准教授
田中 充	法政大学 名誉教授
中野 勝行	立命館大学 政策科学部 教授
南齋 規介	国立環境研究所 資源循環領域 領域長
藤部 文昭	元東京都立大学 都市環境学部 特任教授
真砂 佳史	国立環境研究所気候変動適応センター 気候変動適応戦略研究室 室長
○増井 利彦	国立環境研究所 社会システム領域 領域長
三坂 育正	武蔵野大学 工学部サステナビリティ学科 教授
村田 昭彦	気象庁気象研究所 応用気象研究部 部長

表 C-8 気候変動の影響に関する WG 座長間会合 委員名簿（敬称略、順不同、○は座長）

WG 等	氏名	職名
農業・林業・水産業分野 WG	長谷川 利拡	農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境研究部門 エグゼクティブリサーチャー
水環境・水資源分野 WG	古米 弘明	中央大学研究開発機構 機構教授
自然生態系分野 WG	山野 博哉	国立環境研究所 生物多様性領域 領域長室 上級主 席研究員
自然災害・沿岸域分野 WG	中北 英一	京都大学 総長特別補佐 名誉教授
健康分野 WG	橋爪 真弘	東京大学大学院医学系研究科 国際保健学専攻 国際 保健政策学分野 教授
産業・経済活動／国民生活・ 都市生活分野 WG	増井 利彦	国立環境研究所 社会システム領域 領域長
気候変動影響評価・適応 小委員会	○肱岡 靖明	国立環境研究所 気候変動適応センター センター長
有識者 （海洋物理学）	石川 洋一	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 地球情報 科学技術センター センター長
有識者 （気象学）	稲津 将	北海道大学 大学院理学研究院 教授
有識者 （温暖化リスク評価・管理）	高橋 潔	国立環境研究所 社会システム領域 副領域長
有識者 （環境研究総合推進費 S-18 PL）	三村 信男	茨城大学 地球・地域環境共創機構 特命教授