

日本における気候変動による影響に関する評価報告書
(第2次影響評価報告書 (テクニカルレポート))
(案)

令和2年3月
中央環境審議会 地球環境部会
気候変動影響評価等小委員会

※ 本案中の赤字は、第1次気候変動影響評価報告書(2015年)から新たに追加された知見もしくは修正された記載等

1. 本報告の目的.....	1
1.1 背景.....	1
1.2 目的.....	2
1.3 検討の進め方.....	4
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.....	5
2.1 評価の目的.....	5
2.2 評価の手法.....	5
(1) 第2次気候変動影響評価における将来シナリオの考え方.....	8
(2) 重大性の評価の考え方.....	9
(3) 緊急性の評価の考え方.....	11
(3) 確信度の評価の考え方.....	12
(4) 取りまとめのイメージ.....	14
3 日本における気候変動による影響.....	15
3.1 農業・林業・水産業.....	15
【農業】.....	17
(1) 水稲.....	17
(2) 野菜.....	23
(3) 果樹.....	27
(4) 麦、大豆、飼料作物等.....	32
(5) 畜産.....	38
(6) 病害虫・雑草.....	42
(7) 農業生産基盤.....	50
(8) 食料需給.....	54
【林業】.....	59
(1) 木材生産（人工林等）.....	59
(2) 特用林産物（きのこ類等）.....	65
【水産業】.....	68
(1) 回遊性魚介類（魚類等の生態）.....	68
(2) 増養殖業.....	73
(3) 沿岸域・内水面漁場環境等.....	76
3.2 水環境・水資源.....	83
【水環境】.....	84
(1) 湖沼・ダム湖.....	84
(2) 河川.....	89
(3) 沿岸域及び閉鎖性海域.....	93
【水資源】.....	96
(1) 水供給（地表水）.....	96
(2) 水供給（地下水）.....	101
(3) 水需要.....	105
3.3 自然生態系.....	107
【陸域生態系】.....	109
(1) 高山帯・亜高山帯.....	109
(2) 自然林・二次林.....	114
(3) 里地・里山生態系.....	120
(4) 人工林.....	123
(5) 野生鳥獣による影響.....	126
(6) 物質収支.....	129
【淡水生態系】.....	133

(1) 湖沼	133
(2) 河川	137
(3) 湿原	141
【沿岸生態系】	144
(1) 亜熱帯	144
(2) 温帯・亜寒帯	149
【海洋生態系】	154
(1) 海洋生態系	154
【その他】	158
(1) 生物季節	158
(2) 分布・個体群の変動	161
【生態系サービス】	166
(1) 生態系サービス	166
3.4 自然災害・沿岸域	171
【河川】	172
(1) 洪水	173
(2) 内水	181
【沿岸】	185
(1) 海面上昇	185
(2) 高潮・高波	189
(3) 海岸侵食	193
【山地】	197
(1) 土石流・地すべり等	197
【その他】	204
(1) 強風等	204
【複合的な災害影響】	207
3.5 健康	210
【冬季の温暖化】	211
(1) 冬季死亡率	211
【暑熱】	214
(1) 死亡リスク	214
(2) 熱中症	217
【感染症】	220
(1) 水系・食品媒介性感染症	220
(2) 節足動物媒介感染症	222
(3) その他の感染症	225
【その他】	227
(1) 温暖化と大気汚染の複合影響	227
(2) 脆弱性が高い集団への影響（高齢者・小児・既存疾患者等）	230
(3) その他の健康影響	232
3.6 産業・経済活動	235
【製造業】	236
(1) 製造業	236
【エネルギー】	240
(1) エネルギー需給	240
【商業】	244
(1) 商業	244
【金融・保険】	247
(1) 金融・保険	247

【観光業】	251
(1) レジャー	251
【建設業】	255
(1) 建設業	255
【医療】	258
(1) 医療	258
【その他】	260
(1) その他（海外影響等）	260
(2) その他（その他）	264
3.7 国民生活・都市生活	267
【都市インフラ、ライフライン等】	268
(1) 水道、交通等	268
【文化・歴史などを感じる暮らし】	273
(1) 生物季節、伝統行事・地場産業等	273
【その他】	277
(1) 暑熱による生活への影響	277
3.8 分野間の影響の連鎖	281
【インフラ・ライフラインの途絶に伴う影響】	283
4 気候変動による影響の評価（一覧表）	287
(参考) 気候予測に用いられている各シナリオの概要	321

1 本報告の目的

1.1 背景

2013年9月から2014年11月にかけて、IPCC¹総会における最新の科学的知見をまとめた第5次評価報告書（自然科学的根拠に関する報告書、影響・適応・脆弱性に関する報告書、緩和策に関する報告書、統合報告書）が承認・公表された。第5次評価報告書では、気候システムの温暖化は疑う余地がないことや、人間による影響が温暖化の支配的な要因であった可能性が極めて高いことなどが示されている。また、気温上昇の程度をかなり低くするために必要となる温暖化対策をとった場合のシナリオでは、1986年から2005年を基準とした2081年から2100年における世界平均地上気温の変化は、0.3～1.7℃、世界平均海面水位の上昇は0.26～0.55m、温室効果ガスのかかなり高い排出が続くシナリオでは、同期間の比較において、世界平均地上気温の変化は2.6～4.8℃²、世界平均海面水位の上昇は0.45～0.82mの範囲に入る可能性が高いとされている。さらに、気候変動は全ての大陸と海洋にわたり、自然及び人間社会に影響を与えていること、現行を上回る追加的な緩和努力がないと、たとえ適応があったとしても、21世紀末までの温暖化は深刻で広範囲にわたる不可逆的な世界規模の影響に至るリスクが、高いレベルから非常に高いレベルに達するであろうことが示されている。一方、産業革命前と比べた温暖化を2℃未満に抑制する可能性が高い緩和経路は複数あり、これらの経路の場合、温室効果ガスについて、今後数十年にわたり大幅に排出を削減し、21世紀末までに排出をほぼゼロにすることを要するとしている。

また、2015年にフランスのパリで開催された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みである「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℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求することが示された。パリ条約は、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）に対し、1.5℃の地球温暖化による影響と、そこに至る温室効果ガスの排出経路について特別報告書の作成を要請し、IPCCは2018年10月に報告書を取りまとめた（IPCC1.5℃特別報告書）。

IPCC1.5℃特別報告書によると、人為的な活動による世界全体の平均気温の上昇は2017年時点で約1.0℃となっており、現在の度合いで温暖化が進行すれば、2030～52年の間に1.5℃に達する可能性が高いとされている。

これらを踏まえ、我が国においても気温の上昇、降水量の変化など様々な気候の変化、海面の上昇、海洋の酸性化などが生ずる可能性があり、災害、食料、健康などの様々な面で影響が生ずることが予想されている。

こうしたことから緩和の取組を着実に進めるとともに、既に現れている影響や今後中長期的に避けることのできない影響への適応を計画的に進めることが必要となっている。

諸外国に目を向けると、欧米各国では、オランダが2005年に影響評価報告書を公表し、2007

¹ IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change（気候変動に関する政府間パネル）

² 第4次評価報告書（AR4）では、今世紀末には20世紀末と比べて最大6.4℃上昇と予測。ただし、前提とする基準年や排出シナリオ、予測不確実性の許容範囲の幅が異なるため、単純な比較は困難である。予測結果としてはAR4と整合している。

1 年に適応計画の公表をしているのに加え、2013年には、影響評価報告書の改訂を行っている。
2 また、英国においても、2013年に適応計画を公表しており、2017年には第2次気候変動影響
3 評価報告書（CCRA2）を策定している。

4 さらに米国では、2009年に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
5 を示した大統領令を公布し、2017年には第4次影響評価報告書の改訂を実施している。アジア
6 においても韓国が2010年に影響評価報告書とともに適応計画を公表し、2019年には、「第2
7 次気候変動対応基本計画」を閣議決定している。このように諸外国においては、既に気候変動
8 による影響の評価及び適応計画策定の取組が進んでいるところである。

9 こうした中、我が国においても、2015年3月、環境省中央環境審議会から環境大臣への意見
10 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（第
11 1次気候変動影響評価報告書）」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
12 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年には気候変動適応法
13 が成立し（2018年（平成30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
14 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
15 に先立ち、2018年（平成30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
16 が閣議決定され、同計画においては、第1次気候変動影響評価から5年後となる2020年を目
17 途として気候変動影響評価等を実施することとされた。本報告書（及び本編）は、気候変動適
18 応法に基づく初の気候変動影響評価報告書であるとともに、我が国としては2回目の気候変動
19 影響評価報告書（第2次気候変動影響評価報告書）である。

21 気候変動適応法 第10条

22 環境大臣は、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
23 価に関する最新の科学的知見を踏まえ、おおむね五年ごとに、中央環境審議会の意見を聴
24 いて、気候変動影響の総合的な評価についての報告書を作成し、これを公表しなければならない。
25 ただし、科学的知見の充実その他の事情により必要があると認めるときは、その
26 期間を経過しない時においても、これを行うことができる。

27 2 前項の報告書を作成しようとするときは、環境大臣は、あらかじめ、その案を作成
28 し、関係行政機関の長と協議しなければならない。

30 1.2 目的

31 政府全体の「適応計画」策定にあたっては、気候変動が日本にどのような影響を与えるのか
32 を把握し、それを踏まえる必要がある。そのため、中央環境審議会地球環境部会気候変動影響
33 評価等小委員会（以下、「小委員会」という。）においては、既存の研究による気候変動の将来
34 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
35 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。審議の結果は、
36 「第2次気候変動影響評価報告書」として取りまとめることとしている。

1 第2次気候変動影響評価報告書は、詳細な評価内容等を記載する「テクニカルレポート」と、
2 その要約及びキーメッセージ等を加えた「本編」の2部構成とする。

3 本報告書（気候変動影響評価報告書（テクニカルレポート））は、「気候変動影響評価報告書
4 （本編）」に対し、日本における気候変動による影響の評価に関する情報を提供するため、小委
5 員会及び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。以下、「ワー
6 キンググループ（WG）」という。）における議論の結果を取りまとめたものである。

7 本報告では、気候変動は日本にどのような影響を与えうるのか、また、その影響の程度、可
8 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）、情報
9 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を行っている。そう
10 することで、政府全体の「気候変動適応計画」を策定する際に、どのような分野や項目で影響
11 が現れるのか、また対策が必要となるのかなどを抽出することができるようになる。

12

1 1.3 検討の進め方

2 我が国における気候変動による影響を整理し、評価するにあたり、2013年7月に中央環境
3 審議会地球環境部会のもとに小委員会を設置し、審議を進めてきた。第2次気候変動影響評価
4 報告書に係る審議については、第19回小委員会を2019年3月に開催し、以後、2020年12月
5 までに計4回の会合を開催した。小委員会では、整理対象とする事象や文献、将来影響を整理
6 するにあたっての分野一項目、必要となる情報について整理を行い、第20回小委員会におい
7 て、その成果として「気候変動影響評価報告書（テクニカルレポート）」を取りまとめた。

8 2017年度、2018年度は文献の収集、整理を行い、2019年度には収集した文献をもとに科学的
9 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
10 めるとともに、重大性、緊急性、確信度の評価を進めた。2020年度にはパブリックコメントや、
11 関係省庁との調整を実施し、影響評価報告書（テクニカルレポート）として取りまとめた。

12 本報告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5次
13 評価報告書、IPCC1.5°C特別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、本
14 小委員会等における審議の末、最終的に本報告に1430件の文献を活用した。

15 小委員会の議論を加速するために、ワーキンググループ（WG）を開催した。評価にあつ
16 ては、新たに分野別ワーキンググループ座長間会合を設け、まず、重大性・緊急性・確信度の
17 評価方法について第1回座長間会合において審議し、基本方針を決定した。ワーキンググルー
18 プの体制は、小委員会の委員にさらに検討委員を加え、合計56人の体制とし、「農業・林業・
19 水産業WG」、「水環境・水資源、自然災害・沿岸域WG」、「自然生態系WG」、「健康WG」、「産
20 業・経済活動、国民生活・都市生活WG」の5つのWGをそれぞれ開催した。

21 具体的には、まず、各分野の大項目、小項目の体系を検討し、7つの分野、30の大項目、57
22 の小項目に整理した。それらの項目ごとに、文献やWGでの議論をもとに現在の状況、将来予
23 測される影響について検討した。

24 次に、重大性・緊急性・確信度について、小委員会で定めた評価手法に従って、各分野にお
25 いて、可能な限り文献に基づくとともに、それらを踏まえた専門家判断（エキスパート・ジャ
26 ッジ）により評価を行った。（評価手法の詳細については、「2 日本における気候変動による影
27 響の評価の取りまとめ手法」を参照）さらに、評価の際には、可能な限り根拠を明確とするこ
28 と、また、国民にとって分かりやすい表現とすることなどに注意して検討した。

29 各ワーキンググループ（WG）における検討結果は、第2回座長間会合において検証したう
30 えで、小委員会で分野横断的な観点で確認をするとともに、最終的な取りまとめを行った。

31

1 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

2 2.1 評価の目的

3 気候変動適応法第 10 条に基づき、政府全体の適応計画策定に向けて、我が国において重要
4 な影響を抽出することを目的とする。

5

6 2.2 評価の手法

7 第 1 次気候変動影響評価報告書（2015 年）における評価の手法を踏襲しつつ、科学的知見
8 の充実や現状を踏まえた修正を行った。具体的には、IPCC 第 5 次評価報告書の主要なリス
9 クの特定の考え方、諸外国の事例（例：英国の気候変動リスク評価（CCRA: Climate Change
10 Risk Assessment、以下、「英国 CCRA」という。)) におけるリスク評価の考え方を参考と
11 し、以下の通りとした。

12 i) 基本的な考え方

13 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
14 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
15 済活動、国民生活・都市生活）について、分野を細分化した表 1 の小項目の単位ごとに
16 評価した。また、評価は実施しなかったが、今回新たに、7 つの個別の分野の他に、「分
17 野間の影響の連鎖」について気候変動影響をとりまとめた。分野ごとの特性もあり、一
18 律機械的・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
19 信度」の判断において分野共通的な目安は示しつつも、各ワーキンググループ（WG）
20 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
21 た。

22 また、分野ごとの検討結果をもとに、小委員会において議論を行った。

23 ii) 評価の観点

- 24 ・ 重大性：社会、経済、環境の 3 つの観点で評価する。詳細は 8 ページを参照。
- 25 ・ 緊急性：影響の発現時期、適応の着手・重要な意思決定が必要な時期の 2 つの観点で評
26 価する。詳細は 9 ページを参照。
- 27 ・ 確信度：IPCC 第 5 次評価報告書の確信度の考え方をある程度準用し、研究・報告のタ
28 イプ（モデル計算などに基づく定量的な予測／温度上昇度合いなどを指標と
29 した予測／定性的な分析・推測）、見解の一致度の 2 つの観点で評価する。研
30 究・報告の量そのものがかなり限定的（1～2 例）である場合は、その内容が
31 合理的なものであるかどうかにより判断。詳細は 12 ページを参照。

32 iii) 取りまとめ様式

33 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
34 める。詳細は 14 ページを参照。

35

表 1 分野・項目の分類体系

分野	大項目	小項目	関連 WG
農業・林業・水産業	農業	水稻	農業・林業・水産業 WG
		野菜等	
		果樹	
		麦、大豆、飼料作物等	
		畜産	
		病害虫・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	水環境・水資源、自然災害・沿岸域 WG
		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	高山帯・亜高山帯	自然生態系 WG
		自然林・二次林	
		里地・里山生態系	
		人工林	
		野生鳥獣の影響	
		物質収支	
	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		
	その他	生物季節	
		分布・個体群の変動	
	生態系サービス		
自然災害・沿岸域	河川	洪水	水環境・水資源、自然災害・沿岸域 WG
		内水	
	沿岸	海面上昇	
		高潮・高波	
		海岸侵食	
	山地	土石流・地すべり等	
	その他	強風等	
	複合的な災害影響		
健康	冬季の温暖化	冬季死亡率等	健康 WG
	暑熱	死亡リスク等	

分野	大項目	小項目	関連 WG
健康	暑熱	熱中症等	健康 WG
	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	
		脆弱性が高い集団への影響 (高齢者・小児・既存疾患者等)	
その他の健康影響			
産業・経済活動	製造業		産業・経済活動、国民生活・都市生活 WG
	エネルギー	エネルギー需給	
	商業		
	金融・保険		
	観光業	レジャー	
	建設業		
	医療		
	その他	海外影響 その他	
国民生活・都市生活	都市インフラ、ライフライン等	水道、交通等	
	文化・歴史などを感じる暮らし	生物季節、伝統行事・地場産業等	
	その他	暑熱による生活への影響等	
分野間の影響の連鎖	インフラ・ライフラインの途絶に伴う影響		

1 ※ 赤字は、今回新たに追加されたもしくは細分化された大・小項目

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

1 (1) 第2次気候変動影響評価における将来シナリオの考え方

2 1) 背景

3 第1次気候変動影響評価(2015年)においては、分野別小項目ごとの「将来予測される
4 影響」の本文において、それぞれに異なる気候シナリオや異なる予測時期を前提とする
5 様々な研究成果を、気候シナリオ、予測時期を明記した上で総合的にとりまとめた。影響
6 の評価においては、「重大性の評価」を行うに当たり、前提とする排出シナリオ(RCP2.6、
7 RCP8.5等)、予測時期(21世紀中頃、21世紀末等)は統一されていなかった。

8 今回評価においては、科学的知見の充実に伴い、いくつかの分野別小項目において、前
9 提とする排出シナリオや予測時期の比較可能となったことから、将来予測される影響の評
10 価にあたり、どの排出シナリオ(RCP2.6、RCP8.5等)どの予測時期(21世紀中頃、21
11 世紀末等)を前提として評価を行うのか、共通の考え方を整理した。なお、RCPによらな
12 い研究(例えばSRESシナリオやd2PDF、d4PDFなど)も実施されているため、それら
13 についても可能な限りRCPとの対応関係を整理し、できるだけ影響評価において取り扱
14 うこととした。

15 2) 基本方針

- 16 ・ RCP2.6およびRCP8.5双方の知見が揃っている小項目については、パターン1(RCP2.6・
17 RCP8.5で可能な限り評価の文章を書き分け、評価マークも分けて表示する)を想定して
18 評価した。
- 19 ・ RCP2.6およびRCP8.5双方の知見があるがかき分けることが難しい小項目では、パター
20 ン2(RCP2.6・RCP8.5で可能な限り評価の文章を書き分けるが、評価マークは総合的に
21 一つにまとめて表示する)で評価した。
- 22 ・ RCP2.6・RCP8.5のいずれか又はいずれについても知見のない小項目については、パター
23 ン2(RCP4.5・6.0やその他の使用シナリオを明記して記載し、評価マークは総合的に一
24 つにまとめて表示する)で評価した。
- 25 ・ いずれのパターンも、RCP2.6・RCP8.5を優先しつつ、RCPによらない研究(例えばSRES
26 シナリオやd2PDF、d4PDFなど)についても、RCPとの対応関係を参考に記載した
- 27 ・ 。
- 28 ・ 緊急性、確信度については、RCP2.6およびRCP8.5で評価の凡例を分けることはせず、
29 重大性についてのみ知見の充実度に応じて評価の凡例を分けた。

30
31
32

1 (2) 重大性の評価の考え方

- 2 ・ 重大性の評価では、IPCC 第 5 次評価報告書の主要なリスクの特定において基準として用いら
3 れている以下の「IPCC 第 5 次評価報告書における主要なリスクの特定の基準」に掲げる要素
4 のうち、緊急性として評価を行う「影響のタイミング」、適応・緩和などの対応策の観点に加わ
5 る「適応あるいは緩和を通じたリスク低減の可能性」を除く 4 つの要素を切り口として、英国
6 CCRA 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。
- 7 ・ 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、
8 表 2 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) により、「重大な
9 影響が認められる」または「影響が認められる」の評価を行った。
- 10 ・ また、現状では評価が困難なケースは「現状では評価できない」とした。

11 ・ なお、「適応あるいは緩和を通じたリスク低減の可能性」について、緩和を通じたリスク
12 低減の可能性は、取りまとめた影響ごとに評価することは困難であることから検討を行わないこと
13 としたが、適応を通じたリスク低減の可能性については、参考情報として必要に応じて記述した。

14

15 ○ IPCC 第 5 次評価報告書における主要なリスクの特定の基準

- 16 ・ 影響の程度 (magnitude)
- 17 ・ 可能性 (probability)
- 18 ・ 不可逆性 (irreversibility)
- 19 ・ 影響のタイミング (timing)
- 20 ・ 持続的な脆弱性または曝露 (persistent vulnerability or exposure)
- 21 ・ 適応あるいは緩和を通じたリスク低減の可能性
- 22 (limited potential to reduce risks through adaptation or mitigation.)

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

表2 重大性の評価の考え方

評価の観点	評価の尺度（考え方）		最終評価の示し方
	特に重大な影響が認められる	影響が認められる	
	以下の切り口をもとに、社会、経済、環境の観点で重大性を判断する <ul style="list-style-type: none"> ● 影響の程度（エリア・期間） ● 影響が発生する可能性 ● 影響の不可逆性（元の状態に回復することの困難さ） ● 当該影響に対する持続的な脆弱性・曝露の規模 		重大性の程度と、重大性が「特に重大な影響が認められる」の場合は、その観点を示す
1.社会	以下の項目に1つ以上当てはまる <ul style="list-style-type: none"> ● 人命の損失を伴う、もしくは健康面の負荷の程度、発生可能性など（以下、「程度等」という）が特に大きい 例) 人命が失われるようなハザード（災害）が起きる 多くの人の健康面に影響がある ● 地域社会やコミュニティへの影響の程度等が特に大きい 例) 影響が全国に及ぶ 影響は全国には及ばないが、地域にとって深刻な影響を与える ● 文化的資産やコミュニティサービスへの影響の程度等が特に大きい 例) 文化的資産に不可逆的な影響を与える 国民生活に深刻な影響を与える 	「特に重大な影響が認められる」の判断に当てはまらない。	
2.経済	以下の項目に当てはまる <ul style="list-style-type: none"> ● 経済的損失の程度等が特に大きい 例) 資産・インフラの損失が大規模に発生する 多くの国民の雇用機会が損失する 輸送網の広域的な寸断が大規模に発生する 	「特に重大な影響が認められる」の判断に当てはまらない。	
3.環境	以下の項目に当てはまる <ul style="list-style-type: none"> ● 環境・生態系機能の損失の程度等が特に大きい 例) 重要な種・ハビタット・景観の消失が大規模に発生する 生態系にとって国際・国内で重要な場所の質が著しく低下する 広域的な土地・水・大気・生態系機能の大幅な低下が起こる 	「特に重大な影響が認められる」の判断に当てはまらない。	

1 (3) 緊急性の評価の考え方

- 2 ・ 緊急性に相当する要素として、IPCC 第 5 次評価報告書では「影響の発現時期」に、英国 CCRA
3 では「適応の着手・重要な意思決定が必要な時期」に着目をしている。これらは異なる概念で
4 あるが、ここでは、双方の観点を加味し、どちらか緊急性が高いほうを採用することとした。
5 なお、適応には長期的・継続的に対策を実施すべきものもあるため、「適応の着手・重要な意思
6 決定が必要な時期」の観点においては、対策に要する時間を考慮する必要がある。
- 7 ・ 影響の発現時期の考え方：第 1 次影響評価においては、近未来予測（現在～2030 年前後）の予
8 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
9 ていた。その後、2018 年に公表された気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の 1.5 度特別
10 報告書では、今後どのような排出経路をとるとしても 21 世紀中頃に全球気温上昇が 1.5 度（自
11 然生態系や極端な気象現象のリスクが高まるとされる温度変化）に達する可能性が高いとされ
12 ている。
- 13 ・ このことから、21 世紀中頃までに生じる可能性が高いと予測される影響に対しては、それ以降
14 生じる可能性が高い影響に比べ一定の緊急性をもって対応することが望ましいと考えられる。
15 また、我が国でも第 1 次影響評価報告書以降、21 世紀中頃（2040～2060 年頃）を対象期間に
16 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
17 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ている。これらを踏まえ、第 2 次影響
18 評価では、緊急性を中程度と評価する目安を、第 1 次影響評価の「2030 年頃までに影響が生
19 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（図 1
20 参照）。
- 21 ・ 適応の着手・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
22 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効果が表れ
23 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着手・重要な意思決定を行うことが
24 必要となる。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
25 （2020 年頃）から 10 年後程度までが現実的であることを踏まえ、第 2 次影響評価では、「2030
26 年頃より前に重大な意思決定が必要である」という第 1 次影響評価における緊急性を中程度と
27 評価する目安をそのまま引き継ぐものとした。
- 28 ・ また、現状では評価が困難なケースは「現状では評価できない」とした。

29 表 3 緊急性の評価の考え方

評価の観点	評価の尺度			最終評価の示し方
	緊急性は高い	緊急性は中程度	緊急性は低い	
1. 影響の発現時期	既に影響が生じている。	21 世紀中頃までに影響が生じる可能性が高い。	影響が生じるのは 21 世紀中頃より先の可能性が高い。または不確実性が極めて大きい。	1 及び 2 の双方の観点からの検討を勘案し、小項目ごとに緊急性を 3 段階で示す。
2. 適応の着手・重要な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（2030 年頃より前）に重大な意思決定が必要である。	概ね 10 年以内（2030 年頃より前）に重大な意思決定を行う必要性は低い。	

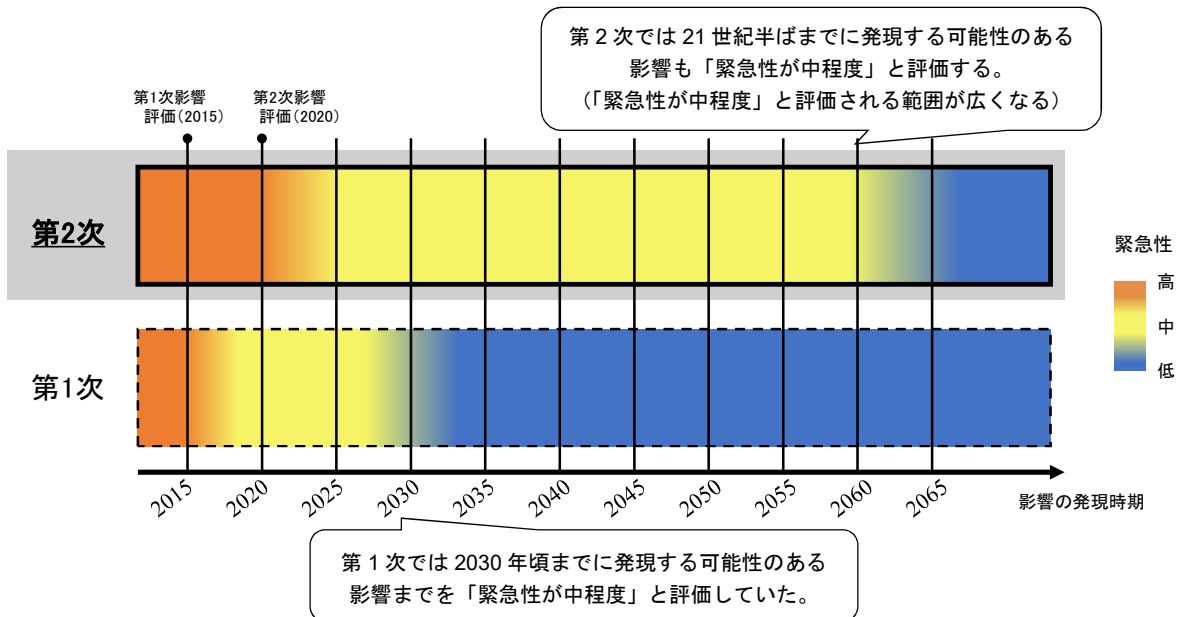


図1 第1次と第2次における緊急性（影響の発現時期）の評価の比較

(3) 確信度の評価の考え方

- ・ 確信度の評価は、IPCC 第5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

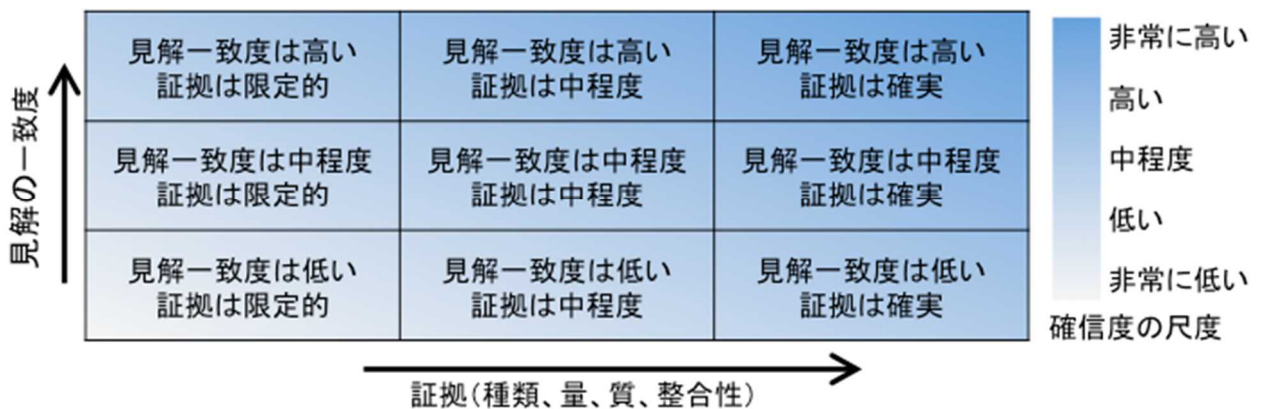


図2 証拠と見解の一致度の表現とその確信度との関係

確信度は右上にいくほど増す。一般に、整合性のある独立した質の高い証拠が複数揃う場合、証拠は最も頑健となる。

出典：統一的な不確実性の扱いに関する IPCC 第5次評価報告書主執筆者のためのガイダンスノート (2010年、IPCC)

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

- ・ここでは、IPCC 第5次評価報告書と同様「証拠の種類、量、質、整合性」及び「見解の一致度」の2つの観点を用いた。「証拠の種類、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研究・報告の量そのものが IPCC における検討に比して少ないと考えられるため、一つの考え方・物差しとしては、定量的な分析の研究・報告事例があるかどうかという点が判断の材料になりうる。
- ・評価の段階として、十分な文献量を確保できない可能性があることから、「高い」「中程度」「低い」の3段階の評価とした。
- ・なお、確信度の評価の際には、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。
- ・また、現状では評価が困難なケースは「現状では評価できない」とした。

表4 確信度の評価の考え方

評価の視点	評価の段階（考え方）			最終評価の示し方
	確信度は高い	確信度は中程度	確信度は低い	
IPCC の確信度の評価 ○研究・報告の種類・量・質・整合性 ○研究・報告の見解の一致度	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。	IPCC の確信度の評価を使用し、小項目ごとに確信度を3段階で示す。

15
16

1 (4) 取りまとめのイメージ

2 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・
3 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。

4

5 表5 気候変動による影響の評価（一覧表）（例）

6

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考
					観点	判断理由			
農業・林業・水産業	農業	水稻	●既に全国で、気温の上昇による品質の低下が確認されている。	●RCP2.6 シナリオの予測では、全国的に・・・ ●d2PDF を用いた予測では、・・・	◆	社経 コメの収量・品質の変化の影響の範囲は、○○	●	●	
				●RCP8.5 シナリオの予測では、全国的に・・・ ●SRESA2 シナリオの予測では・・・ ●d4PDF を用いた予測では、・・・	●	社経 コメの収量・品質の変化の影響の範囲は、○○			

7

8 現在の状況については、観測された影響だけではなく、気候変動が原因と断定できない現象であっても、気候変動の影響も考えられる現象については、そのようなことを明確にした上で記載する。

9 気候変動により将来予測される影響について本欄に記載する。記載内容は、影響の発生条件（前提とする気温上昇など）、発現時期、発現場所、影響の内容、影響の程度、影響の発生の可能性を可能な限り明記した上で、確信度を付記する。小項目によっては、「影響の概要」が複数記載される可能性もある。なお、影響の概要には、悪影響だけでなく、好影響も記述する。

10 重大性を判断した判断理由を記載する

11 「特に重大な影響が認められる」とした場合に、その観点を記載する。

12 備考欄には、緊急性、確信度等に関する判断理由を可能な限り記述するほか、必要に応じて適応の可能性や他の分野・項目との関係なども

16 重大性の凡例

17 ●：特に重大な影響が認められる ◆：影響が認められる —：現状では評価できない

18 緊急性の凡例

19 ●：高い ▲：中程度 ■：低い —：現状では評価できない

20 確信度の凡例

21 ●：高い ▲：中程度 ■：低い —：現状では評価できない

22

23

3 日本における気候変動による影響

本章では、第1次影響評価に引き続き、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つの分野について分野別の気候変動による影響を記載するとともに、今回新たに、分野間の影響の連鎖についても記載した。

各分野において、分野の気候変動影響の概要を冒頭で記載した上で、分野別小項目※ごとに（気候変動による影響の要因）を記載し、（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〕、（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）を記載した。

※分野を細分化したもので、評価の単位となるもの（p6-7、表1参照）

3.1 農業・林業・水産業

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増加、家畜の成長や繁殖、人工林の病虫害の発生量や分布域の変化、水産資源の分布や生残に影響を及ぼし、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。またこうした影響は、商業、流通業、国際貿易等にも波及することから、国全体の経済活動に及ぼす影響は大きい。

● 文献数・構成等の変化

第2次影響評価において、農業・林業・水産業分野全体では合計366件の文献（現状影響207件、将来影響159件）を引用しており、このうち、第1次影響評価から新たに追加された文献は237件である。項目別に見ると、「水稻」、「病虫害・雑草等」、「水産業」において文献数が特に増加している。

第1次影響評価からの構成上の変更点としては、海外での穀物生産に対する気候変動影響が日本に及ぶ可能性を踏まえ、新たに大項目「農業」に小項目「食料需給」が追加された。また、大項目「水産業」では多数の知見が蓄積されたため、「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」の3つの小項目に再編された。さらに、花きを野菜、かび毒を病虫害・雑草と共に扱うこととしたため、小項目名がそれぞれ「野菜等」（第1次影響評価では「野菜」）、「病虫害・雑草等」（同じく「病虫害・雑草」）と変更された。

● 気候変動による影響の概要

農業では、気温上昇による作物の品質や収量の低下が多く品目で全国的に生じているほか、畜産の暑熱ストレスの影響が顕在化している。また、害虫や病害の分布の拡大、発生量の増加による農作物の被害が生じている。農業生産基盤では、農業用水の不足や農業利水施設への影響が生じている。林業では、シイタケ原木栽培における病害の悪化や発生地の拡大が生じている。水産業では、回遊性魚介類の分布域の変化、それに伴う加工業や流通業への影響、養殖業や内水面漁業における魚類・貝類のへい死や海藻類の収量の減少が生じている。さらに、海水温の上昇によるものと考えられる藻場の減少が深刻化している。一方、一部の地域では飼料作物の収量の増加、果樹の栽培適地の拡大、漁獲量の増加が報告されており、気候変動の恩恵を受けている。そのほか、特に農業では、一部の品目で高温耐性品種の栽培や作期の移動といった適応策の実施が既に進められているため、気候変動による生産方法への影響として一部を本報告書で取り上げている。

1 将来予測に関しては、温室効果ガスの排出・濃度シナリオを用いた研究、複数のシナリオ・モ
2 デルを用いることにより不確実性を踏まえた研究、フィールド実験、栽培試験結果をシミュレ
3 ションモデルに反映させた研究等、多様な手法が用いられている。農業では、「水稲」、「果樹」、
4 「沿岸域・内水面漁場環境等」などでRCP2.6、RCP8.5シナリオを用いた将来予測に関する知見が
5 新たに報告されている。農業では水稲、果菜類、秋播き小麦、暖地生産の大豆、茶などで収量の
6 減少が予測あるいは示唆されているほか、水稲では品質低下、果樹ではブドウの着色度の低下、
7 ウンシュウミカンやリンゴの栽培適地の変化が予測されている。そのほか、家畜の成長の低下、
8 害虫の発生量の増加や生息地の拡大、病害の被害の増大が予測されている。農業生産基盤では、
9 降水量の減少による代かき期の農業用水の不足、強雨による低標高の水田における被害リスクの
10 増加が予測されている。林業では、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
11 ほか、シイタケ原木栽培の害虫の出現時期の早まりや発生日数の増加が予測されている。水産業
12 では、日本周辺海域において、まぐろ類、マイワシ、ブリ、サンマの分布域の移動や拡大、さけ・
13 ます類の生息域の減少、スルメイカの分布密度が低くなる海域の拡大、アユの遡上時期の早まり
14 や遡上数の減少が予測あるいは示唆されている。海藻類では、主要コンブの生息域の大幅な北上、
15 ノリ養殖での育苗開始時期の後退、日本沿岸の藻場を構成する海藻の減少が予測されている。

16 世界では、気候変動により主要穀物の平均収量が減少しており、干ばつなど異常気象による収
17 量減少が穀物価格の高騰の一因になった事例もある。将来では、コメの主要生産国での平均収量
18 の減少、小麦の米国での収量減少及びカナダでの収量増加、大豆の米国での収量減少、トウモロ
19 コシの米国での収量減少、南アフリカでの収量増加が予測されている。

20 ● 重大性・緊急性・確信度評価の概要

21 農業・林業・水産業は、気象の影響を受けやすい産業であること、また既に重大な気候変動影
22 響が生じていることから、影響の重大性は「特に重大な影響が認められる」、緊急性は「高い」と
23 評価される傾向が強い。

24 気候シナリオを用いた予測研究や温暖化を想定した実験等が多数進められているため、確信度
25 の評価が上方修正された項目が多くなっている。

26 気候シナリオに応じて重大性の評価を実施した3項目（「水稲」、「果樹」、「沿岸域・内水面漁場
27 環境等」）では、RCP2.6、RCP8.5の両シナリオで「特に重大な影響が認められる」と評価された。
28 これら項目では現在既に重大な影響が生じている。特に、「果樹」「沿岸域・内水面漁場環境等」
29 の品目等は気候変動への適応性が低いため、適応策のみで影響を低減させることには限界がある
30 ことから、緩和策との連携の重要性が示唆される。

31

1 【農業】

2 (1) 水稲

3 (気候変動による影響の要因)

4 ここでは、主に気温上昇、CO₂濃度の上昇、降水量や降水パターンの変化に伴う水稲の品質・収
5 量の変化や生育期間の変化を扱う。

- 6 ● 気温の上昇は、コメの収量や品質に影響を及ぼす。特に、出穂・開花から成熟までの登熟期
7 間の気温上昇は、白未熟粒の増加をもたらす。品質低下による一等米比率の低下が懸念され
8 る。
- 9 ● 気温の上昇は、コメの生育を早め、新たな生育期間での気象による影響が生じる可能性があ
10 る。
- 11 ● CO₂濃度の上昇は、施肥効果によりコメの収量を増加させるが、その効果は気温上昇により低
12 下する可能性がある。
- 13 ● 強雨の増加は水稲の冠水頻度を増加させ、コメの収量が減少する可能性がある。

14

15

16 (現在の状況)

[概要]

- 既に全国で、気温の上昇による品質の低下（白未熟粒の発生、一等米比率の低下等）等の影響が確認されている。また、一部の地域や極端な高温年には収量の減少も見られている。
- 一部の地域では、気温上昇により生育期間が早まることで、登熟期間前後の気象条件が変化することによる影響が生じている。

17

18 コメの品質は、出穂・開花から成熟までの登熟期間の気温によって大きな影響を受けることが
19 知られている。高温障害に関する調査等から、心白粒、乳白粒など白未熟粒は出穂後約 20 日間に
20 日平均気温が 26～27℃以上になると発生が増加し、胴割粒は出穂後 10 日間の最高気温が 32℃以
21 上の条件で発生が増加することが報告されている¹⁰⁰¹⁾また、登熟期の高温による白未熟粒の発生
22 には、デンプン集積阻害による乳白化の他に、タンパク質顆粒の局在、形態変化や増加^{111110, 111116)}、
23 デンプン分解酵素の分泌¹¹¹¹¹²⁾が関与しているとする研究がある。

24 既に全国で、白未熟粒の発生や、その影響も含めた一等米比率の低下等、品質への影響が明ら
25 かとなっているほか、一部の地域や極端な高温年には収量の減少も見られている。^{0001, 111070, 111117)}
26 登熟期前半の気温が特に高かった 2010 年は、北海道を除き品質低下が著しく、北陸や北関東の一
27 部で特に大きかった。¹⁰⁰⁵⁾ 実際に 1994 年以降は、夏季の異常高温の発生頻度が全国的に増加傾向
28 にあり、例えば出穂後 20 日間の平均気温が 26～27℃を超えた地域で白未熟粒が多く発生するな

1 ど、一等米比率の低下も含めたコメの品質の低下が見られている。¹⁰⁰²⁾なお、こうした品質低下は
2 高温以外にも、品種の違い、出穂後の日射量、籾数、窒素不足等の要因も関連しているとする研
3 究もある。^{111022, 111041, 111045, 111062, 111113, 111021)}北海道では、夏季に平年を2.2℃上回る高温であった
4 2010年において、作況指数が平均値を下回った。これは、6月の高温により生長期間が短縮し、
5 分けつ数や子実数が減少したためと考えられた。¹¹¹⁰⁷⁰⁾また、酒米でも登熟期間の気温が高いと品
6 質が低下する傾向が確認されている。^{111003, 111114)}猛暑となった2010年に生産された酒米では、デ
7 ンプン糊化温度の高温化と蒸米酵素消化性の低下が確認されている。¹¹¹¹⁰⁸⁾

8 分散分析、重回帰式等の統計解析や統計的モデルによれば、一等米の比率は出穂盛期後10日
9 から30日までの平均最低気温が1℃でも上昇すれば全国的に減少することが示されており¹⁰⁰¹⁾、
10 その年々変動には、気温だけでなく日射量の変動も影響していることがわかっている。¹⁰⁰³⁾

11 また、2007年には熊谷や多治見で40℃を超える異常高温となり、この期間に出穂・開花した水
12 稲において、通常より高い割合で高温不稔³⁾が発生した。高温不稔の発生には、気温よりもイネの
13 穂温との関係が深い¹⁰⁰⁴⁾ほか、品種や肥培管理とも関係しているとされる。

14 こうした状況の中、高温耐性品種への作付け転換が徐々に進められている。2017年産の作付面
15 積は約9万4千haと8年間で約2.5倍に増加しており、水稻の主食用作付面積に対する割合は、
16 2016年で約6.6%となっている^{111117, 11118)}

17 気温上昇による生育の早まりによる影響が懸念されている。千葉県の内湾地域に位置する水田
18 圃場において1988～2015年の栽培データと気温を分析した結果、気温上昇により生育ステージが
19 前進し、出穂前後の気温が高くなっている。このことから、稲体窒素含有率の低下による未熟粒
20 割合の増加が懸念されている。¹¹¹⁰⁰²⁾南九州地域の早期栽培では、植付け時期の前進に加えて温暖
21 化の影響により出穂が早まり、登熟初期～中期の気温が比較的低くなったため、背白米が減少し
22 た。その一方、幼穂形成期から登熟期間が梅雨期と重なり、日照不足による品質及び収量の低下
23 が問題となっている。¹¹¹⁰³⁸⁾また、北日本地域では、1961～2010年の50年間に気温上昇によって
24 出穂日が10年あたり0.7～1.9日早まった一方、穂ばらみ期(出穂日の6～15日前)の気温が10
25 年あたり0.18℃低下した。これにより、穂ばらみ期の冷害による潜在的な収穫減少量が増加して
26 いると分析する事例がある。¹¹¹⁰⁹⁰⁾

27 同一県内でも沿岸部と内陸部では、最高分けつ期における気象条件の経年的な変化が異なるた
28 め、イネの生育にも異なる影響を及ぼしているとする研究もある。¹¹¹⁰⁰¹⁾

3 高温不稔(こうおんふねん):35度を超えるような暑さにより、実らない籾の割合が高まること。

1 (将来予測される影響)

〔概要〕

- 多数の気候予測モデルと温室効果ガス濃度シナリオを用いてコメの収量を予測した研究によれば、全国的に 2061～2080 年頃までは全体として増加傾向にあるものの、21 世紀末には減少に転じるほか、品質に関して高温リスクを受けやすいコメの割合が RCP8.5 シナリオで著しく増加すると予測されている。高温リスクを受けにくい（相対的に品質が高い）コメの収量の変化を地域別に見た場合、近未来（2031～2050 年）及び 21 世紀末（2081～2100 年）には、収量の増加する地域（北日本や中部以西の中山間地域等）と、収量が減少する地域（関東・北陸以西の平野部等）の偏りが大きくなる可能性がある。
- RCP8.5 シナリオの場合、2010 年代と比較した乳白米の発生割合が 2040 年代には 2 倍になると予測され、全国の水田の約 3 分の 1 で等級が下がる結果が示されている。経済損失の増加も推定されている。
- CO₂ 濃度の上昇は、施肥効果によりコメの収量を増加させることが FACE（開放系大気 CO₂ 増加）実験により実証されているが、CO₂ 濃度の上昇による施肥効果は気温上昇により低下する可能性がある。
- 将来の降雨パターンの変化はコメの年間の生産性を変動させ、気温による影響を上回ることも想定される。様々な生育段階で冠水処理を施した試験では、出穂期の冠水でコメの減収率が最も高く、整粒率が最も低くなることが示されている。

2

3 多数の気候予測モデルと温室効果ガス濃度シナリオを用いてコメの収量を予測した研究によれば、全国的に 2061～2080 年頃までは全体として増加傾向にあるものの、21 世紀末には減少に転
4 じるほか、品質に関して高温リスクを受けやすいコメの割合が RCP8.5 シナリオで著しく増加する
5 ことが予測されている。また、高温リスクを受けにくい（相対的に品質が高い）コメの収量の変
6 化を地域別に見た場合、21 世紀中頃（2031～2050 年）及び 21 世紀末（2081～2100 年）には、収
7 量の増加する地域（北日本や中部以西の中山間地域等）と、収量が減少する地域（関東・北陸以
8 西の平野部等）の偏りが大きくなる可能性が示されている（MIROC5, MRI-CGCM3, GFDL-CM3 等、6
9 つのモデルによる気候予測情報を使用）。¹¹¹⁰⁹⁷ また、経済モデル（日本の動学地域一般均衡モデル）
10 を用いて水稲生産の変化が全国及び地域の経済に及ぼす影響について SRES A1B シナリオを用
11 いて予測した研究では、コメ生産額は北日本で増加、西日本で減少し、全国的には増加すると予
12 測されている。一方コメ価格は北日本で低下、西日本で上昇し、全国的には低下すると予測され
13 ている。さらに農業所得は北日本及び全国平均では減少すると予測されているが、価格低下によ
14 り他産業の生産が向上し GDP が増加するとも予測されている（MIROC ver.3 モデルによる気候予
15 測情報を使用）。¹¹¹⁰⁰⁶ また、乳白米の発生を予測するモデルを構築し、乳白米の発生割合と、一等
16 米及び二等米の面積を予測した上で、経済損失額を推定した研究によると、2040 年代での乳白米
17 の発生による経済損失額は、RCP2.6 シナリオでは年間 3.2 億米ドル、RCP8.5 シナリオでは年間 4
18 億米ドルと推定された。¹¹¹¹²³ 市町村レベルのパネルデータを用いて、全国及び地域別モデルによ

1 り気象条件等と単収（面積あたりの収量）の関係を明らかにした上で、2081～2100年の予測を行
2 った研究によると、RCP8.5シナリオでは県平均での単収が減少し、影響を受ける市町村も多くな
3 ると予測されている（MIROCモデルによる気候予測情報を使用）。¹¹¹¹¹¹

4 地域別に見た場合、冷涼地では、収量の増加、冷害のリスク、一部の品種で栽培可能地域の北
5 上などが予測されている。東日本の冷涼地を対象として、代表的な10品種の収量予測を行った研
6 究では、1981～2000年と比較して、2081～2099年には収量が17%増加すると予測されている。ま
7 た、低温リスクは減少するが高温リスクが顕在化することが示唆されている（RCP4.5シナリオを
8 前提としたMIROC5モデルによる気候予測情報を使用）。¹¹¹⁰⁸² 一方で、日本北部では21世紀の間
9 は冷害リスクが依然として存在すると予測する研究がSRESシナリオ¹¹¹⁰⁵⁹、及びRCPシナリオ
10 ¹¹¹⁰⁸³を用いた研究で示されている（111059：SRES A1Bシナリオを前提としたMRI AGCMモデルに
11 よる気候予測情報を使用、111083：RCP4.5シナリオを前提としたMIROC5モデルによる気候予測
12 情報を使用）。また、気温の年々変動も考慮し、日平均・日最高気温を1℃ずつ5℃まで上昇させ
13 て、北海道の不稔発生リスクを評価した結果、気温の年々変動が温暖化による気温上昇を上回る
14 ため、低温による不稔リスクが残る可能性があるとする研究もある。¹¹¹¹⁰³ そのほか、東北以南を
15 対象として気温が1～4℃上昇した場合のコシヒカリの移植晩限日への影響を予測した研究では、
16 気温が現在よりも3℃上昇すると移植晩限日が遅くなるほか、コシヒカリの栽培可能地域が現在
17 の庄内平野～仙台平野南部から青森県まで北上する可能性があるとする研究もある。¹¹¹⁰¹⁰

18 CO₂濃度の上昇は、施肥効果によりコメの収量を増加させることが想定されることから、将来に
19 おけるコメ増収には、冷害減少のほか、CO₂濃度の上昇が大きく関わっている。実際の水田でCO₂
20 を現在よりも約200ppm高めたFACE（開放系大気CO₂増加）実験⁴より、コメ収量は増加すること、
21 その増収率は品種や遺伝子型により異なり、品種によっては30%増加するものもあることが明ら
22 かになっている。^{1022, 111120, 111121, 111122} しかし、同様の実験より、出穂後30日間の気温が20℃を超
23 えると1℃の上昇につき増収量が2.1%減少したこと¹¹¹⁰⁶⁵、整粒率が高温時に低下したこと¹¹¹⁰⁶⁹
24 から、CO₂濃度の上昇による施肥効果は気温上昇により低下する可能性が示されている。なお、生
25 育モデルを使用してCO₂施肥効果による収量への影響をシミュレーション予測する研究では、予
26 測結果がモデル間で大きく異なり、不確実性の低減が課題となっている。様々な生育モデルを比
27 較してこの不確実性の要因を検討した研究では、葉面積の予測値がモデルによって異なることが
28 不確実性の要因であるとしている。¹¹¹¹¹⁹

29 今世紀末までの長期的な予測として、気温の上昇に伴う水田水温の上昇から、コメ生産適地が、
30 現行よりも大幅に北上することが示唆されている（A2シナリオを前提としたCGCM2によるGCM実
31 験出力を境界条件に、RCM20によりダウンスケールした気候予測情報を使用）。¹⁰²³ 生長初期に水
32 温を1.5℃高めて乾物生産、コメ品質への影響を調べた実験では、出穂日が早期化し、収量が1～
33 20%増加した。¹¹¹⁰⁹³ 一方、FACE実験で水温を2℃上昇させた場合、乳白粒が増加した。¹¹¹⁰⁰⁴

34 このほか今世紀末までの長期的な予測として、アジア各国との同時比較においても、日本のコ
35 メ収量には負の影響が現れること（A1B, A2, B1⁵シナリオを前提とした19のGCMによる気候予測

4 FACE実験：高CO₂濃度が作物に与える影響を調べるため、屋外の囲いのない条件で作物群落や自然植生における大気CO₂濃度を高める実験

5 シナリオの概要については、P390以降の『(参考)気候予測に用いられている各シナリオの概要』を参照。

1 情報を使用)¹⁰²⁴⁾ が示されている。

2 長期かつ強い降雨がコメの生産性に及ぼす影響について、作物モデルと水文モデルを用いて
3 2100年まで予測した研究によると、将来の降雨パターンの変化はコメの年間の生産性を変動させ、
4 気温による影響を上回ることが示唆されている (SRES A1B シナリオを前提とした MIROC3 モデル
5 による予測)。¹¹⁷⁰¹⁶⁾ また、様々な生育段階で冠水処理を施した試験では、出穂期の冠水でコメの減
6 収率が最も高く、整粒率も最も低くなることが示されている。¹¹¹⁰⁷⁸⁾ そのほか、冠水試験と収量調
7 査で得られたデータを用いて、冠水による直接的被害と引き上げ後に発生し得る二次的な被害 (病
8 害の影響等) を合わせた総合的な被害を推定した研究では、特に出穂前後の時期の冠水で収量と
9 品質への影響が大きくなるとの結果が得られている。¹¹¹⁰⁰⁵⁾

10

11 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

12 ● 重大性：【評価】

13 <RCP2.6 及び 2℃ 上昇相当> 特に重大な影響が認められる

14 <RCP8.5 及び 4℃ 上昇相当> 特に重大な影響が認められる

15 【観点】 社会／経済

16 コメの収量・品質の変化の影響の範囲は、好影響も含め全国に及び、我が国の主食としての供
17 給及び農業従事者の収入の増減に直接影響する。また、将来では RCP2.6 及び 2℃ 上昇相当でも全
18 国的に品質低下が進む可能性は高く、今後のコメの経済価値の減少が危惧される。さらに、近年
19 見られる降雨量や降雨パターンの変化に伴う冠水による減収も懸念される。

20 <RCP2.6 及び 2℃ 上昇相当>

21 全国的には品質低下、さらに品質低下による経済損失が予測されている。フィールド実験では、
22 気温上昇による CO₂ の施肥効果の低下、水温上昇による品質低下が示唆されている。

23 <RCP8.5 及び 4℃ 上昇相当>

24 全国的な収量は、21 世紀中頃までは増加が予測されているが、21 世紀末では減少が予測されて
25 いる。そのほか、著しい品質低下、品質低下による経済損失が予測されている。

26 ● 緊急性：【評価】 高い

27 既に全国で、気温の上昇による品質の低下 (白未熟粒の発生、一等米比率の低下等) が生じて
28 いる。また今世紀半ば～今世紀末により大きな影響が生じることが予測されている。一部の地域
29 や極端な高温年での減収と併せ、我が国の主食としての供給及び農業従事者の収入等、経済的側
30 面に関わる影響であり、農業現場では既にある程度の適応策が進められているが、品種改良や持
31 続的な適応技術の導入には時間を要するため、各地域の実情に応じた系統的な適応策の立案と技
32 術開発に、早期に着手する必要がある。

33 ● 確信度：【評価】 高い

34 研究・報告は多数あり、かつ統計的解析だけでなくフィールド実験による知見を組み込んだ数

- 1 理モデルによる定量的な予測に基づいていること、さらにこれらのモデルにより予測された結果
- 2 が2010年以降、実際に起こりつつあることから、特に広域スケールでの、南北の地域性を含めた
- 3 影響は高い確信度を持つ。一方、生育モデルを使用してCO₂施肥効果による収量への影響を予測す
- 4 る研究では不確実性が高くなるなど、シミュレーション予測研究の課題もある。

1 (2) 野菜

2 (気候変動による影響の要因)

3 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。

- 4 ● 気温の上昇、降水量や降水パターンの変化は、野菜の生育障害、品質の低下、収量の減少を
5 もたらす。
- 6 ● 気温の上昇は、野菜の生育を早め、収穫時期を前進させる。
- 7 ● 大気中のCO₂濃度の増加は、施肥効果として野菜の生育に影響を及ぼすことが想定される。
- 8 ● 気温の上昇は、花きの開花の前進・遅延や生育不良・障害を生じさせ、出荷時期の変化や収
9 量・品質の低下をもたらす。
- 10 ● 冬季の気温の上昇は、施設生産における燃料消費の減少をもたらす。

11

12 (現在の状況)

〔概要〕

- 過去の調査で、40以上の都道府県において、既に気候変動の影響が現れていると報告されており、全国的に気候変動の影響が現れていることは明らかである。
- 特にキャベツなどの葉菜類、ダイコンなどの根菜類、スイカなどの果菜類等の露地野菜では、多種の品目でその収穫期が早まる傾向にあるほか、生育障害の発生頻度の増加等もみられる。
- ホウレンソウ、ネギ、キャベツ、レタスといった葉菜類では、高温や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る。高温・乾燥や強日照のストレスが原因と考えられるブロッコリーの生理障害、品質低下も報告されている。
- トマト、ナス、キュウリ、ピーマンといった果菜類では、高温・多雨等による着果不良、生育不良等が報告されている。
- ダイコン、ニンジン、サトイモといった根菜類では、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る。
- イチゴでは、冬から春に収穫する栽培で気温上昇による花芽分化の遅れが、夏から秋に収穫する栽培で花芽形成の不安定化が報告されている。
- 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との報告もある。
- 花きでは、キク、バラ、カーネーション、トルコギキョウ、リンドウ、ユリなどで高温による開花の前進・遅延や生育不良が報告されている。

13

14 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では、40以上の都道府県にお
15 いて既に温暖化の影響が現れていると報告されており、全国的に温暖化の影響が現れていること

1 は明らかである。^{1025, 1026)} とく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
2 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
3 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
4 より、その収穫期が前進傾向である。^{1025, 1026)} ⁶

5 ホウレンソウ、ネギ、キャベツ、レタスといった葉菜類では、高温や多雨あるいは少雨による
6 生育不良や生理障害等が報告されている。¹¹²⁰²⁸⁾ キャベツ、レタスでは物質生産面から見た作物生
7 産性に対する高温の影響は相対的に小さく、キャベツの脇芽球やレタスの抽だいなどの異常結球
8 関連要素といった品質面において、より高温に対する感受性が高いことが明らかになっている。
9 ¹¹²⁰⁰²⁾ 長野県では、高温・乾燥や強日照のストレスが原因と考えられるブロッコリーの生理障害、
10 商品性の著しい低下が生じている。¹¹²⁰²⁷⁾

11 トマト、ナス、キュウリ、ピーマンといった果菜類では、高温・多雨等による着果不良、生育不
12 良等が報告されている。トマトでは、開花期の高温による着果不良（受精障害等）のほか、生育
13 期間中の高温・強日射または高温・多雨等の影響による生育不良や生理障害、不良果（裂果、着
14 色不良等）の発生が生じ、収量や品質が低下していると報告されている。^{8001, 8002, 112028)} 宮崎県の
15 夏秋トマトでは7月の高温による花落ち（着果不良）の増加¹¹²⁰²¹⁾、大分県の夏秋雨よけトマトで
16 は夏季の高温や強日射等による生理障害（特に裂果）の増加が報告されている。¹¹²⁰¹⁷⁾ ナス、キュ
17 ウリでは高温、多雨等による着果不良や生育不良が報告されている。¹¹²⁰²⁸⁾ ピーマン（施設栽培）
18 では、秋の高温により栽培初期に花が着果しない現象や、キュウリ（施設栽培）では秋の高夜温
19 による茎葉の徒長と病害の多発が報告されている。また、どちらも冬季の高夜温時に暖房機の作
20 動時間が短くなることに起因する葉の濡れによる病害の増加が報告されている。¹¹²⁰²¹⁾

21 ダイコン、ニンジン、サトイモといった根菜類では、高温、多雨等による生育不良や発芽不良
22 等が報告されている。¹¹²⁰²⁸⁾ 宮崎県では夏の高温・少雨によるサトイモの芽つぶれ、水晶症の増加
23 が報告されている。¹¹²⁰²¹⁾

24 20品目の野菜を対象として、気温が生産費に及ぼす影響について統計解析を行った結果、大玉
25 トマト、キュウリ、シントウ、スイカ、ナス（施設栽培）、ホウレンソウでは気温と関連している
26 ことが確認された。¹¹²⁰⁰³⁾ また、熊本県では、夏季の高温以外にも、豪雨による野菜生産の不安定
27 化が懸念されている。¹¹²⁰²⁴⁾

28 イチゴでは、冬から春に収穫する栽培で気温上昇による花芽分化の遅れが^{112011, 112019, 112026, 112028)}、
29 夏から秋に収穫する栽培で花芽形成の不安定化¹¹²⁰²⁶⁾が報告されている。そのほか、イチゴの品質
30 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
31 要性なども問題となっている。¹¹²⁰²⁰⁾

32 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
33 メリットもみられる。^{1025, 1026)}

34 キク、カーネーション、ユーストマ、スターチス・シヌアータ、シュコンカスミソウ、リンド
35 ウ、シャクヤク、デルフィニウムといった花きでは、高温遭遇により生育・開花に障害が生じる

6 2005年以降は同規模の調査は確認できていない。

1 ことが知られている。^{112029, 112030}キクでは、生育期の高温による開花の前進や花芽分化期・発達期
2 の高温による開花の遅延により出荷時期にずれが生じている。また、花芽分化期・発達期の高温
3 による奇形花の発生も報告されている。¹¹²⁰²⁸バラ、カーネーション、トルコギキョウ、リンドウ、
4 ユリでも高温等による開花期の前進・遅延や生育不良が報告されている。¹¹²⁰²⁸

5

6 (将来予測される影響)

[概要]

- 葉根菜類は、生育期間が比較的に短いため、栽培時期をずらすことで栽培そのものは継続可能な場合が多いと想定される。
- キャベツ、レタスなどの葉菜類では、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が予測されている。
- 果菜類（トマト、パプリカ）では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る。

7

8 露地栽培で生産されることが多い葉根菜類の場合、成熟種子を収穫する食用作物に比べ、生育
9 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。そのため、適正な品種選択を組み合わせ
10 わたり、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想定される。
11 しかし、野菜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
12 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
13 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。¹⁰²⁶

14 キャベツ、レタスなどの葉菜類では、気温上昇による生育の早期化や栽培成立地域の北上、CO₂
15 濃度の上昇による重さの増加が予測されている。春どりキャベツについて、生育モデルを用いて
16 日平均気温が 2℃上昇した場合の抽だいリスクを予測した結果、生育が進み収穫時期が大幅に前
17 進することで抽だいリスクは低下することが報告されている。しかし、温暖化条件が時期によっ
18 て変動すれば、現状よりも抽だいリスクが高まる場合があり、播種適期が狭められる可能性も示
19 唆されている。¹¹²⁰⁰²暖候期レタスについて、作期移動試験により球内抽苔長に及ぼす気温の影響
20 を解析した上で将来の栽培成立確率を評価した結果、栽培成立地域が北上し、栽培成立時期が前
21 進することが予測されている（MIROC モデルによる気候予測情報を使用）。¹¹²⁰²⁵ キャベツ、レタ
22 スについて、オープントップチャンバ内の CO₂濃度を 419ppm に上昇させて実施した生育調査では、
23 CO₂濃度を上昇させない場合と比較して地上乾物重・生体重、結球部乾物重・生体重が大きくなっ
24 た。¹¹²⁰¹⁴また、ハウレンソウについて、グロースチャンパー内の日長・温度条件を変化させた栽
25 培試験では、一般的にハ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、
26 高温環境下では花成が著しく遅延・抑制された。¹¹²⁰¹⁵

27 果菜類（トマト、パプリカ）では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る。
28 夏季のトマト（施設栽培）について、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
29 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

1 されている。¹¹²⁰⁰²⁾パプリカについて、環境制御温室内で夜温を固定して様々な昼温で実施した栽
2 培試験では、昼温が継続的に30℃以上になると、パプリカの着果数及び果実の肥大が顕著に阻害
3 された。¹¹²⁰⁰²⁾

4 全国8地域のパネルデータを使用して気象(気温、日照、降水量)が農業生産に及ぼす影響を
5 分析した結果、1℃の気温上昇は野菜、イモの生産量を減少させることが示唆されている。¹¹²⁰¹⁰⁾

6 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

7 ● 重大性:【評価】影響が認められる

8 【観点】社会/経済

9 既に影響の範囲は全国に及んでいる。将来では葉菜類に関し気温上昇による生育の早期化、栽
10 培成立地域の北上が予測されているほか、果菜類では果実サイズの減少や収量減少が懸念されて
11 いる。農業総生産額に占める野菜・花きの割合は約30%であり、野菜・花きの供給、野菜・花き
12 生産従事者の経営に直接影響する。しかしながら、野菜や花きは生育期間が比較的短いため、適
13 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
14 合が多いと想定される。

15 ● 緊急性:【評価】高い

16 既に高温による野菜の品質低下、花きの開花時期の変化や生育不良が生じており、高温期の産
17 地と作期に関して緊急に適応策を講じる必要がある。一方、作期の調整や品種変更には限界があ
18 り、周年出荷体制の維持には全国的な作型・作期の見直しが欠かせないが、これは個々の産地で
19 適応策を導入するのとは異なり、全国的な調整が必要で、時間をかけて進めていくことになる。

20 ● 確信度:【評価】中程度

21 現時点で気候変動の影響が現れていることは確実であるが、将来の影響についての研究は、他
22 の品目と比べると不十分な状況である。

1 (3) 果樹

2 (気候変動による影響の要因)

3 ここでは、主に気温上昇、降水量や降水パターンの変化に伴う果樹の品質・収量の変化や栽培
4 適地の変化を扱う。

5 ● 気温の上昇は、果実の着色不良・遅延による品質の低下や出荷時期の遅れ（例：リンゴ、ブ
6 ドウ、カキ）、品質の低下に伴う貯蔵性の低下（例：ウンシュウミカン、リンゴ、カキ）、秋冬
7 季の低温不足を通じた生育不良や凍害に伴う収量・品質の低下（例：ナシ、モモ、クリ）、さ
8 らに、成熟期の前進（例：ブドウ）をもたらす。

9 ● 気温の上昇は、栽培適地の変化をもたらす（例：ウンシュウミカン、リンゴ、ワイン用ブド
10 ウ）。これまで果樹の栽培が難しかった寒地など一部の地域では栽培適地が広がる。

11 ● 降水量や降水パターンの変化は、高温の影響ともあいまって、果肉障害やそれに伴う収量・
12 品質の低下をもたらす（例：ナシ、モモ）。

13

14 (現在の状況)

[概要]

- 2003年に実施された全国的な温暖化影響の現状調査では、全都道府県における果樹関係公立研究機関から、果樹農業において既に気候変動の影響が現れているとの報告がなされている。
- 果樹は気候への適応性が非常に低い作物であり、また、一度植栽すると同じ樹で30～40年栽培することになることから気温の低かった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年代以降の気温上昇に適応できていない場合が多い。
- カンキツでの浮皮、リンゴでの着色不良など、近年の温暖化に起因する障害は、ほとんどの樹種、地域に及んでいる。
- リンゴでは、食味が改善される方向にあるものの、果実が軟化傾向にあり、これが貯蔵性の低下につながっている。
- 一部の地域で、気温上昇により栽培適地が拡大している樹種がみられる。

15

16 果樹農業は他の分野に先駆けて、2003年に全国的な温暖化影響の現状調査が実施されている。
17 その結果、全47都道府県における果樹関係公立研究機関から、既に温暖化の影響が現れていると
18 報告されており、温暖化の影響は早くから広範囲に現れている状況である。¹⁰²⁵⁾ 北海道から沖縄
19 まで栽培される水稲などと異なり、リンゴは東北と長野、ウンシュウミカンは西南暖地（九州南
20 部などの比較的温暖な地域）の海沿いの地域というように栽培地が限られるように、果樹は気候
21 への適応性が非常に低いため、気候変化に特に弱い作物である。¹⁰³⁰⁾ しかも、気温の低かった1980

1 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
2 気温上昇に適応できていない。¹⁰³⁰⁾ このため、カンキツでは浮皮、水腐れ症、生理落果、リンゴで
3 は着色不良、日焼け、ニホンナシでは、霜害、発芽不良、みつ症、モモではみつ症、赤肉果などの
4 生理障害、樹体の凍害、ウメ・オウトウでは結実不良、ブドウでは、着色不良、縮果症、カキで
5 は、着色遅延、果実軟化や貯蔵性の低下が増加しているなど、近年の気温上昇に起因する障害は
6 ほとんどの樹種、ほとんどの地域に及んでいる。^{0001, 1027, 1028, 1029, 1030, 113038)}

7 気温上昇と果樹の生育障害との関係が、過去の気象データと果樹の生育の分析、栽培試験、シ
8 ミュレーション解析によって確認されつつある。ウンシュウミカンでは、開花期～生理落果期、
9 成熟期の高温が浮皮を助長することが実証されている。¹¹³⁰⁰²⁾ ナシでは、秋冬期の低温不足が発芽
10 異常、開花障害の要因と推定されている。^{113002, 113006, 113023, 113036)} モモ、クリでは、秋冬季の気温上
11 昇による耐凍性の低下が凍害の要因と推定されている。¹¹³⁰⁰²⁾ ブドウでは、着色期における高温に
12 より着色不良が引き起こされると考えられており^{113002, 113040)} 例えば‘巨峰’では、気温上昇によ
13 り開花日が早まり、皮の色づきが薄くなっていることが確認されている。¹¹³⁰³²⁾

14 果実の貯蔵性については、リンゴを例にとると、食味が改善される方向にあるものの、果実が
15 軟化傾向にあり、これが貯蔵性の低下につながっている。¹⁰²⁸⁾ リンゴは9～11月の3か月間に収
16 穫され、12月以降の9か月間は貯蔵リンゴが市場出荷されるため、貯蔵性の低下は大きな問題で
17 ある。¹⁰²⁷⁾

18 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
19 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北限が拡大している。¹¹³⁰¹⁵⁾

20

21 (将来予測される影響)

〔概要〕

- ウンシュウミカンについて、SRES A1B シナリオを用いた予測では、栽培適地は北上し、内陸部に広がることを予測されている。
- リンゴについて、IS92a シナリオを用いた予測では、栽培に有利な温度帯は年次を追うごとに北上することが予測されている。具体的には、2060年代には東北中部の平野部までが現在よりも栽培しにくい気候となり、東北北部の平野部など現在のリンゴの主力産地の多くが、暖地リンゴの産地と同等の気温となる。
- ブドウ、モモ、オウトウについては、主産県において、高温による生育障害が発生することが想定される。露地栽培の‘巨峰’について、RCP4.5 シナリオを用いた予測では、2040年以降に着色度が大きく減少する。
- 果樹の栽培が難しかった寒地では、果樹の栽培適地が拡大することが予測されている。全球の地上気温の平均が1990年代と比べて2℃上昇した場合、北海道では標高の低い地域でワイン用ブドウの栽培適地が広がる可能性がある。また、亜熱帯果樹のタンカンには、現在の適地は少ないが、気温上昇に伴い栽培適地が増加する可能性がある。

1

2 日本¹¹³⁰²⁷⁾の果樹生産面積で1位を占めるウンシュウミカンについて、6つの気候モデル（SRES A1B
3 シナリオを前提としたBCCR, CSIRO-30, GISS-AOM, INMCM3, MIROC-H, MIROC-Mのモデル）より算
4 出された将来の年平均気温と最低気温に基づいて栽培適地を予測した研究によれば、気温が上昇
5 するにつれて栽培適地は北上し、内陸部へ広がっていく。¹¹³⁰²⁷⁾ 冬季に加温を行ったガラス室と露
6 地栽培において、ウンシュウミカンの着花変動を調べた研究では、温暖化条件では直花数が増加
7 し、有葉花数が減少する可能性が示唆されている。¹¹³⁰¹⁰⁾ ウンシュウミカンを含む複数のカンキツ
8 について、異なる温度制御を施した人工気象室で栽培した研究では、満開期以降の2℃の気温上
9 昇が生理落果を増加させる傾向があることが確認された。¹¹³⁰⁰⁴⁾

10 日本¹⁰³²⁾の果樹生産面積で2位を占めるリンゴについて、約10×10kmグリッドを用いて栽培適地の
11 北上を予測した結果によれば、栽培に有利な温度帯は年次を追うごとに北上する（IS92a シナリオ
12 を前提としたCCSR/NIES, CGCM1, CSIRO-MK2, ECHAM4/OPYC3の各気候モデルによる気候予測情報
13 を使用）。また、2060年代には東北中部の平野部までが現在よりも栽培しにくい気候となり、東北
14 北部の平野部など現在のリンゴの主力産地の多くが、暖地リンゴの産地と同等の気温となる。一
15 方、北海道ではほとんどの地域で栽培しやすくなる。¹⁰³²⁾

16 亜熱帯果樹は、適地を広げる可能性がある。現在、わが国で最も生産量の多い亜熱帯果樹のタ
17 ンカンについて、栽培適地の北上を予測した結果（A1B シナリオを前提としたBCCR, CSIRO-30,
18 GISS-AOM, INMCM3, MIROC-H, MIROC-Mモデルによる気候予測情報を使用）によれば、ウンシュウ
19 ミカンの栽培適地が縮小する一方で、沿岸部ではタンカンの栽培が可能になるが、内陸部では寒
20 害の発生可能性があるため、今後数十年間は内陸部でのタンカンの栽培は困難であることが示唆
21 されている。¹¹³⁰²⁷⁾

22 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,
23 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、
24 露地栽培の全国の平均的な‘巨峰’の着色度は、1981～2000年の9.4から2031～2050年で7.9、
25 2081～2100年で7.0と2040年以降に大きく減少することが示唆されている。¹¹³⁰³⁹⁾

26 北海道におけるワイン用ブドウ生産の適地を予測した研究によれば、全球の地上気温の平均が
27 1990年代と比べて2℃上昇した場合、北海道の標高の低い地域で栽培適地が広がる可能性がある
28 （SRES A1B シナリオを前提としたMIROC3.2, Hires RAMsの気候モデルによる気候予測情報を使
29 用）。¹¹³⁰²⁰⁾

30 果樹の主産県のひとつである山梨県において、30年後の夏期の気温上昇値を用いた研究例によ
31 ると、平年値に比べ30℃以上になる時間が倍増するため、ブドウ、モモ、オウトウでは高温によ
32 る生育障害の発生が予想される。また、施設栽培での加温の目安になる7.2℃以下の低温遭遇時間
33 の推移を比較すると加温開始時期が7～10日遅れると予想される。¹⁰³³⁾ ブドウ（品種「デラウェア
34 ア」）では、発芽期以降の気温の上昇にともなって、2030年頃には成熟期が前進すると推定でき
35 る。さらに気温上昇が著しくなると、この傾向は顕著になる。¹⁰³⁴⁾

36 ナシ（品種「にっこり」）について、高温処理と乾燥処理を行った実験では、高温と乾燥は水浸
37 状果肉障害（果実生理障害の一種）を助長することが示唆されている。¹¹³⁰⁰⁹⁾ また、ナシ（品種「豊

1 水」)を用い、暖冬を想定して行った栽培実験では、秋冬季における低温遭遇の開始時期が遅れる
2 ほど、発芽不良や花芽のネクロシス現象⁷が多発する傾向にあるという結果が得られている。¹¹³⁰¹⁷⁾

3
4 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

5 ● 重大性：【評価】

6 <RCP2.6及び2℃上昇相当>特に重大な影響が認められる

7 <RCP8.5及び4℃上昇相当>特に重大な影響が認められる

8 【観点】社会／経済

9 既に温暖化の影響の範囲は全国に及び、農家の収入の増減に直接影響するほか、食料品の価格
10 等を通じて一般世帯にも影響が及ぶ可能性がある。特に、東日本におけるリンゴや西日本におけ
11 るウンシュウミカン等、果樹は地域ブランドが確立していることが多く、これらの一部の県では
12 コメよりも産出額が多く、かつ、貯蔵や加工産業などの周辺産業も多数存在することから、適地
13 移動の結果により生産が難しくなれば、地域経済に影響が及ぶことになる。

14 また、カンキツ類を中心として果樹は中山間地では基幹作物になっている地域もあり、他の産
15 業が少ないこれらの地域での、適地移動の影響は大きい。

16 <RCP2.6及び2℃上昇相当>

17 ウンシュウミカンを含む複数のカンキツでは、満開期以降の生理落下の増加（栽培実験）が予
18 測されている。気候シナリオを用いたシミュレーション予測では、2℃程度の上昇でウンシュウミ
19 カンやリンゴの主産地の一部が栽培適地でなくなる可能性、‘巨峰’の主産地で着色不良が頻発す
20 る可能性が示されている。

21 <RCP8.5及び4℃上昇相当>

22 リンゴでは栽培に有利な温度帯の北上（IS92a）が予測されている。ウンシュウミカンでは栽培
23 適地の北上・内陸部への拡大（SRES A1B）、直花数の増加や有葉花数の減少（栽培実験）が予測さ
24 れている。また、‘巨峰’では着色度の低下や低標高地でのワイン用ブドウ栽培適地の拡大（SRES
25 A1B）、タンカンでは沿岸部への栽培適地の拡大（SRES A1B）が予測されている。

26 ● 緊急性：【評価】高い

27 既に収量・品質への影響が確認されている。これに加えて、近未来（2020～2029年）から長期
28 （2060～2069年）に影響が生じることも予測されている。

29 適応着手時期の観点では、果樹は一度栽植すると同じ樹で30～40年栽培することになるため、
30 他の作物と比べ30年前から対策を検討していく必要がある。

31

⁷ ネクロシス現象：壊死を意味する言葉であり、生体の一部（器官・組織・細胞）の死を指す。植物において
は、栄養障害や植物病害をはじめさまざまな障害によって引き起こされる。

1

2 ● 確信度：【評価】高い

3 全都道府県から、既に温暖化の影響が出ていると報告があり、現時点での影響は確実に発生し
4 ている。果樹の適地移動は年間の平均気温と直結しているが、将来の気候予測において、平均気
5 温上昇は、降水や極端現象の変化と比べ、不確実性が小さいことから、将来の影響についても確
6 信度は極めて高い。

1 (4) 麦、大豆、飼料作物等

2 (気候変動による影響の要因)

3 ここでは、主に気温上昇、降水量や降水パターンの変化に伴う麦、大豆、飼料作物等の品質・
4 収量の変化、生育期間の変化、栽培適地の変化を扱う。

- 5 ● 気温の上昇は、麦の生育期間に変化をもたらし、これが収量に影響する可能性がある。
- 6 ● 気温の上昇は、大豆の収量・品質の低下をもたらす可能性がある。
- 7 ● 気温の上昇は、一部の飼料用作物の収量を増加（例：トウモロコシ）させる可能性があるが、
8 一部の作物では冬枯れリスクが高まる（例：エンバク）可能性がある。
- 9 ● 夏季の高温・少雨は茶の生育抑制を生じさせ、二番茶・三番茶の収量を減少させる可能性が
10 ある。秋冬季の気温上昇は、冬芽の再萌芽、一番茶芽の遅延を生じさせ、収穫時期を遅らせ
11 る可能性がある。
- 12 ● CO₂濃度の上昇は、寒冷地で栽培される大豆の収量を増加させる可能性がある。

13

14 (現在の状況)

[概要]

- 小麦では、冬季及び春季の気温上昇により、全国的に播種期の遅れと出穂期の前進がみられ、生育期間が短縮する傾向が確認されている。
- 大豆では、一部の地域で夏季の高温による百粒重の減少や高温乾燥条件が継続することによるさや数の減少、品質低下が報告されている。
- 飼料作物では、関東地方の一部で2001～2012年の期間に飼料用トウモロコシにおいて、乾物収量が年々増加傾向になった報告例がある。
- 茶では、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・一番茶萌芽の遅延などの生育障害が報告されている。

15

16 小麦では、冬季及び春季の気温上昇傾向により全国的に播種期の遅れと出穂期の前進がみられ、
17 その結果生育期間が短縮している。^{1039, 114002, 114003}一方、出穂期から収穫までの期間は短縮してい
18 ない。¹⁰³⁹ 関東における45年間の栽培データからは、播種から出穂までの平均気温の上昇、出穂
19 期以降の降水量増加により減収する傾向がある。¹⁰⁴⁰ 北海道では2010年に、春季の低温（穂数等
20 のシンクサイズの増加に影響）と夏季の高温（登熟期間の短縮に影響）による大幅な減収が生じ
21 た。¹⁰⁴⁴九州北部の小麦収量と2004～2014年の旬別気象（平均気温、降水量、日照時間）を解析
22 した研究では、登熟後期（5月中旬）の高温は減収、1月上旬の高温は増収を引き起こすことが示
23 されている。¹¹⁴⁰³⁹

24 大豆については、2010年の夏季高温は東北地方では青森、岩手県北部では増収したが、それよ
25 り南では減収し、裂皮、紫斑、虫害、未熟、しわ粒等の障害も多くなった。2010年の東北全域の

1 調査では、夏季真夏日日数が多いと百粒重（100粒当たりの重量）が減少し、高温乾燥条件が続く
2 とさや数も減少した。¹⁰⁴²⁾ 新潟県でも2010年の夏季の高温による不定形裂皮の多発が報告されて
3 いる。¹¹⁴⁰¹⁵⁾ 寒冷地における作況試験では登熟期の高温は大豆の百粒重を低下させた。¹⁰⁴²⁾ 温暖地
4 における栽培試験では収量、百粒重などは開花期から子実肥大初期の気温との間に二次曲線の関
5 係があり最適温度は25℃前後である。¹⁰⁴¹⁾ メッシュ農業気象データと発育予測モデルを使用して、
6 大豆栽培における乾燥ストレスの発生リスクを全国で評価した研究によれば、品種「エンレイ」
7 の主産地である北陸地域では乾燥ストレスが発生しやすい地域として福井県北部が挙げられてい
8 るほか、九州の北西部で乾燥傾向となっていることが示された。¹¹⁴⁰³⁷⁾

9 飼料作物では、収量の増加や作期の拡大が報告されている。関東地域における飼料用トウモロ
10 コシ栽培試験成績（2001～2012年）によると、乾物収量は全ての品種で年々増加傾向にあり、特
11 に早生品種で積算気温の上昇と共に乾物収量も増加した。一方で2009年以降、病害（「紋枯病⁸⁾
12 と「根腐病⁹⁾」の発生率が増加していた。¹⁰³⁸⁾ 飼料用トウモロコシの乾物収量、登熟期間及び栽培
13 期間の有効積算温度を検討した神奈川県での栽培試験より、関東地域では飼料用トウモロコシの
14 二期作が可能となる気象条件になってきているとする研究もある。¹¹⁴⁰⁴⁹⁾

15 茶では、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
16 茶萌芽の遅延などの生育障害の発生が報告されている。¹¹⁴⁰⁵⁵⁾ 静岡県において品種「やぶきた」の
17 うねにビニールハウスを被せて降雨の遮断・灌水の制御を行った実験では、三番茶芽生育期（主
18 に7月）、次いで四番茶目生育期（主に9月）における高温・少雨が翌年一番茶の収量を低下さ
19 せた。このことから、過去の夏季の高温・少雨が一番茶の収量を減少させた可能性が指摘されて
20 いる。¹¹⁴⁰⁵⁶⁾ 東海地方では、干ばつ・異常高温と豪雨・寡照の天候が同時期に近接して発生するこ
21 とが多くなり、茶樹地下部への悪影響が懸念されるが影響の詳細は未解明である。¹¹⁴⁰⁰⁶⁾

22

8 紋枯病(もんがれびょう):イネ科植物に糸状菌(カビ)が感染して起こる病気。高温・高湿状態が続くと発生しやすい。

9 根腐病(ねぐされびょう):細菌によって根が腐敗する病気

1 (将来予測される影響)

〔概要〕

- 小麦では、北海道の秋播き小麦に関する統計解析の結果、生育期間の気温は茎や穂の長さや千粒重と負の相関関係にあるため、出穂から成熟期までの平均気温の上昇による減収が危惧される。
- そのほか、小麦では、播種後の高温に伴う生育促進による凍霜害リスクの増加、高 CO₂ 濃度によるタンパク質含量の低下等が指摘されている。
- 大豆では、高 CO₂ 濃度条件下で栽培した実験では、生長期間の平均気温が 25℃ 付近またはそれ以下の地域では、CO₂ 濃度上昇は子実（果実や種子）の窒素濃度を下げずに収量を増加させる可能性が示唆されている。
- また、寒冷地の大豆栽培では、気温上昇は収量に大きな影響を及ぼさないが、CO₂ 濃度上昇は光合成を促進させ子実重を増加させることが示唆されている。一方、温暖地の大豆栽培では、気温上昇による減収が示唆されている。
- 北海道では、IS92a シナリオによる予測では、2030 年代には、てんさい、大豆、小豆では増収の可能性もあるが、病害発生、品質低下も懸念され、小麦、ばれいしょでは減収、品質低下が予測されている。
- 北海道でのジャガイモ生産について、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 濃度上昇を考慮すると、潜在収穫量は増加するという研究がある。
- 関東地域では、平均気温が 2℃ 上昇すると、平野部全域でエンバクの冬枯れのリスクが高まると予測されている。
- SRES A1B シナリオによる予測では、2080 年代には、関東地域から九州地域にかけて、飼料用トウモロコシの二期作の栽培適地が拡大すると予測されている。
- 茶では、2060 年代には、南西諸島全域で秋冬季における低温遭遇時間の不足による品種「やぶきた」の一番茶の減収が顕在化することが推定されている。

2

3 小麦では、気温上昇に伴う生育期間の短縮や収量減少が予測されている。圃場試験等のデータ
4 に基づき全国の主要品種の発育モデルを作成して生育期間の変化を推定した研究によれば、2045
5 ～2055 年において気温上昇により播種～出穂までの期間は短縮するが、出穂期の前進により登熟
6 期間の気温が現在と同程度になる場合、登熟期間は短縮しないことが推察された（SRES A1B シナ
7 リオを前提とした MIROC-H-MO, MIROC-M, MRI モデルによる気候予測情報を使用）。¹¹⁴⁰⁰⁴ 北海道で
8 栽培された秋播き小麦の収量構成要素と生育期間の気温との統計解析の結果、生育期間の気温は
9 茎や穂の長さや千粒重と負の相関関係にあることが確認された。出穂から成熟期までの平均気温
10 が 1℃ 上昇すると千粒重が品種「ホクシン」で 6.1%、品種「キタノカオリ」で 4.6% 減少するため、

1 将来の気温上昇による減収が危惧される。¹¹⁴⁰³⁸⁾ そのほか、播種¹⁰⁾後の高温による生育促進で幼穂形
2 成¹¹⁾及び茎立ち¹²⁾が早まると凍霜害¹³⁾リスクが高まる。また高 CO₂はタンパク質含量を低下させ、高
3 温下の登熟は穂発芽のリスクを高める可能性など、品質への影響が指摘されている。

4 大豆では、高 CO₂条件下で栽培した実験によると、生長期間の平均気温が 25℃付近またはそれ
5 以下の地域では、CO₂濃度上昇は子実（果実や種子）の窒素濃度を下げずに収量を増加させる可能
6 性が示唆されている。¹¹⁴⁰²⁹⁾ 一方、最適気温以上の範囲では乾物重、子実重、収穫指数は、気温上
7 昇に伴い減少する。¹⁰⁴⁶⁾ 寒冷地で品種「ユキホマレ」、「リュウホウ」、「エンレイ」を栽培した実験
8 では、20℃から 24℃までの温度上昇は増収に作用するか、あるいは影響を与えないが、それ以上
9 の高温は減収を引き起こすこと、気温上昇により中生品種では莢数や子実数が増える可能性が示
10 唆されている。¹¹⁴⁰⁰⁴⁾ 寒冷地で品種「エンレイ」を栽培した実験では、CO₂濃度上昇は光合成を促進
11 させ子実重を増加させたが、23℃から 26℃への温度上昇は子実重に影響しなかった。¹¹⁴⁰⁰⁴⁾ 温暖地
12 において温度勾配型温室で品種「エンレイ」を栽培した実験では、温度上昇により莢・子実数、1
13 粒重、子実サイズ、子実収量が減少し、1℃の上昇ごとに収穫指数が 3.5%低下した。^{114004, 114027)} 国
14 内主要品種である「リュウホウ」、「エンレイ」、「フクユタカ」の発育モデルを作成し、メッシュ
15 農業気象データを用いて 1980～2013 年の平均気温から 3℃上昇した場合の発育速度への影響を広
16 域的に調べた研究によれば、開花期までの発育速度は播種期が早く気温が低い東日本で影響が大
17 きく、播種期が遅く温暖な九州では影響が小さくなることが示唆されている。¹¹⁴⁰⁰⁵⁾

18 モデルに CCSR 及び CGCM1、排出シナリオに IS92a を用いた北海道での 2030 年代における各作
19 物（小麦、てんさい、ばれいしょ、大豆、小豆）について影響予測が行われ、てんさい、大豆、小
20 豆では増収の可能性もあるが、病害発生、品質低下も懸念されるとともに、小麦、ばれいしょで
21 は減収、品質低下が予測された。¹⁰¹⁵⁾ 北海道でのジャガイモ生産について、生育モデルを用いて
22 2℃の気温上昇と 45%の CO₂濃度上昇による潜在収穫量への影響を予測した結果、気温上昇のみを
23 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濃度上昇を考慮す
24 ると、潜在収穫量は増加するという研究がある。¹¹²⁰⁰⁶⁾

25 気候変化メッシュデータ（日本）2003¹⁴⁾を用いて、気象要因と生育・収量に関する主要項目の関
26 係を解析した研究によると、2030 年代の北海道の牧草では、1 番草の出穂期は早まるが、生育日
27 数に大きな変化はない。年間収量は気温上昇にも関わらず日射量の減少で現在の 8～9 割にとどま
28 り、気温の影響のみを考慮すると現在と同等か、わずかに増加する。¹⁰¹⁵⁾

29 「局地気候シナリオ」を用いて 100 年後の牧草生産量に及ぼす影響を解析した研究によると、
30 寒地型牧草では北海道ではほとんどが増収、東北地方では 63%で増収、16%が夏枯れ、21%が暖
31 地型牧草地帯になる。また、夏枯れ地帯は東北地方に多く分布するようになり、夏枯れ地域の面

10 播種(はしゅ):種子をまくこと。

11 幼穂形成(ようすいけいせい):穂の元が形成されること。

12 茎立ち(くきだち):茎の節と節の間が伸びはじめること。

13 凍霜害(とうそうがい):寒さや霜によって作物が被害を受けること。

14 気候変化メッシュデータ(日本)2003(Yokozawaら2003):将来の気候予測データ。気候シナリオとして、東京大学気候システム研究センター(CCSR)と国立環境研究所(NIES)によるCCSR/NIESモデル、カナダ気候モデル・解析センター(CCCma)によるCGCM1モデル、オーストラリア連邦科学産業研究機構(CSIRO)によるCSIRO-Mk2モデル、及びドイツ気象センター(DKRZ)によるECHAM4/OPYC3モデルの4つの大気・海洋循環結合モデル(AOGCM)を採用し、IS92aシナリオを用いて計算した、それらの予測結果を約10×10km単位のメッシュ(2次メッシュ)化したもの。

1 積は 1.5 倍に拡大する。乾物生産量は寒地型牧草で 1.4 倍、暖地型牧草で 4.6 倍、牧草全体では
2 1.5 倍になる。¹⁰⁴⁵⁾

3 栽培データと気象データから関東地方におけるエンバク冬枯れ発生の危険マップを作成した研
4 究によれば、現在の気候では冬枯れが発生して 40%以上の大幅な減収となる危険性が高い地域は
5 南関東の沿岸部に限られているが、1°Cの気温上昇により、千葉県、神奈川県、東京都のほぼ全域
6 と埼玉県の大部分で冬枯れの危険性が増大し、2°Cの気温上昇では関東の平野部全域が危険地域と
7 なる。¹¹⁴⁰⁰⁴⁾

8 一部の地域では、飼料用作物の栽培適地が拡大するという研究もある。東北地域から九州地域
9 を対象として、有効積算温度から 2080 年代の飼料用トウモロコシの栽培適地を判定した研究によ
10 ると、関東地域から九州地域にかけて、トウモロコシの二期作の栽培適地が現在と比べて 3.5 倍
11 に拡大する (SRES A1B シナリオを前提とした MRI モデルの気候予測情報を使用)。¹¹⁴⁰⁰⁸⁾ また、関
12 東地域では栽培適地のメッシュ数割合が 2040 年では 38%、2090 年では 54%となり、2090 年頃まで
13 に関東地域の低標高地域のほとんどが二期作の栽培適地になることが予測されている (RCP4.5 シ
14 ナリオを前提とした MRI-CGCM3 モデルの気候予測情報を使用)。¹¹⁴⁰⁵¹⁾

15 茶では、一番茶の減収が懸念されている。茶園試験とセル苗試験の結果より、秋冬季における
16 低温遭遇期間の不足が品種「やぶきた」の一番茶の減収の要因になることを明らかにした上で、
17 気候シナリオデータの最低気温を用いて一番茶の減収が顕在化する地域を予測した研究では、
18 2060 年代には南西諸島全域で一番茶の減収が顕在化することが推定されている。¹¹⁴⁰⁰⁴⁾

19

20 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

21 ● 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

22 【観点】社会／経済

23 小麦では気温上昇に伴う生育期間の短縮が生じており、一部の地域では今後減収する可能性が
24 示されている。大豆では一部の地域で夏季の高温による減収、品質低下が生じている。寒冷地
25 の栽培では増収の可能性 (IS92a) が示されているものの、温暖地での栽培では気温上昇により減
26 収する可能性 (栽培実験) が示唆されている。飼料作物では一部の地域で増収すると予測される
27 作物と冬枯れリスクが増大するとされる作物がある。茶では夏季の高温・少雨による二番茶以降
28 の生育抑制等が生じているほか、一部の地域で秋冬季の気温上昇による一番茶の減収が予測され
29 ている。こうした穀物等の収量・品質の変化は (好影響も含め) 農家の収入の増減に直接影響す
30 るほか、食料品の価格等を通じて一般世帯にも影響が及ぶ可能性がある。

31 ● 緊急性：【評価】中程度

32 大豆では夏季の気温上昇による減収及び品質低下、茶では夏季の気温上昇及び少雨による二番
33 茶以降の生育抑制等が既に生じている。将来においては、小麦では、2030 年代において一部の地
34 域で気温上昇による減収、品質低下が予測されている。大豆では、2030 年代において寒冷地では
35 増収の可能性が示されているものの、温暖地での栽培において気温上昇による減収 (栽培実験)
36 が予測されている。茶では、2060 年代において一部の地域で一番茶の減収が予測されている。

- 1 確信度：【評価】 中程度
- 2 統計データ、モデルや実験に基づく定量的な予測など、研究・報告は一定程度ある。

1 (5) 畜産

2 (気候変動による影響の要因)

3 ここでは、主に気温上昇による家畜及び家禽の成育や肉質の変化、繁殖機能の変化、乳量・乳
4 成分の変化、産卵数・卵の質の変化、動物感染症を扱う。

- 5 ● 気温の上昇は、肉用牛、肉豚、肉用鶏の飼料摂取量や消化吸収能を低下させ、成育の悪化、
6 肉質の低下をもたらす。
- 7 ● 気温の上昇は、乳用牛の飼料摂取量の低下、体温上昇に伴う代謝量の増大等を通じて、成育
8 の悪化、乳量・乳成分の低下をもたらす。
- 9 ● 気温の上昇は、家畜（牛、豚）の繁殖機能を低下させる。
- 10 ● 気温の上昇は、採卵鶏の飼料摂取量の低下などにより、産卵数や卵の質を低下させる。
- 11 ● 気温の上昇は、熱帯・亜熱帯地域が起源の節足動物媒介性ウイルスの国内での流行や、媒介
12 種の分布拡大に影響し、畜産の異常産や病気の発生を増加させる可能性がある。

13
14 (現在の状況)

[概要]

- 夏季に、肉用牛と豚の成育や肉質の低下、採卵鶏の産卵率や卵重の低下、肉用鶏の成育の低下、乳用牛の乳量・乳成分の低下等が報告されている。
- 記録的猛暑であった 2010 年の暑熱による家畜の死亡・廃用頭羽数被害は、畜種の種類・地域を問わず前年より多かったことが報告されている。
- 乳用牛では温湿度指数の上昇に伴う泌乳量の低下、気温上昇による繁殖成績や子牛の成長量の低下の研究事例がある。また、肉用豚では気温上昇による消化吸収能の低下や分娩率の低下、採卵鶏では気温上昇による摂取量の減少等に伴う産卵数の減少や卵品質の低下などを示す研究事例がある。
- 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類（節足動物媒介性ウイルス）の流行や、南西諸島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の分布が九州地方で確認されている。
- アルボウイルス類の一種であるアカバネウイルスが東北地方に直接侵入し、北海道までウイルス感染による牛の異常産の発生が広まった事例も報告されている。

15

16 夏期には東日本・西日本で、乳用牛について乳量・乳成分、繁殖成績の低下とへい死¹⁵の発生、
17 肉用牛と豚について増体・肉質及び繁殖成績の低下とへい死の発生、採卵鶏について産卵率・卵
18 重の低下とへい死の発生、肉用鶏について増体の低下とへい死の発生が報告されている。^{1002, 115002,}

15 へい死：動物が死ぬこと。

1 ¹¹⁵⁰³⁰⁾ 北海道でも近年の暑熱による乳牛の分娩時期の偏りが報告されている。¹¹⁵⁰²⁴⁾ また、記録的暑
2 夏であった2010年夏の暑熱による家畜の死亡・廃用¹⁶⁾ 頭羽数被害が、畜種の種類・地域を問わず
3 前年より多かったと報告されている。⁰⁰⁰¹⁾

4 暑熱ストレスによる家畜への影響に関する研究が進められている。乳用牛では、過去約10年間
5 の泌乳データと気象情報を分析した研究によると、温湿度指数の上昇に伴い乳用牛の泌乳期の乳
6 量が減少していた。¹¹⁵⁰⁰⁴⁾ 牛乳のカルシウムイオン濃度と乳量との間に正の相関があることから、
7 暑い時期のカルシウムイオン濃度の低下が乳量の減少に関係している可能性があるとする研究も
8 ある。¹¹⁵⁰²⁰⁾ さらに、気温上昇による乳用牛の活動、繁殖成績、子牛の成長の低下を示した研究事
9 例もある。^{115004, 115022, 115028)} 計量経済分析の手法を用いた研究では、夏季の気温上昇は酪農の生産
10 性を低下させるとしている。¹¹⁵⁰¹⁰⁾ 肉用牛では、暑熱による影響は給与飼料や肥育ステージにより
11 異なることが示されている。¹¹⁵⁰²⁵⁾ 肉豚では、気温上昇による消化吸収能の低下^{115005, 115021, 115026)}、
12 有効精子数の減少による分娩率の低下¹¹⁵⁰²⁷⁾を示した研究がある。採卵鶏では、気温上昇に伴う摂
13 取量の減少、血清中のリポタンパク質含量の低下、ホルモンへの悪影響による産卵数の減少、卵
14 品質の低下を示した研究がある。¹¹⁵⁰¹⁹⁾

15 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¹⁷⁾類(節足動物媒介性
16 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、
17 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、
18 熱帯・熱帯地域から運ばれてくると考えられている。¹¹⁵⁰³¹⁾ 2008～2009年には、南西諸島にのみ定
19 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
20 いることが確認されている。¹¹⁵⁰³²⁾ また、アカバネウイルス(アルボウイルス類の一種)は、こ
21 れまでは、西日本に最初に侵入し、東日本に広がるパターンが一般的であったが、2010年には東
22 北地方にウイルスが直接侵入し、最終的には北海道までウイルス感染による牛の異常産の発生が
23 広がった。¹¹⁵⁰³³⁾

24

25 (将来予測される影響)

[概要]

- 影響の程度は、畜種や飼養形態により異なると考えられるが、温暖化とともに、**乳用牛**、肥育去勢豚、肉用鶏の成長への影響が大きくなることが予測されており、成長の低下する地域が拡大し、低下の程度も大きくなると予測されている。
- 乳用牛では、高温だけでなく高湿度になると生産性への負の影響がさらに大きくなることが示唆されている。

16 廃用：家畜としての用をなさなくなること。

17 アルボウイルス：蚊、ヌカカやダニなど吸血性の節足動物によって媒介されるウイルスの総称。牛のアルボウイルスの中には、流産・早産・死産・先天異常などのいわゆる流行性異常産や、流行性の熱病を引き起こすものが含まれる。

1 乳用育成雌牛¹⁸を用いて環境制御室において温湿度と飼養成績の関係を検討し、気候変化メッ
2 シュデータ（日本）2003のもとで予測した研究によると、2020、2040、2060年と年代の経過に
3 伴い増体日量の低下する地域は拡大するが、その低下量は地域によって異なり、湿度によって大
4 きく変化するとされている。¹⁰⁴⁹また、同様に乳用育成雌牛を用いて環境制御室において高温と
5 高湿度の影響を調べた実験によると、高温だけでなく高湿度になると生産性への負の影響はさ
6 らに大きくなり、呼吸数の増加や体温上昇に加えて、血液性状の変化、飼料摂取量の低下、増体
7 日量の減少、特にタンパク質としての蓄積量の減少が生じることが示唆されている。¹¹⁵⁰²³

8 肥育去勢豚を用いて環境制御室において温度と飼養成績との関係を検討し、気候変化メッシ
9 ュデータ（日本）2003のもとで予測した研究によると、現在と比べて2030年、2060年と年代の
10 経過とともに増体日量（日あたりの体重増加量）の低下する地域が広がり、低下する程度も厳し
11 くなるとされている。2060年代には、北海道の一部及び標高の高い山間部を除く大半の地域で
12 増体日量が低下するとされている。¹⁰⁴⁸

13 環境制御室を用いて気温が肉用鶏の産肉量に及ぼす影響を検討し、気候変化メッシュデータ（日
14 本）2003¹⁹のもとで予測した研究（2060年の7～9月における気温の上昇は、宮崎市と鹿児島市で
15 1.8～2.5℃、青森市と盛岡市で3.0～4.5℃と推定）によると、現在と比べて2020年、2040年、
16 2060年と年代の経過とともに産肉量への影響が大きくなり、特に西日本において、産肉量が比較
17 的大幅に低下する地域の拡大が懸念されている。また、現在は産肉量の低下する気温ではない東
18 北地方においても、年代の経過とともに産肉量の低下する地域となる可能性が示されている。¹⁰⁴⁷

19

20 （重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

21 ● 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

22 【観点】社会／経済

23 夏季の暑熱ストレスによる家畜や家禽への影響（成育の悪化、肉質の低下、乳量・乳成分の低
24 下、採卵数や卵の質の低下等）は全国に及んでいる。また温暖化の影響と考えられる動物感染症
25 の発地域域の拡大がみられる。将来では家畜・家禽の成長量の低下が予測されている。家畜や家
26 禽への影響の範囲は畜種や飼養形態により異なるが、農業総生産額に占める畜産の割合は約
27 30%であることから、わが国の畜産物の供給、畜産従事者の経営に直接影響する。

28

29 ● 緊急性：【評価】高い

30 夏季に乳量や増体量の低下等の影響が生じており、生産現場ではいくつかの対策が行われてい
31 る。また複数の研究事例より、気温上昇と家畜・家禽への影響との関係も明らかになってきてい

18 育成牛は、離乳してから成牛まで育てる期間の牛のこと。

19 気候変化メッシュデータ（日本）2003（Yokozawaら 2003）：将来の気候予測データ。気候シナリオとして、
東京大学気候システム研究センター（CCSR）と国立環境研究所（NIES）によるCCSR/NIESモデル、カナダ
気候モデル・解析センター（CCCma）によるCGCM1モデル、オーストラリア連邦科学産業研究機構
（CSIRO）によるCSIRO-Mk2モデル、及びドイツ気象センター（DKRZ）によるECHAM4/OPYC3モデルの4
つの大気・海洋循環結合モデル（AOGCM）を採用し、IS92aシナリオを用いて計算した。それらの予測結果
を約10×10km単位のメッシュ（2次メッシュ）化したもの。

- 1 る。さらに動物感染症の発生地域が既に拡大している。将来影響に関する報告では、影響の範囲
- 2 は特に西日本において大きく、年代の経過とともに影響を受ける地域が拡大すると予測されてい
- 3 る。将来影響に関する報告は限定的で、影響の程度は畜種や飼養形態により異なるため、ケース
- 4 に応じた対応が必要である。
- 5 ● 確信度：【評価】中程度
- 6 気温上昇と既に家畜・家禽に生じている影響との関係を証明する研究事例は増えている。一
- 7 方、環境制御室での実験結果を踏まえてモデル予測を行う研究・報告は少数であるため、今後も
- 8 研究の実施が求められる。

1 (6) 病害虫・雑草

2 (気候変動による影響の要因)

3 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、
4 雑草の分布域の変化等を扱う。

5 ● 気温の上昇は、害虫の分布域の拡大（例：ミナミアオカメムシ、ミカンキジラミ）や年間世
6 代数²⁰の増加（例：オオタバコガ）、発生盛日の変化（例：アカスジカスミカメ、フタテンチ
7 ヨコバイ）をもたらす可能性がある。

8 ● 気温の上昇は、海外から飛来する害虫の数を増加させる可能性がある（例：ウンカ類）。

9 ● 気温の上昇は、病害の発生地域の拡大（例：ライグラスいもち病）をもたらす可能性がある。
10 また発生量の増加（例：イネ紋枯病）が想定される。

11 ● CO₂濃度の上昇は、水稻の病害発生を増加させることが想定される。

12 ● 気温の上昇は、雑草の分布域を変化させ、農作物の被害を拡大させることが想定される（例：
13 帰化アサガオ類）。

14

15 (現在の状況)

[概要]

(害虫)

- 西南暖地（九州南部などの比較的温暖な地域）の一部に分布していたミナミアオカメムシが、近年、西日本の広い地域から関東の一部にまで分布域が拡大し、気温上昇の影響が指摘されている。
- 海外から九州地方に飛来するウンカ類の数は、ベトナム北部での越冬や強い上層風の頻度に関係する。
- 水稻害虫以外でも、気温上昇による分布の北上・拡大、発生量の増加、越冬の可能性が報告・指摘されている。

(病害)

- 圃場試験の結果、出穂期前後の気温が高かった年にイネ紋枯病の発病株率、病斑高率が高かったことが報告されている。
- 一部の地域では、高温によるレタス根腐病やトウモロコシ根腐病の発生が報告されている。
- ライグラスいもち病の発生地域が北上しており、温暖化との関連が指摘されている。

20 年間世代数：1年間に卵から親までを繰り返す回数

(雑草)

- 奄美諸島以南に分布していたイネ科雑草が、越冬が可能になり、近年、九州各地に侵入した事例がある。
- 北海道では、土壌凍結深が浅くなったことにより、収穫後圃場に残存するバレイショの雑草化（野良イモ化）が問題となっている。
- 東北地方では、気温上昇はチガヤ（イネ科の雑草）の生態型の分布特性に影響を及ぼしている。
- 特定外来生物のナルトサワギクの分布の拡大には、気温が高い四半期の平均気温が大きく関与していると推定されている。

(かび毒)

- 土壌中に生息するアフラトキシン生産菌の分布を全国で調査した結果、生産菌の分布には気温が関与していることが推察されている。

1

2 (害虫)

3 水稻や大豆の害虫であるミナミアオカメムシの分布域は、1960年代には西南暖地（九州南部な
4 どの比較的温暖な地域）の太平洋岸に限られていたが、近年、西日本の広い地域から関東の一部
5 にまで拡大している。本種の生息域は、1月の平均気温が5℃以上の地域とされており、気温上昇
6 によりその北限が北上している。^{0001, 1051, 1052, 116005} なお、近年分布が確認された地域や被害が問
7 題となっている地域には、最寒月の月平均気温が5℃を下回る場所も含まれる。¹¹⁶⁰⁰⁴ 茨城県では、
8 秋の平均気温の上昇がイネ縞葉枯病を媒介するヒメトビウンカの吸汁行動とひこばえ（再生イネ）
9 の再生を活発にし、ウイルス獲得が効率的に行われたと推測される事例がある。¹¹⁶⁰⁰¹ 海外から九
10 州地方に6月から7月にかけて飛来するウンカ類については、12年間のデータの解析から、飛来
11 数は越冬に影響するベトナム北部の1~2月の平均気温と関連していた。なお、飛来数には、ベト
12 ナム北部での越冬に加えてベトナム北部から中国南部、及び中国南部から九州地方に吹く強い上
13 層風の頻度が大きく関連していることが確認されている。¹¹⁶⁰²³

14 アブラナ科の害虫であるコナガは、青森県盛岡市の露地では越冬できないと考えられていたが、
15 1~2月の月平均気温あるいは積雪期間の条件より越冬していた可能性が指摘されている。¹¹⁶⁰⁰¹
16 カンキツ類の重要病害であるカンキツグリーンング病を媒介するミカンキジラミは、先島諸島、
17 沖縄本島全域、奄美諸島の一部で確認されていたが、九州の南端にも生息していることが判明し
18 た。発生確認地域の北上・拡大は温暖化の影響を受けていると推察される。¹¹⁶⁰¹⁴ 九州地域では飼
19 料用トウモロコシ栽培において、温暖化によると考えられるフタテンチビヨコバイの発生が増加
20 している。特に九州の中部及び南部では2期作目（6月後期~11月）でのワラビー萎縮症による
21 被害の発生が増えている。¹¹⁶⁰²⁸

22 そのほか、西日本では、熱帯起源の種と考えられており、寄主範囲の広いオオタバコガが1994
23 年の猛暑に多数発生し、その後、関東・東北、北海道などでも発生が増えており、発生地域の拡

1 大と温暖化との関係が指摘されている。^{116043, 116044, 116046)}

2

3 (病害)

4 イネ紋枯病については、熊本県で実施された圃場試験では、出穂期前後の気温が高かった 2012
5 年に発病株率、病斑高率が高かったことが報告されている。¹¹⁶⁰¹⁰⁾

6 レタス根腐病については、青森県の夏秋レタスで、2010 年及び 2012 年の夏季の高温による甚
7 大な被害が報告されている。¹¹⁶⁰⁴¹⁾ 飼料用トウモロコシでは、降雨及び気温が発生に関わっている
8 とされるトウモロコシ根腐病が、これまで報告のなかった北海道十勝地方で 2011 年に大発生し、
9 最重要病害の一つになりつつある。¹¹⁶⁰⁰²⁾ ライグラスいもち病の発生は、1970 年代には宮崎県、高
10 知県、岐阜県、静岡県、栃木県に限られていたが、近年は石川県、富山県、新潟県、宮城県でも病
11 原菌が採集されたとの報告がある。本病の発生と気温との間に高い相関があるため、温暖化によ
12 り発生地域が北上している可能性が指摘されている。¹¹⁶⁰⁰²⁾

13

14 (雑草)

15 水稻への直接被害は明らかではないが、水田や周辺の雑草であり奄美諸島以南に分布していた
16 コヒメビエが、種子が死滅するとされる最低気温が -5°C 以下となる日の総日数の減少により越冬
17 し、1991 年以降九州各地に侵入していることが明らかとなった。¹⁰⁵⁰⁾ 北海道十勝地方では、土壌
18 凍結深が浅くなったことにより、収穫後圃場に残存したバレイショが雑草化(野良イモ化)し、
19 問題となっている。¹¹⁶⁰²¹⁾ また、東北地方では、気温上昇により普通型チガヤ(イネ科の雑草)の
20 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型のチガヤの雑種が広く分布
21 していることが確認され、生態型の分布特性に影響を及ぼしている。¹¹⁶⁰⁰⁷⁾ 特定外来生物のナルト
22 サワギクについて、分布と気候変数との関係を分析した結果、分布の拡大には最も気温が高い四
23 半期の平均気温が大きく関与していると推定されている。¹¹⁶⁰²⁶⁾

24

25 (かび毒)

26 土壌中に生息するアフラトキシン²¹⁾生産菌の分布を全国で調査した結果、年平均気温 16°C の等
27 温線が生産菌分布と高い相関を示したことから、生産菌の分布に気温が関与していると推察され
28 ている。¹¹⁶⁰⁴⁵⁾

29

30

31

21 アフラトキシン：マイコトキシンの中でも動物に強い発がん性を示す(マイコトキシン：かび(糸状菌類)の産生する第二次代謝産物で、ヒトあるいは家畜、魚類など高等動物に対して急性もしくは慢性の生理的あるいは病理的障害を与える物質群に与えられた総称。)

1

2 (将来予測される影響)

[概要]

(害虫)

- 害虫については、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が予測されている。
- 水稲の害虫であるミナミアオカメムシ、ニカメイガ、ツマグロヨコバイについて、気温上昇による発生量の増加が予測されている。ヒメトビウンカとそれが媒介するイネ縞葉枯病の発生に関し、東北、北陸地方で潜在的な危険性が増加すると予測されている。
- 水稲の害虫であるアカスジカスミカメの成虫発生盛日がイネの出穂期に近づくことで斑点米被害リスクが増加すると予測する研究がある。
- 水稲害虫以外でも、越冬可能地域や生息適地の北上・拡大や、発生世代数の増加による被害の増大の可能性が指摘されている。
- 夏季の気温上昇は、ミナミアオカメムシ及び一部のアブラムシに高温障害を引き起こす可能性が指摘されている。

(病害)

- 病害については、高CO₂条件実験下（現時点の濃度から200ppm上昇）では、発病の増加が予測された事例がある。
- 気温上昇によりイネ紋枯病による被害の増大が予測された事例がある。
- 降水頻度の減少により葉面の濡れが低下し、降水強度の増加により病菌が流出するため、感染リスクが低下するとする研究もある。

(雑草)

- 雑草については、コヒメビエ、帰化アサガオ類など一部の種類において、気温の上昇により定着可能域の拡大や北上の可能性が指摘されている。
- 北海道では、気温上昇により帰化雑草イガホビユの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が増加する可能性が示唆されている。

(かび毒)

- 気温上昇による土壌中でのアフラトキシン産生性菌株の生息密度の上昇が懸念されている。

3

4 (害虫)

1 年平均気温 15°Cの関東地方で各月の平均気温が 2°Cずつ上昇したと仮定して、年間世代数（1 年
2 間に卵から親までを繰り返す回数）の変化を予測した結果、クモ類については世代数の増加は起
3 こらないが、寄生性天敵や一部の捕食者は 1~3 世代増加する。また、害虫の中ではウンカ類で世
4 代数が増加することから、気温上昇によって水田内の害虫・天敵相の構成が変化することが予想
5 予測された。^{1053, 1059)}

6 日本産昆虫、ダニ、線虫の約 580 種の発育パラメータが取りまとめられており、気温変動によ
7 る発生世代数の推定が可能である。¹⁰⁵³⁾

8 外気より 2.5°C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
9 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
10 が増加し、定着が促進された。¹¹⁶⁰²⁷⁾

11 ヒメトビウンカとそれが媒介するイネ縞葉枯病の発生危険地帯判定を行った（IS92a シナリオ
12 を前提とした ECHAM4/OPYC3・CCSR/NIES 両気候モデルによる気候予測情報を使用）結果によると、
13 2060 年には北海道は危険地帯から外れるが、東北、北陸地方では潜在的な危険性が増加すると予
14 測された。¹⁰⁵⁵⁾ また、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
15 年の害虫の発生量を予測（SRES A2 シナリオエラー！ブックマークが定義されていません。を前
16 提とした MRI-CGCM2 モデルによる気候予測情報を使用）すると、ニカメイガでは 1.6 倍、ツマグ
17 ロヨコバイは 3 倍程度に増加するとされた。¹⁰⁵⁶⁾

18 福島県相馬市におけるアカスジカスミカメの成虫発生盛日とイネ出穂期の予測値を比較した研
19 究によれば、気温のみに影響を受けるアカスジカスミカメの発生盛日が気温と日長に影響を受け
20 るイネの出穂期に近づくことにより、斑点米被害リスクが増加することが示された（MIROC-H,
21 MIROC-M, MRI モデルによる気候予測情報を使用）。¹¹⁶⁰⁰¹⁾

22 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、カイガラムシ、ヨコ
23 バイ、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
24 されている。¹⁰⁵⁴⁾ リングの害虫であるコドリガについては、気温上昇による潜在的な生息適地の
25 増加が懸念されている。¹¹⁶⁰²⁴⁾ 気温・降水量の変化によるフタテンチヨコバイの個体群密度、増殖、
26 生息域、被害域の変化を予測した研究がある。2°Cの気温上昇では個体群密度が 2.7 倍になり、個
27 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。¹¹⁶⁰²⁹⁾ また、フタテンチヨコバイ
28 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
29 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、フタテンチヨコバイが
30 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
31 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
32 測情報を使用）。¹¹⁶⁰⁴²⁾ 野菜や花き類を食害するオオタバコガについて、成虫の羽化ピーク日の予測
33 モデルを用いて気温上昇時の羽化ピーク日と年間発生世代数を予測した研究によれば、気温上昇
34 に伴い羽化ピーク日が早期化すること、年平均気温が現在の平年値から 1°C以上上昇すると、年
35 間の発生世代数は 4 世代から 5 世代に増加することが予測されている。¹¹⁶⁰³⁰⁾

36 夏季の気温上昇は、ミナミアオカメムシ^{116017, 116025)} 及び一部のアブラムシ¹¹⁶⁰³⁷⁾ に高温障害を引
37 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°C高い温暖区と野外気温下の非

1 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
2 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
3 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
4 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。¹¹⁶⁰¹⁷⁾

6 (病害)

7 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
8 害(水稻:いもち病、紋枯病、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
9 ギさび病、果樹:カンキツグリーンング病と媒介昆虫ミカンキジラミ、リンゴ白紋羽病、黒星病、
10 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・
11 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。¹⁰⁵⁴⁾

12 野外水田においてCO₂を人為的に増加させるFACE (Free-Air CO₂ Enrichment) 実験水田での
13 発病調査により、高CO₂条件下(現時点の濃度から200ppm上昇)ではイネ紋枯病の発病株率が増
14 加するが、病斑高率(株元から病斑が達する高さ)は変化しない。またイネいもち病では葉いも
15 ちの発生は有意に上昇するが、穂いもちでは変化はみられなかった。^{1058, 116001)} 10種類の気候予
16 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
17 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-
18 Hモデルによる気候予測情報を使用)。¹¹⁶⁰⁰¹⁾

19 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
20 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
21 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。¹¹⁶⁰⁴⁰⁾

23 (雑草)

24 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
25 着可能域の拡大が予測されている。¹⁰⁵⁰⁾ 帰化アサガオ類の出芽、開花、結実時期の生態特性をもと
26 に、気温上昇時の分布拡大を推定した研究によれば、2°Cの気温上昇でマメアサガオ、ホシアサガ
27 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
28 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
29 情報を使用)。¹¹⁶⁰⁰¹⁾ 帰化雑草イガホビユの発芽条件(20°Cを超える日)に基づき北海道での発生日
30 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
31 て20°C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
32 (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)。¹¹⁶⁰⁰¹⁾

34 (かび毒)

- 1 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
- 2 れている。¹¹⁶⁰⁴⁷⁾国内では、温暖化による土壌中でのアフラトキシン産生性菌株の生息密度の上昇
- 3 が懸念されている。¹¹⁶⁰⁴⁸⁾

1 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

2 ● 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

3 【観点】社会／経済

4 害虫では分布域の北上・拡大、発生量の増加が既に生じており、同様の傾向が予測されている
5 ことから、害虫被害の増加あるいは発生地域の拡大、防除のための労力の増大が懸念される。病
6 害では、高温による被害の甚大化や気温上昇による発生地域の北上が生じているほか、将来では
7 気温上昇による被害の増大が予測されている事例もある。雑草では、気温上昇が分布拡大に寄与
8 しているとする研究事例があるほか、将来においても分布拡大や発生増加を予測する研究事例が
9 ある。病虫害雑草の分布域や発生量の増加は、作物の収量・品質に影響が及び、かつ農薬をはじ
10 めとする様々な防除手段を講じる必要があるため、直接的・間接的に、農家の収入低下等の経済
11 的損失につながる可能性がある。また、土壌に生息し強い発がん性を示すかび毒（アフラトキシ
12 ン）の分布に気温が関与しているという知見も得られており、今後の生息密度の上昇が懸念され
13 る。

14 ● 緊急性：【評価】高い

15 害虫では既にミナミアオカメムシの分布域の拡大が確認されている。ミカンキジラミやオオタ
16 バコガの分布域の拡大、一部の地域におけるフタテンチビヨコバイの発生の増加も温暖化が関係
17 していると考えられている。気温上昇との関連は明確ではないが、分布域が拡大している侵入・
18 難防除病虫害・雑草は増加しており、侵入警戒・防除対策は重要である。

19 ● 確信度：【評価】高い

20 害虫ではモデル予測や飼育実験にもとづく研究が増加しており、水稻、野菜・花き、果樹、飼
21 料用作物等の害虫で個体数・年間発生世代数の増加などが予測されている。雑草では、モデル予
22 測にもとづく研究は少数であるが、帰化アサガオ類の分布拡大や、一部の地域で帰化雑草イガホ
23 ビユの発生日数の増加が予測されている。

1 (7) 農業生産基盤

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

3 （気候変動による影響の要因）

4 ここでは、主に降水量や降水パターンの変化に伴う農業生産基盤（農地、農業用水、農業水利
5 施設等）への影響を扱う。

6 ● 降水量や降水パターンの変化は、渇水による水資源の不足や、融雪の早期化等を引き起こし、
7 用水路等の農業水利施設における取水に影響を及ぼす。

8 ● 降雨強度の増加、降雨強度の増加に伴う洪水氾濫、地下水供給、あるいは高潮や高波の発生
9 増加は、低標高の水田で湛水時間が長くなる、斜面災害が多発するなど、農地被害のリスク
10 を増加させる可能性がある。また、農業水利施設を管理する労力や、ため池の水位が設定さ
11 れた洪水位を超過する可能性が高まる可能性がある。

12

13 （現在の状況）

[概要]

- 農業生産基盤に影響を及ぼしうる降水量の変動について、1901～2000年の最大3日連続降雨量の解析では、短期間にまとめて強く降る傾向が増加し、特に、四国や九州南部でその傾向が強くなっている。
- また、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ている。
- 全国のため池管理者へのアンケート調査より、少雨（少雪）の頻度が増加したことにより、貯水量が十分に回復しなかった、受益地で用水不足が生じたといった問題が挙げられた。また、全国の排水機場管理者へのアンケート調査では、豪雨・洪水により年間のポンプ運転時間が増大・拡大しているという回答が多かった。
- コメの品質低下などの高温障害が見られており、その対応として、田植え時期や用水時期の変更、掛け流し灌漑の実施等、水資源の利用方法に影響が生じている。

14

15 農業生産基盤に影響を及ぼしうる降水量の変動について、1901～2000年の気象庁における日単
16 位の降水量観測値の解析では、年降水量は減少傾向を示す地点が多いが、最大3日連続降雨量の
17 解析では、短期間にまとめて強く降る傾向が増加し、特に、四国や九州南部でその傾向が強いと
18 されている。²⁰²³⁾ また、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
19 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
20 向は大きくなっている。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
21 味している。²⁰²⁴⁾

22 2011年に実施された全国1,500のため池管理者へのアンケート調査結果によると、少雨(少雪)

1 の頻度が増加したことによるため池への影響として、「初夏から梅雨にかけて雨が少なく、貯水量
2 が十分回復しなかった」、「受益地で用水不足が生じた（通常の水利用ができなかった）」などが挙
3 げられている。¹¹⁷⁰²²⁾

4 2012年に実施された全国56の排水機場管理者へのアンケート調査において、最近5年間の豪
5 雨・洪水による影響や被害の程度について10年前との変化を調査した結果によると、約7割の管
6 理者が年間のポンプ運転時間が増大・拡大していると回答している。¹¹⁷⁰²³⁾

7 また、高温による水稲の品質低下²⁰²⁰⁾などの影響が発生しており、その対応として、田植え時
8 期や用水時期の変更^{2018, 2025)}、掛け流し灌漑^{2019, 2021)}が、実施されるなど、水資源の利用方法に影
9 響が生じている。また、水温に関する影響の調査²⁰²²⁾も行われている。

10

11 (将来予測される影響)

[概要]

- 水資源の不足、融雪の早期化等による農業生産基盤への影響については、気温上昇により融雪流出量が減少し、用水路等の農業水利施設における取水に影響を与えることが予測されている。具体的には、今世紀末の代かき期において北日本（東北、北陸地域）ではRCP2.6シナリオでも利用可能な水量が減少し、RCP8.5シナリオではこれらに加えて西日本（近畿、中国地域）や北海道でも利用可能な水量が減少すると予測されている。一方、梅雨期や台風期にあたる6～10月では、全国的に洪水リスクが増加すると予測されている。
- 降雨強度の増加による洪水の農業生産基盤への影響については、低標高の水田で湛水時間が長くなることで農地被害のリスクが増加することが、将来の豪雨特性の不確実性も踏まえた上で予測されている。また、降雨の頻度や強度の増加は、地下水供給の増加を通じて地すべりの発生を増加させることが予想されており、斜面災害の多発による農地への影響が懸念される。
- 全国を対象として、気候変動による中長期的な降水変化がため池に及ぼす影響を分析した結果、RCP2.6、RCP8.5の両シナリオにおいて、大雨注意報の発表回数が21世紀末に増加するため、ため池管理にかかる労力が増加すると予測されている。また、RCP2.6、RCP8.5の両シナリオにおいて、21世紀末では大雨時のため池水位が設定された洪水位を超過する可能性が増加すると予測されている。

12

13 将来の渇水と洪水が全国の農業水利用に及ぼす影響について、地域の自然条件、農業水利用の
14 多様性を考慮して、CMIP5の5つの気候モデルから出力された11通りの気候シナリオと分布型水
15 循環モデルを用いて評価した研究では、今世紀末（2081-2100年）の代かき期において北日本（東
16 北、北陸地域）ではRCP2.6シナリオでも利用可能な水量が減少し、RCP8.5シナリオではこれらに
17 加えて西日本（近畿、中国地域）や北海道でも利用可能な水量が減少すると予測されている。一
18 方、梅雨期や台風期にあたる6～10月では、全国的に洪水リスクが増加し、その程度は将来のCO₂

1 濃度が高くなるほど増加する (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 シナリオを前提とした MIROC5, CSIRO-
2 Mk3-6-0, HadGEM2-ES モデルによる気候予測情報を使用)。^{117012, 117014} また、RCM20 による積雪メッ
3 シュデータの現在と将来 (2081~2100 年) を比較した研究 (A2 シナリオを使用) では、日本全国
4 で積雪メッシュ数が 50%減少するとされており、融雪の早期化や融雪水の減少により、ダム流域
5 の融雪流入量が減少し、農業用水に大きな影響を与える可能性があるとしている。²⁰³³ 加えて、
6 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
7 との報告もある。²⁰²⁸

8 このような水資源の不足、融雪の早期化などによる農業生産基盤への影響として、気候モデル
9 (GCM) と分布型水循環モデルを用いて灌漑に与える影響を評価した研究では、気温上昇により融
10 雪流出量が減少し、頭首工²² における取水に影響を与えることが予測されている (文献 2026 は
11 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。)^{2026, 2038}

12 一方で、将来的に豪雨規模は増大する傾向にあり、10 年確率 3 日雨量が最大 50~60mm 程度増
13 加するとの予測²⁰³⁵ や、堤防護岸相当の降雨強度の発生確率が、現状の 29 年確率 (中央集中型)
14 から 8 年確率相当に変化するとの予測²⁰⁴⁰ もある。このような降雨強度の増加による洪水の農業
15 生産基盤への影響については、豪雨の増加と排水の解析とを踏まえた予測において、低標高の水
16 田で湛水時間が長くなることで、農地被害のリスクが増加するとされている (文献 2036 は A1B シ
17 ナリオを前提とした MIROC3.2-hires モデルによる気候予測情報、及び A2 シナリオを前提とした
18 CGCM2 による GCM 実験出力を境界条件に RCM20 によりダウンスケールした気候予測情報を使用。
19 文献 2037 は 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)。^{2035,}
20 ^{2036, 2037}

21 低標高地への影響として、例えば、石川県加賀三湖地区では、将来の豪雨の発生頻度と雨量規
22 模の増大により、今世紀中頃 (2046-2065 年) では排水施設 (排水路、排水機場等) の容量が不足
23 する恐れがあるとする研究がある (MIROC_3.2hire モデルによる気候予測情報を使用)。¹¹⁷⁰⁰⁴ 加え
24 て、同地域において、複数の気候シナリオの豪雨特性の違いを不確実性として考慮した確率雨量
25 の推定分布を作成し、水田の浸水被害のリスク評価に用いた結果、水稻減収で表される水田被害
26 リスクが増大すると予測された。^{117021, 117026}

27 さらに、降雨の頻度や強度の増加は、地下水供給の増加を通じて地すべりの発生を増加させる
28 ことが予想¹¹⁷⁰²⁷ されており、斜面災害の多発¹¹⁷⁰²⁸ による農地への影響が懸念される。

29 そのほか、全国を対象として、気候変動による中長期的な降水変化がため池に及ぼす影響を分
30 析した事例において、RCP8.5 シナリオでは現在から 21 世紀半ば、21 世紀末にかけて大雨注意報
31 の発表回数が大きく増加し、RCP2.6 シナリオでも 21 世紀半ばに一旦発表回数が減少するものの、
32 21 世紀末には現在よりも増加するため、ため池管理にかかる労力が増加すると予測された。また、
33 ため池簡易解析モデルを用いて、大雨時のため池水位が設定された洪水位を超過する可能性につ
34 いて評価した結果、RCP2.6 シナリオでは今世紀半ばに洪水位超過可能性が減少する地域が多いも
35 のの、21 世紀末には RCP2.6 シナリオでも増加し、RCP8.5 シナリオで増加率が大きくなると予測
36 された (MRI-CGCM3 モデルによる気候予測情報を使用)。¹¹⁷⁰²⁵

22 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。

1 また、気候変動に関して、水田稲作等への被害として捉えるだけでなく、水田の貯留機能を流
2 域の洪水被害を緩和するプラスの効果として評価する例もある。^{2038, 2039)}

3

4 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

5 ● 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

6 【観点】社会／経済

7 流量等の両極端現象について大きな増大が予測される。全国的に影響が及ぶが、**代かき期では**
8 **特に融雪を水資源とする地域に大きな影響が及び、流量の減少とともに融雪時期の変化は水田の**
9 **管理に多大な影響を及ぼす。また梅雨期や台風期では、降雨強度の増加に伴い全国的な洪水リス**
10 **クの増加が予測されている。**水不足は農業用水に影響を与える可能性があり、一方で、降雨量の
11 増加は低平地の排水不良、土壌侵食、**農業水利施設の管理**などに影響を与える可能性がある。い
12 ずれも社会的経済的影響が大きい。すなわち、洪水や渇水といった両極端現象の発生頻度増大に
13 注目していくことが重要となる。

14 ● 緊急性：【評価】高い

15 全国的な気象現象の変化により、多雨年や渇水年が頻繁に発生していると同時に、短時間降水
16 量では、生起する多雨と少雨の幅が広がっている。**豪雨・洪水による排水機場への影響や、少雨**
17 **によるため池での用水不足が既に生じている。**また、高温障害によるコメなどの品質の低下への
18 対応等により、水資源の利用に影響が生じている。近未来（2015～2039年など）から21世紀末に
19 かけて農業生産基盤に対して各種の影響が予測されている。

20 ● 確信度：【評価】高い

21 研究・報告数は、気候モデルを用い、その結果を流出計算により定量的に評価した文献が比較
22 的多くあり、流出計算により定量的評価を行っている文献でも、洪水面、渇水面の予測の結果は
23 ほぼ整合している。**更に発展させ、複数の気候モデルや気候シナリオを用いて、気候モデルや降**
24 **雨特性の不確実性を踏まえた研究も増えている。農業水利用への影響評価法の開発やそれによる**
25 **全国的な将来予測の結果も示されていることから、確信度は高いと判断できる。**

1 (8) 食料需給

2 (気候変動による影響の要因)

3 ここでは、主に気温上昇による主要輸出国²³における主要穀物（小麦、大豆、トウモロコシ、コ
4 メ）の収量の変化やそれに伴う国内穀物価格の変化等を扱う。輸出国における食料等の原材料の
5 影響が、国内の製造業等に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
6 扱う。

- 7 ● 気温の上昇は、主要穀物など国際的に取引される作物の収量の減少や不安定化（年々変動の
8 増大や複数の生産地域での同時不作）を引き起こす可能性がある。
- 9 ● 作物の収量減少・不安定化は、国際市場への供給量の低下や価格の上昇をもたらす可能性が
10 ある。

11

12 (現在の状況)

[概要]

- 主要穀物（小麦、大豆、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。暑熱と気温上昇に伴う潜在蒸発散量の増加により、特に低緯度地域で収量が減少していることや、CO₂濃度の上昇による施肥効果と播種日の移動など簡易な対応策を考慮しても、気候変動により世界全体での平均収量が減少していること等が報告されている。
- 既に世界的にさまざまな段階の適応が進んでいる。播種日の移動や品種の変更といった栽培管理を変更する比較的簡易な対応だけでなく、栽培する作物の変更や栽培地域の移動などより大掛かりな対応も見られる。
- 穀物収量の減少が社会・経済に影響を及ぼした近年の事例として、オーストラリアでの干ばつなど異常気象による世界的な減産が 2006～2008 年の穀物価格高騰の一因になったこと、2010 年のロシアの熱波と干ばつによる小麦の供給不足が中東や北アフリカで暴動を引き起こしたこと、2012 年の米国の高温・乾燥による減産でトウモロコシや大豆の国際価格が史上最高値を更新したことなどが報告されている。
- 気候の年々変動（気候システムの自然変動）が穀物の収量変動の主要因だが、人為的な気候変動により、気候システムの年々変動が変調してきており、一部の地域では干ばつの深刻化を通じて作物生産に影響を与えているとする研究がある。

13

14 小麦、大豆、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
15 れている。暑熱と気温上昇に伴う潜在蒸発散量の増加により世界全体で収量が減少していること
16 ¹¹⁸⁰²⁷、CO₂濃度の上昇による施肥効果と播種日の移動など簡易な対応策を考慮しても、気候変動に

23 主要輸出国：本報告書では、日本への輸出量が多い国を指す。

1 より世界全体での平均収量が減少していること¹¹⁸⁰¹²⁾等が報告されている。

2 コメに関しては、世界全体で見れば気候変動による影響は比較的小さいとする研究^{118012, 118027)}
3 がある。ただし、影響は地域的に大きく異なり、フィリピンでは乾季の生育期間の最低気温が既
4 に約1℃上昇し、収量が10%減少したとする研究¹¹⁸⁰⁴⁰⁾もある。

5 既に観測されている気候変動に対して世界的にさまざまな段階の適応が進んでいる。播種日の
6 移動や品種の変更といった栽培管理を変更する比較的簡易な対応だけでなく、栽培する作物の変
7 更や栽培地域の移動などより大掛かりな対応も見られる。¹¹⁸⁰⁵⁷⁾開発途上国では、農業以外の収入
8 源を確保するなどの対応も見られる。¹¹⁸⁰⁵⁸⁾

9 収量の減少が社会・経済に影響を及ぼした近年の事例として、オーストラリアでの干ばつなど
10 異常気象による世界的な減産が2006～2008年の穀物価格高騰の一因になったこと、2010年のロ
11 シアの熱波と干ばつによる小麦の供給不足が中東や北アフリカで暴動を引き起こしたこと、2012
12 年の米国の高温・乾燥による減産でトウモロコシや大豆の国際価格が史上最高値を更新したこと
13 などが報告されている。^{118054, 118059)}気候の年々変動が穀物の収量変動の32～39%（主要穀倉地帯
14 では60%以上）に寄与しているとする研究もある。¹¹⁸⁰⁴⁹⁾これらの気候の年々変動は気候システム
15 の自然変動だが、人為的な気候変動により、気候システムの年々変動が変調してきており、干ば
16 つの深刻化を通じてアフリカ南部の作物生産に影響を与えているとする研究がある。¹¹⁸⁰⁶⁰⁾

17

18 (将来予測される影響)

- 世界全体では、予測される将来の気温上昇はコメ、小麦、大豆、トウモロコシ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。一方で、予測される気候変動の収量影響は地域や作物、想定するCO₂濃度、適応策の有無で異なる。
- コメ、コムギ、ダイズ、トウモロコシの主要生産国・輸出国の収量予測は以下のとおり。
 - コメについて、RCP4.5シナリオでは13の主要生産国で2080～2089年に平均収量の減少が予測されている。主要輸出国であるタイでは、RCP8.5シナリオにおいて高い脆弱性が指摘されている。
 - 小麦について、主要輸出国である米国では、RCP8.5シナリオの場合、2067～2099年の収量が1981～2004年と比較して70%減少すると予測されている。カナダでは、SRES A2シナリオの場合、2041～2070年の収量が1971～2000年と比較して26～37%増加すると予測されている。豪州では、RCP4.5シナリオ及びRCP8.5シナリオでは、2050年代では播種日の変更、品種選択の適応策の実施により収量増加が期待できる一方、RCP8.5シナリオでは、2090年代に栽培適地の減少による収量減少のほうがCO₂濃度の上昇や適応策の効果を上回ることが危惧されている。
 - 大豆について、主要輸出国である米国では、RCP8.5シナリオの場合、2067～2099年の収量が1981～2004年と比較して70%減少すると予測されている。また、RCP4.5シナリオ、RCP8.5シナリオでは2085～2094年において乾燥により米国

中西部での減少量が大きくなることも予測されている。カナダでは、気温上昇による栽培期間の短縮、2041～2070年における収量の微増、RCP8.5シナリオでは2071～2100年における減少が予測されている。ブラジルでは、RCP8.5シナリオの場合、雨季の短縮により、2031～2050年には2013～2030年と比較して二毛作に適した農地が10%減少すると予測されている。

- トウモロコシについて、主要輸出国である米国では、2021～2050年の収量が1970～1999年と比較して20～50%、RCP8.5シナリオの場合2067～2099年の収量が1981～2004年と比較して71%減少すると予測されている。また、RCP4.5シナリオ、RCP8.5シナリオでは2085～2094年において乾燥により米国中西部での減収量が大きくなることも予測されている。一方、南アフリカでは収量増加が予測されている。

1

2 世界全体では気温上昇はコメ、小麦、大豆、トウモロコシの収量を減少させることが多数の文
3 献を調査した研究で確認されている。^{118001, 118038)} 一方で、予測される気候変動の収量影響は地域
4 や作物、想定するCO₂濃度、適応策の有無で異なる。¹¹⁸⁰⁶¹⁾ 例えば、小麦及びトウモロコシでは高
5 緯度地域で収量の増加、低緯度地域で収量の減少、コメ及び大豆では中・高緯度地域で収量の増
6 加が予測されている（気候モデル間での整合性は小麦、トウモロコシよりも低い）（CMIP5の気候
7 モデルによる予測情報を使用）。¹¹⁸⁰⁴⁸⁾ また、大豆、トウモロコシでは生産地の北上が予測されてい
8 る¹¹⁸⁰²⁶⁾ ほか、トウモロコシについては複数の主要生産・輸出国での同時不作の可能性が気候変動
9 で高まるとする研究がある。¹¹⁸⁰⁶²⁾ なお、小麦のタンパク含有量や米の外観品質は気候変動で低下
10 する可能性が高いと予測されるが、収量の低下を抑制するための適応策と穀物品質の低下を抑制
11 するための適応策は必ずしも一致しない可能性があるため、注意が必要である。コメについて、
12 RCP4.5シナリオでは13の主要生産国で2080～2089年に平均収量の減少が予測されている。その
13 うち主要輸出国であるタイでは、RCP8.5シナリオにおいて高い脆弱性が指摘されている。（CMIP5
14 の26の気候モデルの気候予測情報を使用）。¹¹⁸⁰³⁷⁾

15 小麦について、主要輸出国である米国では、気温上昇、降水量変化により2067～2099年の収量
16 が1981～2004年と比較して70%減少すると予測されている（RCP8.5シナリオを前提とした
17 HadGEM2-ESモデルによる気候予測情報を使用）。¹¹⁸⁰³⁶⁾ 一方カナダでは、気温上昇、降水量変化、
18 CO₂濃度上昇により、2041～2070年の収量が1971～2000年と比較して26～37%増加すると予測さ
19 れている（SRES A2シナリオを前提としたCRCM, CRCMWG, CGCM3WG等の8つのモデルによる気候
20 予測情報を使用）。¹¹⁸⁰³²⁾ 豪州では、RCP4.5シナリオ、RCP8.5シナリオにおいて、2050年代では播
21 種日の変更、品種選択の適応策の実施により収量増加が期待できる一方、RCP8.5シナリオでは、
22 2090年代に栽培適地の減少による収量減少のほうがCO₂濃度の上昇や適応策の効果を上回ること
23 が危惧されている（BCC-CSM1.1, CCSM4, CESM1 (BCG)等の12のモデルによる気候予測情報を使
24 用）。¹¹⁸⁰⁰⁵⁾

25 大豆について、主要輸出国である米国では、気温上昇、降水量変化により2067～2099年の収量
26 が1981～2004年と比較して70%減少すると予測されている（RCP8.5シナリオを前提とした

1 HadGEM2-ES モデルによる気候予測情報を使用)。¹¹⁸⁰³⁶⁾また、RCP4.5 シナリオ、RCP8.5 シナリオで
2 は 2085～2094 年において乾燥により米国中西部での減少量が大きくなることも予測されている
3 (CCSM4, GFDL-ESG2G, HadGEM2-ES モデルによる気候予測情報を使用)。¹¹⁸⁰³⁹⁾カナダでは、気温上
4 昇による栽培期間の短縮、2041～2070 年における収量の微増、RCP8.5 シナリオでの 2071～2100
5 年における減少が予測されている (CanRCM4 モデルによる気候予測情報を使用)。¹¹⁸⁰²⁹⁾ ブラジル
6 では雨季の短縮により、2031～2050 年には 2013～2030 年と比較して二毛作に適した農地が 10%減
7 少すると予測されている (RCP8.5 シナリオを前提とした HadGEM2ES モデルによる気候予測情報
8 使用)。¹¹⁸⁰¹⁶⁾

9 トウモロコシについて、主要輸出国である米国では、2021～2050 年の収量が 1970～1999 年と
10 比較して 20～50%¹¹⁸⁰¹³⁾、2067～2099 年の収量が 1981～2004 年と比較して 71%減少する¹¹⁸⁰³⁶⁾と予
11 測されている (118013 : RCP2.6 シナリオ、RCP4.5 シナリオ、RC6.0 シナリオ、RCP8.5 シナリオを
12 前提とした access1-0, bcc-csm1-1, canesm2 等 合計 31 の気候モデル (97 の気候シナリオ) を
13 使用、118036 : RCP8.5 シナリオを前提とした HadGEM2-ES モデルによる気候予測情報を使用)。ま
14 た、RCP4.5 シナリオ、RCP8.5 シナリオでは 2085～2094 年において乾燥により米国中西部での減
15 収量が大きくなることも予測されている (CCSM4, GFDL-ESG2G, HadGEM2-ES モデルによる気候予
16 測情報を使用)。¹¹⁸⁰³⁹⁾一方南アフリカでは気温上昇、降水量の変化、CO₂ 濃度上昇による収量増加
17 が予測されている (SRES A1B シナリオ、SRES B1 シナリオを前提とした CCCMA-CGCM3.1, CNRM-cm3,
18 CSIRO-mk3.5 等の 8 つのモデルによる気候予測情報を使用)。¹¹⁸⁰³¹⁾

19

20 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

21 ● 重大性：【評価】影響が認められる

22 【観点】社会／経済

23 主要穀物（コメ、小麦、大豆、トウモロコシ）について、世界全体では、気候変動がなかった場
24 合に比べて、気温上昇による収量低下が生じており、今後も気候変動が進行すれば、収量低下が
25 大きくなると予測されている。しかしながら、気候変動と同時に栽培技術の進歩が同時に進んで
26 いるため、気候変動の影響は、収量の正味の低下ではなく、収量増加の鈍化として顕在化すると
27 見込まれる。人口増加に伴って食料需要が逼迫傾向にある場合、作物の収量減少は国際市場への
28 供給量の低下を通じて価格を上昇させる可能性があり、食品原材料や飼料原料としてコムギやダ
29 イズ、トウモロコシの国内消費量の 8～9 割を輸入している我が国への影響は大きいと想定され
30 る。ただし、国内の生産力を強化する、輸入先を変更・分散する等の対策を講じることにより、
31 影響を低減することは可能であると考えられる。

32 ● 緊急性：【評価】中程度

33 異常気象による穀物の収量低下やそれに伴う穀物価格の高騰の事例がある。また 21 世紀中頃
34 は主要輸出国での収量減少（高緯度地域など一部では収量増加）が予測されている。コメを除く
35 穀物の自給率（重量ベース）が低い我が国では、今後、国内生産力の強化や輸入国の変更・分散
36 等の検討が必要となる可能性がある。

- 1 ● 確信度：【評価】高い
- 2 主要穀物の収量や栽培適地の変化等について、将来気候シナリオを用いた全球レベル及び主要
- 3 生産国の予測研究が多数ある。地域間差や作物間差はあるものの、気候変動の進行に伴い世界の
- 4 平均収量は低下するとの将来見通しは複数の研究事例で概ね一致している。

1 【林業】

2 (1) 木材生産（人工林等）

3 (気候変動による影響の要因)

4 ここでは林業の観点から、主に気温の上昇や CO₂ 濃度の上昇に伴うスギやヒノキ等の人工林の
5 成長、林業害虫や風害を扱う。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
6 林）では主に人工林の生産量の変化や生育適地の変化を扱う。

7 ● 気温の上昇と地域的な降水量の減少は、大気乾燥化等を通して、スギ人工林の成長に影響
8 を及ぼすことが想定される。

9 ● 気温や CO₂ 濃度の上昇は、人工林の純一次生産に影響することが想定される。

10 ● 気温の上昇は、病虫害の分布の拡大や害虫の発生世代数の増加を生じさせ、人工林への被害
11 が拡大することが想定される。

12 ● 気候変動により強い台風が増加すると予想されており、人工林の風害の増加が懸念される。

13

14 (現在の状況)

[概要]

● 一部の地域で、スギの衰退現象が報告されており、その要因に大気乾燥化による水ストレスの増大を挙げる研究報告例もある。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降水量の減少によって生じているか明確な証拠はない。スギの衰退と土壌乾燥しやすさとの関連も明らかではない。

● 全国のスギ、ヒノキ、アカマツ、カラマツの人工林の成長データを解析し、CO₂ 濃度の上昇、窒素沈着量、気候変動といった環境要因が人工林の成長量にどの程度寄与していたかを定量化した研究では、1980 年から 2005 年では成長量の増加が 4.0~7.7 Mg C ha⁻¹ (1ha あたり炭素蓄積量の 8.4~21.6%) であったこと、全ての樹種で環境要因による成長量の増加がみられたことが示されている。ただし、気温や CO₂ 濃度の上昇との関連は明確ではない。

● 気温が高いとマツ材線虫病被害の危険度が高くなることや、マツ材線虫病の分布北限地で被害の分布北限が拡大していることが報告されている。ただし、気温以外の要因もマツ材線虫病被害に影響を与えうるので慎重な検証が必要である。

● 人工林における風害が増加しているかどうかについては、研究事例が限定的であるため、現時点では必ずしも明らかでない。一方で、林木が過密な状態で成長した場合や、強雨によって土壌へ大量の水が供給された場合に、強風に対する力学的抵抗性が減少することが示されている。

15

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37

関東地方の平野部あるいは瀬戸内地域では、スギの衰退現象が報告されているが^{1064, 1065, 1068}、これは大気の乾燥化による水ストレスの増大が原因であると指摘する論文がある。¹⁰⁶⁶ スギの衰退が報告されている地域と蒸散降水比が高い地域とが概ね対応していたことから、蒸散量と降水量がスギの衰退と関連している可能性がある。¹⁰⁷⁰ しかし、大気の乾燥化あるいはそれによるスギの水ストレスの増大が、温暖化あるいは温暖化による降水量の減少によって生じているかについては明確な証拠はない。スギの衰退現象が報告されている地域（三河、瀬戸内）には土壤保水力が低い土壤が分布していたが、一方で、同じくスギの衰退が報告されている関東地方の土壤保水力は高かった。¹⁰⁷⁰ また、スギ人工林において5月から4ヶ月間、樹液流速、飽差、土壤水分を観測した調査では、スギ成木の蒸散量は主に飽差によって決まり、土壤水分の影響を受けていなかったという報告もある。¹²¹⁰²⁶ そのため、スギの衰退と土壤の乾燥のしやすさとの関連は明らかでなく、スギの衰退が乾燥化によるものであるとは明確には言えない。また、スギの衰退は大気汚染や土壤物理性等の乾燥化以外の要因であるとする論文もあり^{1064, 1068}、慎重な検証が必要である。

人工林の成長量の変化については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。¹²¹⁰¹² 全国のスギ、ヒノキ、アカマツ、カラマツの人工林の成長データを解析し、CO₂濃度の上昇、窒素沈着量、気候変動といった環境要因が人工林の成長量にどの程度寄与していたかを定量化した研究では、1980年から2005年では、成長量の増加が4.0～7.7 Mg C ha⁻¹（1haあたり炭素蓄積量の8.4～21.6%）であったこと、全ての樹種で環境要因による成長量の増加がみられたことが示されている。¹²¹⁰³²

気温が高いとマツ材線虫病被害の危域度が高くなるという報告がある。¹⁰⁶⁷ 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との報告もある。¹²¹⁰⁰¹ ただし、気温以外の要因もマツ材線虫病の被害に影響を与えうるので、現状影響に関しても慎重な検証が必要である。

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¹⁰⁶⁰ 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年間に上昇傾向にあった¹⁰⁶² 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¹²¹⁰⁰⁴、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¹²¹⁰²⁴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、土壤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。¹²¹⁰²²

1

2 (将来予測される影響)

[概要]

- 気温が現在より 3°C上昇すると、蒸散量が増加し、特に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がある。
- 現状と同じ林業活動を仮定し、日本のスギ人工林の炭素蓄積量及び炭素吸収量の低下を予測した研究事例がある。
- 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。2050年までに年平均0.9°C上昇する場合には、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ある。一方、2100年までに世界平均で4.5°C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もある。
- その他、ヒノキの苗木について、気温の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°C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がある。
- 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。
- 高齢林化が進むスギ・ヒノキ人工林における風害の増加が懸念される。

3

4 現気候下では、葉量が1haあたり 2×10^4 kgの仮想スギ林の蒸散量が北日本で年間450mm、南日
5 本で同じく850mmと推定されている。これと同じ仮想スギ林について気温が現在より3°C上昇し
6 た場合のシミュレーションを行ったところ、蒸散量が年間65~100mm増加すると推定された。¹⁰⁶⁹⁾
7 降水量が現在と同様であると仮定すると、水環境の指標である蒸散降水比(年蒸散量/降水量)は
8 3°Cの気温上昇下で現在よりも増加し、特に降水量が少ない地域で、スギ人工林の脆弱性を増加さ
9 せる懸念があるとする論文がある。¹⁰⁶⁹⁾ 2081~2100年の蒸散降水比の分布を温暖化シナリオ(気
10 象庁・気象研究所開発による気候統一シナリオ第2版)に基づいて作成すると、地域により蒸散
11 降水比の上昇や下降が見られるが、関東地方では概して蒸散降水比が上昇し、この地域でのスギ
12 衰退が懸念されるとする論文がある。¹⁰⁷⁰⁾ ただし、これらについては、大気CO₂濃度の上昇の影響
13 が考慮されていないため、温暖化・乾燥化によるスギの衰退についての正確な予測のためには今

1 後さらに研究を進めていく必要がある。

2 間伐や伐採、再造林等の林業活動が現状と同じと仮定してシミュレーションを行った結果、気
3 候シナリオデータ（A1B シナリオ²⁴を前提とした MIROC3.2-hires モデルによる気候予測情報を使用）
4 を用いた場合（温暖化）に、平年値を用いた場合（現状）よりも日本のスギ人工林の炭素蓄積
5 量及び炭素吸収量が低くなったという論文がある。¹⁰⁷¹ **ただし、大気 CO₂濃度の上昇の影響は考慮**
6 **されていない。**

7 **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、2050年**
8 **の九州（高山帯を除く）のスギ人工林の純一次生産量を推定した結果、気温上昇に伴う呼吸量の**
9 **増加によりスギ人工林の純一次生産量は低下することが示唆されている（2050年までに対象地域**
10 **において年平均 0.9℃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**
11 **スモデルを使用）。¹²¹⁰³⁰一方、スギ人工林の観測データを用いてプロセスモデルのパラメータを最**
12 **適化し、2071～2100年の九州のスギ人工林の純一次生産量を推定・地図化した研究では、純一次**
13 **生産量は広範囲で上昇するが、現時点で純一次生産量が高い水準にある地域では必ずしも温暖化**
14 **による純一次生産量の上昇は見込めないことが示されている（2100年までに世界平均で 4.5℃の**
15 **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）。¹²¹⁰¹⁵**
16 **スギは本来の適地でない高標高地域や寒冷な地域にも植林されてきた経緯があり、気温の上昇に**
17 **よる生産量の変化にはこのような植栽環境の違いも踏まえるなど、温暖化によるスギ人工林の生**
18 **産量の正確な予測のためには、今後さらに研究を進めていく必要がある。**

19 外気温に追従させて+1.0℃、+2.0℃、+3.0℃で制御した人工気象室でヒノキの苗木を栽培した
20 ところ、どの温度上昇区でもバイオマス成長量の増加は明らかでなかったという論文がある。¹⁰⁷²
21 **また、秋季に外気温に追従させて+3℃で制御した人工気象室で当年生アカマツ苗を栽培した実験**
22 **では、アカマツ苗の成長が抑制された。¹²¹⁰⁰⁸ただし、これらについては実験室内での結果である**
23 **ため、温度上昇に対するヒノキやアカマツの成長応答の正確な予測のためには今後さらに研究を**
24 **進めていく必要がある。**

25 **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**
26 **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**
27 **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**
28 **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。¹²¹⁰³¹**

29 **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**
30 **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**
31 **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**
32 **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,**
33 **6.0, 8.5を前提とした GFDL-CM3, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR, MIROC-ESM-CHEM, NorESM1-M モデ**
34 **ルによる気候予測情報を使用）。¹²¹⁰²¹また、B2 シナリオ、450s シナリオ、550s シナリオ²⁵を前提**
35 **として気候感度 3℃想定して簡易気候モデルにより計算された全球平均気温上昇と、A1B シナリオ**

²⁴ シナリオの概要については、P390以降の『(参考)気候予測に用いられている各シナリオの概要』を参照。

²⁵ シナリオの概要については、P390以降の『(参考)気候予測に用いられている各シナリオの概要』を参照。

1 を前提とした MIROC3.2-hires モデルによる気候予測情報の空間分布を組み合わせ作成した気
2 候シナリオを使用して、マツ材線虫病の発生危険域の面積変化（1990年に危険域ではない潜在マ
3 ツ林域が危険域に変化した面積割合）を推定したところ、どのCO₂濃度変化シナリオでも、マツ材
4 線虫病発生危険域が拡大すると推定された。⁰⁰⁰²⁾ただし、これらのマツ材線虫病の発生危険地域の
5 推定については、気温上昇のみが考慮されており、降水量の変動の影響が考慮されていないため、
6 マツ材線虫病の被害の正確な予測のためには、マツの生理応答を含め、今後さらに研究を進めて
7 いく必要がある。

8 **北海道におけるヤツバクイムシの平均世代数²⁶が、2001～2010年には1.8であったものが**
9 **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**
10 **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）¹⁰⁷³⁾。温暖**
11 **化によるヤツバ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**
12 **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**
13 **とが考えられ、ヤツバ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**
14 **に研究を進めていく必要がある。**

15 **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**
16 **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**
17 **研究がある。¹²¹⁰¹⁷⁾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**
18 **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**
19 **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（SRES A1Bシナリオを前提とした**
20 **MIROC-Hモデルによる気候予測情報を使用）。¹²¹⁰³³⁾**

21 若齢林よりも高齢林で台風による風害が発生しやすく¹⁰⁶¹⁾、樹高の高い林分ほど風害が発生し
22 やすい¹⁰⁶³⁾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
23 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。
24 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
25 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
26 め今後さらに研究を進めていく必要がある。

27

28 （重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

29 ● 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

30 【観点】社会／経済／環境

31 スギ、ヒノキ、アカマツ、**カラマツ**等の人工林の主要樹種については、影響があればその影響
32 の範囲は全国に及ぶ。これらの人工林の衰退、生産力の低下等は、森林の生態系サービスの低下
33 を引き起こし、社会、経済、環境に大きな影響を及ぼす可能性がある。社会面では、山地、中山間
34 地の住民生活への影響、経済面では、林業への影響、観光業への影響、**環境面では、水源涵養・洪**
35 **水調節、土砂流出防備、生物多様性保全、二酸化炭素吸収などの機能の低下が挙げられる。これ**

26 平均世代数：1年間に卵から親までを繰り返す回数

- 1 までの知見によれば、気温が高いとマツ材線虫病被害の危険度が高くなることや、林木が過密に
2 成長している場合や強雨によって土壌へ大量の水が供給された場合に強風に対する力学的抵抗性
3 が減少することが示されている。将来予測では人工林の純一次生産量に影響することや、害虫に
4 よる被害の拡大及び害虫の年間世代数の増加、病菌の分布拡大が予測されている。高齢林化が進
5 んでいる人工林での風害の増加が懸念される。
- 6 ● 緊急性：【評価】 高い
- 7 既に森林の衰退、病害の増加、風害の増加などの被害が生じているという報告がある。育種や
8 森林管理等による適応策が考えられるが、林木の生産期間は長く、また育種に要する期間も長く、
9 適応策の策定、実施には大変時間がかかるので、すぐに着手する必要がある。
- 10 ● 確信度：【評価】 中程度
- 11 森林の光合成や蒸発散、有機物分解過程を数式化したモデルを用いて、将来の人工林の純一次
12 生産量を定量的に予測する研究が複数みられる。しかし、収集した知見の中には研究プロジェク
13 トの中間段階の成果も含まれていることから、今後さらに科学的知見を蓄積する必要がある。

1 (2) 特用林産物(きのこ類等)

2 (気候変動による影響の要因)

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

- 5 ● 気温の上昇は、原木栽培のシイタケに影響を及ぼす病原体(真菌)の侵害力を高め、シイタ
6 ケへの被害を悪化させる可能性がある。
- 7 ● 夏季の気温の上昇は、原木栽培のシイタケの子実体(きのこ)発生量を減少させることが想
8 定される。
- 9 ● 気温の上昇は、シイタケ原木栽培の害虫の発生早期化、年間世代数の増加を通じて、シイタ
10 ケの害虫被害を増加させることが想定される。

11

12 (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・ハルチアナムによる被害は、高い温度環境で大きくなることが確認されつつある。
- 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。これまで被害報告のなかった千葉県、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る。
- 夏場の高温がヒポクレア菌による被害を助長する要因となっている可能性があるとの報告がある。

13

14 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
15 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
16 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
17 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
18 る。^{122001, 122005}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
19 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。^{122001, 122005}

20 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
21 が報告されている。^{122001, 122003, 122005}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
22 の測定を行った結果、ヒポクレア属菌の菌糸伸長は 25℃もしくは 30℃で最大となった¹²²⁰⁰¹ こと
23 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
24 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
25 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
26 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

1 ている可能性がある。¹⁰⁷⁵⁾また、5年ほど前からこれまで報告のなかった千葉県、茨城県、静岡県、
2 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
3 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
4 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
5 が示唆された。

6
7 (将来予測される影響)

[概要]

- シイタケの原木栽培において、夏場の気温上昇と病害菌の発生あるいはシイタケの子実体（きのこ）の発生量の減少との関係を指摘する報告がある。
- 冬場の気温の上昇がシイタケ原木栽培へ及ぼす影響については、現時点で明らかになっていない。
- 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を予測する研究事例がある。

8
9 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）
10 の発生量の顕著な減少が見られた。¹⁰⁷⁵⁾シイタケの原木栽培において、夏場の気温と病害菌の発
11 生¹⁰⁷⁴⁾あるいは子実体発生量の減少¹⁰⁷⁵⁾との関連が指摘されており、温暖化によるシイタケ原木
12 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
13 能になる可能性もある。

14 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^{1076,1077)}。一方で、
15 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
16 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
17 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
18 いく必要がある。

19 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
20 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
21 月までの平均気温の上昇に伴い成虫の出現時期が1ヵ月から1ヵ月半ほど早まるとする研究があ
22 る（IPCCによる1.8~4.0℃の上昇を想定）。¹²²⁰⁰⁵⁾北関東以南で1年に3~4回発生しているムラ
23 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
24 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。¹²¹⁰⁰²⁾

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

- 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

【観点】社会／経済／環境

病原体によるシイタケ原木栽培への被害の拡大が報告されている。また試験・調査では高い温度環境で病原体の侵害力が大きくなることも確認されている。さらに将来では、シイタケ原木栽培の害虫の発生時期の早期化や発生回数の増加が予測されている。栽培きのこ類の生産額は林業産出額の約半分を占めるため、こうした影響の範囲が全国に及ぶことによるシイタケ原木栽培の生産力の低下等は、社会、経済、環境に大きな影響を及ぼす可能性がある。社会面では、シイタケ原木栽培の生産力の低下による、シイタケ原木栽培に依存した山地、中山間地のコミュニティへの影響が想定される。経済面では、シイタケ原木栽培の生産力の低下による極めて大きな経済的損失、環境面では、コミュニティの崩壊による森林管理の不全による生態系サービスの低下が挙げられる。

- 緊急性：【評価】高い

既にシイタケ原木栽培への被害（生産量の低下）が生じており、育種等による適応策の策定、実施には大変時間がかかるので、すぐに着手する必要がある。

- 確信度：【評価】中程度

高温と病原体による被害の関係が試験・調査より明らかになりつつあり、気候モデルを用いた定量的な予測研究も蓄積されつつあるが、正確な予測のためには今後引き続き研究を進めていく必要がある。

1 【水産業】

2 (1) 回遊性魚介類（魚類等の生態）

3 (気候変動による影響の要因)

4 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量や
5 成長量の変化のほか、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
6 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。

- 7 ● 回遊性魚介類は適水温域を分布・回遊する特性がある。そのため、海水温の上昇によって分
8 布・回遊範囲が極方向（北半球では北方）または深い水深に移動する。
- 9 ● 高水温によって海洋の鉛直混合が弱まると、深層域からの栄養塩類の供給量が少なくなる。
10 その結果、生物の基礎生産が低下し、魚介類の成長、資源量が低下することが想定されてい
11 る。
- 12 ● 日本周辺海域では、高水温によって暖水性魚種が増加し、冷水性魚種が減少する。その結果、
13 各地域の漁獲量、構成魚種が変化し、漁業、加工業や流通業に影響を与えることになる。
- 14 ● 海洋生態系は、地球温暖化による昇温の影響の他、10～数十年スケールの周期的な海水温の
15 変化による影響もあり、温暖化の影響のみを分離することは難しいため、慎重な要因分析が
16 必要である。

17

18 (現在の状況)

[概要]

- 20世紀以降の海洋の昇温は、世界全体の漁獲可能量を減少させた要因の一つとなっていることが指摘されている。
- 現在、温暖化に伴う海洋生物の分布域の変化が世界中でみられている。日本周辺海域における主要水産資源（回遊性魚介類）の分布域の変化、それに伴う漁期・漁場の変化は下記の通りである。
 - クロマグロは、昇温が著しい日本海において、仔魚の分布が拡大したと推測されている。
 - ブリは、日本全体で漁獲量が増加しており、特に北海道、東北地域で増加が顕著となっている。
 - サワラは、日本海や東北地方太平洋沿岸域で漁獲量が増加している。
 - シロザケは、海洋生活初期の高水温によって回帰率が低下したと推察される。
 - スルメイカの回遊経路の変化に伴い、漁期の短縮や来遊量の変化が各地で指摘されている。
 - サンマは、親潮の流路変動の影響も受けながら道東海域の漁場が縮小した。

➤ スケトウダラは、北海道周辺海域や日本海において加入量が減少している。

- 高水温によるこのような変化によって加工業や流通業に影響が出ている地域もある。

1
2 「変化する気候下での海洋・雪氷圏に関する IPCC 特別報告書」では、20 世紀以降の海洋の昇温
3 は、世界全体の漁獲可能量を減少させた大きな要因の一つとなっていることが指摘されている。
4 また、海洋の昇温、生化学的変化、その他の変化に伴い、世界の多くの地域で漁獲される資源の
5 量や構成が変化しているとしている。¹³¹⁰⁹³

6 現在、温暖化に伴う海洋生物の分布域の変化が世界中でみられ、それに伴う漁獲量の変化も報
7 告されている。¹⁰⁷⁹ 日本周辺海域における主な変化として、昇温が著しい日本海ではクロマグロの
8 仔魚の分布が拡大したと推測されている。¹³¹⁰⁷¹ ブリでは、日本全体での漁獲量が増加しており、
9 特に北海道、東北海域で増加が顕著であることから、海水温の上昇が理由の一つとして考えられ
10 ている。^{131002, 131017, 131019, 131055, 131059, 131061} その他、海水温の上昇によってサワラの漁獲量が日本
11 海や東北地方太平洋沿岸域で増加したことが報告されている。^{131017, 131094}

12 一方、シロザケについては回帰率が海洋生活初期の高水温によって低下したと推察されている。
13 ^{131048, 131090} 加えて、スルメイカについても回遊経路の変化による漁期の短縮や来遊量の変化が日
14 本の各地で指摘されている。¹³¹⁰⁰⁸ サンマにおいても、親潮の流路変動と水温上昇によって道東海
15 域の漁場が縮小したとする研究がある。¹³¹⁰⁴⁰ スケトウダラでは、北海道周辺海域や日本海におい
16 て、海水温の上昇が原因の一つと考えられる加入量の減少が報告されている。^{131006, 131084} もの、
17 冬季の水温上昇はスケトウダラ幼魚の成長を加速させることから生残率が向上するとする研究結
18 果もある。¹³¹⁰⁸⁰

19 以上のように日本周辺海域においても高水温に起因する回遊性魚介類の分布域や漁期・漁場の
20 変化が各地で見られている。このような変化によって加工業や流通業に影響が出ている地域もあ
21 る。¹³¹⁰⁵⁷ ただし、海洋生態系は、地球温暖化による昇温の影響の他、10～数十年スケールの周期
22 的な海水温の変化による影響もあることから¹⁰⁷⁸、温暖化の影響のみを分離するのは難しいのが
23 現状である。

24

25 (将来予測される影響)

[概要]

- 世界全体の漁獲可能量が減少することが予測されている。RCP8.5 シナリオの場合、21 世紀末の漁獲可能量は、21 世紀初めと比較して約 2 割減少すると予測されている。
- 日本周辺海域の回遊性魚介類については、分布回遊範囲及び体の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。具体的には以下の通り。
 - まぐろ類は、RCP8.5 シナリオの場合、2081～2100 年には海水温上昇と動物プランクトンの減少により太平洋亜熱帯部で漁獲量が減少し、分布が北東へ移動すると予測されている。台湾、沖縄周辺海域においては、クロマグロの産卵に

適した水温域が北上し、仔魚の生残率が低下すると予測されている

- さけ・ます類では日本周辺や北太平洋西部での生息域の減少が予測されている。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。
 - サンマは、餌料環境の悪化から成長が鈍化するものの、回遊範囲の変化によって産卵期では餌料環境が好転し、産卵量が増加する場合も予測されている。水温上昇によってサンマの漁場が公海域に形成されやすくなることから、小規模漁業者の操業に問題が生じることや、体重減少による価格への影響も懸念されている。
 - スルメイカは、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（SRES A1B シナリオ）。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。
 - マイワシは、海面温度の上昇への応答として、成魚の分布範囲や稚仔魚の生残に適した海域が北方へ移動することが予測されている。
 - ブリは、分布域の北方への拡大、越冬域の変化が予測されている他、既存産地における品質低下が危惧されている。
- 海洋酸性化により、東ベーリング海におけるオオズワイガニの漁獲量が減少することが飼育実験により予想されている。将来的には、海洋酸性化により日本近海のかに類にも影響が生じる可能性がある。
 - 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。

1

2 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
3 て、2095年に16.2～25.2%減少すると予測されている（RC8.5シナリオを使用）。¹³¹⁰³⁵⁾ 同様に
4 CMIP5の気候モデルの予測結果に基づいた「変化する気候下での海洋・雪氷圏に関するIPCC特別
5 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%
6 減少すると予測されている（RCP8.5シナリオを使用）。¹³¹⁰⁹³⁾

7 各魚種への影響についても、RCP8.5シナリオを前提とした2081～2100年の予測では、海水温
8 上昇と動物プランクトンの減少により、太平洋亜熱帯部ではまぐろ類の漁獲量が減少し、分布が
9 北東へ移動すると予測されている（CanESM2, GFDL-ESM2G, GFDL-ESM2M等CMIP5の11の気候予測
10 情報を使用）。¹³¹⁰⁶²⁾ 台湾、沖縄周辺海域においては、クロマグロの産卵に適した水温域が北上し、
11 仔魚の生残率が低下すると予測されている（SRES A2シナリオ、MIROCモデルによる気候予測情報
12 を使用）。¹³¹⁰³⁷⁾ さけ・ます類では日本周辺や北太平洋西部での生息域の減少が予測されており、
13 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（MIROCモデルによる気候
14 予測情報を使用）。^{1084, 1085, 1087, 131003)}

1 日本近海においては、サンマでは餌料環境の悪化から成長が鈍化するものの、回遊範囲の変化
2 によって産卵期では餌料環境が好転し、産卵量が増加する場合も予測されている。¹⁰⁸⁰⁾ **しかしなが**
3 **ら、水温上昇によってサンマの漁場が公海域に形成されやすくなることから、小規模漁業者の操**
4 **業に問題が生じることや、体重減少による価格への影響も懸念されている。¹³¹⁰³⁵⁾ スルメイカでは、**
5 分布密度が温暖化によって低下することが予測され、2100年には北海道沿岸域でも分布密度が低
6 い海域が拡大すると予測されている（A1Bシナリオを前提としたMIROC3モデルによる気候予測情
7 報を使用）。¹⁰⁸²⁾ 加えて、日本海におけるサイズの低下^{1086, 131015)}、産卵期の**遅延**^{1087, 131015)}も予測
8 されている。マイワシは、海面温度の上昇への応答として、成魚の分布範囲や稚仔魚の生残に適
9 した海域が北方へ移動することが予測されている。¹⁰⁸¹⁾ ブリでは、分布域の北方への拡大、越冬域
10 の変化が予測されている¹⁰⁸⁸⁾ 他、既存産地における品質低下が危惧されている。¹⁰⁸²⁾

11 **海洋酸性化による影響として、オオズワイガニをpH 7.8及びpH 7.5（2100年、2200年の海洋**
12 **pH²⁷⁾に相当）で飼育した実験結果では、若齢期の生残率が低下することから、海洋酸性化によって**
13 **東ベーリング海のオオズワイガニの漁獲量が減少すると予想されている。¹³¹⁰⁶³⁾ 将来的には、海洋**
14 **酸性化によって日本近海のかに類にも影響が生じる可能性がある。**

15 以上の様に、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
16 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
17 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
18 いない**現状にある。**

19

20 （重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

21 ● 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

22 【観点】社会／経済

23 **20世紀以降の海洋の昇温は、世界全体の漁獲可能量を減少させた要因の一つであることがIPCC**
24 **の報告書で指摘されており、将来も世界全体で見た漁獲可能量の減少傾向が予測されている。日**
25 **本周辺海域では、高水温に起因する回遊性魚介類の分布域や漁期・漁場の変化が生じており、加**
26 **工業や流通業に影響が出ている地域もある。将来では、北太平洋及び日本周辺海域において、分**
27 **布回遊範囲の変化や体のサイズの変化に関する予測が多数ある。**

28 ● 緊急性：【評価】高い

29 既に高水温の影響による漁獲量の増加・減少等が報告されており、加工業や流通業に影響が出
30 ている地域がある。将来においても日本周辺海域では、回遊性魚介類の分布域や回遊範囲の変化、
31 体のサイズの減少が予測されているため、各地域での影響に応じた対策が必要となる。

32 ● 確信度：【評価】中程度

33 **水温上昇による日本周辺海域での水産資源への影響が、様々な魚種で明らかになりつつあり、**
34 **将来の分布域の変化予測に関しては、類似した見解の報告が多い。また、IPCCの報告では東シナ**

27 pH：酸性度を示す水素イオン指数

- 1 海から日本海における回遊性魚介類の分布域の変化予測は、中程度の確信度とされている。複数の
- 2 国際機関より世界全体の漁獲可能性が減少すると報告されている。しかし、日本周辺海域にお
- 3 ける個別魚種の漁獲可能性への影響については、現状では知見が限られているため、今後の研究
- 4 による成果が求められる。なお、資源量や漁獲量の変化には、資源管理等の様々な要因が関与す
- 5 ることにも留意が必要である。

1 (2) 増養殖業

2 (気候変動による影響の要因)

3 ここでは、主に水温上昇に伴う内水面を含む増養殖業の生産量への影響を扱う。海藻の養殖（ノ
4 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。

- 5 ● 気候変動による海水温の上昇は、増養殖における漁獲量や生産適地に影響を及ぼす。
6 ● 内水面の水温の上昇は、魚類のへい死リスクを上昇させることが想定される。
7 ● 日本沿岸の海水 pH の低下傾向は、今後、貝類等への影響が懸念される。

8

9 (現在の状況)

[概要]

(海面養殖業)

- 高水温によるホタテ貝の大量へい死、水温上昇や降水量減少によるカキのへい死が報告されている。

(内水面漁業)

- 高温によるワカサギのへい死が報告されている。

10

11 (海面養殖業)

12 青森県では、高水温によるホタテ貝のへい死^{28 132001, 132028, 132082, 132084}、広島県では水温上昇と降
13 水量減少によるカキのへい死率の上昇⁸⁰⁰¹、岡山県では夏季の高水温によるカキのへい死¹³²⁰⁰²が
14 報告されている。

15

16 (内水面漁業)

17 内水面漁業では、中国地方の江の川での水温上昇によると推測されるアユの漁獲量の減少¹³²⁰⁸⁰、
18 茨城県霞ヶ浦では高温によるワカサギのへい死が報告されている。¹³²⁰⁰³

28 へい死：動物が死ぬこと

1 (将来予測される影響)

[概要]

(海面養殖業)

- 養殖魚類の産地については、夏季の水温上昇により不適になる海域が出ると予想されている。

(内水面漁業)

- 湖沼におけるワカサギの高水温による漁獲量減少が予想されている。
- SRES A1B シナリオ、SRES B1 シナリオでは、21 世紀末頃において、海洋と河川の水温上昇によるアユの遡上時期の早まりや遡上数の減少が予測されている。

(その他)

- IPCC の報告では、海洋酸性化による貝類養殖への影響が懸念されている。

2

3 (海面養殖業)

4 ブリ養殖では、飼育実験による成長と温度の関係¹¹⁰⁶⁾ から高水温による夏季のへい死の懸念と
5 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
6 症リスクの上昇が飼育実験で示されている。¹¹⁰⁵⁾ また、養殖産地については、ブリ¹⁰⁹⁰⁾、トラフ
7 グ¹⁰⁸³⁾、ヒラメ^{1083,1090)} 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
8 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
9 産地が北上化すると狭域化が懸念される。¹¹¹⁰⁾ イカナゴでは、高水温時に加入量が減少する傾向
10 が報告されており¹¹⁰⁷⁾、食用と共に養殖用餌料の確保が懸念される。

11

12 (内水面漁業)

13 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が諏訪湖で予想されている。
14 ¹¹⁰⁹⁾ また、21 世紀末頃において、海洋と河川の水温上昇によるアユの遡上時期の早まり¹³²⁰⁰⁷⁾、遡
15 上数の減少¹³²⁰⁴³⁾が予測されている（132007: SRES A1B シナリオに基づく CMIP3 モデルの気候予測
16 情報を使用、132043: SRES A1B シナリオ、SRES B1 シナリオに基づく CMIP3 モデルの気候予測情
17 報を使用）。

18

19 (その他)

20 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、
21 貝類養殖業等への影響が懸念されている。^{0005,1097)} しかし、二酸化炭素の人為的排出に由来する海
22 洋酸性化の貝類養殖等への影響は、我が国ではまだ報告されていない。

23

1 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

2 ● 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

3 【観点】社会／経済

4 海水温の上昇による養殖貝のへい死、内水面の水温上昇による魚類のへい死は既に生じて
5 おり、影響は日本全国に及んでいる。将来では養殖産地の適地の減少、内水面漁業における
6 漁獲量の減少等が予測されている。特に水産業への依存度が高い地域において社会・経済へ
7 の影響が重大になる。

8 ● 緊急性：【評価】高い

9 既に、高水温による貝類や魚類のへい死が生じている。また、高水温への適応技術の開発
10 や高水温耐性を有する新品種の開発・実用化には時間を要するため、早急な対策が必要であ
11 る。

12 ● 確信度：【評価】中程度

13 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
14 研究・報告例も複数みられる。しかし、温暖化シナリオ等を用いた定量的なモデル解析によ
15 る研究例は限定的である。

1 (3) 沿岸域・内水面漁場環境等

2 (気候変動による影響の要因)

3 ここでは、主に水温上昇に伴う回遊性魚介類以外の魚介類の分布域及び生産量の変化や、これ
4 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
5 産に与える影響、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
6 系分野の温帯・亜寒帯で扱う。

- 7 ● 気候変動による海水温の上昇は、漁獲対象種の分布域に変化を及ぼすことが想定される。
- 8 ● 海水温の上昇は、藻場における藻類の種構成や現存量を変化させ、藻場への依存性が強い魚
9 類・貝類・藻類等水産資源（磯根資源）に影響を及ぼすことが想定される。また、水温上昇
10 による藻食性動物の摂食活動を活発化も藻類を減少させる。
- 11 ● 海水温の上昇は、赤潮の発生頻度を増加させ、二枚貝類や養殖魚等のへい死²⁹リスクを上昇さ
12 せること等が想定される。

13 (現在の状況)

[概要]

(回遊性魚介類以外の海面漁業)

- 各地で南方系魚種数の増加や北方系魚種数の減少などが報告されている。
- 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遷移する事例がある。
- 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とする研究事例がある。
- 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の漁獲量も減少していることが報告されている。

(海藻・藻場)

- 高水温による天然ワカメの不漁、水温上昇によるマコンブのバイオマス量の減少が報告されている。
- 養殖ノリでは、秋季の高水温により種付け開始時期が遅れ、年間収穫量が各地で減少している。
- 養殖ワカメでは、一部の地域で秋季及び収穫時期（2～3月）の水温上昇により、種苗を海に出す時期が遅くなるとともに、収穫盛期の生長や品質に影響が及んでいることが減収の一因となっている。また、食性魚類による養殖ワカメの食害も報告されている。
- 水温の上昇による藻類の生産力への直接的な影響と、藻食性魚類等の摂食活動の活発化

29 へい死：動物が死ぬこと

による間接的な影響によるものと考えられる藻場の減少や構成種の変化が、各地で生じており、地理的な分布も変化している。

(有害有毒プランクトン・魚類)

- 有害有毒プランクトンについて、発生北限の北上、寒冷地における暖水種の発生、発生の早期化が報告されている。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や南方性有毒種の分布域が広がっている可能性がある。

1
2 (回遊性魚介類以外の海面漁業)
3 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
4 報告されている。九州では、南方系種の漁獲量¹⁰⁹⁸⁾や採取魚種数^{1099, 1100)}の増加が認められる。
5 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。¹¹⁰¹⁾瀬戸内海では低水温耐
6 性が低い魚種の漁獲量の増加が著しい。¹⁰⁹⁶⁾そのほか、フグでは、太平洋沿岸で自然交雑種が出現
7 しており、海水温の上昇による分布域の変化が要因となっている可能性も示されている。¹³²⁰⁹⁶⁾

8 アワビ漁では、漁獲対象が熱帯・亜熱帯性に多くみられる暖海性小型アワビに移行する事例が
9 ある。¹³²⁰⁶⁴⁾北海道沿岸のエゾアワビでは、北部においては気候変動による冬季の水温低下による
10 死亡率の増加、南部において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
11 るとする研究がある。¹³²⁰¹¹⁾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
12 が限られてきているという報告もある。¹³²⁰⁶⁵⁾

13 アサリでは、瀬戸内海の周防灘では冬季の水温上昇が資源減少に関係している可能性があるとし
14 する研究¹³²⁰¹⁹⁾や、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いるとする研
15 究^{132004, 132020)}、干潟の地温の上昇がアサリの越夏を困難にしているとする研究などがある。¹³²⁰⁷⁹⁾

16 また、藻食性魚類(ノトイスマミなど)の摂食行動の活発化と分布域の拡大により藻場が減少
17 し、イセエビ¹⁰⁹³⁾、アワビ¹⁰⁸⁹⁾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
18 エイ)の瀬戸内海への分布拡大¹⁰⁹⁰⁾と、それに伴う同種の食害によるアサリ資源再生の妨げの可
19 能性⁸⁰⁰¹⁾が報告されている。

20
21 (海藻・藻場)

22 海藻類では、大分県では天然ワカメの高水温による不漁¹³²⁰²³⁾、青森県下北半島の小間岬ではマ
23 コンブのバイオマス量の減少が報告されている。¹³²⁰²⁹⁾ノリ養殖では、秋季の高水温により種付け
24 開始時期が遅れ、収穫量が各地で減少している。^{1092, 1103, 132001, 132002)}鳴門海域のワカメ養殖漁場
25 では、秋季及び収穫時期(2~3月)の水温上昇が生じており、種苗を海に出す時期が遅くなるとと
26 もに、収穫盛期の生長や品質に影響が及んでいることが減収の一因となっている。¹³²⁰⁹⁹⁾また、ア
27 イゴ及びクロダイによる食害も確認されている。¹³²⁰⁹⁷⁾

28 1989年~1991年に実施された調査で確認された全国の藻場(201,212ha)の約4割(83,798ha)

1 について 2000 年以降に再調査した結果、既に 18,538 ha が失われていた。藻場面積の減少率は海
2 域により異なり、特に九州西岸と四国・本州南部太平洋岸では、再調査の対象となった 26,916ha
3 のうち 44.7%が消失していた。¹³²¹⁰⁰⁾ 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
4 接的な影響と、藻食性魚類の摂食活動の活発化による間接的な影響が挙げられている。¹³²⁰⁰¹⁾ 藻場
5 の減少、構成種の変化等に関しては、そのほかにも多くの報告がある。九州西岸域、高知県では
6 イベント的な異常高水温現象によりカジメが大規模に衰退したという報告がある。^{132091, 132092,}
7 ¹³²¹⁰⁰⁾ 鹿児島湾、長崎県野母半島、土佐湾の藻場では、暖海性藻類の種数増加と温帯性種の減少が
8 認められている。^{1091, 132049, 132100, 132102)} 高知県や静岡県沿岸ではカジメ群落の個体が小型化し現存
9 量が低下していると推測される事例¹³²⁰⁷⁷⁾、九州ではカジメ科藻類の分布南限の北上が認められる
10 事例がある。¹¹⁰²⁾ 徳島県では藻食性魚類の摂食行動の活発化によると考えられるヒジキの生育不良
11 の事例^{132024, 132026)}、和歌山県及び長崎県では高水温の年に藻食性魚類による食害でクロメ群落
12 が減少する事例が確認されている。^{132100, 132101)} また、藻食性魚類のアイゴにより、神奈川県では海
13 藻類の食害¹³²⁰⁴⁷⁾、徳島県では大規模な磯焼け¹³²⁰²²⁾が報告されている。

14 15 (有害有毒プランクトン・魚類)

16 海水温の上昇は、有害有毒プランクトン・魚類の発生場所や時期、藻類の異常発生にも影響を
17 及ぼしている可能性がある。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
18 ロカプサ (*H. circularisquama*)^{132008, 132083)}、北海道函館湾では暖水種である有害渦鞭毛藻のカレ
19 ニア (*K. mikimotoi*) による赤潮の発生が報告されている。^{132009, 132083)} 瀬戸内海ではシャットネ
20 ラ赤潮の発生が早期化している。¹³²⁰⁸³⁾ 東京湾の谷津干潟では 1990 年代の気温の上昇により、アオ
21 サ類の異常増殖 (グリーンタイド) が発生・拡大したとの報告がある。¹³²⁰³²⁾ また、食中毒のシガ
22 テラ中毒の原因となる毒化した魚¹³²⁰²¹⁾ や南方性有毒種¹³²⁰⁹⁵⁾ の分布する海域が広がっている可能
23 性がある。

24 生態系の変化を介した影響としては、発生が長期化傾向にある赤潮^{1094, 1095)} による真珠貝 (アコ
25 ヤガイ) の大量へい死¹⁰⁹⁵⁾ や熱帯性有毒プランクトンによる貝類の毒化¹⁰⁹⁰⁾ が報告されている。

26

1 (将来予測される影響)

[概要]

(回遊性魚介類以外の海面漁業)

- 生態系モデルと気候予測シナリオを用いた影響評価は行われていないものの、多くの漁獲対象種の分布域が北上すると予測されている。
- 海水温の上昇による藻類の種構成や現存量の変化によって、アワビなどの磯根資源の漁獲量が減少すると予想されている。

(海藻・藻場)

- 北日本沿岸域の主要コンブ 11 種では、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、もしく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。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して予測されている。
- ノリ養殖では、RCP2.6 シナリオの場合、2050 年代には水温上昇により育苗の開始時期が現在と比べて 20 日程度遅れると予測されている。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。
- SRES A2 シナリオの場合、北西太平洋では、水温上昇によりホンダワラ属アカモクの分布が北上し、2100 年には本州の広い範囲で消失すると予測されている。
- RCP2.6 シナリオの場合、日本沿岸のカジメの分布には、藻食性魚類による食害の影響のみ顕在化する。RCP8.5 シナリオの場合、高水温による生理的影響と食害の双方の影響により、2090 年代には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。
- RCP2.6 シナリオの場合、瀬戸内海から黒潮流域のカジメの分布について、2050 年代では現状の藻場を維持できるが、RCP8.5 シナリオの場合、瀬戸内海の東部で大幅に減少する可能性があるとして予測されている。

(有害有毒プランクトン)

- 海水温の上昇に関係する赤潮発生による二枚貝等のへい死リスクの上昇等が予想されている。

2

3 (回遊性魚介類以外の海面漁業)

- 4 生態系モデルと温暖化シナリオを用いた影響評価は行われていないものの、多くの漁獲対象
5 種の分布域が北上すると予測されている。¹⁰⁸³⁾ また、海水温の上昇によって藻場の種構成や現存
6 量が増えるため、アワビ等の磯根資源への影響も予想されている。^{1083, 132005)}

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37

(海藻・藻場)

「変化する気候下での海洋・雪氷圏に関する IPCC 特別報告書」によると、気候変動の影響を受けやすい藻場やコンブは、2℃を超える温暖化で高いリスクが予測されている。温帯地域では、海洋熱波の頻度の増加による減少、さらに RCP8.5 シナリオでは絶滅が危惧される。¹³²⁰⁹⁴⁾

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、もしく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。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)。¹³²⁰⁹⁸⁾

瀬戸内海の水温変動と養殖業への影響の将来予測を行った研究では、ノリ養殖における育苗の開始時期の遅れが示唆されている (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、2090 年代には変化が生じない。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後退し、摘採回数の減少や収量低下が懸念される)。¹³²⁰⁹⁰⁾

その他国内の藻場では温帯性種の分布域の縮小や藻食性動物による食害の甚大化、暖性種の増加などが予測されている。将来の 2 月～8 月の水温情報を用いて北西太平洋の藻類の分布を予測した研究によると、水温上昇により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と予測されている。(SRES A2 シナリオに基づく BCCR-BCM2.0, CGCM3.1(T47), CNRM-CM3 など 12 のモデルによる気候予測情報を使用)。¹³²⁰³⁴⁾ 将来の水温情報を用いて日本沿岸のカジメの分布域を予測した結果、RCP2.6 シナリオによる水温上昇のもとでは、藻食性魚類による食害の影響のみ顕在化するが、RCP8.5 シナリオでは高水温による生理的影響と食害の双方の影響により 2090 年代にはこれまで分布適域であった海域で生育が困難になるとの推定結果が得られている (MIROC5, MRI-CGCM3 など 17 の CMIP5 モデルによる気候予測情報の平均値を使用)。¹³²⁰⁶⁰⁾ 瀬戸内海流動モデルを用いた水温上昇予測により瀬戸内海から黒潮流域のカジメ属藻類の分布を予測した研究では、2050 年代において RCP2.6 シナリオでは現状の藻場を維持できるが、RCP8.5 シナリオでは瀬戸内海の東部で大幅に減少する可能性が示されている。一方、亜熱帯性ホンダワラ属は RCP2.6 シナリオでは 2090 年代でも生育できないが、RCP8.5 シナリオでは瀬戸内海の多くの海域で生育可能となるとする予測結果もある。¹³²⁰⁹⁰⁾ 水温と窒素量を変化させ、幼少期のカジメに及ぼす影響を調べた実験では、代謝が活発になる高水温時ににおいて窒素が不足することがカジメの減少の要因になると推定されている。¹³²⁰⁵⁵⁾ 過去の分布域の変化に基づき日本海での大型藻類、サンゴ、藻食性魚類の分布を予測した結果、熱帯サンゴが大型藻類との競争の結果優占するという直接的な要因と、藻食性魚類の分布拡大に伴う大型藻類の減少という間接的な要因により、大型藻類からサンゴに移行することが予測された (MIROC4h モデルによる気候予測情報を使用)。¹³²⁰⁵⁸⁾

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33

(有害有毒プランクトン)

温暖化の進行による熱帯性シガテラ食中毒の発生リスクが増加することが懸念されている。
1104, 132053) 高水温化により赤潮発生の頻度が増加し^{1094, 1095)} 二枚貝等のへい死リスクの上昇も懸念される。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

● 重大性：【評価】

<RCP2.6 及び 2℃上昇相当>特に重大な影響が認められる

<RCP8.5 及び 4℃上昇相当>特に重大な影響が認められる

【観点】社会／経済／環境

水温上昇による水産資源の分布域の変化、資源量の減少、藻場の面積の減少や構成種の変化が既に生じている。また藻場への依存性が高い水産資源の漁獲量の減少も報告されている。さらに有害有毒プランクトンの発生北限の北上や発生早期化、寒冷地での暖水種の発生が報告されている。こうした影響は日本全国に及んでおり、特に水産業への依存度が高い地域において社会・経済への影響が重大になる。

<RCP2.6 及び 2℃上昇相当>

IPCC 報告書によると、気候変動の影響を受けやすい藻場やコンブは、2℃を超える温暖化で高いリスクが予測されている。日本への影響として、ノリ養殖では育苗の開始時期の遅れ、日本沿岸のカジメでは藻食性魚類による食害が予測されている。

<RCP8.5 及び 4℃上昇相当>

ノリ養殖では摘採回数の減少や収量低下が予測されている。北日本沿岸域のコンブでは分布域の大幅な縮小、アカモクでは分布北上や消失、カジメではこれまでの分布域での生息困難が予測されている。アユでは、海洋と河川の水温上昇による遡上数の減少が予測されている。

● 緊急性：【評価】高い

既に、高水温による水産資源の減少、漁場として重要な藻場の減少、有害有毒プランクトンの発生量の増加等が各地で認められる。また、高水温への適応技術の開発や高水温耐性を有する新品種の開発・実用化には時間を要するため、早急な対策が必要である。

● 確信度：【評価】低い～中程度

長期的な高水温による水産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・報告例も多い。また、気候シナリオを用いた定量的な知見が増加している。また、IPCC による報告書でも藻場やコンブは 2℃を超える温暖化で高いリスクがあることが示されている。

3.2 水環境・水資源

【水環境分野】

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、水質にも影響を及ぼす。また、気候変動による降水パターンの変化は、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】

気候変動による降水パターンの変化は、降水量の減少、無降雨日数の増加、積雪量の減少による河川流量の減少や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・工業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、海面上昇は、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。

● 文献数・構成等の変化

第2次影響評価において、水環境・水資源分野全体では合計103件の文献(現状影響51件、将来影響52件)を引用しており、このうち、第1次影響評価から新たに追加された文献は59件である。小項目別に見ると、「水環境(湖沼・ダム湖)」、「水環境(河川)」や「水資源(地表水)」、「水資源(水供給(地下水))」において文献数が特に増加している。なお、第1次影響評価からの構成上の変更はない。

● 気候変動による影響の概要

水環境分野では、既に全国の公共用水域(湖沼・河川・海域)における水温の上昇、それに伴う水質の変化、湧水水温の上昇等の影響が生じていることが新たに明らかとなった。水資源分野では、無降雨・少雨等に伴う渇水による給水制限の実施、冬季の融雪の増加による春先の灌漑用水の不足、農業用水・都市用水の需要の増加等の影響が発生したことが報告されている。新たに報告されている影響として、臨海部における帯水層への海水の侵入や小規模な島の淡水レンズの縮小などが挙げられる。

また、将来においては、水環境分野では、富栄養湖に分類されるダムの増加、地下水や帯水層の温度上昇、瀬戸内海や伊勢湾における水温の上昇、降雨量の増加に伴う浮遊物質の増加により、濁水が放流される期間が長期化する等の影響が予測されている。水資源分野では、降水量の減少等による渇水の深刻化、冬期の降水量の増加による河川流量の増加、春季の融雪量の減少による河川流量の減少、融雪時期の早期化による需要期の河川流量の減少、地下水の低下等による農業用水の需要と供給のミスマッチ、海面上昇に伴う塩水の侵入による河川水を利用している施設への影響、渇水リスク・洪水リスクの二極化の進行、豪雨や融雪による地下水供給の増加による地すべりの発生等が予測されている。

● 重大性・緊急性・確信度評価の概要

水環境・水資源分野では、影響の程度や範囲が限定的と判断されることから、影響の重大性は「影響が認められる」と評価される傾向にある。

1 しかしながら、今回収集された文献に基づき、「水環境（河川）」については、現在既に生じて
2 いる影響が確認されたこと等から、緊急性評価が上方修正となった。また、「水環境（沿岸域及び
3 閉鎖性海域）」、「水資源（水供給（地下水）」の2つの小項目については、限定的であるものの気
4 候予測モデルを用いた定量的な予測が行われていたため、確信度が上方修正された。

5 6 【水環境】

7 （1）湖沼・ダム湖

8 （気候変動による影響の要因）

9 ここでは、主に気候変動に伴う湖沼・ダム貯水池の水温の変化及び、水温上昇や降水条件の変
10 化に伴う水質の変化を扱う。また、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
11 介性感染症」で、自然生態系への影響は自然生態系分野で取り扱う。

- 12 ● 気候変動による気温の上昇は、湖沼等の水温を上昇させる。
- 13 ● ダム貯水池等の水温の上昇は、植物プランクトンの発生確率の増大、土壌有機物の生分解の
14 向上による水中の有機物濃度の増加などを通じて、水質を悪化させる可能性がある。また、
15 冬季の水温上昇に伴い、冬季循環が抑制されて下層のD0³⁰（溶存酸素）低下を招き、底泥から
16 の栄養塩類の溶出を引き起こす可能性がある。
- 17 ● 気候変動による大雨事象の頻度の増加により、ダム貯水池への土砂流入量の増加に伴うSS（浮
18 遊物質）濃度の上昇が想定される。

19
20 （現在の状況）

[概要]

- 全国の公共用水域（河川・湖沼・海域）における1981～2007年度の水温変化を調べたところ、4,477観測点のうち、夏季は72%、冬季は82%で水温の上昇傾向があり、各水域で水温上昇が確認されている。
- また、水温の上昇に伴う水質の変化が指摘されているが、水温の変化は、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研究報告もある。
- 一方で、年平均気温が10℃を超えるとアオコの発生確率が高くなる傾向を示す報告もあり、長期的な解析が今後必要である。

21
22 全国の公共用水域（河川・湖沼・海域）における1981～2007年度の水温変化を調べたところ、
23 4,477観測点のうち、夏季は72%、冬季は82%で水温の上昇傾向が認められており、各水域で水温
24 上昇が確認されている。⁰⁰⁰¹⁾

25 その一方で、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
26 関連項目（Chl-a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みられ

30 水中に溶けている酸素の量。

1 るものの、共通して水温の上昇や富栄養化が進んでいるというような一定の長期的変動の傾向は
2 みられなかったことも報告されている²¹¹⁰⁰¹⁾。

3 また、ダム貯水池の表層と底層で水温を比較している研究もある。1993～2006年の水温につい
4 て、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、日向
5 神)を調べたところ、最表層水温に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
6 認められた。最下層水温に関しては、堆砂による湖底上昇、冬季鉛直循環の弱まり、水温躍層³¹⁾
7 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存在して
8 いた。²¹¹⁰¹⁵⁾

9 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
10 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
11 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
12 することも指摘されている。²¹¹⁰¹⁴⁾

13 水温の上昇に伴う水質の変化も指摘されている。

14 霞ヶ浦と琵琶湖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
15 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
16 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。²¹¹⁰¹⁷⁾ま
17 た、琵琶湖の表層では、pHが増加傾向、DOとNO₃-N(硝酸態窒素)濃度が減少傾向を示すことが
18 報告されている。²¹¹⁰¹⁷⁾琵琶湖の全循環の遅れや循環期の短期化²¹¹⁰¹⁸⁾による低酸素化²¹¹⁰²⁶⁾の進行
19 も懸念されている。

20 一方、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
21 わけではないとの報告もある²⁰⁰³⁾。

22 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
23 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²⁰⁰¹⁾。この理由として、
24 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
25 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
26 なかった可能性がある。

27 しかし、年平均気温が10℃を超えるとアオコの発生確率が高くなる傾向や、**水道水源ダム貯水**
28 **池において、カビ臭産生藻類の異常増殖**により異臭味被害が発生しているなど^{211039, 211040)}、水道
29 水源の取水障害が近年北上しているとの事例も報告されており、長期的なデータに基づく解析が
30 今後必要であるものの、温暖化による影響の顕在化が懸念されている⁰⁰⁰¹⁾。

31

32

33

31 表面付近の暖められた水と、その下層の冷たい水の間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。

1 (将来予測される影響)

[概要]

- RCP2.6、8.5 シナリオを用いた研究で、国内 37 のダムのうち、富栄養湖に分類されるダムが 2100 年代で増加し、特に東日本での増加数が増える予測例がある。
- RCP8.5 シナリオを用いて東北地方のダムを対象にした研究では、将来の降雨量の増加に伴う 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、年間湖水回転率の大小によって異なる可能性も示唆されている。
- 気候変動による降水量や降水の時空間分布の変化に伴う河川流量の変化や極端現象の頻度や強度の増加による湖沼・ダム貯水池への影響については、具体的な予測の研究事例は確認できていない。

2

3 気候予測モデルを使用して全国 37 のダムを対象に影響を予測した研究 (MIROC5 による気候予
4 測情報を使用) によれば RCP2.6 シナリオでは、適応策の有無にかかわらず 2010 年代～2050 年代
5 にかけて Chl-a 濃度が東日本で 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
6 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
7 倍～1.1 倍程度の緩やかな増加傾向となる予測結果であった。一方で、RCP8.5 シナリオで適応策
8 (曝気循環施設³²の設置) が未導入の場合、東日本では、2010 年代～2050 年代にかけて Chl-a 濃
9 度が 1.3 倍に増加するが、2050 年代～2100 年代では 1.4 倍程度増加する予測結果となった。富栄
10 養湖と判定されるダム貯水池の数においては、東日本で適応策を導入していない場合、富栄養と
11 判定されるダム貯水池の数は 2010 年代ではわずか 3 箇所であるが、2100 年代になると、RCP2.6
12 では 6 箇所、RCP8.5 では 12 箇所にまで増加し、西日本の増加数より多いことが予測されている。
13 ^{211007,211021} また、寒河江ダム、釜房ダム、早明浦ダム、耶馬溪ダムでは、水温や濁度の上昇、底層
14 水質の悪化や藻類増殖 (ダム貯水池の表層 Chl-a 濃度及び表層 Chl-a の 25 μ g/L 超過日数) が予測
15 されている (RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5 シナリオを前提とした MRI-NHRCM20 モデルに
16 による気候予測情報を使用)。²¹¹⁰⁰⁵ 八郎湖においては、主に降水量の増加により流入負荷量が増加
17 し、それによる湖内の夏期での植物プランクトン量が増加する傾向が見られた。琵琶湖において
18 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
19 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。池田湖 (鹿
20 児島県) 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
21 までに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、表層の植物プランクトン量が
22 増加する傾向が見られた (RCP2.6、RCP8.5 シナリオを前提とした MRI-NHRCM20、RCP8.5 シナ
23 リオを前提とした MIROC5mid、GFDL-3CM による気候予測情報を使用)。²¹¹⁰³³

24 埼玉県の浦山ダムを対象にした研究 (RCP4.5 シナリオを前提とした GFDL-CM3 による実験出力
25 を境界条件に、WRF によりダウンスケールした気候予測情報を使用) では、気候予測モデルと流出

³² 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。

1 モデルを用いて将来のダムへの土砂流入量の増加や、D0の低下、SS濃度の上昇などが予測されて
2 いる。^{2013,2014)} 東北地方にある月山ダム、七ヶ宿ダム、皆瀬ダム、御所ダムを対象にした研究で
3 は、将来の降雨量の増加に伴う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
4 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³³⁾の大
5 小によって異なる可能性も示唆されている（RCP8.5シナリオを前提としたMIROC5による気候予
6 測情報を使用）。²¹¹⁰³⁰⁾

7

8 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

9 ● 重大性：【評価】

10 <RCP2.6及び2℃上昇相当>影響が認められる

11 <RCP8.5及び4℃上昇相当>特に重大な影響が認められる

12 【観点】社会／経済／環境

13 影響の範囲は全国の湖沼・ダム貯水池と広範囲に及ぶ。湖沼やダム貯水池は、気温・水温の上
14 昇によりダム貯水池等での温度成層や植物プランクトンの発生確率の増大、土壌有機物の生分解
15 の向上による水中の有機物濃度の増加等、河川以上に厳しい水質変化が予想される。湖沼・ダム
16 貯水池の水温・水質の変化は、水道水源として、社会に与える影響は甚大であり、水質悪化に伴
17 う浄水コストの増加は経済への影響も避けられない。また、レクリエーション価値の低下や損失
18 も無視できない。生態系への影響も含め、一度悪化した水環境は簡単に元に戻せるものではない。

19 <RCP2.6及び2℃上昇相当>

20 全国37のダムにおいて2010年代～2050年代、2050年代～2100年代にかけてChl-a濃度はそ
21 れぞれ増加し、富栄養と判定されるダム貯水池の数も2100年代では東日本で6箇所となることが
22 予測されている。

23 <RCP8.5及び4℃上昇相当>

24 全国37のダムにおいて2010年代～2050年代、2050年代～2100年代にかけてChl-a濃度はそ
25 れぞれ増加し、富栄養と判定されるダム貯水池の数も2100年代では東日本で12箇所となること
26 が予測されている。降雨量の増加に伴うSSの増加が予測され、濁水の放流が長期化することも懸
27 念されている。

28 ● 緊急性：【評価】中程度

29 2010年代～2050年代までに生じる水道事業における気候変動影響は、一部の地域で影響が生じ
30 る可能性がある。一方、対策に関しては、曝気循環施設の設置等、事業者側で対応可能なものも
31 多くあり、気候変動の進行度合いをモニタリングしながら判断することが重要と考えられる。

32 ● 確信度：【評価】中程度

33 温暖化による将来影響に関して、研究・報告書間の見解の一致度は高い。一方、証拠の種類、

33 年間総流入量(m³)／総貯水容量(m³)で算出される。

- 1 量、質、整合性に関しては、水温上昇、DOの低下、底層の無酸素化、富栄養化などにおいて、比
- 2 較的予測結果の傾向に一致がみられるが、研究・報告数は一定程度に留まっているため、証拠は
- 3 いまだ限定的と判断される。また、降水の時空間分布の変化については近未来の予測等が行われ
- 4 ているが、それが水質に及ぼす影響についての研究報告は少ない。

1 (2) 河川

2 (気候変動による影響の要因)

3 ここでは、主に気候変動に伴う河川や浅層の地下水、帯水層における水温の変化及び、水温上
4 昇や降水条件の変化に伴う水質の変化を扱う。

- 5 ● 気候変動による気温の上昇は、河川の水温を上昇させる可能性がある。
- 6 ● 河川の水温の上昇は、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、硝化反応
7 の促進、藻類の増加などを通じて、水質に影響を及ぼすことが想定される。
- 8 ● 気候変動により降水量が増加する流域では、土砂生産量を増加させ、土砂の流出量や浮遊砂
9 量を増加させる。また、合流式下水道越流水の頻度の増加を生じさせ、河川水中の濁度の
10 上昇をもたらす可能性がある。
- 11 ● 降水の時空間分布の変化は、河川の水質へ影響を及ぼすことも想定される。
- 12 ● 気候変動による気温の上昇は、湧水や浅層の地下水、帯水層の水温上昇の影響も想定される。

13
14 (現在の状況)

[概要]

- 全国の公共用水域（河川・湖沼・海域）の1981～2007年度の水温変化を調べたところ、4,477観測点のうち、夏季は72%、冬季は82%で水温の上昇傾向があり、各水域で水温上昇が確認されている。
- また、水温の上昇に伴う水質の変化も指摘されているが、河川水温の上昇は、都市活動（人工排熱や排水）や河川流量低下などにも影響されるため、気候変動による影響の程度を定量的に解析する必要がある。
- 長良川においては、短期集中降雨の増加、豪雨間隔の短期化等により土砂流出量が増加することが報告されている。
- 平成30年の記録的な高潮により、淀川で塩水遡上が起こり、浄水場の原水に塩水が混入したことや、信濃川では、夏季に渇水により流量が減少したことにより塩水遡上が発生し、水門の一部が閉鎖されたことも報告されている。
- 芦田川支流では、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を予測する研究もある。
- 1980年代の終わりから、気温上昇に伴う真姿の池の湧水水温の上昇が確認されている。

15
16
17
18
19

1 全国の公共用水域（河川・湖沼・海域）における 1981～2007 年度の水溫変化を調べたところ、
2 4,477 観測点のうち、夏季は 72%、冬季は 82%で水溫の上昇傾向が認められており、各水域で水溫
3 上昇が確認されている。⁰⁰⁰¹⁾

4 また、香川県内の 5 河川について、1979～2005 年までの 27 年間に観測した水溫測定結果の年
5 平均値は、各河川とも上昇傾向にあり、その上昇率は 0.012～0.065℃/年であったことが報告さ
6 れている。しかしながら、湖沼・ダム貯水池と同様に、河川水溫の上昇は、都市活動（人工排熱や
7 排水）や河川流量低下などにも影響されるため、気候変動による影響の程度を定量的に解析する
8 必要がある。

9 水溫の上昇に伴う水質の変化も指摘されている。平衡水溫³⁴⁾の理論より、気温、雨量（または流
10 量）、日射量、蒸発散量などが、水溫に影響を及ぼしうる重要因子であることは、実測された河
11 川水溫データを用いた解析からも明らかとなっている²⁰⁰³⁾。

12 全国から抽出した 20 河川 60 地点の過去 30 年間（1982～2007 年）の水質に関しては、一部の
13 河川を除いて水溫、pH、DO の増加傾向、BOD（生物化学的酸素要求量）、TP（総リン）、SS の減少
14 傾向が報告されている。1982～2007 年の全期間平均水溫とその近似直線の傾きによってクラスタ
15 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溫が低下・上昇傾向を
16 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
17 響により水溫の上昇度合いが気温の上昇度合いを大きく上回る類型も存在した。²¹²⁰⁰¹⁾また、特に
18 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
19 ²¹²⁰⁰³⁾。北東アジアの山岳流域では、暖冬に伴う降雪量、積雪量の減少や融雪時期の変化による河
20 川水へ流出する栄養塩が増加する可能性も報告されている。²¹²⁰¹⁰⁾しかしながら、湖沼・ダム貯水
21 池と同様に、河川水溫の上昇は、都市活動（人工排熱や排水）や河川流量低下などにも影響され
22 るため、気候変動による影響の程度を定量的に解析する必要がある。

23 芦田川支流では、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
24 る洪水期と流出量が減少する渇水期の二極化の進行について予測している研究もある。²¹²⁰⁰²⁾長良
25 川においては、短期集中降雨の増加、豪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
26 告されている。²¹²⁰¹³⁾短期集中降雨の発生頻度の増大は、合流式下水道越流水を発生させ、河川の
27 病原微生物や化学物質リスクの増大をもたらすことも明らかになっている。^{212020, 212021)}

28 大阪湾では、平成 30 年の大型台風発生時に記録的な高潮が発生し、淀川で塩水遡上が起こった
29 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。^{212016, 212017)}

30 一方、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
31 されたことが報告されており²¹²⁰¹⁸⁾、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
32 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²¹²⁰¹⁹⁾。

33 さらに、1980 年代の終わりから、気温上昇に伴う真姿の池の湧水水溫の上昇が確認されている。
34 ²¹²⁰⁰⁹⁾

34 地上におかれた開水面をもつ水塊は、その初期水溫にかかわらず水面を通しての受熱・放熱によって、最終的
には大気の熱的状態と釣り合った水溫を示すこと。

1 (将来予測される影響)

[概要]

- 雄物川における A1B シナリオを用いた将来の水温変化の予測では、1994～2003 年の水温が 11.9℃であったのに対して、2030～2039 年では 12.4℃に上昇すること、特に冬季に影響が大きくなることが予測されている。
- 同じく A1B シナリオを用いた予測で、2090 年までに日本全国で浮遊砂量が 8～24%増加することや台風のような異常気象の増加により 9 月に最も浮遊砂量が増加すること、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可能性もある。
- 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、藻類の増加による異臭味の増加等も予測されている。
- 気温上昇は浅層の地下水や帯水層の温度上昇にも影響を及ぼすことが予測されている。

2

3 雄物川において、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
4 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
5 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
6 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。²⁰⁰¹⁾

7 また、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
8 に日本全国で浮遊砂量が 8～24%増加することや台風のような異常気象の増加により 9 月に最も浮
9 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
10 デルによる気候予測情報を使用)²⁰⁰⁵⁾、8 月の降水量が 5～75%増加すると河川流量が 1～20%変化
11 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
12 情報を使用)⁰⁰⁰⁴⁾、などが予測されている。さらに、水温の上昇による DO の低下、DO の消費を伴
13 った微生物による有機物分解反応や硝化反応の促進²⁰¹⁰⁾、藻類の増加による異臭味の増加²⁰¹²⁾等
14 も予測されている。

15 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
16 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
17 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
18 の環境に影響を及ぼすことが予想される。^{0003, 2004, 212004, 212007)}

19 気温上昇は地表水だけでなく、浅層の地下水や帯水層の温度上昇にも影響を及ぼすことが予測
20 されている。^{212015, 222005)}

21 仙台平野における帯水層の温度を調査した研究では、2006 年に観測された値と比較すると、地
22 表面から 8m の深さの帯水層温度は、2080 年までに 1.2～3.3℃の範囲内で上昇することが予測
23 されている (A2、A1B、B1 シナリオ前提とした HADCM3、MRI、ECHAM5 による気候予測情報を使用)。
24 ²¹²⁰¹⁵⁾

25

1 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

2 ● 重大性：【評価】影響が認められる

3 影響の範囲は全国の河川に及ぶ。気候変動による気温の上昇は、河川の水温を上昇させる可能
4 性がある。

5 また、気候変動により降水量が増加する流域では、土砂の流出量の増加、合流式下水道越流水
6 の頻度を増加させる。水温上昇や濁度の程度にもよるが、河川や浅層の地下水、帯水層の水温・
7 水質の変化における気候変動により生じるリスクは、社会・経済・環境のすべての観点において、
8 その影響の程度や範囲は限定的と判断される。

9 ● 緊急性：【評価】中程度

10 2030年頃までに、気温上昇のみならず、降水の時空間分布の変化や降水量の減少に伴う水質の
11 悪化が生じる可能性はあるものの、水道用の取水に対しては、水門の一部閉鎖、取水のピークカ
12 ットや沈澱池の改良、高濁度原水に対する対応など、比較的短期間で対処可能な対策が今後も有
13 効な適応策として考えられる。夏季の渇水による塩水遡上等の影響が報告されているものの、気
14 候変動との因果関係については必ずしも明確になっていない。

15 ● 確信度：【評価】低い

16 河川や浅層の地下水、帯水層の水温上昇や、河川における浮遊砂量、土砂生産量については気
17 候予測モデルやシナリオを用いた予測がされているが、見解の一致度は気候シナリオの不確実性
18 もあり中程度である。研究・報告数は一定程度に留まり、水質や異臭味等に関する定量的な予測
19 の文献は現時点で確認できていないため、証拠は限定的である。また、降水の時空間分布の変化
20 については近未来の予測等が行われているが、それが水質に及ぼす影響についての研究報告は少
21 ない。

1 (3) 沿岸域及び閉鎖性海域

2 (気候変動による影響の要因)

3 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
4 化に伴う水質の変化を扱う。

- 5 ● 気候変動による気温の上昇は、沿岸域や閉鎖性海域の水温を上昇させる事が想定される。
- 6 ● 沿岸域や閉鎖性海域における水温の上昇は、水質にも影響を及ぼすことが想定される。
- 7 ● また、降水の時空間分布の変化による河川からの濁質の流入増加などによる水質への影響も
8 想定される。
- 9 ● 人為影響により排出される二酸化炭素は、海洋内部に蓄積することで海水中の水素イオン濃
10 度指数 (pH) を低下させ、海洋酸性化を進行させることが報告されている。

11

12 (現在の状況)

[概要]

- 全国 207 地点の表層海水温データ (1970 年代～2010 年代) を解析した結果、132 地点で有意な上昇傾向 (平均 : 0.039℃/年、最小 : 0.001℃/年～最大 : 0.104℃/年) が報告されている。なお、この上昇傾向が見られた地点には、人為的な影響を受けた測定点が含まれていることに留意が必要である。
- 沖縄島沿岸域では、有意な水温上昇あるいは下降傾向は認められなかったとの研究報告もある。
- 全国 289 点の沿岸海域の pH データ (1978～2009 年) を用いて解析した結果、有意な酸性化傾向 (0.0014/年～0.0024/年) にあることが確認されている。

13

14 全国 207 地点の表層海水温データ (1970 年代～2010 年代) を解析した結果、132 地点で有意な
15 上昇傾向 (平均 : 0.039℃/年、最小 : 0.001℃/年～最大 : 0.104℃/年) が報告されている²⁰¹⁶⁾。

16 なお、この上昇傾向が見られた地点には、人為的な影響を受けた測定点が含まれていることに
17 留意が必要である。

18 一方、沖縄島沿岸域の 5 地点における公共用水域では、有意な水温上昇あるいは下降傾向は認
19 められなかったとの報告がある²⁰¹⁵⁾。

20 全国 289 点の沿岸海域の pH データ (1978～2009 年) を用いて解析した結果、有意な酸性化傾
21 向 (0.0014/年～0.0024/年) にあることが確認されている。²¹³⁰¹²⁾

22

1 (将来予測される影響)

[概要]

- 瀬戸内海の物理・熱環境の将来変化予測を行った研究においては、RCP8.5シナリオを前提として年平均1.6度の温度が上昇する可能性が高い。
- 伊勢湾全体の将来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可能性が高い。
- 東京湾を対象とした研究では、2046～2065年における強風の継続時間は減少する可能性が示唆されており、DO濃度の回復が困難となる恐れもあることが予測されている。

2

3 瀬戸内海の物理・熱環境の将来変化予測を行った研究においては、RCP8.5シナリオを前提とし
4 て年平均1.6度の温度が上昇することが分かった（CMIP5に登録されている全61種類のGCMによ
5 る気候予測情報を使用）。また、季節別では冬季より夏季の方の昇温が大きく、将来変化は8月が
6 最も顕著であった。²¹³⁰⁰²⁾

7 伊勢湾全体の将来（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
8 岸部での上昇が顕著であることが分かった。水深の浅い沿岸部では、気温上昇や日射による水温
9 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
10 登録されている15種類のGCMによる気候予測情報を使用）。²¹³⁰⁰⁴⁾

11 また、東京湾を対象とした研究では、2046～2065年における強風の継続時間は減少する可能性
12 が示唆されており、DO濃度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
13 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）。⁴⁴¹⁰⁰²⁾

14 さらに、海面上昇に伴い、沿岸域の塩水遡上域の拡大も想定される²⁰⁰⁴⁾。

15

16 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

- 17 ● 重大性：【評価】影響が認められる

18 影響の範囲は全国の海域（沿岸域及び閉鎖性海域）に及び、海洋酸性化、貧酸素化の促進、河
19 川からの濁質の流入増加による藻場への影響、合流式下水道越流水による水質悪化の影響が懸念
20 されるが、人命や資産、環境生態系機能の損失などの観点から考えると、その影響の程度や範囲
21 は限定的と判断される。

- 22 ● 緊急性：【評価】中程度

23 瀬戸内海や伊勢湾全体で水温の上昇が生じるとする予測があることから、それに伴って水質の
24 悪化が生じる可能性がある。その結果、水質汚濁物質が広範囲に蓄積する可能性を考慮すると、
25 適応の着手・重要な意思決定が必要な時期の観点から、緊急性は中程度と判断される。

- 1 ● 確信度：【評価】 中程度
- 2 気温上昇や降水量の減少、降水の時空間分布の変化についての近未来の予測はなされている
- 3 が、それが水質等に及ぼす影響について、限定的ではあるものの、定量的な予測を行った研究事
- 4 例が報告されている。

1 【水資源】

2 (1) 水供給（地表水）

3 (気候変動による影響の要因)

4 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
5 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。

- 6 ● 気候変動による降水量や積雪量の変化に伴い、河川流量が変化する。
- 7 ● 降水量の減少や積雪量の減少、無降雨日数の増加は、渇水を引き起こす原因となる。
- 8 ● 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は農業などの水の
9 需要期に十分な量の水を供給できない原因となる。
- 10 ● 降水の時間推移の変化などによる渇水の深刻化に伴うダム貯留水の減少は、ダムからの用水
11 の補給可能量を減少させる原因となる。
- 12 ● 海面上昇は、河川河口部における海水（塩水）の遡上範囲を拡大させ、淡水の塩水化を引き
13 起こす原因となる。

14

15 (現在の状況)

[概要]

- 年降水量の年ごとの変動が大きくなっており、無降雨・少雨が続くこと等により日本各
地¹⁶で給水制限が実施される事例が確認されている。
- 1980～2009年の高山帯の融雪時期も時期が早くなる傾向があるが、流域により年変動が
大きい。多雪地域である北陸などでは、冬季における融雪が増加することが報告されて
おり、取手川流域では、降雪の減少により春先の灌漑用水が不足することも示唆されて
いる。
- 気候変動に伴う渇水による流水の正常な機能の維持のための用水等への影響、海面上昇
による河川河口部における海水（塩水）の遡上範囲の拡大に関しては、現時点で具体的
な研究事例は確認できていない。
- 東北・中国・九州地方では水ストレス（水需要量に対する取水可能量の比）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
スも高くなることが報告されている。

16

17 IPCC 第5次評価報告書では、観測された影響として、多くの地域において、降水量又は雪氷の
18 融解の変化が水象システムを変化させ、量と質の面で水資源に影響を与えている（確信度が中程
19 度）、と指摘している。⁰⁰⁰⁵⁾

20

1 1958～1967年の暖候期の前半の概ね梅雨期に相当する時期の降水量については、北海道を除く
2 9ブロックで温暖な時期の最小降水量が小さくなっているほか、気温の上昇に伴い最大積雪深は
3 小さくなっている。²⁰⁴⁷⁾ 渇水が発生している四国の吉野川では、ダムを計画した際の基準年の降
4 水量を下回る年が最近20年間で8ヵ年となっている。⁰⁰⁰¹⁾ また、年降水量の変動が大きくなって
5 おり、無降雨・少雨が続くこと等により日本各地で渇水被害が発生し、給水制限が実施されてい
6 る。^{0001, 221001, 221016, 221017, 221041)} さらに、四国の重信川流域における河川流出量は、1980年代から現
7 在まで100mm/イベント以下の小雨時の流量が減少傾向を示している。²²¹⁰³⁷⁾ 1901～2000年の気象
8 庁における日単位の降水量観測値の解析から、年降水量は減少傾向を示す地点が多いが、最大3
9 日連続降雨量の解析からは、短期間にまとめて強く降る傾向が増加し、とくに、四国や九州南部
10 でその傾向が強い。²⁰²³⁾ 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
11 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
12 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
13 ている。²⁰²⁴⁾ また1980～2009年の高山帯の融雪時期も時期が早くなる傾向があるが、流域によっ
14 ては年変動が大きかった。²⁰⁴⁸⁾ 特に、多雪地域である北陸では、流域の標高が高い河川ほど長期
15 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示されている。²²¹⁰¹⁹⁾ 冬季の気温
16 上昇は、日本アルプスや中部における融雪を加速させ²²¹⁰³⁴⁾、阿賀野川流域では、冬季の融雪が増
17 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²²¹⁰³⁵⁾。取手川流域では、地
18 球温暖化により降雪が減少した場合、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
19 る。²²¹⁰³⁶⁾

20 また、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
21 顕著になり、基底流出量が減少した。²⁰⁴⁶⁾

22 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、東北・中国・九州地
23 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
24 流域での水ストレスも高くなっている。²²¹⁰⁰²⁾

25

26 (将来予測される影響)

[概要]

- A1Bシナリオを用いた研究では、北日本と中部山地以外では近未来(2015～2039年)から渇水の深刻化が予測されている。また、融雪時期の早期化による需要期の河川流量の減少、これに伴う水の需要と供給のミスマッチが生じることも予測されている。
- A2シナリオを用いた研究では、将来の人口増減率を用いて水需要量を将来推定値とした場合、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が予測されている。
- 海面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、下流付近で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おり、河川への塩水遡上範囲が延伸した場合、河川水を利用している施設へ影響が生じる恐れがあることも予測され

ている。

- このほか、現時点で定量的に予測をした研究事例は確認できていないものの、渇水による流水の正常な機能の維持のための用水等への影響、海面上昇による河川河口部における海水（塩水）の遡上による取水への支障などが懸念される。
- 相模ダム流域では、RCP4.5 シナリオにおいて2、4月の渇水リスクの増加、6、7月の洪水リスクの増加が予測されている。

1
2 日本全域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
3 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）
4 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
5 れている。北日本と中部山地以外では、河川の流量が減少し渇水が深刻になる。河川の源流域に
6 おいて積雪量が減少すると、融雪時に生じる最大流量が減少するとともに、そのピーク時期が現
7 在より早まる。これにより、需要期における河川流量が減少すると予測されている。⁰⁰⁰¹ また、A2
8 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、このよう
9 な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
10 る予測結果も報告されている。²⁰⁵¹ 日本各地の河川においては、冬期の降水量の増加により河川
11 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を示している。
12 ^{221028, 411027, 221046, 221055} また、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、
13 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、
14 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
15 予測されている（MRI-AGCM3.2H 及び MRI-NHRCM20 の気候予測情報を使用）。²²³⁰⁰² 2075～2099年の
16 吉野川流域、最上川流域において、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
17 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
18 ており、最上川流域白川ダムでは、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
19 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
20 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）。²²¹⁰⁵⁷

21 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
22 発生するとの報告もある。²⁰²⁸ 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、
23 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
24 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
25 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）。²²¹⁰¹⁵
26 灌漑期及び非灌漑期における早明浦ダム流域の貯水率を調査した研究では、2091～2100年の灌漑
27 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
28 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）。²²¹⁰²⁰ このような河川
29 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
30 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。

31

1 また、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、
2 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
3 ことが分かった（MRI-AGCM3.2Sの気候予測情報を使用）。²²¹⁰²² その一方で、水需要量を将来推定
4 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
5 が半減することを示唆している研究もある（SRES A2シナリオを前提としたRCM20の気候予測情
6 報を使用）。²²¹⁰¹⁰

7 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
8 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
9 ば、自然生態系や水産業、水利用等への影響が生じる。

10 加えて、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
11 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
12 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
13 災害の規模の関係について、詳細は「山地－土石流・地すべり等」を参照。）

14 さらに、海面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
15 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、
16 塩水くさびを押し戻すことができない。海面上昇による新釧路川の塩水遡上形態の変化を調査し
17 た研究では、海面上昇量を0.59m及び1mと想定した場合、どちらにおいても下流付近では高濃
18 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。⁴²¹⁰⁰⁷ また、新釧路川では、JR
19 釧路雑用水、日本製紙工業用水、釧路漁協養魚用水、釧路市水道の許可工作物の施設において河
20 川水が利用されており、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
21 影響が生じる恐れがあることも予測されている。²²¹⁰⁶⁵

22 日本全国336流域の影響評価では、6～10月にかけて豪雨の発生する可能性が増加し、各地で洪
23 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
24 情報を使用）。²²¹⁰¹⁵ 相模ダム流域では、RCP4.5シナリオにおいても2、4月の渇水リスクの増加、
25 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
26 MIROC5の気候予測情報を使用）。^{221032, 221073} 吉見浄水場を対象とし、2081～2100年の月平均降水量
27 を用いて各月の河川流量を予測した研究では、過去と比較して洪水リスク発生の閾値が増加する
28 傾向が見られ、特に6、9月の増加が顕著となり、洪水による水道施設被害や高濁度化のリスクが
29 増加することが想定されている（RCP2.6、8.5シナリオを前提としたMIROC5、MRI-CGCM3.0の気候
30 予測情報を使用）。²²¹⁰⁷⁴

31

1 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

2 ● 重大性：【評価】

3 <RCP2.6及び2℃上昇相当>特に重大な影響が認められる

4 <RCP8.5及び4℃上昇相当>特に重大な影響が認められる

5 【観点】社会／経済

6 全国的に影響が及ぶ。特に融雪を水資源とする地域に大きな影響が及び、流量の減少とともに
7 冬季の降雨事象の増加に伴う積雪量の減少や融雪時期の早期化は水田の管理に多大な影響を及ぼ
8 す。水不足は水道水、農業用水、工業用水など多くの分野に影響を与える可能性があり、社会的
9 経済的影響が大きい。RCP2.6、8.5シナリオともに洪水、渇水の両極端現象の発生頻度の増大を予
10 測する研究事例もあり、注目していくことが重要となる。

11 <RCP2.6及び2℃上昇相当>

12 2081～2100年の代かき期では、北日本（東北、北陸地域）において利用可能な水量が減少する
13 ことが予測されている。

14 <RCP8.5及び4℃上昇相当>

15 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
16 示唆されているものの、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
17 ダムでは、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。ま
18 た、2081～2100年の代かき期では、西日本（近畿、中国地域）や北海道でも減少することが予測
19 されている。

20 ● 緊急性：【評価】高い

21 日本各地において気象現象の変化による渇水とそれによる給水制限等の被害が既に発生してい
22 る。また、その他の地域においても、近未来（2015～2039年など）から影響が生じることが予測
23 されている。

24 ● 確信度：【評価】高い

25 研究・報告数は、気候予測モデルを用い、その結果を流出計算により定量的に評価した文献が
26 増加してきており、それ以外にも定性的な予測等も含めると多くの文献が存在する。流出計算に
27 より定量的評価を行っている文献でも、予測の結果はほぼ整合している。今後は、降雨分布等の
28 不確実性もふまえたリスク評価への展開が必要であるが、現時点で得られている情報の下での確
29 信度は高いと考えられる。

1 (2) 水供給（地下水）

2 (気候変動による影響の要因)

3 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
4 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。

5 ● 気候変動による日降水量や降水の時間推移の変化により地下水位が変動し、水利用に影響を
6 及ぼす。

7 ● 一般的に地下水利用量の変化には気候変動や人為的な要因も関係する。

8 ● 無降雨日数の増加等に伴う渇水が頻発することで、過剰な地下水の採取により、地盤沈下が
9 進行する可能性がある。

10 ● 海面上昇は、地下水の塩水化を引き起こす原因にもなる。

11 ● 豪雨や融雪による地下水供給の増加は、地すべり発生に大きく関係する。

12

13 (現在の状況)

[概要]

● 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できてない。

● 一般的に、地下水利用量の変化には気候変動や人為的な要因も関係する。

● 地盤沈下が続いている地域が多数存在していることや、渇水時における過剰な地下水の
採取により地盤沈下が進行することもある。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る。

● 海面上昇による地下水の塩水化の現状については、現時点で具体的な研究事例は確認で
きてないものの、地球温暖化に伴う海面上昇や高潮氾濫、渇水の頻発化・長期化によっ
て、小規模な島の淡水レンズ³⁵が縮小する可能性が指摘され、また過剰揚水によって既
に縮小した事例が報告されている。

14

15 地下水利用に関しては、渇水に伴う水利用可能量減少の結果、地下水を利用している地域にお
16 ける地下水揚水量の増加が生じ、さらにそれによって地盤沈下が引き起こされる可能性がある。

17 ²⁰⁵³⁾

18 地下水の過剰な採取による地盤沈下が、関東平野南部では明治中期から、大阪平野でも昭和初
19 期から認められ、昭和 30 年以降は全国に拡大したが、地表水への水源の転換を推進したことや、
20 法律、条約、要綱等による規制が行われたことにより、近年沈静化の方向である。しかしながら、

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

1 依然として地盤沈下が続いている地域が多数存在していることや、
2 湧水時における過剰な地下水
3 の採取により地盤沈下が進行することもある。特に臨海部では、
4 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る。²²²⁰¹⁶⁾

5 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
6 下面積が増加している。これだけでは湧水との関係性に言及はできないが、将来気候変動により
7 湧水が生じ、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
8 が示唆される。²⁰⁵³⁾

9 一方、月降雨量の増加による地下水位の上昇に伴い地下水湧出量の増加が確認されている。²²²⁰⁰⁶⁾

10 海面上昇による地下水の塩水化については現時点で現状に関する文献が確認できていないもの
11 の、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
12 ²²²⁰⁰⁷⁾。

13 近年では、地球温暖化に伴う海面上昇や高潮氾濫、湧水の頻発化・長期化によって、小規模な
14 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
15 れている。²²²⁰¹⁷⁾

16

17 (将来予測される影響)

[概要]

- 武蔵野台地や京都盆地を対象とし、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地下水位の変化について予測した研究事例がある。また、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。
- 湧水に伴い地下水利用が増加し、地盤沈下が生じることについては、現時点で具体的な研究事例は確認できていない。
- 現時点で定量的に予測をした研究事例は確認できていないものの、海面上昇による地下水の塩水化、取水への影響が懸念される。わが国の沖積平野にある大都市や灌漑用水としては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されるが、地下水を利用している自治体では、塩水化の影響は大きくなることが懸念される。
- 豪雨や融雪による地下水供給の増加は地すべりに大きく関係する。温暖化が進行することによって生じる高強度の短時間降雨イベントの頻度・強度の増加は、地すべりの発生を増加させることが予想されており、特に、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。

18

1 気候変動が地下水環境に及ぼす影響については、武蔵野台地を対象に RCP4.5 シナリオを用いた
2 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
3 していることが示されている。²²²⁰⁰³⁾ また、京都盆地を対象にした研究によると、2075～2099 年に
4 かけて地下水位が低下する可能性が高い地域がある（SRES A1B シナリオ前提とした MRI-AGC3.2H
5 による気候予測情報を使用）ことや²²²⁰⁰¹⁾、胆沢川扇状地を対象にした研究では、2081～2100 年に
6 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
7 用）²²²⁰⁰²⁾。また、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
8 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（SRES B1、A1B、A2 シナリオ前
9 提とした複数の気候予測モデルによる情報を使用）。²²²⁰¹¹⁾

10 海面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²⁰⁰⁴⁾。沖積平野の
11 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
12 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
13 に伴って塩分濃度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
14 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
15 が想像されるともしている。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
16 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。²⁰⁵⁷⁾ わが国の沖積平野にある
17 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
18 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
19 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
20 あり²⁰⁵⁷⁾、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
21 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
22 ることも示唆されている²²²⁰¹⁵⁾。

23 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
24 水の湧出量の増加も予測されている²²²⁰¹³⁾。

25 豪雨や融雪による地下水供給の増加は地すべり発生に大きく関係することから、降雨・降雪は
26 重要な誘因の一つである。温暖化が進行することによって生じる高強度の短時間降雨イベントの
27 頻度・強度の増加は、地すべりの発生を増加させることが予想されている。²²²⁰¹⁸⁾ 特に、斜面災害
28 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
29 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。²²²⁰¹⁹⁾

30

1 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

2 ● 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

3 【観点】社会／経済

4 影響の範囲は全国に及ぶ。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地域もあり、
5 地下水を主水源としている地域では社会的経済的影響を受ける。ただし、わが国の沖積平野にあ
6 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。したがって、
7 地下水塩水化による水源への影響はさほど多くはないと想定される。一方で、豪雨や融雪による
8 地下水供給の増加は地すべり発生に大きく関係し、気候変動が進行することによって生じる高強
9 度の短時間降雨イベントの頻度・強度の増加は、地すべりの発生を増加させることが懸念されて
10 いる。

11 ● 緊急性：【評価】中程度

12 現状で、海面上昇による地下水塩水化の被害等に関する報告は確認できていないものの、臨海
13 部においては、渇水時に地下水を過剰採取したことによって帯水層に海水が浸入し、塩水化が生
14 じていることが報告されている。また、長期（2080～2099年）を対象とした研究で影響が予測さ
15 れている。地下水は、一旦塩水化等の影響が生ずれば、地下水環境の回復・修復は困難が予想さ
16 れるため、適応策については比較的早期に検討・準備が必要と考えられる。

17 ● 確信度：【評価】中程度

18 研究・報告数は一定程度である。気候予測モデルを使用した報告、室内モデル実験による研究
19 を含む。

20

1 (3) 水需要

2 (気候変動による影響の要因)

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

5 気候変動による気温の上昇は、飲料水・冷却水等都市用水の需要を増加させる可能性があり、
6 東京では、気温上昇に応じて水使用量が増加することが報告されている。

7 ● 気温の上昇は、作付け時期の変化や蒸発散量の増加などを引き起こし、農業用水の需要を増
8 加させる可能性がある。

9

10 (現在の状況)

[概要]

- 気温上昇と水使用量の関係について、東京では、気温上昇に応じて水使用量が増加することが実績として現れている。
- 農業分野では、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増加が報告されている。

11

12 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
13 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
14 約者で影響が大きいことが示されている。²⁰⁵⁸⁾

15 また、農業分野での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
16 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
17 る傾向がみられる。²⁰²⁵⁾

18 (将来予測される影響)

[概要]

- 現時点で、気候変動による影響を定量的に予測した研究事例は確認できていないものの、気温の上昇による飲料水等の需要増加が懸念される。
- 九州で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おり、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る。
- 気候変動・将来の人口・経済発展を考慮して2050年の水供給・水需要を推定した結果においては、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ことが予測されている。
- 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といった予測例もある。

1 松山市では、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%
2 程度増やさないと水ストレスによる水稲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
3 されている（SRES A1B、A2シナリオを前提としたCGCM3の気候予測情報を使用）。²²³⁰⁰³⁾九州では
4 2030年代に水田の蒸発散量増加による潜在的な水資源量の減少が予測されていることから、その他
5 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るとしている。²²³⁰⁰⁶⁾

6 また、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もある。²⁰²⁸⁾

7 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
8 結果においては、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
9 される²²³⁰⁰¹⁾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、
10 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²²³⁰⁰⁵⁾ことも予測され
11 ている。

12
13 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

14 ● 重大性：【評価】影響が認められる

15 影響の範囲は全国に及ぶ。農業用水、生活用水のいずれにも影響が及ぶことが想定される。特
16 に、大量に水を使用する農作物栽培地域や、公共施設等の確実な水供給を必須とする施設、福祉・
17 医療施設は持続的な脆弱性・曝露の要素となり得る。ただし、それらの影響の程度については現
18 時点で特に大きいと判断される十分な根拠等はない。

19 ● 緊急性：【評価】中程度

20 現状での水使用量への影響は既に確認されている。2030年代における水田の潜在的な水資源量の
21 減少や、長期（2071～2100年）における灌漑水量の減少が予測されているなどの影響の発現も想
22 定される。

23 ● 確信度：【評価】中程度

24 研究・報告数は限定的である。気温上昇による現状での水使用量への影響は現れているため、
25 将来の需要増に関してもある程度確信度が高いと考えられる。気候予測モデルを用いて将来の農
26 業用水への影響を予測している研究はあるものの、水使用量への影響について予測を行っている
27 例は確認できていない。

3.3 自然生態系

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1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、およ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³⁶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。

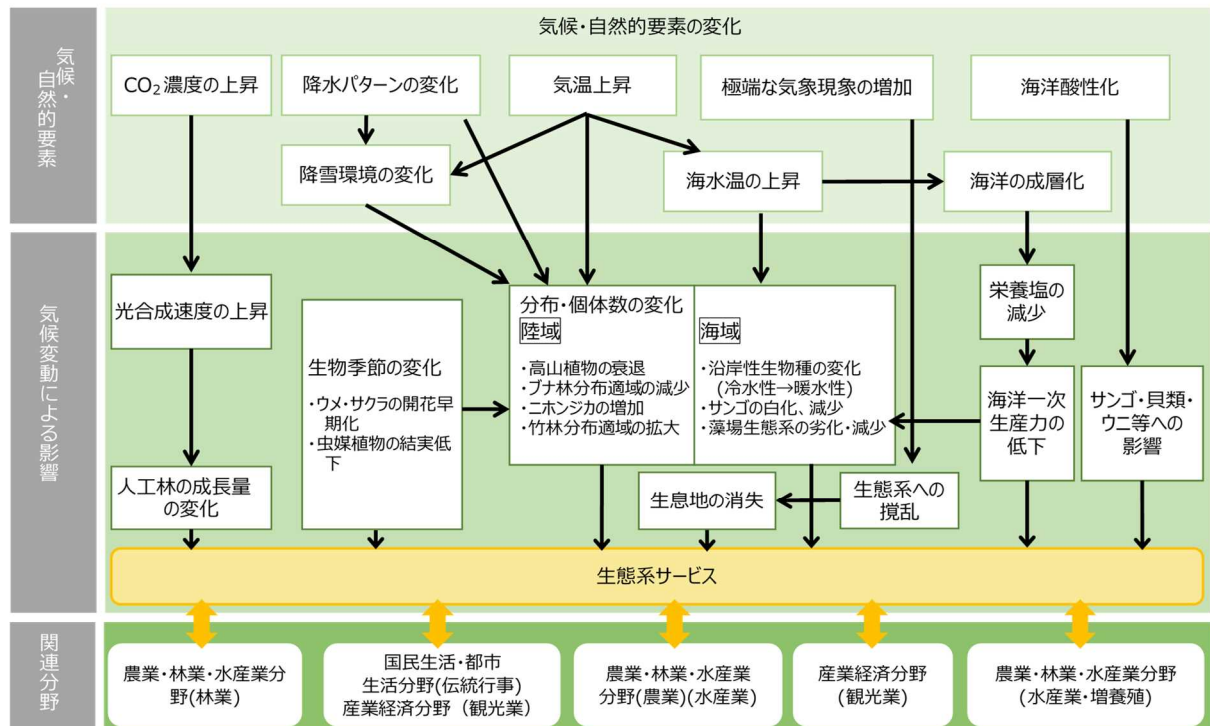


図1 自然生態系分野における気候変動による影響の概略

※自然生態系分野のみ、イメージとして作成、令和2年度には全分野作成予定

● 文献数・構成等の変化

第2次影響評価において、自然生態系分野全体では合計275件の文献(現状影響144件、将来影響131件)を引用しており、このうち、第1次影響評価から新たに追加された文献は147件である。小項目別に見ると、高山・亜高山帯や自然林・二次林(陸域生態系)、亜熱帯や温帯・亜寒帯(沿岸生態系)において文献数が特に増加している。

第1次影響評価からの構成上の変更点としては、大項目として「生態系サービス」が追加された他、「生物季節」「分布・個体群の変動」については新たに設ける大項目「その他」のもとに整理を行い、他の各小項目で扱うことが適当でない、分布が広域で複数の生態系を利用する種等に関

³⁶ 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。

1 する影響を取扱うこととした。

2 ● 気候変動による影響の概要

3 既に高山帯および植生移行帯付近の森林における種構成の長期的な変化、植物の開花期と送粉
4 者との季節的なミスマッチの発生、ニホンジカの生息適地の全国的な増加、河川や沿岸生態系に
5 における南方性生物種の分布北上等の影響が国内各所で生じていることが報告されている。また、
6 新たに顕在化してきた影響として、モウソウチクやマダケの分布北限付近における拡大、沿岸域
7 における藻場生態系の衰退とサンゴ礁群集への移行、海洋酸性化および貧酸素化の進行等が挙げ
8 られる。

9 将来においては、高山性のライチョウや、冷水性魚類であるイワナ等の生息適域の減少および
10 地域的な消失、森林構成樹種の分布や生産量の変化、ニホンジカやタケ類の高緯度・高標高への
11 分布拡大、亜熱帯域におけるサンゴ礁の分布適域の減少や消失、温帯域における藻場生態系から
12 サンゴ礁への移行、海洋酸性化の進行によるサンゴやウニ、貝類の生息適域の減少等の影響が予
13 測されている。また、「自然林・二次林」「亜熱帯（沿岸生態系）」などで RCP2.6、RCP8.5 シナリ
14 オを用いた将来予測に関する知見が新たに報告されている。

15 ● 重大性・緊急性・確信度評価の概要

16 自然生態系分野では、影響は早期に発見される場合が多いものの、適応策としてできることが
17 限られており、気候変動そのものを抑止する（緩和）しか方策がないという場合もある。そのよ
18 うな場合、緊急性の評価における「適応の着手・重要な意思決定の必要な時期」の観点で評価を
19 行うことは難しく、「影響の発現時期」の観点のみで評価を行っている。

20 自然生態系はその変化を通して重要な種やハビタットに大きな影響を与えることに加え、生態
21 系サービスを通して地域社会の文化や経済への影響の波及も考えられることから、影響の重大性
22 は「特に重大な影響が認められる」と評価される傾向が強い。

23 しかしながら、自然生態系は気候変動以外にも、開発行為や人口減少に伴う管理放棄など、他
24 の要因による脅威にさらされてきたことに加え、気象条件等の変化と生物との相互作用が複雑で
25 あることから、気候変動による直接的な影響を検出することが難しく、確信度は他分野と比較し
26 て低く評価される傾向にあった。その中でも、今回収集された文献に基づき「野生鳥獣による影
27 響」および「亜熱帯（沿岸生態系）」の2つの小項目については、確信度が上方修正された。また、
28 「自然林・二次林」「里地・里山生態系」「人工林」の3つの小項目については、現在既に生じて
29 いる影響が確認されたこと等から、緊急性評価が上方修正となった。

30 第2次影響評価より新たに評価を実施した生態系サービスについては、気候変動による直接的
31 な影響を論じた文献こそ限られるものの、サンゴ礁や藻場生態系の劣化や、サクラやカエデの生
32 物季節の変化等、生態系サービスの基盤である各生態系の構成要素への影響については一定程度
33 の文献が収集されたことから、これらの生態系に関連が深いサービスについては、細目として個
34 別に評価を行っている。その結果、細目評価の対象とした「流域の栄養塩・懸濁物質の保持機能
35 等」、「沿岸域の藻場生態系による水産資源の供給機能等」、「サンゴ礁による Eco-DRR 機能等」、及
36 び「自然生態系と関連するレクリエーション機能等」の4つの細目に置いて、影響の重大性につ
37 いて「特に重大な影響が認められる」と評価された。

1 気候シナリオに応じた重大性評価を実施した「自然林・二次林」「亜熱帯（沿岸生態系）」の結
2 果から、気温の上昇を2℃上昇程度に抑えることは、「自然林・二次林」の影響の低減に貢献する
3 もの、サンゴ礁等を対象とする「亜熱帯(沿岸生態系)」は2℃上昇相当であっても重大な影響が
4 生じることが予測された。このことから、特に「亜熱帯(沿岸生態系)」においては適応策のみで
5 影響を低減させることには限界があり、緩和策との連携の重要性が示唆される。

6 7 【陸域生態系】

8 (1) 高山帯・亜高山帯

9 (気候変動による影響の要因)

10 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
11 成や現存量等の生態系の構造の変化等について扱う。

- 12 ● 気候変動による気温の上昇、降水量の変化、積雪環境の変化は、高山植物に影響を及ぼす。
13 具体的には、気温の上昇により、高山植生の高標高及び高緯度地域への移動が生ずると考え
14 られるが、地形要因や土地利用等様々な要因により移動が制限される可能性もある。積雪期
15 間の短縮は植物の生育期間の増加と土壌の乾燥化を引き起こし、植生変化、特に雪田植生や
16 高層湿原の衰退・消失をもたらすことが想定される。ハイマツなどの低木類、ササ類、イネ
17 科草本植物の分布拡大は、日本各地の高山帯で既に観測されている植生変化であり、それ
18 よって植物群落の種多様性は減少する。気温上昇と融雪時期の早期化は、高山植物群落の開
19 花時期や展葉時期を早め、開花期間を短縮するなどの生物季節の改変をもたらす。その結
20 果、開花時期と花粉媒介昆虫の活動時期とのずれや、展葉期における霜害を引き起こす可能
21 性がある。

1 (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**の変化が報告されている。大規模な植生変化としては、森林帯の標高変化、**ハイマツ等の亜高山帯に分布する**低木類の高山帯への侵入、高山湿生植物群落の衰退が報告されている。
- 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期のずれ（生物季節の改変による相互関係の崩壊）が観測されている。

2

3 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。^{311002, 311008}ハイマツ
4 の年枝伸長量は、夏の気温の増大により促進される。³⁰⁰⁵一方で、春の雪解けの早まりにより霜
5 害のリスクが高まり、枝枯れもしばしば起きている。^{3004, 311025}

6 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
7 乾燥化により、過去 20～30 年間にチシマザサの分布拡大^{3007, 311027, 311025}とエゾノハクサンイ
8 チゲ個体群の衰退³⁰⁰³が進行している。**大雪山国立公園の高山帯全域(203km²)では、過去 40 年間**
9 **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。**
10 ³¹¹⁰⁴⁴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
11 類似化等の変化が起きている。³¹¹⁰¹⁹

12 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
13 る。^{3001, 3002}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
14 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。^{311034, 311018}

15 ニホン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
16 山草原で急速に分布拡大しており、ニホンライチョウの営巣環境への影響が懸念されている。^{311047,}
17 ³¹¹⁰⁴⁸

18 富士山山頂の上部高山帯においては、ヤノウエノアカゴケ群落が衰退し、維管束植物の侵入が
19 拡大している。³¹¹⁰⁰²

20 石川県白山では、越年雪溪の縮小が観察されている。³⁰⁰⁶

21 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。
22 ³¹¹⁰³⁵

23 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れ、花粉媒
24 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
25 ている。³⁰⁰⁸

26

1 (将来予測される影響)

[概要]

- 高山帯・亜高山帯の植物種・植生について、分布適域の変化や縮小が予測されている。例えば、ハイマツ、コメツガ、及びシラビソは 21 世紀末に分布適域の面積が現在に比べて減少することが予測されている。
- 地域により、融雪時期の早期化による高山植物の地域個体群の消滅が予測されている。
- 生育期の気温上昇により高山植物の成長が促進され、植物種間の競合状態が高まることによる種多様性の減少、低木類やチシマザサの分布拡大などの植生変化が進行すると予測されている。
- 生育期の気温上昇と融雪時期の早期化により、高山植物群落の開花時期の早期化と開花期間の短縮化が促進され、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）のリスクが高まると予測されている。

2

3 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
4 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) ～
5 25.0% (A2 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。³⁰⁰⁹⁾ 一
6 方で、過去 30～40 年間スケールではハイマツの分布域は拡大傾向にあり、予測モデルとは逆の
7 傾向が観測されており、両者の不一致の原因について検討が必要である。

8 亜高山帯の針葉樹種であるコメツガおよびシラビソの分布適域を全国スケールで予測した研究
9 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%が分布不適地なると予測され
10 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)。³¹¹⁰¹⁵⁾

11 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
12 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、分布シフトにより個体
13 群が維持される立地もあると予測されている。³⁰⁰³⁾ 同様に北海道大雪山の国立公園における高山
14 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
15 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
16 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
17 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、
18 MRI-CGCM3、IPSL-CMA5A-LR モデルによる気候予測情報を使用)。³¹¹⁰⁰³⁶⁾

19 基盤環境の変化として、中部山岳地域では積雪量の減少と融雪の加速が予測されている(A1B シ
20 ナリオを前提とした CSIRO-Mk3.5 等 CMIP3 に含まれる 4 モデルによる気候予測情報を使用)。³¹¹⁰²³⁾

21 青森県八甲田山では、プラス 1～2℃の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
22 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、プラス 4℃の上昇では生育適地がほ
23 ぼ消失すると予測されている。³⁰⁰²⁾ 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

1 域の縮小と高標高・高緯度へのシフトが予測されている。^{3011, 3013} 一方、北海道東部におけるア
2 カエゾマツの年輪幅と気象要因の解析ならびに炭素安定同位体比による乾燥ストレスの評価では、
3 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（植物の根や茎が成
4 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
5 いる。³⁰¹⁰ 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
6 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
7 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
8 いる。³¹¹⁰¹⁰ 以上のように、森林帯の分布シフト予測についての見解は地域により様々であり、統
9 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。

10 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
11 肥大成長が促進されることが予測されている(B1、A1B、A2 シナリオを前提とした BCCR-BCM2.0、
12 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)。³¹¹⁰³⁸

13 加えて、中部山岳地域においては、ライチョウの分布適域が、2081～2100年までに現在と比較
14 して0.4%に減少することが予測されている(A1Bシナリオを前提とした、CMIP3に含まれる24の
15 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)。³¹¹⁰⁰³⁷

16 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。
17 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
18 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。³¹¹⁰⁴² それ
19 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。

20 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
21 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
22 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、
23 VoCCは山頂付近で極大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
24 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
25 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化に追従できない可能
26 性が懸念されている。³¹¹⁰⁴⁹

27

28 （重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

29 ● 重大性：

30 【評価】特に重大な影響が認められる

31 【観点】環境：希少種・ハビタット・生物多様性・景観の消失

32 影響の範囲は全国の山岳域に及ぶ。高標高及び高緯度への移動の限界は、当該影響に対する
33 持続的な脆弱性の一要素となる。また、積雪期間の短縮は土壌の乾燥化を引き起こし、急速な植
34 生変化や雪田、高層湿原の衰退・消失をもたらす。これらのことは、希少種・ハビタット・生物
35 多様性・景観の消失につながる。また、気温上昇や融雪時期の早期化により高山植物群集の生物
36 季節は大きく改変され、それにより凍害リスクの増大や生物間相互作用の改変が起こる可能性が

1 高い。

2 ● 緊急性：

3 (生態系への影響)

4 【評価】 高い

5 ・影響の発現時期 【評価】 高い

6 ・適応の着手・重要な意思決定が必要な時期 【評価】 高い

7 既に気温上昇が一因となって生じている可能性のある影響（ハイマツの年枝伸長量の増加等）
8 が報告されている。また、大規模な植生変化として、森林帯の標高変化、低木類の高山帯への侵
9 入、高山湿生植物群落の衰退等が報告されている。これらの報告では、気温上昇との直接的な因
10 果関係が明確なものばかりでなく、様々な要因が合わさって影響が生じている可能性もあるこ
11 とに留意が必要である。特に高山帯では、融雪時期の早期化や雪渓の縮小が生態系に及ぼす影響
12 が大きい。将来予測モデルでは、日本全域を対象としたような、広域スケールでの植生分布変化
13 （植生帯レベル）の変化を、今世紀中頃から今世紀末にかけての時間スケールで予測しているも
14 のが多い。しかし現実には急速かつ大規模な植生変化が地域スケール（個々の山域や特定地域の
15 群落・個体群レベル）で報告されている。高山生態系の生物多様性は、立地環境の違いを反映し
16 たハビタットのモザイク構造（異なる群落がパッチ状を成す構造）により維持されているため、
17 一旦モザイク構造に影響が生じれば回復・再生は困難である。

18

19 ● 確信度：

20 【評価】 中程度

21 研究・報告は比較的多くあるが、将来予測の対象種は様々であり、予測結果の傾向は必ずしも
22 一様ではない。その理由として、我が国の山岳生態系は環境要因の地域性が大きいことが挙げら
23 れる（南北の緯度傾度と太平洋側と日本海側の気候の違い）。現状では総合的な評価のための情報
24 が不足している。

25

1 (2) 自然林・二次林

2 (気候変動による影響の要因)

3 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
4 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
5 られる森林については、「高山・亜高山帯」で取り上げる。

6

7 ● 気候変動による気温の上昇、降水量の変化、積雪環境の変化等は、自然林・二次林の植物に
8 影響を及ぼす。具体的には、気温の上昇により、植物の高標高及び高緯度地域への移動が生
9 ずると考えられるが、地形要因や土地利用等様々な要因により移動が制限される可能性もあ
10 る。また山頂や沿岸部では移動が不可能となる。

11 ● 冬季の気温の上昇等により、植物の越冬芽の休眠が打破される時期が早まり、開花や展葉が
12 早まることが想定される。このような温度変化への反応が生物種間で異なる場合、種間の相
13 互作用に影響が生じる。その相互作用が、それぞれの種の個体群の存続に重要なものである
14 場合、個体群動態や生態系プロセスに深刻な影響が生じる可能性がある。

15 (現在の状況)

[概要]

- 気候変動に伴う自然林・二次林の分布適域の移動や拡大の現状について、各植生帯の南限・北限付近における樹木の機能型別の現存量の変化が確認されている他、北海道の天然生針広混交林における針葉樹の成長量の経年的な減少傾向、および広葉樹の成長量の増加傾向が確認されている。
- 気温上昇の影響によって、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高いと考えられている箇所が国内複数地域において確認されている。
- 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。
- 北海道の春植物においては、春の雪解けが早い年には花粉媒介昆虫の発生日よりも開花期が早まることで、送粉者とのミスマッチ（フェノロジカルミスマッチ）が発生し、結実率が低下する傾向が確認されている。

16

17 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、および広葉
18 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
19 が進行している。この原因として、近年の気温の上昇および降水量の増加、積雪量の減少による
20 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
21 強させる可能性を指摘している。³¹²⁰⁷⁵⁾

22 全国 39 地点の長期モニタリング調査地点において、2004~2012 年における樹木の機能型別の現
23 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
24 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および落葉

1 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および冷温帯性針葉樹の減
2 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
3 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
4 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
5 必要がある。³¹²⁰⁶⁷⁾

6 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。
7 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
8 ば、すべての標高で常緑広葉樹の本数および合計樹冠面積率の増加が認められ、その増加速度は
9 1961年~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
10 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
11 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。^{0001、312023)}同様に、静岡県函南原生
12 林³¹²⁰⁷⁶⁾、鹿児島県柴尾山³¹²⁰⁷⁷⁾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~
13 40年間における常緑広葉樹の樹冠面積率の増加が報告されている。

14 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
15 の原因の一つとして気候変動の影響が示唆されている。³¹²⁰⁰¹⁾

16 また、1970年から2004年の35年間において、ミズナラの早材成長の急速化が報告されており、
17 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。³¹²⁰²²⁾

18 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
19 ³¹²⁰⁸²⁾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
20 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
21 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
22 が発生したことが挙げられている。³¹²⁰⁷⁹⁾

23

24 (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、分布適域の減少が予測されている。特に、ブナ林は21世紀末に分布適域の面積が現在に比べて減少することが示されている。
- 暖温帯林の構成種の多くは、分布適域が高緯度、高標高域へ移動し、分布適域の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、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。
- 大気中の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ことが予測されている。

25

1 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
2 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、
3 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、
4 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
5 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
6 測もあり、不確定要素が大きい。^{3020, 3021, 3035)}

7 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
8 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、
9 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
10 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。
11 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。
12 ³⁰²⁵⁾

13 ブナ林、およ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
14 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
15 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
16 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
17 4 つの気候予測モデルに基づく分布確立の各シナリオの中央値)。本州太平洋側では主に夏期の
18 高温と冬期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
19 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
20 ナ個体群は脆弱であると推定されている。³¹²⁰⁴⁴⁾

21 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
22 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
23 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
24 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
25 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
26 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)³¹²⁰⁶⁶⁾ ブナの稚樹と母樹の生育環
27 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
28 定着阻害を通じた個体群の縮小が進行することが予想されている。³¹²⁰⁷⁸⁾

29 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
30 147,126km²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、
31 現在の面積の 1.09～1.20 倍である 159,758～176,551 km²に増加すると予測されている(RCP2.6、
32 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
33 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
34 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
35 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。³¹²⁰⁴⁴⁾ また、土地利用等の分
36 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。³⁰²⁰⁾

37 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
38 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

1 を行った研究（A2 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、
2 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
3 均して293m上昇すると予測されている。³⁰⁴⁰⁾ また、日本全域の現在と温暖化後の3次メッシュ
4 気候データ（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、
5 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
6 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）
7 を除いて消滅すると予測されている。³⁰³⁰⁾

8 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は、過去に発生した台風の擬似温
9 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
10 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
11 い知見は得られていない。³¹²⁰¹⁹⁾

12 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、FACE^{※注釈}等を用いた野外実験によ
13 る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
14 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
15 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
16 を対象にFACEによる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
17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
18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）³¹²⁰⁷¹⁾ また、窒素固定
19能力を持つケヤマハンノキは、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
20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
21るものと見られる大規模な虫害の発生も確認された。³¹²⁰⁵³⁾ このような高CO₂環境に対する植物の
22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
23ンの増加等の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。³¹²⁰⁵⁴⁾

24 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
25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～
2639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
27ルによる気候予測情報を使用）³²¹⁰⁸⁰⁾、岐阜県における落葉樹の開葉日の早期化（開葉日が2040
28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
29を使用））等についての予測が得られている。同様に、岐阜県において陸域生態系モデル（VISIT
30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
31日早期化・晚期化するとの予測がある。（領域気候モデルとA1Bシナリオを仮定したCMIP3アンサ
32ンプ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）³²¹⁰⁸¹⁾

1 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

2 ● 重大性：【評価】

3 <RCP2.6 及び 2℃上昇相当>影響が認められる

4 <RCP8.5 及び 4℃上昇相当>特に重大な影響が認められる

5 【観点】 環境

6 影響の範囲は全国に及ぶ。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、
7 消失の可能性が高い。また、生息地の分断・孤立や植物の移動能力（速度）の低さは当該影響に
8 対する持続的な脆弱性の一要素となる。また、大気中の CO2 濃度の増加は、光合成反応等の生
9 理生態特性に影響を及ぼす可能性がある。重要な種・ハビタット・景観の消失につながるもの
10 であり、環境面での重大性が高い。

11 <RCP2.6 及び 2℃上昇相当>

12 ブナにおいては、全国の生育適域面積は現在の 97.5%となることが予測されており、RCP8.5 シ
13 ナリオと比較して多くの適域が残存することが予測されている。また、アカガシにおいても、
14 RCP2.6 シナリオ下における生育適域面積は現在と概ね変化がないと予測されている。尚、これ
15 らの予測事例は分布適域の評価であり、個体の移動分散プロセス等が考慮されていないことに
16 留意が必要である。

17 <RCP8.5 及び 4℃上昇相当>

18 ブナにおいては、RCP8.5 シナリオ下における今世紀末の全国の生育適域面積は、現在の 22%と
19 なることが予測されており、RCP2.6 シナリオ下の予測結果である現在の 97.5%とは大きく異な
20 る。また、SRES A1B シナリオにおいては、将来においてもブナ優占型のまま残存する森林は、
21 現在の 11.4%となることが示されている。SRES A2 シナリオにおいては、複数の種において 2100
22 年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。尚、これらの予測事例は分布
23 適域の評価であり、個体の移動分散プロセス等が考慮されていないことに留意が必要である。

24

25 ● 緊急性：

26 【評価】 高い

27 ・ 影響の発現時期 【評価】 高い

28 ・ 適応の着手・重要な意思決定が必要な時期 【評価】 中程度

29 暖温帯林から冷温帯林への移行帯においては、既に落葉広葉樹から常緑広葉樹への転換が進
30 行している可能性が複数地域から指摘されている他、全国規模のモニタリングデータの解析か
31 らもその傾向を裏付ける結果が得られている。加えて、北海道における針葉樹の成長量の減少傾
32 向、広葉樹の増加傾向が確認されている。一方、森林構成種の変化には、人為攪乱の影響も大き
33 く、進行中の温暖化影響を確認するためには、さらに多くの、かつ長期間の情報を蓄積する必要
34 がある。

1 ● 確信度：

2 【評価】 高い

3 研究・報告は多数あるが、その半数程度はブナあるいはブナ林に関する予測研究である。ほと
4 んどが、潜在的な分布適域の予測であり、実際の分布を予測したものではない。ただし、気候要
5 因だけではなく、地形等の要因も組み込まれており、一部の研究では土地利用や分布拡大速度の
6 影響も考慮されている。また、ブナ単一の予測に加えて、競合植生の分布適域の予測により、ブ
7 ナ群落からその他の植生への移行を予測した研究も確認される。ブナを含む冷温帯林から亜高
8 山帯林にかけての構成種は、全体として分布適域が減少の傾向にあること、特に西日本及び太平
9 洋側で分布適域が減少することについて、共通して指摘されている。したがって、これらの分布
10 適域の変化に関しての確信度は高い。なお、実際の分布変化の予測については、種間の相互作用
11 や攪乱体制の変化といった動的なメカニズムを考慮する必要がある。

12 また、分布適域の変化といったマクロ的な影響予測に加え、CO₂の濃度上昇による樹木の生理
13 生態学的な影響についても、FACE 等を用いた野外実験による研究が蓄積されつつある。CO₂濃度
14 の上昇は光合成速度の変化や虫害への影響を引き起こす可能性が指摘されている一方、現時点
15 では特定の樹種や研究サイトにおける知見が多くを占めていることに留意が必要である。

16

1 (3) 里地・里山生態系

2 (気候変動による影響の要因)

3 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
4 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
5 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、文
6 化・歴史など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-文化・歴史な
7 どを感じる暮らし」の項目で扱う。

- 8 ● 気候変動による気温の上昇や降水の時空間分布の変化等により、里地・里山の構成種を変
9 化させる可能性がある。
- 10 ● ただし、気候変動以外の人間活動の影響も受けやすいため、不確定要素が大きい。

11

12 (現在の状況)

[概要]

- 気温の上昇と降水量の増加による、モウソウチク・マダケの分布北限付近における分布拡大が報告されている。
- マダケ・モウソウチク以外の里地・里山の構成種の変化の現状について、一部の地域で南方性チョウ類の増加等が報告されているものの、現時点で網羅的な研究事例は確認されていない。

13

14 温暖な気候に適応したタケ類(マダケとモウソウチク)について、過去 30 年間における分布域の
15 拡大が空中写真の分析により明らかになっており、特に両種の分布境界付近での拡大が顕著であ
16 ることから、温暖化による気温の上昇と降水量の増加が原因の一つである可能性が高い。³¹³⁰⁰⁷⁾

17 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、
18 2000 年代以降に南方性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
19 傾向との関係が推察されている。³¹³⁰⁰²⁾

20 また、農村部および都市部における、街路樹の成長量の急速化が、日本(札幌)を含む世界各地
21 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および気候変動との関連性が
22 示唆されている。³¹³⁰⁰⁹⁾ 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
23 害によるナラ枯れや、雑草の分布域や現存量の拡大等³¹³⁰⁰³⁾ について、温暖化の影響を指摘する声
24 もあるが、科学的に実証されてはいない。

25

1 (将来予測される影響)

[概要]

- モウソウチクとマダケについて、気候変動に伴う分布適域の高緯度・高標高への拡大が予測されており、4°Cの昇温を仮定した場合、分布北限が現在より約 500km 北上する可能性がある。
- 一部の研究で、自然草原の植生帯は、暖温帯域以南では気候変動の影響は小さいと予測されている。標高が低い山間部や日本西南部での、アカシデ、イヌシデなどの里山を構成する二次林種の分布適域は、縮小する可能性がある。
- ただし、里地・里山生態系は人為影響下で形成されていることから、気候変動の影響については十分な検証はされておらず、今後の研究が望まれる。

2

3 里地・里山生態系を構成する景観要素の一つである自然草原の植生帯の分布は、暖温帯域以南
4 では温暖化の影響は小さいと予測されている。³⁰²¹⁾ 標高が低い山間部や日本西南部での、アカシ
5 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。³⁰²¹⁾ 野生食用植
6 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。³⁰²⁷⁾

7 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、
8 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%
9 (1.5°C上昇を仮定)、51-54% (2.0°C上昇を仮定)、61-67% (3.0°C上昇を仮定)、77-83% (4.0°C
10 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
11 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
12 したパターンスケールによる気候シナリオを使用) ³¹³⁰⁰⁷⁾。

13 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
14 響についての検証事例は乏しく、今後の研究が望まれる。

15

16 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

- 17 ● 重大性：

18 【評価】影響が認められる

19 (生態系サービスへの影響 (国民生活への影響))

20 【評価】現状では評価できない

21 モウソウチク、マダケについて、分布域の高緯度・高標高への拡大が予測されており、竹林の
22 拡大による里山景観の変化が示唆される。一方、他の里地里山生態系の構成種等に関する定量的
23 な予測事例は確認されていない。また、里地・里山生態系が特に人為影響下で形成されているこ
24 とから、将来の気候変動による影響が特に大きいとは言い切れない。

25

1 ● 緊急性：

2 (生態系への影響)

3 【評価】 高い

4 ・影響の発現時期 【評価】 高い

5 ・適応の着手・重要な意思決定が必要な時期 【評価】 中程度

6 研究・報告が限定的ではあるものの、モウソウチク・マダケの分布については過去 30 年にお
7 ける分布北限付近における拡大傾向が確認されており、この原因として気温及び降水量の増加
8 傾向が示唆されている。また、将来においても高緯度・高標高へ分布が拡大するとの予測が得ら
9 れている。

10 一部の地域でナラ枯れの拡大や雑草の分布域拡大や現存量の増加について気候変動の影響が
11 指摘されているものの、科学的に検証されてはいない。

12 里地・里山生態系については、現状ではアンダーユースの影響が顕在化していることから早急
13 な保全が求められているが、気候変動影響の緊急性については中程度と考えられる。

14

15

16 ● 確信度：

17 (生態系への影響)

18 【評価】 低い

19 研究・報告が限定的で、気候変動による影響の検証事例は竹林を対象とした事例に限られるこ
20 と、また、里地・里山生態系が特に人為影響も受けやすいことから、里地・里山生態系全体とし
21 ての確信度は低い。

22

23

1 (4) 人工林

2 (気候変動による影響の要因)

3 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。
4 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・
5 水産業-木材生産（人工林等）」において取り上げる。

- 6 ● 気候変動による気温の上昇や降水の時空間分布の変化は、水ストレスの増大を引き起こし、
7 人工林を構成するスギなどの生長に影響を及ぼす可能性がある。
- 8 ● 気温上昇は、樹木の呼吸量を増加させ、炭素蓄積量及び吸収量に対してマイナスに作用する
9 可能性がある。
- 10 ● 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
11 る。

12

13 (現在の状況)

[概要]

- 一部の地域で、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、スギ林が衰退しているという報告がある。
- 日本における主要な造林樹種であるスギ・ヒノキ・アカマツ・カラマツについて、成長量の全国的な増加傾向が確認されており、大気中の CO₂ 濃度の上昇による影響が示唆されている。

14

15 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
16 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。
17 スギは生理的適地が湿潤で肥沃な立地であることから、大気の乾燥化による水ストレスの増大
18 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
19 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。¹⁰⁷⁰⁾

20 国内における年輪解析の事例分析からは、樹木の成長に明確な傾向は見られないものの、成長
21 が温度に依存する報告が多く見られるとされている。³¹⁴⁰¹⁰⁾ 一方、日本における主要な造林樹種
22 であるスギ・ヒノキ・アカマツ・カラマツについて、1980-2005 年における国家森林資源データ
23 ベースの解析から、対象とした人工林樹種のいずれにおいても成長の増加傾向が確認されてい
24 る。この要因としては、気温上昇等の気候的要因よりも、CO₂ 濃度の上昇及び窒素沈着量の増加
25 による寄与が大きいことが、定量的な検証により結論づけられている。³¹⁴⁰²⁰⁾

26 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^{※要注釈}に負の相関関係が確認
27 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
28 ている。³¹⁴⁰⁰⁸⁾

29

1 (将来予測される影響)

[概要]

- 現在より 3°C 気温が上昇すると、年間の蒸散量が増加し、特に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。
- MIROC3.2-hi (A1B シナリオ) を用い、2050 年までの影響を予測した場合、日本全体で見ると、森林呼吸量が多い九州や四国で人工林率が高いこと、高蓄積で呼吸量が多い 40 から 50 年生の林分が多いことから、炭素蓄積量および吸収量に対してマイナスに作用する結果となる。ただし、当該予測では、大気中の CO₂ 濃度の上昇による影響は考慮されていない。スギ人工林生態系に与える影響予測のためには樹木の生理的応答などさらなる研究が必要である。九州のスギ人工林を対象にプロセスモデルを用いて一次生産量を予測した研究からは、生育適域かどうかによる違いは見られるものの、現状で生産量が多い地域では減少傾向にあることが予測されている。

2

3 現在の気候下では、スギの年間蒸散量は、日本北部で 450mm⁻¹、南部で 850 mm⁻¹であるが、
4 3°Cの気温上昇下では、年間 65mm y⁻¹~100mm y⁻¹増加し、特に降水量が少ない地域で、スギ人工
5 林の脆弱性が増加する。¹⁰⁶⁹⁾ さらに、有効保水容量含水率(土壌保水力)および、年蒸散量と年
6 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
7 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
8 るが、温暖化シナリオでは約 43,000ha に増加する。¹⁰⁷⁰⁾

9 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
10 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³¹⁴⁰¹⁸⁾及び減少^{1071、}
11 ³¹⁴⁰¹⁹⁾のいずれの結果も確認されている。A1B シナリオを前提とした MIROC-3.2 hi モデルによる
12 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
13 や四国で人工林率が高いこと、高蓄積で呼吸量が多い 40 から 50 年生の林分が多いことから、呼
14 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および吸収量に対し
15 てマイナスに作用するため、呼吸の増大による損失の影響が、卓越する結果となった。¹⁰⁷¹⁾ 同様
16 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
17 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
18 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
19 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)。³¹⁴⁰¹⁹⁾ 一方、九州地方のス
20 ぎ人工林について、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
21 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
22 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
23 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
24 を使用)。³¹⁴⁰¹⁸⁾

25 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

1 孔反応など樹木の生理過程に影響を与えられ、ここで得られた報告ではこうした影
2 響が考慮されていないことから、スギ人工林生態系に与える影響予測のためには樹木の生理的
3 応答などさらなる研究が必要である。

4

5 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

6 ● 重大性：

7 【評価】特に重大な影響が認められる

8 【観点】環境

9 国内の人工林面積は約 1000 万 ha であり、これは国土面積の約 25%に相当する。したがって、
10 影響の範囲は全国に及ぶ。特に降水量が少ない地域でスギ人工林生態系の脆弱性を増加させ、流
11 域全体のランドスケープへの影響につながるものである。

12

13 ● 緊急性：

14 【評価】高い

15 ・影響の発現時期 【評価】中程度

16 ・適応の着手・重要な意思決定が必要な時期 【評価】高い

17 生産量の変化等の影響が生じるのは今世紀中頃以降の可能性が高いが、気候変動リスクを踏
18 まえた森林のゾーニングや、林木育種、森林管理等の人工林生態系における適応策の実施には数
19 十年にわたる長期的視点が必要である。

20

21 ● 確信度：

22 【評価】中程度

23 気候変動が人工林に与える影響に関する研究・報告は一定程度あり、それらはスギの生育に影
24 響が現れるといった内容が主である。

25 プロセスモデルによる人工林生態系の生産量の変化に関しては、タワーフラックス観測によ
26 るデータを用いたパラメータ最適化等によるモデルの改善が進んでおり、一定程度の確信度が
27 認められるものと考えられる。一方、スギ等の人工林樹種については、拡大造林政策により本来
28 の適地ではない寒冷な環境にも多く植えられてきた経緯があり、本来の適地では負の影響が生
29 じる反面、適地でない地域においては気温の上昇等により生産量が増加するものと考えられる。
30 したがって、広域的に評価した際には、このような場の適性の違いにより、全体としての変化傾
31 向に違いが生じる可能性に留意が必要である。

32 人工林の蒸散量の変化については、研究・報告数が豊富にあるわけではないが、気温の上昇や
33 降水パターンの変化は、水ストレスを増大させるため、温暖化の影響は明確と考えられる。

34

1 (5) 野生鳥獣による影響

2 (気候変動による影響の要因)

3 ここでは、シカ・イノシシ・サル等、食害等を通して森林生態系等に大きく影響を与えると
4 考えら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
5 生態系分野の各小項目または小項目「分布・個体群の変動」において扱う。

- 6 ● 気候変動による気温の上昇や積雪量の減少は、野生鳥獣の生息適地を拡大させる可能性があ
7 る。
8 ● 野生鳥獣の分布域の拡大に伴い、採食・樹木の剥皮・地面の踏みつけ等により、下層植生の
9 消失や樹木の枯死をもたらし、土壌の流失や水源涵養の機能低下、景観の劣化など、生態系
10 への影響を拡大させる可能性がある。

11

12 (現在の状況)

[概要]

- 日本全国でニホンジカやイノシシの分布を経年比較した調査において、分布が拡大していることが確認されている。
- 積雪深の低下に伴い、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いる。また、ニホンジカの生息適地が1978年から2003年の25年間で約1.7倍に増加し、既に国土の47.9%に及ぶという推定が得られており、この増加要因としては土地利用変化よりも積雪量の減少が大きく影響していたことが示されている。
- ニホンジカの増加は狩猟による捕獲圧低下、土地利用の変化、積雪深の減少など、複合的な要因が指摘されている。
- ニホンジカの分布拡大に伴う植生への食害・剥皮被害、ヤマビルの分布拡大等の影響が報告されている。

13

14 ニホンジカについて1978年と2003年の日本全国の分布を比較した調査によれば、1978年に
15 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、石川県な
16 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2003年
17 にかけて増加し、栃木県、群馬県、新潟県、長野県などを中心に分布が拡大している。³⁰⁴²⁾ 日光
18 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
19 高域に拡大した。^{3043, 3044)} 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
20 る。³¹⁵⁰⁰⁷

21 ニホンジカの増加は狩猟による捕獲圧の低下、土地利用の変化、積雪深の減少など、複合的な
22 要因が指摘されている。土地利用、気候条件(積雪量および積雪期間)、地形条件をもとにニホン
23 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
24 の27.7%だったのに対し、2003年では国土の47.9%へと約1.7倍に増加したことが明らかにな

1 っている。^{※注釈}加えて、この増加に対する土地利用変化および気候変動の寄与度の比較から、増
2 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
3 ったことが確認されている。³¹⁵⁰⁰³⁾

4 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や尾瀬国立公園、
5 日光国立公園、吉野熊野国立公園、奥秩父山地等で確認されている。^{3045, 3046, 3047, 315001)} 加えて、
6 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
7 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
8 だ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
9 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。³¹⁵⁰⁰⁸⁾

10 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
11 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
12 は、評価されておらず、さらなる調査が必要である。^{3046, 3048, 3049, 3050)}

13
14 (将来予測される影響)

[概要]

- ニホンジカについては、気候変動による積雪量の減少と耕作放棄地の増加により、2103年におけるニホンジカの生息適地は、国土の8割近い318.3×10³km²に増加するとの予測がある。
- 一方、イノシシ等ニホンジカ以外の種については、気候変動による分布域の変化等の将来影響については知見が確認されていない。

15
16 エゾジカについて 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
17 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
18 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
19 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。³⁰⁵¹⁾

20 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
21 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
22 地は、国土の8割近い318.3×10³km²に増加することが予測されている (SRES A1Bを仮定した、
23 CMIP3に含まれる4つの気候モデル(CSIRO-Mk3.0, MRI-CGCM2.3.2a, GFDL-CM2.1, および MIROC3.2
24 (high)) による気候予測値を使用) ³¹⁵⁰⁰³⁾。

1 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

2 ● 重大性：

3 【評価】特に重大な影響が認められる

4 【観点】環境

5 ニホンジカの分布拡大に伴う植生の食害・剥皮被害等の影響が報告されている他、気候変動に
6 よる積雪の減少及び耕作放棄地の増加による、分布適域の拡大が予測されている。影響の範囲は
7 全国に及び、重要な種・ハビタット・景観の変化などにつながる。影響には、農林業被害、広域
8 的な土地・水・生態系機能の低下などにつながるものも含まれる。イノシシ等、ニホンジカ以外
9 の野生鳥獣の分布等の拡大についても、気候変動による影響が推測されるが、検証事例は確認で
10 きない。

11 ● 緊急性：

12 【評価】高い

13 ・影響の発現時期 【評価】高い

14 ・適応の着手・重要な意思決定が必要な時期 【評価】高い

15 既にニホンジカの分布域は過去 25 年で約 1.7 倍に拡大し、この原因として積雪量・積雪期間
16 の減少が指摘されている。また、分布域の拡大に伴い農林業の被害地域も拡大している。将来
17 影響についても、エゾジカの分布拡大が 2020 年頃には予測されている他、ニホンジカについて
18 は今世紀末に国土の 8 割近い面積が分布適域となるとの予測も得られている。

19 。

20 ● 確信度：

21 【評価】低い

22 ニホンジカの分布拡大については、研究の数は限られるものの、気候変動による影響が示
23 唆されている。それ以外の種については、気候変動による影響が推測されるが、気候変動と
24 の因果関係については明らかになっておらず、研究・報告数も限定的である。

25

1 (6) 物質収支

2 (気候変動による影響の要因)

3 ここでは、森林生態系等における炭素・水フラックス^{※注釈}や土壌への影響を取り扱う。

4

5 ● 気候変動により、年平均気温の上昇や無降水期間が長期化することで、地温の上昇、森林土
6 壌の含水量低下や表層土壌の乾燥化が進行し、土壌と大気間の物質収支が変化したり、降水
7 による細粒土砂の流出や河川等の濁度回復の長期化のほか、雨水が短時間で流下したり、土
8 壌中の炭素量の変化などが生じる可能性がある。

9 ● 気候変動に伴う地温の上昇は、土壌呼吸を上昇させることで、土壌から大気に排出される二
10 酸化炭素が増加し、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
11 能性についての指摘もある。

12

13 (現在の状況)

- 気候変動に伴う物質収支への影響の現状について、現時点で研究事例は限定的である。
- 日本の森林における土壌 GHG フラックスは、1980 年から 2009 年にわたって、CO₂・N₂O の放出、CH₄ の吸収の増加が確認されている。
- 富士山麓のカラマツ林における林床部炭素フラックスについて、年平均地温の上昇に伴い年積算炭素排出量が増加する傾向が確認されているが、炭素フラックスは地温以外に林床部の光環境等にも大きく影響される点に留意が必要である。
- 降水の時空間分布の変化傾向が、森林の水収支や土砂動態に影響を与えている可能性があるが、長期データに乏しく、変化状況を把握することは困難な状況となっている。

14

15 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、CO₂ 放出
16 は 0.31 Tg C yr⁻² (1980~2009 年の平均との比較では 0.23 % yr⁻¹)、CH₄ 吸収は 0.40 Gg C yr⁻²
17 (0.44 % yr⁻¹)、N₂O 放出は 0.0052 Gg N yr⁻² (0.27 % yr⁻¹) の割合で増加している。³⁰⁵²⁾ また、
18 富士北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、
19 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、
20 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。³¹⁶⁰⁰²⁾

21 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
22 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
23 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
24 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。³⁰⁵³⁾

25

26

1 (将来予測される影響)

- 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る。ただし、状況証拠的な推察であり、更なる検討が必要である。
- 土壌温暖化実験により、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、正のフィードバック効果を支持する知見が複数得られている。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おり、地温の上昇が土壌呼吸に与える影響は、森林生態系の種類や立地によってもばらつきがあるものと考えられる。
- 森林土壌の炭素ストック量は、A1B シナリオの下で、純一次生産量が 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。

2

3 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
4 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
5 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
6 の短期化をもたらす可能性がある。³⁰⁵³⁾ ただし、これらは状況証拠的に推察されたメカニズムで
7 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
8 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・
9 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
10 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
11 ている。³¹⁶⁰²³⁾

12 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、気候変化シ
13 ナリオ (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
14 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
15 とが予測されている。³⁰⁵⁵⁾ 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)
16 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
17 それぞれ約 10 日早期化・晚期化し、生態系純一次生産量 (NPP) が 27.45%増加することが予測
18 された。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
19 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、A1B シナリオを仮定した
20 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
21 度は 627-641ppm を仮定。) ³¹⁶⁰¹¹⁾

22 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
23 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
24 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*により
25 排出される CO₂ の量が、1℃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
26 件として 3℃の地温上昇を設定) ³¹⁶⁰²⁴⁾。同様に、白神山地のミズナラ林において行われた 5 年間

1 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
2 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
3 温上昇を設定)。³¹⁶⁰¹⁶⁾ 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
4 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
5 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
6 (実験条件として 2.5°Cの地温上昇を設定)。³¹⁶⁰²⁰⁾ 乗鞍岳のシバ草原における土壌加温実験の結
7 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
8 の減少およ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
9 を設定)³¹⁶⁰¹⁸⁾

10 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
11 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
12 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
13 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
14 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°Cの地温上昇を設定)。³¹⁶⁰⁰³⁾ 同様に、
15 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°Cの加温条件において土壌
16 呼吸が 32~45%増加した一方、根呼吸および微生物呼吸の温度俊敏性は年々減少し、この減少は
17 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。³¹⁶⁰¹⁹⁾

18 地温の上昇は冷温帯林の冬期間の可溶性窒素を 17~25%減少させ、結果として可給態窒素量
19 の減少を引き起こす可能性がある。³⁰⁵⁶⁾

20
21 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

22 ● 重大性：

23 【評価】 特に重大な影響が認められる

24 【観点】 環境

25 影響の範囲は全国に及ぶ。また、物質収支は生態系の基盤として重要であることに加え、土壌
26 生成にかかる時間が長いことは当該影響に対する持続的な脆弱性の一要素となる。また、国内各
27 地の土壌加温実験から、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
28 動を更に加速させる正のフィードバック効果を示唆する知見が得られており、生態系のみなら
29 ず気候システムへの影響も懸念される。また、土壌に関しては現時点では有効な適応策が明確で
30 ないことを考慮すると、影響の不可逆性は大きいと考えられる。

1 ● 緊急性：

2 【評価】 中程度

3 ・ 影響の発現時期 【評価】 中程度

4 ・ 適応の着手・重要な意思決定が必要な時期 【評価】 現状では評価できない

5 土壌由来の温室効果ガス交換量（フラックス）の増加は確認されている。ただし、有効な適応
6 策が現時点で明確ではない。土壌加温実験による結果から、1°C~4°C程度の地温の上昇を仮定し
7 た影響予測が行われているが、気候シナリオとこれらの地温上昇の関係性は必ずしも明確では
8 なく、影響の発現時期については知見が不足している。

9

10 ● 確信度：

11 【評価】 中程度

12 定量的な評価・予測をおこなった研究・報告は少数に限られているが、温暖化が森林の温室ガ
13 ス収支や水収支、土砂動態などに何らかの影響を与えることは明確と考えられる。

14 土壌加温実験からは、正のフィードバック効果を支持する知見が国内の複数の研究サイトか
15 ら報告されている。一方で、土壌微生物の気象条件の順化等の理由から、土壌呼吸の温暖化によ
16 る上昇傾向が経年的に低下していく事例も確認されている。地温の上昇と土壌呼吸の関係につ
17 いては、生態系の地域的な差異や極端な気象現象の有無等によって異なると考えられ、今後の研
18 究が望まれる。

19

20

21

1 【淡水生態系】

2 (1) 湖沼

3 (気候変動による影響の要因)

4 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
5 ついて扱う。なお、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-湖沼・ダム湖」
6 において取り上げる。

7

- 8 ● 気候変動の影響による湖沼水温の上昇は、富栄養化が進行している深い湖沼では、その湖沼
9 の鉛直方向の循環を弱め、湖底の溶存酸素が低下して貧酸素化が進む可能性がある。また、
10 湖沼の貧酸素化が貝類等の底生生物に影響を及ぼすとともに、底泥からの栄養塩の溶出を促
11 進し、富栄養化を加速することが予想される。
- 12 ● 湖沼水温の上昇やCO₂濃度の上昇は、成層化を強め、栄養豊富な深層水の湧昇を減少させる。
13 このことは、栄養塩供給が乏しい生態系において、藻類の栄養塩含量や現存量を減少させ、
14 藻類を餌とする動物プランクトンの成長量を低下させる可能性がある。

15

16 (現在の状況)

- 湖沼生態系は、流域土地利用からの栄養塩負荷の影響を受けるため、気候変動の影響のみを検出しにくく、直接的に気候変動の影響を明らかにした研究は日本にはない。
- ただし、鹿児島県の池田湖において、暖冬により循環期がなくなり、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。また、滋賀県琵琶湖におけるホンモロコ・ニゴロブナの漁獲量の激減について、暖冬による循環の遅れ、及び人為的な水位操作や湖岸環境の改変等との複合作用によるものとする報告がある。
- 北海道の湖沼について、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確認されている。

17

18 滋賀県琵琶湖では、固有種であるホンモロコおよ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
19 や衰退による、深層水の酸素量の低下が挙げられている。一方、これらの魚類の減少要因につ
20 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
21 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
22 な影響によるものとされている。³²¹⁰⁰¹⁾

24 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
25 酸素が年を越えて次第に低下し、貧酸素層が生れていることが明らかになっている。³⁰⁵⁷⁾

26 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

1 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
2 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
3 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
4 し、4月まで継続したことが明らかになっている。³²¹⁰⁰³⁾ 網走湖においても、1961-2015の55年
5 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
6 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
7 る。³²¹⁰⁰⁸⁾

8 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
9 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
10 は限られている。

11
12 (将来予測される影響)

- 現時点で日本における影響を定量的に予測した研究事例は限られるものの、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や富栄養化が懸念される。
- 室内実験により、湖沼水温の上昇やCO₂濃度上昇が、動物プランクトンの成長量を低下させることが明らかになっている。

13
14 深い湖沼では、季節的な水温変化によって循環期（春と秋）と成層期（夏と冬）が交互に訪
15 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
16 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
17 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
18 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
19 想される。³⁰⁵⁹⁾

20 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
21 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
22 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
23 し、それによる湖内の夏期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
24 においては、気温上昇等により冬期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
25 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
26 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
27 大きく、現状でも確認されている冬期全循環の停止が継続するとともに、表層の植物プランク
28 トン量が増加する傾向が見られている（RCP2.6、RCP 8.5シナリオを前提としたMRI-NHRCM20、
29 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）。³²¹⁰⁰⁹⁾

30 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
31 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

1 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
2 れている。³⁰⁵⁷⁾

3 さらに、湖沼では、温度上昇やCO₂増加により、藻類生産が上がるが、栄養塩供給が乏しい生
4 態系では、藻類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
5 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。³⁰⁵⁸⁾

6

7 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

8 ● 重大性：

9 【評価】特に重大な影響が認められる

10 【観点】環境

11 湖沼は特有の生物相を有しており、成立要因は地史的にも、地形的にも限られている。また、
12 河川と比べて閉鎖性を有するため、気候変動によって分布域を変えることが難しく、きわめて
13 脆弱な生態系の一つと言える。したがって、気候変動の影響は全国の湖沼に及び、重要な種・
14 ハビタット・景観の消失などにつながる。また、多くの湖沼およびその周辺域は、歴史的に人
15 間に利用され、流域からの水供給によって維持され、一方で土砂や栄養塩などの負荷を受けな
16 がら変貌してきた。したがって、気候変動に伴い水・物質循環が変化した場合、多くの生物種
17 が影響を受ける可能性が高い。

18 ● 緊急性：

19 【評価】中程度

20 ・影響の発現時期 【評価】中程度

21 ・適応の着手・重要な意思決定が必要な時期 【評価】中程度

22 湖沼も戦後の干拓に伴い大きく減少した生態系の一つである。特定の湖沼に限られるものの、
23 固有種の減少が報告されており、その要因として気候変動による影響が示唆されている。また、
24 モデルによる予測から、気候変動に伴う全循環の停止や貧酸素化が予測されており、底層利用
25 魚への影響が懸念される。知見としては確認できていないものの、このような循環機構の変化
26 は、底層利用魚以外の湖沼生態系構成種へも広く影響を及ぼすことが考えられる。加えて、水
27 域において一旦生じた影響・被害の修復・再生は困難を伴う。一方で、対応の緊急性の度合い
28 は、個々の湖沼の状況（気温、水温、湖沼の深さ、富栄養度など）によっても異なると考えられ
29 る。

30

31 ● 確信度：

32 【評価】低い

33 現地での報告は限定的である。固有種の減少に関する報告、湖水フェノロジーの変化に関する
34 報告、特定の湖沼を対象に気候モデルと水質予測モデルを使用した底層利用魚への影響予測、

- 1 生態系への影響を室内実験によって確かめた予測等があるものの、前述の通り湖沼生態系は固
- 2 有性が高いことから、長期モニタリングを行い、変容を監視する必要がある。
- 3
- 4

1 (2) 河川

2 (気候変動による影響の要因)

3 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
4 量等の生態系の構造の変化等について扱う。なお、水質等の生物以外への影響については、「水環
5 境・水資源分野-河川」において取り上げる。

6

7 ● 気候変動の影響に伴う河川水温の上昇により、生物の生育・生息適地が変化する。特に、冷
8 水魚については、生息域が縮小したり分断されたりする可能性がある。また、河川水温の上
9 昇は繁殖期間等の生活史にも影響を及ぼす可能性がある。

10 ● 積雪量や融雪出水の時期・規模の変化により、融雪出水時に合わせて遡上、降下、繁殖等を
11 行う河川生物相に影響を及ぼす可能性がある。

12 ● 降雨の時空間分布の変化による大規模な洪水の頻度の増加や人間活動の増加により細粒土砂
13 が増加する。細粒土砂が堆積し滞留すると、河床環境に影響を与え、魚類や、底生動物、付
14 着藻類等にも影響が及ぶ可能性がある。また、砂礫間隙が細粒土砂によって埋められると、
15 浸透する流れが抑えられ、産卵床への酸素供給が不足し、卵を窒息させることが想定される。

16 ● 気候変動に伴う渇水により、水温の上昇、溶存酸素の低下が生じ、河川生物相に影響が及ぶ
17 可能性がある。

18

19 (現在の状況)

● 我が国の河川は取水や流量調節が行われている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、現時点で気候変動の直接的影響を捉えた研究成果は確認できてい
ない。一方で、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。

20

21 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
22 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
23 暖化の直接的影響を捉えた研究成果は確認できていない。一方で、淡水性魚類の繁殖時期の早期
24 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
25 る可能性がある事象についての報告が見られる。

26 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
27 傾向が見られる。栃木・茨城県以南（太平洋側）および福井県以西（日本海側）に分布するカワ
28 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
29 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
30 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

1 いる。³²²⁰²⁶⁾ また、伊豆半島の複数の河川において、神奈川県内初確認種を含む5種の熱帯性の
2 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
3 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
4 る。³²²⁰¹⁸⁾

5 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
6 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
7 影響が示唆されている。³²²⁰¹⁷⁾

8 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
9 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。³²²⁰⁰⁸⁾ また、大阪府淀川におい
10 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
11 れている。³²²⁰⁰⁷⁾

12
13 (将来予測される影響)

- 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。また、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。
- 源流域のカワゲラ目の分布適域や、アユ遡上量についても、気候変動による適域の縮小・消失や遡上数の減少が予測されている河川がある。
- このほか、現時点で定量的に予測をした研究事例は確認できていないものの、以下のよう
な影響が想定される。
 - 積雪量や融雪出水の時期・規模の変化による、融雪出水時に合わせた遡上、降下、繁殖等を行う河川生物相への影響
 - 降雨の時空間分布の変化に起因する大規模な洪水の頻度増加による、濁度成分の河床環境への影響、及びそれに伴う魚類、底生動物、付着藻類等への影響
 - 渇水に起因する水温の上昇、溶存酸素の減少に伴う河川生物への影響

14
15 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
16 て、分布推定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℃・
17 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。
18 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
19 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
20 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
21 より上流側に生息する近縁種であるオシヨロコマとの競争が増加し、競争的に劣位であるオシ
22 ヨ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。³²²⁰⁰⁹⁾

1 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、
2 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
3 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
4 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
5 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
6 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
7 た予測）³²²⁰⁰²

8 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
9 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
10 世紀末に1.43～1.99℃上昇（A1B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
11 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。³²²⁰⁰⁶

12 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
13 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
14 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
15 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。³⁰⁶³
16 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
17 が縮小する可能性もある。³⁰⁶⁴

18 また、IPCC（2001）によると、渇水と異常出水の増加が予想されている。異常出水等により大
19 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
20 る。³⁰⁶⁰ 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。^{3065, 3066}
21 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
22 与えることは容易に想像できる。

23 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
24 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
25 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
26 とが明らかになっている。³⁰⁶⁷

27
28 （重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

29 ● 重大性：

30 【評価】特に重大な影響が認められる

31 【観点】環境

32 気候変動の影響は全国に及ぶが、気温と密接な関係をもち、流量も限られる上流域の小溪流
33 でより顕著に表れると予想される。また、卵や若齢の個体は、水温上昇に弱いと考えられる。
34 水温上昇等の生息環境の変化に対して、魚類は上流部生息適地への移動を試みると考えられる
35 が、日本の場合、山地部に部分的な分布がある種や、ダムや堰構造物等により連続性が遮断さ
36 れている場合が多く、移動が困難になる。魚類に比べて、水生昆虫など成虫段階で飛翔できる

1 昆虫類への影響は小さいと予想される。

2 ● 緊急性：

3 【評価】 中程度

4 ・影響の発現時期 【評価】 中程度

5 ・適応の着手・重要な意思決定が必要な時期 【評価】 中程度

6 気候変動との因果関係は検証されていないものの、全国の複数の河川において南方性魚類の
7 東進・北進傾向が確認されている。また、ウグイの繁殖期の長期化や、アユ遡上数の減少・孵
8 化ピークの遅延が報告されている河川がある。将来影響については、冷水性の魚類や水生昆虫
9 において予測事例があり、今世紀中頃あるいは年平均気温 1℃の上昇で、生育適地が大幅に減
10 少する地域がみられる。気温・水温上昇に対して、水系を移動することによってのみ適応しな
11 ければならない生物種や、融雪出水等の攪乱を必要とする生物種にとっては致命的であり、一
12 旦生じた影響・被害の修復・再生は困難を伴う。一方で、対応の緊急性の度合いは、個々の河
13 川の状況（緯度、流況、水質など）によっても異なると考えられる。

14 ● 確信度：

15 【評価】 低い

16 研究・報告数は少数である。モデルを用いた研究・報告は多くは無いものの、一部の冷水魚
17 やアユ、源流域の水生昆虫において、定量的な予測が見られる。河川生態系は、河川改修、ダ
18 ム建設、取水、流域土地利用による負荷など、既に歴史的に強い人為的影響を受けてきた。そ
19 のため、既に多くの生物種が絶滅、もしくは絶滅に瀕しており、気候変動との複合影響も含め
20 て長期モニタリングを実施し、変容を監視する必要がある。

21

1 (3) 湿原

2 (気候変動による影響の要因)

3 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
4 量等の生態系の構造の変化等について扱う。

5

- 6 ● 気候変動による気温の上昇や降水量の減少、霧日数の低下に伴う湿度低下、蒸発散量の上昇
7 等は、湿原の乾燥化を引き起こし、湿原の生態系に影響を与える可能性がある。また、沿岸
8 域に分布する湿原においては、海面上昇やそれに伴う塩水遡上距離の変化は、湿原の植生構
9 成に変化を与える可能性がある。

10

11 (現在の状況)

- 湿原の生態系は気候変動以外の人為的な影響を強く受けており、気候変動による影響を直接的に論じた研究事例は限られている。
- 一部の湿原で、気候変動による降水量の減少や湿度低下、積雪深の減少が乾燥化をもたらした可能性が指摘されている。

12

13 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
14 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
15 接的に影響を論じた研究はない。

16 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
17 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、
18 気候変動による降水量の減少や湿度低下が大きな影響を与えている可能性を指摘している。³⁰⁶⁸⁾
19 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
20 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。

21 ³⁰⁷¹⁾秋田県八幡平山系の山地湿原郡において、1950年代後半から2004年までの湿原の面積変化
22 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
23 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
24 いる。³²³⁰⁰⁷⁾

25

1 (将来予測される影響)

- 釧路湿原において、海面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。
- 現時点で定量的に予測をした研究事例としては確認できていないものの、以下のような影響が想定される。
 - 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
 - 降水量や地下水位の低下による雨水滋養型の高層湿原における植物群落（ミズゴケ類）への影響
 - 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

2

3 IPCC 第5次評価報告書では、今世紀中に、中～高排出シナリオ（RCP4.5、6.0及び8.5）に伴
4 う気候変動の程度や速度は、湿地を含む陸域や淡水生態系の構成、構造、機能において急激で不
5 可逆的な地域規模の変化が起きる高いリスクをもたらすことが指摘されている。⁰⁰⁰⁵⁾

6 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
7 と言われている。³⁰⁶⁹⁾ このため、今世紀末までに、すべてのRCPシナリオにおいて、日本の平均
8 土壌水分量が減少するとのIPCC(2013)による予測を考慮すると、日本全体の湿地面積の約8割
9 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
10 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
11 る。

12 温暖化が湿原に与える影響としては、降水量の減少、霧日数の低下に伴う湿度低下、蒸発散量
13 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、降水量や地下
14 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
15 から木本群落に遷移し³⁰⁷²⁾、蒸発散量がさらに増えることが予想される。

16 また、北海道釧路湿原においては、海面上昇により湿原中央部を流れる新釧路川の塩水遡上距
17 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・
18 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
19 ている。（IPCC AR4における100年後の最大海面上昇量0.59mと気象偏差(+0.93m)を仮定し
20 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）³²³⁰⁰³⁾

21 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
22 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。

23

1 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

2 ● 重大性：

3 【評価】特に重大な影響が認められる

4 【観点】環境

5 湿地生態系は特有の生物相を有しており、地形的要因に強く影響を受けて維持されている。し
6 たがって湿地性植物は、森林構成種のように気候変動によって水平方向ならびに垂直方向に分
7 布域を変えることが難しく、気候変動に対してきわめて脆弱な生態系の一つと言える。また、多
8 くの湿地生態系、とくに低層湿原は、流域からの水供給によって維持され、一方で土砂や栄養塩
9 などの負荷を受けながら変貌してきた。したがって、気候変動に伴い水・物質循環が変化した場
10 合、多くの生物種が影響を受ける可能性が高い。また、沿岸部あるいは汽水域と連続性を持つ環
11 境に立地する湿原においては、海面上昇に伴う塩水影響も予測される。

12 ● 緊急性：

13 【評価】中程度

14 ・影響の発現時期 【評価】中程度

15 ・適応の着手・重要な意思決定が必要な時期 【評価】中程度

16 高山帯・亜高山帯の湿原については積雪量の減少によるものと見られる湿原面積の縮小が報
17 告される地域もあり、これらについては緊急性が認められるが、その他の場所の湿原については
18 そこまでの緊急性は認められない。釧路湿原において海面上昇に伴う塩水遡上距離の増大を予
19 測する事例もあるが、予測される影響の発現時期は今世紀後半である。

20 国土地理院の国土湿原調査によると、明治・大正時代に存在した全国の湿地面積は 2110.62
21 km² で、現在は 820.99km² に減少しており、その 61%が失われたことになる。³⁰⁷⁰⁾このように、
22 現存する湿地は全国的にも希少な生態系であり、既に多くの人為的影響が及んでいることを考
23 えると、気候変動との複合的な影響を予知するために、モニタリング、研究等を進める必要があ
24 る。

25 ● 確信度：

26 【評価】低い

27 気候変動の影響を直接明らかにした研究・報告は国内では限られており、土地利用等の影響に
28 ついての研究事例が多い。長期モニタリングを行い、変容を監視する必要がある。

29

1 【沿岸生態系】

2 (1) 亜熱帯

3 (気候変動による影響の要因)

4 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
5 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。

- 6 ● 亜熱帯地域の沿岸生態系において特徴的な亜熱帯性サンゴでは、水温上昇などのストレスに
7 より共生藻を失うと白化現象が観察され、その状態が続くと、共生藻の栄養を受け取れない
8 ために死滅する。
- 9 ● 気候変動により海水温が上昇すると、サンゴの分布域が北上したり、現在生息している海域
10 では、白化現象により死滅する可能性がある。
- 11 ● サンゴそのものの生育や分布に変化が生じれば、サンゴ礁に依存して生息する多くの生物・
12 生態系にも影響を及ぼす。
- 13 ● マングローブ林は、海水の干満の影響を受ける河口や干潟に生育する樹木群で、耐塩性を持
14 ったが、水中では生育できない。そのため、マングローブの堆積物が蓄積していく速度を海面
15 上昇が上回ると水没し、生育できなくなる場所も生じる可能性がある。また、海面上昇によ
16 って海岸侵食が起これるとそこに生息する生物が影響を受ける可能性がある。

17

18 (現在の状況)

- 沖縄地域で、海水温の上昇により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、石垣島の石西礁湖周辺において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。
- 太平洋房総半島以南と九州西岸北岸における温帯性サンゴの分布が北上している。
- 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可能性が指摘されている。
- 西表島のマングローブについて、海面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。

19

20 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。^{3075, 3076, 3077, 3078, 3079) 331038)} 2016
21 年夏季には、石西礁湖周辺においてミドリイシ等の大規模な白化が確認されており、これは同年
22 の夏季の高水温によるものとされている。^{331022) 331027) 331039)} また、白化現象からの回復はサンゴ
23 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
24 になっている。³³¹⁰³³⁾ 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既に低下
25 している可能性がある。^{3081, 3082)} 日本の太平洋房総半島以南と、九州西岸北岸の双方において、
26 温帯性サンゴの分布が北上中と確認された。³⁰⁷³⁾

1 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おこし
2 ていることが最近報告されている。³⁰⁷⁶⁾ 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
3 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
4 確でなく、将来気候下での予測はなされていない。

5 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
6 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、近年の海面上昇により冠水頻度
7 が増加し、枯死につながった可能性が指摘されている。³¹¹⁰³⁴⁾

8
9 (将来予測される影響)

- A2 シナリオ (●度上昇相当) を用いた研究では、熱帯・亜熱帯の造礁サンゴの生育に
適する海域が水温上昇と海洋酸性化により 2030 年までに半減し、2040 年までには消失
すると予測されている。一方、B2 シナリオ (●度上昇相当) を前提とした予測では、今
世紀末においても生育適域が一定程度残存するとされている。生育に適した海域から外
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予測されているが、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。
- もう一つの亜熱帯沿岸域の特徴的な生態系であるマングローブについては、海面上昇の
速度が速いと対応できず、生育できなくなる場所も生じるとの報告がある。将来予測に
ついては現時点では知見が限られており、気温上昇による枯死率の増加を示す予測があ
る一方、生理特性の温度順化により生育阻害は発生しないとする予測もあり、今後の研
究が望まれる。
- 亜熱帯域では、サンゴ礁域の各種資源 (観光資源、水産資源を含む) への影響が重大で
あると想定される。一方で、亜熱帯性サンゴが北に分布域を広げる温帯域では、サンゴ
の北上によるそうした資源へのプラスの影響も考えられる。

10
11 IPCC 第 5 次評価報告書では、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
12 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)
13 において、特に極域の生態系やサンゴ礁といった海洋生態系に相当のリスクをもたらすことが
14 指摘されている。⁰⁰⁰⁵⁾ また、1.5℃特別報告書によれば、暖水性のサンゴは 2℃上昇で 99%が、1.5℃
15 上昇でも 70～90%が消滅のリスクに晒されるとしている。³³¹⁰³⁷⁾

16 造礁サンゴの生育に至適と考えられる海域について、白化を招く水温および造礁サンゴにと
17 った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 (A2 シナリオを前提とした
18 IPSL-CM4-LOOP model、MPIM、NCAR CSM1.4、NCAR CCSM3 の各気候モデルによる気候予測情報を
19 使用) では、A2 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
20 アラゴナイト飽和度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
21 れ、日本近海から適域が消滅することが予測されている。B2 シナリオにおいては、海洋酸性化

1 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
2 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
3 れた。また、B2 シナリオ下では、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
4 のの、2090 年代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
5 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。^{3083, 331004)}

6 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
7 測されているが³⁰⁸⁴⁾、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
8 いては予測がなされていない。

9 また、石垣島の白保サンゴ礁域を対象に、海面上昇と海洋酸性化がサンゴ礁の石灰化率に与え
10 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上昇による石
11 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
12 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、
13 2100 年次点では石灰化率が現状の 96.9%、91.1%、80.7%に減少)。³³¹⁰¹⁶⁾

14 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
15 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
16 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
17 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
18 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
19 いる。³³¹⁰¹⁴⁾

20 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、温度および CO₂
21 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
22 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
23 +4°C及び、高 CO₂ 環境として CO₂ 濃度 936 ppm を仮定)³³¹⁰¹⁷⁾

24 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
25 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
26 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れている。³³¹⁰⁴⁰⁾ また、マングローブ
27 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
28 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°C)の温暖化環境においては、
29 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
30 ている。³³¹⁰³⁵⁾ 一方、夜間でも 35°C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
31 ルギが枯死する可能性についての指摘もある。³³¹⁰³⁶⁾

32 海面上昇による砂浜の侵食が予測されている³⁰⁸⁶⁾ が、その生物への影響について予測した文
33 献は確認できていない。

1 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

2 ● 重大性：

3 <RCP2.6 及び 2°C 上昇相当>特に重大な影響が認められる

4 <RCP8.5 及び 4°C 上昇相当>特に重大な影響が認められる

5 【観点】 環境

6 サンゴそのものの生育や分布に変化が生じるとともに、サンゴ礁に依存して生息する多くの
7 生物・生態系に重大な影響を及ぼす。

8 また、亜熱帯域では、サンゴ礁域の各種資源（観光資源、水産資源を含む）への影響が重
9 大である。これらの生態系サービスへの影響については、小項目「生態系サービス」におい
10 て取り扱う。

11 <RCP2.6 及び 2°C 上昇相当>

12 日本周辺においては今世紀末においても九州・沖縄以南において生息適域が残存するとい
13 う予測がある(SRES B2)。一方、IPCC 1.5°C特別報告書によれば、サンゴ礁は 2°C 上昇であ
14 っても現存するサンゴ礁の 99%が消滅のリスクに晒されるとしている。

15 <RCP8.5 及び 4°C 上昇相当>

16 海洋酸性化に伴う低アラゴナイト飽和度域の低緯度側への拡大と、高水温による白化域
17 の高緯度側への拡大に挟まれ、今世紀末には日本近海からサンゴの生息適域が消滅するこ
18 とが予測されている (SRES A2)。

19 ● 緊急性：

20 【評価】 高い

21 ・影響の発現時期 【評価】 高い

22 ・適応の着手・重要な意思決定が必要な時期 【評価】 現状では評価できない

23 現状において既にサンゴの白化や温帯サンゴの北上が確認されており、石垣島周辺等では大
24 規模な白化が発生している。また、定量的な予測事例は限定されるものの、海洋酸性化による
25 アラゴナイト飽和度の低下と水温の上昇の複合的な影響を受けることで、2030 年までに影響が
26 現れる可能性もあり、緊急度が高い。また、サンゴの白化や分布の変化に対しての適応が困難
27 である。

28 また、報告の数は限られるものの、マングローブについても近年の海面上昇によるものとさ
29 れる立ち枯れの増加が報告されている地域がある。

30 ● 確信度：

31 【評価】 高い

32 サンゴ分布適域に関しては、水温および pH の低下を考慮したモデルによる定量的な予測が確
33 認される。また、IPCC のレビューにおいても、現存するサンゴ礁へのリスクに関する確信度は

1 高いと判断されている。サンゴ以外の他の生物への影響は、マングローブにおいて限られた報
2 告が確認されるに留まるが、高水温によるサンゴ白化は現状でも顕著に見られること、及びサ
3 ンゴ礁は亜熱帯の沿岸域における主要な生態系であることから、生態系全体の影響評価の確信
4 度は高いと判断する。

5

1 (2) 温帯・亜寒帯

2 (気候変動による影響の要因)

3 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
4 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
5 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
6 において取り上げる。

7

8 ● 海水温の分布に従い生息する生物が異なるため、気候変動により海水温が上昇すると、これ
9 まで生息していた種の分布も、それに伴って変化する可能性がある。

10 ● 海洋酸性化は、大気中の CO₂ が海洋に溶解し、海水中の炭酸系の化学平衡が変化して、水素イ
11 オン濃度が増大 (pH が低下) する、すなわち、海水の酸性度が高まる現象。人間活動によっ
12 て放出される CO₂ の量が増大し、大気中の CO₂ 濃度が高まっているため、海洋に溶解する CO₂
13 量が増大している。炭酸系の化学平衡の変化は、海水中の炭酸イオン濃度を低下させ、サン
14 ゴ・貝類・ウニなどの外骨格や外殻を形成する石灰化 (炭酸カルシウム形成) に影響が生じ
15 ることが想定される。

16 ● 海面上昇によって海岸侵食が起こるとそこに生息する生物が影響を受ける可能性がある。

17

18 (現在の状況)

- 日本沿岸の各所において、海水温の上昇に伴い、低温性の種から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。
- 亜熱帯性の造礁サンゴの分布北限付近での北上、および海藻藻場の分布南限付近における衰退が観測されており、海藻藻場からサンゴ群集への移行が進行している。
- 日本沿岸の海水の pH は、海域ごとにばらつきが大きいものの、全体的に低下傾向であり、海洋酸性化の進行が確認されている。
- 日本沿岸の溶存酸素についても、海域ごとにばらつきが大きいものの、全体的な低下傾向が確認されている。
- 既に起こっている海洋生態系の変化を、海洋酸性化の影響として原因特定することは、現時点では難しいとされている。
- 日本周辺に生息する海鳥の一部について個体数の長期的な減少傾向が確認されており、その原因の一つとして気候変化による餌不足が示唆されている。

19

20 日本沿岸の各所において、コンブ¹¹⁰³⁾ やヤマトシジミ³⁰⁸⁷⁾ 等の水産資源の生産量の減少、水
21 温の上昇や植食性魚類 (アイゴ等) の北上による藻場の構成種の変化³⁰⁹⁰⁾ や衰退^{3091) 332027) 332041)}、
22 魚類や底生動植物の種構成の変化^{1100) 1101) 3089) 332038)}、ウニ類の群集種組成の変化やムラサキウニの

1 発生異常率の上昇³³²⁰⁹⁵⁾等が報告されている。また、バフンウニ³⁰⁸⁸⁾、暖水性サンゴとその共生
2 種であるサンゴガニ³⁰⁹²⁾、ヤシャベラ³³²⁰⁵⁹⁾、テンジクタチ³³²⁰⁷¹⁾、等について、本来の分布域よ
3 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。

4 国内の温帯域において、1950～2010年代における海藻および植食性魚類、造礁サンゴの分布
5 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
6 されている。これらの結果から、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
7 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
8 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
9 ことが示唆されている。³³²⁰⁸⁶⁾

10 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)
11 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
12 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
13 選好して定着する傾向が確認されている。³³²⁰⁸⁵⁾

14 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、
15 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
16 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化による餌不足の可能
17 性も示唆されている。³³²⁰⁸⁴⁾

18 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。³⁰⁹³⁾

19 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
20 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
21 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
22 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⁽³³²⁰⁸⁷⁾。日本沿岸の溶存酸素濃
23 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
24 存酸素濃度が上昇傾向にある海域も存在する³³²⁰⁸⁸⁾。このような沿岸域の酸性化傾向と貧酸素傾
25 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)
26 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
27 の増加が確認されている。³³¹⁰³²⁾

1 (将来予測される影響)

- 海水温の上昇に伴い、エゾバフンウニからキタムラサキウニへといった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あるが、定量的な研究事例が限定されている。
- 海洋酸性化による影響については、中～高位の二酸化炭素排出シナリオの場合、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。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、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。また、水温上昇や低酸素化のような同時に起こる要因と相互に作用するために複雑であるが、影響は増幅される可能性がある。
- 水温の上昇や植食性魚類の分布北上に伴う藻場生態系の劣化や、熱帯性サンゴ礁生態系への移行が予測されている。
- また、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。また漁村集落は藻場等の沿岸性の自然景観や漁獲対象種等に依存した地域文化を形成している事が多く、地域文化への影響も想定される。
- 海面上昇による海岸域の塩性湿地等への影響が想定される。

2

3 IPCC SROCC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
4 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
5 いて顕著であるとしている (RCP8.5 シナリオ)。³³²⁰⁸³⁾

6 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
7 サンゴ礁生態系への移行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
8 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
9 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
10 もたらすことが示唆されている (A2 シナリオを仮定した BCCR-BCM2.0 等の CMIP3 の 12 の気候モ
11 デルによる予測情報の平均値を使用)³³²⁰¹³⁾ カジメについては、水温の上昇による生理的影響と、
12 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
13 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
14 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-
15 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)³³²⁰⁰⁵⁾。

16 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、
17 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
18 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)、
19 海草藻場がサンゴ礁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
20 ナリオを仮定した MIROC4h による予測情報を使用)。³³²⁰⁸⁶⁾

21 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・

1 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
2 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
3 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
4 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
5 た MIROC4h による気候予測情報を使用)。³³¹⁰⁰⁵⁾

6 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
7 ル予測があるのみである。^{3094, 3095)}

8 海洋酸性化による影響については、中～高位の二酸化炭素排出シナリオ (RCP4.5、6.0 及び 8.5
9 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
10 クをもたらすと考えられる。⁰⁰⁰⁵⁾ 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
11 ゴに影響を受けやすい種が多く^{3097, 3098, 3099)}332082,332091, 332092, 332093、その結果として水産資源となる
12 種に悪影響がおよぶ可能性がある。また、水温上昇や低酸素化のような同時に起こる要因と相互
13 に作用するために複雑であるが^{332093, 332094)}、我が国の水産種に対する複合影響の研究例は少ない。

14 ただし、沿岸域の酸性化環境の将来予測は二酸化炭素排出シナリオ以外の様々な海域開発選択
15 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
16 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
17 でのかかる年数が±30 年程度変化しうるという試算がなされている³³²⁰⁸⁹⁾。

18 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恐れもある。³⁰⁹⁶⁾

19 海面上昇による砂浜と干潟の侵食が予測されている^{3086,3093)}が、その生物への影響について予測
20 した研究は確認されていない。

21

22 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

23 ● 重大性：

24 【評価】特に重大な影響が認められる

25 【観点】環境

26 エゾバフンウニからキタムラサキウニへといった低温性の種から高温性の種への移行、藻場生
27 態系の分布適域の縮小や、熱帯性のサンゴ礁生態系への移行等が想定されるとともに、それに伴
28 い生態系全体に影響が及ぶ可能性がある。

29 沿岸性生物相の変化は沿岸漁業の漁獲対象種の変化に直結する。また漁村集落は藻場等の沿岸
30 性の自然景観や漁獲対象種等に依存した地域文化を形成している事が多いため、地域文化への影
31 響もありうる。

32 ● 緊急性：

33 【評価】高い

34 ・影響の発現時期

【評価】高い

1 ・適応の着手・重要な意思決定が必要な時期 【評価】現状では評価できない

2 既に現状でも、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、熱帯性のサンゴ礁生
3 態系への移行といった、生態系の遷移が進行している。また、高次捕食者である海鳥の近年の個
4 体数減少傾向の原因として、気候変動による餌不足を指摘する研究もある。加えて、pH 濃度及
5 び沿岸域の溶存酸素濃度の全国的な低下傾向が確認されている。

6 将来予測についても、藻場生態系の劣化・減少やのサンゴ礁への移行について、定量的な予測
7 が確認されている。特に藻場生態系のサンゴ礁生態系への移行については、今世紀中頃までに潜
8 在的な移行確率が上昇することが予測されている。

9 ● 確信度：

10 【評価】中程度

11 既に現状でも種の遷移の進行が確認されている。互いに離れた海域において同方向の種の遷移
12 が観測されていることから、現象の定性的な信頼性は高い。藻場生態系から亜熱帯性のサンゴ礁生
13 態系への移行については、過去の標本情報や海流による輸送を考慮したモデリングにより気候変
14 動による移行メカニズムの解明が進んでおり、確信度は高いと考えられる。一方、ウニや死滅回
15 遊魚等の分布変化については、現状における分布域の変化が示唆されるものの、モデルによる定
16 量的な予測事例は確認されていない。

17 海洋酸性化については、近年の大規模な pH 観測データの解析により、日本沿岸の海水の酸性
18 化傾向が確認されている。この要因としては大気中の CO₂ 濃度上昇以外にも、陸域栄養塩負荷量
19 や淡水流量の変化等を含めた複合的な要因であるとされ、海域開発等の要因による変動も大きい
20 ことに留意が必要である。溶存酸素濃度についても、全国的には減少傾向にあることが示唆され
21 るが、個々の海域におけるばらつきが大きい。

22

1 **【海洋生態系】**

2 **(1) 海洋生態系**

3 (気候変動による影響の要因)

4 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、生物季節の変化、種構成や現存
5 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
6 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取り上げる。

7

8 ● 気候変動による海水温の上昇は、海水の鉛直混合速度や海流に影響し、それが海洋全体の生
9 物の分布や挙動、生物群を介した物質循環の変化をもたらす可能性がある。

10 ● 海面の温度上昇により、温度成層の発達や海水の融解による塩分成層の発達が早まることで、
11 春季ブルーム が早期化する可能性がある。

12 ● また、成層化による栄養塩供給の減少により、純一次生産力が低下すると指摘されている。
13 一方、メソ動物プランクトンの現存量については、親潮域では、純一次生産力の低下による
14 成体期の餌料環境の悪化と、春期ブルームの早期化による幼少期の餌料環境の向上がほぼ相
15 殺するため、一次生産力の低下にもかかわらず大きな変化が起こらないことが指摘されてい
16 る。

17 ● 海域の植物プランクトンや動物プランクトンなどは魚類などの餌となる生物であることから、
18 水産資源への潜在的影響も想定される。

19

20 (現在の状況)

- 日本周辺海域ではとくに親潮域、および親潮と黒潮の混合水域において、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、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。一方、
日本周辺海域はもともと溶存酸素濃度が比較的高いことから、海洋生物への直接的な影
響は一部の底魚類以外には検出されていない。
- 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
類の分布北上が確認されている。

21

22 日本周辺海域ではとくに親潮域、混合水域および黒潮域において、温暖化に伴う植物現存量と
23 一次生産力の低下が始まっている可能性がある。^{3102, 3105, 3106, 341036, 341037}。一方日本海及びオホホ
24 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。^{341022, 341036, 341038}
25 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
26 ³⁴¹⁰³⁴ 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

1 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
2 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
3 かったとしている。³⁴¹⁰¹⁶⁾

4 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(本州東方で親潮と黒潮が混
5 合する海域)の限定的な海域で研究がされているものの、^{3105, 3106)} 海域間でその傾向が一致して
6 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
7 い事も確認されている。^{3104, 3105, 3106)}

8 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
9 が北上していることが報告されている⁽³⁴¹⁰³⁹⁾。この他の海域では、動物プランクトン分布域の経
10 年変化に関する報告は得られていない。

11 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
12 おり⁽³⁴¹⁰⁴⁰⁾、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^{(341041, (341042,}
13 ^{(341043, (341044)}。特に日本海では水深100m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
14 る⁽³⁴¹⁰⁴⁵⁾。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
15 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
16 域ではもと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、
17 海洋生物への直接的な影響は、一部の底魚類でその可能性が疑われている⁽³⁴¹⁰⁴⁶⁾ 他は、未だ
18 検出されていない。

19
20 (将来予測される影響)

- 気候変動に伴い、植物プランクトンの現存量に変動が生じる可能性がある。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が、日本周辺海域については、モデルの信頼性が低く、変化予測は現状困難である。動物プランクトンの現存量の変動についての予測も、日本周辺海域の予測の信頼性が高いとはいえない。また、これらから生じる地域毎の影響の予測は現時点では困難である。
- 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。

21
22 IPCC 第5次評価報告書では、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
23 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)
24 において、特に極域の生態系やサンゴ礁といった海洋生態系に相当のリスクをもたらすことが
25 指摘されている。⁰⁰⁰⁵⁾

26 IPCCの海洋・雪氷圏に関する特別レポートでは、海洋の貧酸素化も将来にわたり進行する事が
27 予測されているが、その各海域における進行速度の予測精度は未だ信頼性が低いため、日本周辺
28 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。

1 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
2 量、生産力、群集構造を変化させる。これにより、RCP8.5 シナリオ下の今世紀末においては、
3 1986-2005 年時点比較して海洋生物の食物網全体のバイオマス量が 15±5.9%減少し、潜在的な
4 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
5 いて RCP2.6 の 3~4 倍になると予測されている。³⁴¹⁰³⁵⁾

6 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。^{3107, 3108, 3109, 3110, 3111)} 植
7 物現存量と一次生産力は、全球で見れば熱帯・亜熱帯海域で低下し、亜寒帯海域では増加すると
8 いう予測で多くのモデルが一致するので^{3108, 3109, 3110, 3111)}、一定程度の確信度があるとされる。し
9 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
10 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
11 ^{3107, 3110, 3111)}、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
12 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
13 いとはいえない。

14 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
15 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
16 化により、生物ポンプ^{※要注釈}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
17 れている（東シナ海における 2℃の水温上昇を仮定）。³⁴¹⁰²⁴⁾

18 日本周辺の海洋保護区について、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
19 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化が、これまで経
20 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
21 (MPA) 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
22 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
23 オを仮定した MIROC4h による気候予測情報を使用)³⁴¹⁰⁰³⁾

24
25
26 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

27 ● 重大性：

28 【評価】特に重大な影響が認められる

29 【観点】環境

30 海洋生態系は地表の生態系の 70%を面積的に占めていて、その生物多様性や生態系機能の維持
31 は不可欠である。ここでの低次生産力段階の変動は、食物連鎖を通じて生態系全体へ広範な影響
32 を及ぼす。加えて、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
33 されている。

34 また、水産資源餌料生物の現存量の変化から、魚類の生物量への潜在的影響も重大である。

35 なお、動植物プランクトンまでの海洋生態系は、それ自体で社会的重要性をもつものではない。

1 分布域が変化するだけであり種の絶滅のリスクが高いとはいえない。ただし、氷縁生態系、無酸
2 素化が進行し得る大陸斜面などに生息する生物、冷水性サンゴなど、特殊な環境では絶滅リスク
3 が低いとはいえない。

4 ● 緊急性：

5 【評価】 中程度

6 ・影響の発現時期

【評価】 中程度

7 ・適応の着手・重要な意思決定が必要な時期

【評価】 現状では評価できない

8 既に現状でも、親潮域及び混合域において、クロロフィルおよび一次生産力の減少の可能性を
9 示唆する複数の知見が得られている。動物プランクトンについては、西部北太平洋亜寒帯域にお
10 ける暖水性カイアシ類の生息域の北上が報告されているが、この他の海域については確認できて
11 いない。溶存酸素については、日本周辺海域の亜表層域における濃度の低下が確認され、それに
12 伴う一部の底生魚への影響が疑われているものの、日本周辺はもともと溶存酸素濃度が比較的高
13 いことから、その他の海洋生物への影響は確認されていない。海洋生態系においては、人為的制
14 御が可能な範囲が限られ、特に生態系への影響については人為的制御が不可能であるため、適応
15 の着手に係る意思決定の時期の議論は意味がない。すなわち、気候変動の進行を抑制すること（緩
16 和策）以外に有効な対処策はない。

17 ● 確信度：

18 【評価】 低い

19 親潮域及び混合域におけるクロロフィルおよび一次生産力の減少傾向、日本周辺海域の亜
20 表層域における溶存酸素濃度の低下傾向については、複数の知見が得られており、一定程度
21 の確信度があると判断できるが、これらの変化による魚類等のより高次の生態系構成種への
22 影響については、現時点では報告・予測に限られる。将来予測については、モデル予測の結
23 果は未だ定性的にもバラツキがある段階であり、全球の予測についてはその変化について中
24 程度の確信度があるものの、日本周辺海域や生物種・生物群に限ると将来の傾向を予測判断
25 できる状態ではない。

26

27

1 【その他】

2 (1) 生物季節

3 (気候変動による影響の要因)

4 ここでは、分布が広域で複数の生態系を利用する種または都市域等の身近な生態系における生
5 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
6 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
7 る。また、紅葉などの生物季節の変化に伴う人間活動や文化への影響については、「国民生活・都
8 市生活分野-文化・歴史などを感じる暮らし」において取り上げる。

9

- 10 ● 冬季の気温の上昇等により、植物の越冬芽の休眠が打破される時期が早まり、開花や展葉が
11 早まることが想定される。さらに気温が上昇すると冬季休眠が充分でなくなり、翌年の開花・
12 展葉に支障をきたす可能性がある。
- 13 ● 冬季の気温の上昇は、昆虫の冬眠スケジュールや発生頻度、鳥の渡りの時期など、動物の温
14 度依存性の行動特性・生活史への影響を通し、フェノロジーの変化を引き起こす。また、冬
15 季にも木の実などが取れるようになるとそれらを食物とする動物が冬眠をしなくなるなど、
16 間接的な影響も想定される。
- 17 ● 植物の開花のように、気温ではなく日長に依存して時期が決まっている現象の場合、日長と
18 気温のミスマッチによる影響が生じる可能性がある。
- 19 ● 生物種間で温度変化への反応が異なる場合、種間の相互作用に影響が生じる。その相互作用
20 が、それぞれの種の個体群の存続に重要なものである場合、個体群動態や生態系プロセスに
21 深刻な影響が生じる可能性がある。

22

23 (現在の状況)

- 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について多
数の報告が確認されている。

24

25 IPCC 第5次評価報告書では、陸域、淡水及び海洋の多くの生物種は、進行中の気候変動に対
26 応し、その生息域、季節的活動、移動パターン、生息数及び種の相互作用を変移させていること
27 が報告されている。⁰⁰⁰⁵⁾

28 国内でも、動植物の生物季節の早期化³⁰⁰⁴⁾等について多数の報告が現時点で確認されている。
29 ヒダカソウ³⁰⁰⁴⁾、ツバキ³¹¹²⁾、ウメ³¹¹²⁾、サクラ^{3112, 3113, 8002)}、ノダフジ³¹¹²⁾、ヤマハギ³¹¹²⁾、イチ
30 ョウ³¹¹²⁾、サルスベリ⁸⁰⁰¹⁾等の開花日の早期化、ヒバリ⁸⁰⁰¹⁾、ウグイス⁸⁰⁰¹⁾、ニイニイゼミ<sup>8001、
31 351032)</sup>、アブラゼミ^{8001、351032)}、ツクツクボウシ^{8001、351032)}の初鳴き日の早まり、スズメ、キビタ
32 キの春季の渡来時期の早期化³⁵¹⁰³⁵⁾、夏鳥であるツバメ、オオヨシキリ、コムクドリの出現時期
33 の早期化³⁵¹⁰²²⁾、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³⁵¹⁰³⁰⁾等が確認されてい

1 る。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³⁵¹⁰¹¹⁾、イロハカエデ^{3114, 8001, 8005)}
2 等の紅葉の遅れ、モンシロチョウの初見日の遅れ^{3004, 8001)}、カッコウの出現時期の晩期化³⁵¹⁰²²⁾
3 などについても確認されている。

4

5 (将来予測される影響)

- 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など、様々な種への影響が予測されている。
- 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。

6

7 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
8 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、
9 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
10 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
11 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。
12 vi) 開花しなくなる、の過程をたどると考えられる。³¹¹⁶⁾

13 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
14 件で39日の遅延)³¹¹⁵⁾、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
15 日の5~13日遅延、開花期間の+3~4週間の長期化)³¹¹⁷⁾、ヒノキの成長期間の長期化(1℃加温
16 条件で+25日、2℃加温条件で+32.5日、3℃加温条件で+37日)¹⁰⁷²⁾、ウリハダカエデの落葉時期の
17 遅れ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
18 たことに対し、2℃・3℃加温条件では12月上旬まで遅延)³¹¹⁸⁾、等が、温暖化条件を仮定した加
19 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
20 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
21 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。³⁵¹⁰⁴¹⁾

22

23 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

24 ● 重大性：

25 【評価】影響が認められる

26 【観点】環境

27 広汎な生物現象のタイミングが気候変動の影響を受けて前後することが考えられ、変化の範囲
28 は全国に及ぶ。一方、生物季節の変化自体の影響の大きさを考えると、現時点で収集されている
29 生物季節の変化に関する知見については、それらの変化が生態系全体の機能や構造へ大きな影響
30 を及ぼすとまでは言い切れないため、生態系全体への影響としての重大性は高いとは言えない。
31 しかしながら、生物季節の変化が生物種や生物現象の間で異なることにより、生物間相互作用が

1 変化することも予想されていることから、モニタリングによる長期的な影響の検証が必要であ
2 る。

3

4 ● 緊急性：

5 【評価】 高い

6 ・ 影響の発現時期 【評価】 高い

7 ・ 適応の着手・重要な意思決定が必要な時期 【評価】 現状では評価できない

8 現象は既に顕在化している。一方、この現象自体への対策開始の判断は緊急ではない。季節的
9 な生物現象が影響を受けること自体について適応策を講じることはできず、緊急の対応は考えら
10 れない。

11

12 ● 確信度：

13 【評価】 高い

14 研究・報告は一定程度であり、また、多くの季節的な生物現象が気候の影響を受けていること
15 は、過去の年ごとの気候と現象のタイミングとの関係や実験からも明らかである。気候が長期的
16 に変動すれば、それらの現象もまた長期的な変動を見せることは確実であり、実際に長期のトレ
17 ンドが報告されている。また、モデル植物（ハクサンハタザオ）を用いて、気温上昇が遺伝子発
18 現の変化を通して開花等へ影響を与えるメカニズムについても検証が進んでいる。

1 (2) 分布・個体群の変動

2 (気候変動による影響の要因)

3 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
4 の変化などの個体群動態に関する影響、外来生物の移入等に関する影響、及びこれらの国土ス
5 ケールにおける変化等について扱う。なお、高山や森林など特定の生態系における生物季節の変化
6 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
7 に伴う人間活動や文化への影響については、「国民生活・都市生活分野-文化・歴史などを感じる
8 暮らし」において取り上げる。

9

- 10 ● 気候変動による気温の上昇や降雨の変化、それらを通じた積雪や土壌、水温・水質等の自然
11 的要素の変化等により、生物の生育・生息適地の分布や、一日の活動時間帯や世代数、ライ
12 フサイクルなどが変わり、分布の変化や種・個体群の絶滅、外来生物の侵入・定着率の変化
13 につながるものが想定される。

14

15 (現在の状況)

- 過去 50 年間の全球的な自然生態系の変化の要因について、気候変動は陸域・海域の利用
変化および直接採取（森林伐採、漁獲等）に次ぐ要因であるとされ、加えて気候変動
は他の直接的要因による影響を悪化させつつあるとの報告がある。
- 昆虫や鳥類などにおいて、分布の北限や越冬地等が高緯度に広がるなど、気候変動によ
る気温の上昇の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の
事例が確認されている。ただし、気候変動以外の様々な要因も関わっているものと考え
られ、どこまでが気候変動の影響かを示すことは難しい。
- シバズやダンダラテントウ等の一部の昆虫種については、現地調査及び過去の標本等
との比較により、生活史の境界や分布北限が変化したことが明らかになっており、この
変化傾向が気温変化の傾向と一致することから、気温の上昇に伴い分布を拡大した可能
性が高いとされている。

16

17 IPCC 第 5 次評価報告書では、陸域、淡水及び海洋の多くの生物種は、進行中の気候変動に対
18 応し、その生息域、季節的活動、移動パターン、生息数及び種の相互作用を変移させていること
19 が報告されている。⁰⁰⁰⁵⁾ 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
20 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
21 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
22 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つ
23 つあるとしている。³⁶¹⁰⁵⁰⁾

1 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、
2 ³¹²⁵⁾ ナガサキアゲハの北方への分布拡大、³¹²³⁾ ツマグロヒョウモンの北方への分布拡大、³¹²⁴⁾ 、
3 モンキアゲハの北方への分布拡大 ³⁶¹⁰⁴⁶⁾、アガボシゴマダラの分布域拡大 ³¹²⁴⁾ 等が報告されてい
4 る。特に、ナガサキアゲハおよびツマグロヒョウモン等の南方性チョウ類は、全国のモニタリン
5 グ調査から確認地点の北上が確認されている他、埼玉県 ³⁶¹⁰⁰⁶⁾、東京都 ³⁶¹⁰¹¹⁾ 等の地域での定着
6 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
7 る。また、鳥類については、ツバメ ³⁶¹⁰⁰⁵⁾、アカハラ ³⁶¹⁰⁴⁷⁾、オオジュリン ³⁶¹⁰⁴⁷⁾ 等の複数の種に
8 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。

9 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
10 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
11 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
12 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
13 性があり、今後もその生息動向を注視する必要がある。⁸⁰⁰⁵⁾

14 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。小型のコオ
15 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
16 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
17 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
18 いる。テントウムシの一種であるダングラテントウは、1910 年代から 1990 年代にかけて北緯 33
19 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
20 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
21 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
22 示唆されている。³⁶¹⁰³⁸⁾

23

1 (将来予測される影響)

- 気候変動により、分布域の変化やライフサイクル等の変化が起こるほか、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す、生育地の分断化により気候変動に追随した分布の移動ができないなどにより、種の絶滅を招く可能性がある。2050年までに2℃を超える気温上昇を仮定した場合、全球で3割以上の種が絶滅する危険があると予想されている。
- 渡り鳥であるハチクマについて、気候変動に伴う風向き等の変化により、現在の東シナ海上の渡り適地が将来において分断あるいは消失するとの予測がある。
- 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」が生じる可能性についての予測も確認されている。
- 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変化のリスクが高まることが懸念される。現時点で定量的に予測をした研究事例は限られているものの、一部の侵略的外来生物について、侵入・定着確率が気候変動により高まることが予測されている。

2

3 IPCC 第5次評価報告書では、人々の生計を支える陸域及び内水の生態系と生物多様性、生態
4 系の財・機能・サービスが失われるリスクや、21世紀中及びその後において予測される気候変
5 動下で、特に生息地の改変、乱獲、汚染及び侵入生物種といった他のストレス要因と気候変動が
6 相互作用するほど、陸域及び淡水域両方の種の大部分が、増大する絶滅リスクに直面することが
7 指摘されている。⁰⁰⁰⁵⁾

8 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
9 定した研究³¹²⁸⁾では、条件によっては3割以上の種が絶滅する危険(2℃を超える気温上昇を仮
10 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
11 の維管束植物を対象に、LCA^{※要注釈}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
12 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
13 ~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、MIROC Hi、CCMA31、
14 UKHADCM3、ECHO Gの5つの気候モデルによる予測情報を使用)。³⁶¹⁰⁴⁹⁾

15 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
16 複する「二次的接触」^{※注釈}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
17 ジミ(*Zizina emelina*)及び、その近縁種であるヒメシルビアシジミ(*Zizina otis*)の飼育実験の
18 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
19 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
20 干渉が生じ、個体群が衰退する可能性が指摘されている。³⁶¹⁰³⁶⁾

21 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陸へ渡る渡り鳥であるが、東シナ
22 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
23 (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陸までの連結性が失われ、

1 RCP4.5 および 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
2 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
3 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 および RCP8.5
4 シナリオを仮定した HadGEM3-RA による気候予測情報を使用)³⁶¹⁰²⁶⁾

5 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
6 物による生態系変化のリスクが高まることが懸念される。³⁶¹⁰⁵²⁾ 外来生物法における生態系被害
7 防止外来種であ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
8 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
9 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
10 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
11 る気候予測情報を使用)。³⁶¹⁰⁵¹⁾

12
13 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

14 ● 重大性：

15 【評価】 在来生物：特に重大な影響が認められる

16 外来生物：特に重大な影響が認められる

17 [在来生物]

18 分布の変化の範囲は広範囲に及ぶ。国土の広範囲に生息する種に関しては、分布が変化したと
19 しても、分布域が移動するのみで、国土スケールで見際には大きな影響を及ぼさないことも考
20 えられるが、現状では開発やアンダーユースによる生態系の連続性の消失等、気候変動以外の要
21 因に起因する生態系の変化が進行中であり、これらとの複合的な影響の可能性を考慮すると、気
22 候変動により種の絶滅が加速する可能性は十分に考えられる。また、分布域の拡大による二次的
23 接触のリスク等を予測する知見もあり、種間相互作用を介した個体群への間接的なリスクも考
24 えられる。加えて、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への影響
25 も予測されていることから、環境面での損失は大きいことが予測される。

26 [外来生物]

27 定着による深刻な影響が懸念される侵略的外来生物の侵入・定着確率が気候変動により高ま
28 るならば、外来生物問題自体の深刻性を反映して、重大な問題と考えるべきである。人と物の流
29 通の広域化に伴い、外来生物の侵入圧力はつねに高い状態に維持されていることは、持続的な脆
30 弱性の要因である。

1 ● 緊急性：

2 【評価】 在来生物：高い

3 外来生物：中程度

4 [在来生物]

5 既に一部の昆虫類では、国土スケールでの分布変化を示唆する報告が確認されていることか
6 ら、緊急性は高い。加えて、現存の保護区が、そこを生活の場としている生物にとって、気候変
7 動により存続に不適当な環境となる懸念があり、生物の移動経路の確保を考慮した保護区の拡
8 大などは個体群サイズの減少が顕在化する前に早めに対応することが必要となる。

9 [外来生物]

10 現時点で、気候変動と外来生物の分布拡大の関係を検証した事例は一部の種に限られている。
11 一方、適応策の視点からは、侵入・定着が高いと考えられ、かつ定着による深刻な影響が懸念さ
12 れる侵略的外来生物の場合には、緊急に対策を講じる必要があると判断できる。侵入・定着の確
13 率が気候変動によってさらに高まるならば、より緊急性は高まる。熱帯域起源の生物については
14 気候変動により定着確率が高まる懸念がある。

15 確信度：

16 【評価】 在来生物：中程度

17 外来生物：中程度

18 [在来生物]

19 多くの生物の分布の限界を決めている要因のひとつは気候条件であることから、それらの生
20 物の分布が気候変動の影響を受けることには疑いがない。分布や生活史の変化と過去の気候変
21 化との対応の検証から、これらの因果関係を裏付ける報告も確認される。しかし、これらの分布
22 や生活史の変化により、地域個体群のサイズがどのように変動するか、種個体群の存続にとって
23 気候変動がマイナスの効果を持つのかプラスの効果を持つのかはケースバイケースであり、気
24 候要因のほか、種間相互作用、人間による土地利用パターンなど多様な要因が関わることもあ
25 っ、確度の高い予測は困難である。

26 [外来生物]

27 ● 現時点では、気候変動による外来生物の分布拡大等を定量的に検証、予測した事例は限られ
28 ている。一方、生物種の主要な分布規定要因は気象条件であり、一般論として気候変動が外
29 来生物の分布拡大を促進し、生態系に変化を与える可能性について指摘する知見は確認され
30 ている。現状で拡大・定着している外来生物については、土地改変等の気候変動以外の要因
31 を大きく受けていることが考えられ、純粹に気候変動のみの影響を評価することは困難であ
32 る。

33

1 **【生態系サービス】**

2 **(1) 生態系サービス**

3 (気候変動による影響の要因)

4 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。

10

- 11 ● 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便益(生態系サービス)に依存している。これらを提供する生態系が効果的に機能しなくなると、提供される生態系サービスが失われたり、喪失したりする恐れがある。
- 15 ● 気候変動を含む環境変化は、種や生態系への変化を通して、直接的あるいは間接的に、社会が依存している様々な生態系サービスへリスクをもたらす可能性がある。

17

18 (現在の状況)

- 世界的には、気候変動による生態系を構成する生物種の種構成や生物季節、種間の相互作用の変化が生態系の構造や機能に影響を与え、結果として既に生態系サービスへの影響が生じているとする報告がある。
- 一方、国内において気候変動による生態系サービスへの影響を明らかにした研究は少なく、今後の研究が望まれる。

19

20 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、およ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、およ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。³⁷¹⁰⁰⁶⁾

28 しかしながら、国内において生態系サービスへの気候変動による影響を検証した研究は確認できていない。

30

31

1 (将来予測される影響)

- 生態系サービスへの気候変動による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、対象とした研究のうち約 60%において、気候変動による生態系サービスへの負の影響が予測されている。
- 北海道天塩川流域において、気候変動に伴い河川への窒素やリン等の栄養塩の流入量の増加が予測されている。
- 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 2399 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り、気候変動に伴うサンゴの生息適域の減少に関する予測を考慮すると、これらの生態系サービスが減少あるいは消失する可能性が考えられる。

2

3 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
4 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
5 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。
6 一方、対象となった研究は北米およ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
7 れていない。³⁷¹⁰⁰⁷⁾

8 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、
9 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
10 が確認されている。これによれば、気候変動による気温や降水量の上昇は、流域における無機
11 態窒素および無機態リン、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
12 度の増加により、有機態窒素およ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
13 (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)。³⁷¹⁰⁰³⁾ また、同じく北海
14 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
15 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、気温およ
16 び降水量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
17 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
18 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
19 にリスクを及ぼすと結論付けられている。³⁷¹⁰⁰⁴⁾

20 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
21 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、
22 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
23 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
24 影響を及ぼす可能性がある。

25 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
26 ション価値として 2399 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

1 て、75.2～839 億円とする試算がある。³⁷¹⁰⁰⁸⁾ 日本周辺のサンゴの分布適域について、海水温の
2 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 (SRES B1 シナリオを仮定)、
3 あるいは消失 (SRES A2 シナリオを仮定) するとの予測³⁷¹⁰⁰⁹⁾ を踏まえると、これらの生態系サ
4 ービスが減少・消失する可能性も考えられる。

5 生物季節の変化が生態系サービスにもたす影響の研究は多くはないが、たとえばカエデ類の
6 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
7 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。^{371010、371011)}

8
9 ● 重大性：

10 【評価】特に重大な影響が認められる

11 【観点】環境/社会/経済

12 全球的な傾向として、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
13 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
14 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、および生
15 態系サービスへの悪影響をもたらしているとの報告がある。

16
17 ● 緊急性：

18 【評価】現状では評価できない

19 ・影響の発現時期

【評価】現状では評価できない

20 ・適応の着手・重要な意思決定が必要な時期

【評価】現状では評価できない

21 国内において、現在発生している生態系サービスへの変化について、気候変動との関係を十分
22 に検証した報告は確認されていない。また、将来予測についても、一部の生態系サービス・一部
23 の地域を対象とした知見に限られる。

24
25 ● 確信度：

26 【評価】低い

27 収集された知見は一部の生態系サービスに限られ、また地域的な偏りがある。レビュー文献か
28 らも、北米や欧州と比較して国内における研究が少ないことが報告されている。

29 また、生態系の状態や構造と、各生態系サービスの関係は様々であり、加えて生態系サービス
30 間においてもシナジー・トレードオフがあることに留意が必要である。

1 なお、下記の生態系サービスについては知見が報告されているため、細目として評価を行う。

2
3 <流域の栄養塩・懸濁物質の保持機能等>

4 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

5 緊急性：【評価】中程度

6 確信度：【評価】低い

7
8 気候変動による気温や降水量の上昇は、流域における無機態窒素および無機態リン、懸濁物質
9 の保持機能を増加させる一方、有機態窒素および有機態リンの保持機能を低下させ、水質浄化機
10 能等の調整サービスを劣化およびそれに伴う環境リスクの増加が予測されている。これらの予
11 測はモデルによる定量的な予測結果が得られていることから一定程度の確信度が認められるも
12 のの、現状収集された知見は北海道の一部流域に限られ、またこれらの生態系サービスは気候以
13 外にも土地利用の影響も受けることから、同様の事象が広範囲に及ぶかについては知見が不足
14 しており、現状では判断が困難である。

15
16 <沿岸域の藻場生態系による水産資源の供給機能等>

17 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

18 緊急性：【評価】高い

19 確信度：【評価】中程度

20 藻場生態系は水産資源として重要な種を含む多くの生物種のハビタットとして重要であり、
21 沿岸漁業の基盤と考えられることから、これらの環境変化が漁獲対象種の変化等を通して沿岸
22 域の地域社会等に与える影響は大きいと考えられる。加えて、漁村集落は藻場等の沿岸性の自然
23 景観や漁獲対象種に依存した地域文化を形成していることが多いため、地域文化への影響もあ
24 りうる。現状でも温帯-熱帯境界付近の沿岸域において、水温の上昇や植食性魚類の分布拡大に
25 伴う藻場生態系の劣化・衰退が報告されており(参照：「自然生態系分野：沿岸生態系-温帯・亜
26 寒帯」)、緊急性は高い。一方、これらの基盤環境の変化が地域社会の文化や景観へ与える影響
27 について検証した研究は確認できていない。

28
29 <サンゴ礁による Eco-DRR 機能等>

30 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

31 緊急性：【評価】高い

32 確信度：【評価】高い

33 サンゴ礁によりもたらされる Eco-DRR 機能(海岸防護機能)等の生態系サービスの経済価値試

1 算と、サンゴ礁の分布変化の予測を踏まえると、これらの生態系サービスが減少または消失する
2 可能性は十分に考えられる。国内においてサンゴ礁の生態系サービス評価を行った知見は限ら
3 れているが、サンゴ礁自体への影響は一定程度確認されている(参照:「自然生態系分野:沿岸生
4 態系-亜熱帯」)。また海外においては、サンゴ礁の消失による Eco-DRR 機能の劣化についての予
5 測が確認されており、同様の事象が国内でも生じる可能性は高い。

6 一方、サンゴ礁は分布の北上が進んでおり、今後も分布適域の拡大が予測されているが、新た
7 にサンゴ礁の分布が拡大した地域においてもたらされる生態系サービスについては予測が確認
8 されず、その評価は現状では困難である。

9
10 <自然生態系と関連するレクリエーション機能等>

11 重大性:【評価】特に重大な影響が認められる

12 緊急性:【評価】中程度

13 確信度:【評価】低い

14 サクラ等の植物の開花期や紅葉期の変化については、報告および予測が一定程度確認されて
15 おり(参照:「自然生態系分野:その他-生物季節」)、このような変化に伴う生態系サービス(文
16 化的サービス)の変化が、観光業へ与える影響についての検証事例も確認される。一方、地域に
17 よって影響の種類や大きさが異なることが考えられ、このような影響の地域的な違いや、影響の
18 経済的な評価については、さらなる研究が望まれる。

19

20

3.4 自然災害・沿岸域

● 自然災害全般へ影響を及ぼす共通の外力について

豪雨については、線状降水帯により同じ場所に猛烈な雨を継続して降らせた平成 29 年 7 月九州北部豪雨や、広域で持続的な大雨をもたらした平成 30 年 7 月豪雨、東日本から東北地方を中心に広い範囲で記録的な大雨となった令和元年台風第 19 号による被害が報告されている。また、台風については、大阪湾で第二室戸台風を上回る既往最高の潮位を記録した平成 30 年台風第 21 号や、観測史上 1 位の最大風速や最大瞬間風速を観測する記録的な暴風となった令和元年台風 15 号などの災害事例が報告されている。

イベント・アトリビューションの方法を用いて、平成 30 年 7 月豪雨における地球温暖化の影響を調べたところ、近年の気温上昇が、平成 30 年 7 月豪雨の降水量を 6.5%程度増加させた可能性があることなどが新たに示されている。

将来の梅雨豪雨の発生頻度を予測した研究では、7 月上旬において梅雨豪雨が増加し、発生地域を予測した研究では、将来的に西日本だけでなく、北日本でも梅雨豪雨が発生することが新たに示されている。東日本太平洋側では梅雨豪雨の有意な増加は見られないものの、現在気候では東日本太平洋側での梅雨豪雨に台風等の低気圧性擾乱が寄与しているパターンが多かった一方で、将来では太平洋高気圧の縁辺流のみで梅雨豪雨が発生するといった、豪雨の成因変化が見られた。また、平成 30 年 7 月豪雨と類似した大気場は将来気候でも増加するとは限らないものの、もし将来気候で本豪雨と同様の停滞する大気場から豪雨が発生した場合、将来は水蒸気流入量が増加することから総雨量が増大する可能性も示されている。

近畿地方周辺で 8 月に生起する短時間強雨の生起頻度の将来変化を推定した研究では、短時間強雨発生日の日数は、8 月に、特にその下旬において有意な増加が予測されている。

台風においては、21 世紀後半にかけて気候変動による強い台風の増加等が予測されている。

これらのような豪雨の増加は、河川の洪水や内水、土砂災害を引き起こし、強い台風の増加は、高潮災害等を引き起こす要因となる。

● 文献数・構成等の変化

第 2 次影響評価において、自然災害・沿岸域分野全体では合計 139 件の文献(現状影響 57 件、将来影響 82 件)を引用しており、このうち、第 1 次影響評価から新たに追加された文献は 72 件である。小項目別に見ると、「沿岸(高潮・高波)」や「その他(強風等)」において文献数が特に増加している。

第 1 次影響評価からの構成上の変更点としては、新たに大項目として「複合的な災害影響」が追加された。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、高潮と洪水氾濫など、複数の要素が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。

● 気候変動による影響の概要

既に地盤上下変動、気圧や潮汐の補正を施して解析した海面水位の上昇傾向、最大級の台風による極端な高潮位の発生、多数の深層崩壊や同時多発型表層崩壊の発生、土砂・洪水氾濫のよう

1 な大規模土砂災害や、豪雨の発生地域の変化によりこれまで土砂災害が少なかった東北、北海道
2 地域における甚大な土砂災害及び比較的緩い斜面における崩壊性土すべりの発生、台風の強度や
3 進行方向の変化、自然災害による保険金支払いが増加していることや気候変動研究の成果による
4 火災保険の契約期間の最長年数の引き下げ等が生じていることが明らかとなった。さらに、イベ
5 ント・アトリビューションなどの手法を用いることにより、洪水氾濫や内水氾濫などの災害に対
6 する気候変動の寄与についても新たに明らかになりつつある。

7 また、将来においては、洪水を起こしうる大雨事象の増加や洪水ピーク流量・氾濫発生確率の
8 増加、内水災害被害額の期待値の増加、海面水位の上昇傾向やそれに伴う海岸・港湾構造物など
9 への影響、台風の規模や経路の変化による高潮偏差の増大や太平洋沿岸地域における高波リスク
10 の増大、海面上昇に伴う砂浜の消失、厳しい降雨条件下における土砂・洪水氾濫の発生頻度の増
11 加や流木被害の増加、強風や強い台風の増加や強い竜巻の発生頻度の増加等の影響が予測されて
12 いる。

13 ● 重大性・緊急性・確信度評価の概要

14 自然災害・沿岸域分野は、影響の範囲が全国に及び、また、影響が発現する可能性は高く、社
15 会・経済・環境への影響の規模および頻度が増大するため、重大性は「特に重大な影響が認めら
16 れる」と評価される傾向が強い。

17 これまで、甚大な被害をもたらした災害が、気候変動によって発生したかどうかを判断するこ
18 とは難しかったものの、近年ではイベント・アトリビューションの方法で、特定の極端現象に地
19 球温暖化が寄与したかどうか評価することができるようになった。今回収集された文献に基づき
20 「河川（内水）」および「沿岸（海岸侵食）」、「山地（土石流・地すべり等）」の3つの小項目につ
21 いては、確信度が上方修正された。また、「その他（強風等）」の小項目については、現在既に生じ
22 ている影響が確認されたこと等から、緊急性評価が上方修正となった。

23 気候シナリオに応じた重大性評価を実施した「河川（洪水）」「沿岸（海岸侵食）」の結果から、
24 2℃上昇相当であっても重大な影響が生じることが予測されている。

25 【河川】

26 洪水氾濫、内水氾濫について説明する。

27 （洪水氾濫）

- 28 ● 大雨の生起により、流域から河川に流れ込む流量が平常時に比べ大幅に増大し、河川水位が
29 上昇して、ついには河川区域から大量の水が周囲にあふれる現象を洪水氾濫という。
- 30 ● 我が国において主要な河川区間には堤防が造られているので、洪水氾濫は堤防の越水あるいは
31 破堤（越水等による堤防決壊）を伴うことが多い。堤防で仕切られた河川区域を流下して
32 いた洪水（外水という）が氾濫するという側面を強調する場合、これを外水氾濫と呼ぶ。
- 33 ● 外水氾濫の発生を支配するのは、当該流域に対応する時空間スケールを持つ大雨事象であり、
34 流域規模に対して局地的な強雨は外水氾濫にはつながりにくい。
- 35

36 （内水氾濫）

- 1 ● ある地域（流域）において、降雨の量・強度に比してそれを地面に浸透させ、あるいは排水
2 する能力が小さい場合、地域内に留まった雨水により浸水が始まり、ついには被害を生じさ
3 せる水深・範囲に拡大する。このような現象を内水氾濫と呼ぶ。
- 4 ● 内水氾濫の生起は降雨強度と浸透・排水能力との相対関係に主に支配される。したがって、
5 外水氾濫の場合と異なり、局地的かつ比較的短時間であっても高強度の降雨が発生すると内
6 水氾濫が生じうる。
- 7 ● 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。
- 8 ➤ 元々浸透能力が低い都市部で、雨水排水のための下水道、その他排水施設の能力が降雨
9 強度に追いつかない。
- 10 ➤ 排水の役割を担う下水道や水路、小河川が、それらが流れ込む先の河川での水位上昇に
11 よって十分な排水機能を発揮できない。
- 12 ● 個々の内水氾濫の水量は、洪水による破堤を伴う外水氾濫に比べて少ない場合が一般的であ
13 るが、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
14 た、特に都市部においては発生が突発的となり人的被害につながる場合がある。

15 (1) 洪水

16 (気候変動による影響の要因)

17 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、建物への被害等）
18 を扱う。近年の災害による他分野への波及的な影響（洪水氾濫による農地への影響等）につい
19 ては、「3.8 分野間の影響の連鎖」で取り扱う。

20 (気候変動により影響が生じるメカニズム)

- 21 ● 気候変動により、大雨事象の発生頻度や降水量が増えるという影響が現れ、この結果、治水
22 施設による防御レベルを超える規模の洪水が河川を流下し、洪水氾濫が起こり、被害を生じ
23 させる可能性が増加する。
- 24 ● 気候変動により、海面水位の上昇という影響が現れ、この結果、海岸近くの低平地等では、
25 河川水位の上昇による洪水氾濫の発生及び海への排水不良による浸水時間の長期化をもたら
26 す可能性が増加する。

27 (現在の状況)

[概要]

- 既往降雨データの分析によると、比較的多頻度の大雨事象については、その発生頻度が経年的に増加傾向にあることが示されている。
- 浸水面積の経年変化は全体として減少傾向にある。この傾向を説明する主たる要因として治水対策の進展が挙げられる。一方、氾濫危険水位を超過した河川数は増加傾向にあり、

気候変動による水害の頻発化・激甚化が懸念されている。

- これまでの治水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いる。
- 日本は洪水氾濫による水害に関して依然として脆弱性を抱えており、気候変動がより厳しい降雨状況をもたらすとすれば、その影響は相当に大きい可能性がある。
- 平成 30 年 7 月豪雨においては、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おり、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 19 道府県 88 市町で被害が発生した。

1
2 既往降雨データの分析によると、大雨事象の頻度（日降水量 200mm 以上の年間日数に関する過
3 去 100 年程度の変化や時間降水量 50mm 以上の年間観測回数に関する過去 30 年程度の変化など）
4 が増加傾向にある。⁰⁰⁰¹ また、北海道における過去 20 年程度の分析によると、線状降水帯（線状
5 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。^{411002, 411064} 一級河川水系
6 の治水目標に対応する年超過確率 1/100～1/200 程度という相対的に低頻度の大雨事象について
7 は、統計的有意性を確保するため観測期間を長く取る必要があることから、増加傾向を明瞭に説
8 明する知見はまだ得られていない。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
9 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
10 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
11 はできない。なお、氾濫危険水位を超過した河川数は増加傾向にあり、気候変動による水害の頻発
12 化・激甚化が懸念されている。

13 我が国においては、河川氾濫を受ける地形特性を持つエリアへの居住及び経済活動への依存度
14 が歴史的に高く、その度合いが国土の発展とともに強くなってきている。このため各地で甚大な
15 水害が起り、そこからの復旧・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
16 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。現在の河川整備はまだ整備途上
17 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
18 低いところにとどまっている。⁴¹¹⁰⁶⁵ すなわち、治水整備により達成された現状の安全度は、現在
19 気候に対しても目標までに相当の不足分を残している。ダムや遊水地、河道掘削等により、河川
20 水位を低下させる対策を計画的に実施しているものの、気候変動等による豪雨の増加傾向は顕在
21 化しており、河川整備基本方針、河川整備計画の計画規模を上回る洪水や、氾濫危険水位（河川
22 が氾濫する恐れのある水位）を超過した洪水の発生地点数は、国管理河川、都道府県管理河川と
23 もに近年、増加傾向を示している。⁴¹¹⁰⁶⁰

24 平成 30 年 7 月豪雨においては、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
25 る。⁴¹²⁰¹² 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
26 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 19 道府県 88 市町で被害が発生
27 した。このため、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
28 おいても洪水氾濫が発生したほか、高梁川水系小田川等において、バックウォーター現象（本川

1 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現象)等により、両岸決
2 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。⁴¹¹⁰⁵⁷⁾ また、平成 29 年 7 月九州北部
3 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
4 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
5 長する原因となった。このような土砂・洪水氾濫においては、治水対策を検討する上で、河床変
6 動を考慮する必要がある。⁴¹¹⁰⁵⁹⁾

7 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
8 あり、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
9 ある(約 4,900 億円:1997~2016 年の平均値⁴¹¹⁰⁶²⁾)。また、ひとたび大規模な氾濫が起きた場合
10 には、経済的な被害の大きさにとどまらず、人的被害の発生に加え、地下施設の浸水による都市
11 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
12 が生じることが懸念されている。

13 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
14 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
15 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。このこと
16 から、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
17 ある。

18

19 (将来予測される影響)

[概要]

- RCP2.6、RCP8.5 シナリオなどの将来予測によれば、洪水を起こしうる大雨事象が日本の代表的な河川流域において今世紀末には現在に比べ有意に増加することが予測されている。
- 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がともに大きくなる(増幅する)ことを示している。この増幅の度合いについては、洪水ピーク流量に対して氾濫発生確率のそれがはるかに大きくなると想定される。
- 河川堤防により洪水から守られた地域(堤内地)における氾濫発生確率が有意に高まれば、水害の起こりやすさは有意に増す。
- 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る。
- 将来予測結果の信頼性をさらに向上させるには、それを規定する大きな要素となっている気候モデルについて、現象再現における空間解像度を向上させ、同時に計算ケースを増やすことの両立が求められる。近年では、多数のアンサンブル実験を行い極端現象の将来変化を高精度に評価するアンサンブル気候予測データセット(d2PDF、d4PDF)や、空間解像度を高くし、集中豪雨や前線性の降雨、台風規模の降雨を再現性高く評価する

ことができる非静力学地域気候モデル (NHRCM02、NHRCM05) が開発されてきている。

- 最大規模の台風を想定し、温暖化条件の下で起こりうる最悪の水害想定を検討する取り組みがなされている。

1

2 IPCC 第 5 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、いくつかの
3 地域における内陸洪水による大都市住民の深刻な健康障害や生計崩壊のリスクを挙げている。⁰⁰⁰⁵⁾

4 我が国において、将来影響を定量的に検討した文献は、気候モデルの利用を起点とする次のよ
5 うな基本構成を持つ。

- 6 ● 気候モデルによる大雨生起の将来変化推定 (温暖化シナリオとの組み合わせ)
- 7 ● 流出・流下モデルによる降雨から河道洪水流量への変換 (必要に応じ洪水調節施設の効
8 果を組み込み)
- 9 ● 流量と河道・堤防整備状況に基づく氾濫生起計算 (破堤を適宜考慮)
- 10 ● 氾濫状況の計算
- 11 ● 曝露・脆弱性に基づき被害を計算
- 12 ● 以上にに基づき気候変動が洪水氾濫やそれに伴う被害に与える影響を推算

13 これら各ステップについてハザードをより忠実に再現するレベルの手法 (使用データや検証を
14 含む) が採用されるほど、最終的な影響推算の信頼性は向上する。他方、掛かる労力と手法レベ
15 ルの間にはトレードオフ関係が存在し、その制約の下、各文献において設定した重点事項に応
16 じて最大の情報を得るための工夫が様々になされており、「何に重点を置き、工夫をどのように施
17 したか」も、推算結果の信頼性や活用法を判断するための重要な着眼点となる。

18 たとえば、気候モデルについてマルチモデル・アンサンブルを適用し、将来降雨推定の信頼度
19 を高めようとする、モデルの空間解像度を落とさざるを得ず、逆に、日本の河川流域スケール
20 に見合う空間解像度を確保しようとする、ダウンスケーリングを含む超高解像度計算が必要と
21 なり、マルチモデル・アンサンブルの実行は難しくなる。こうした中で、前者においては全球レ
22 ベルでの大河川流域の影響把握が主目標となり、後者においては日本の河川流域スケールでの影
23 響把握に重点が置かれるなど、手法選択に応じて成果活用方向が定まることになる。計算の期
24 間を長く、あるいは回数を多く取れば、我が国の治水目標に対応するような低頻度の大雨に対す
25 る気候変動影響見積もりの信頼性が向上するが、計算労力が増大するため、高解像度のモデルで
26 これを行うことは容易でない。これもトレードオフの代表例である。近年では、**全球平均気温が
27 産業革命以降 2℃及び 4℃上昇した未来の気候状態を想定したアンサンブル気候予測データセッ
28 ト (d2PDF、d4PDF) が開発されており、空間解像度は低いものの、多数のアンサンブル実験を行
29 うことで、台風や集中豪雨などの極端現象の将来変化を、確率的に、かつ高精度に評価し、また、
30 気候変化による自然災害がもたらす未来社会への影響についても確度の高い結論を導くことも可能
31 となり、現在、解像度の高いデータセットの整備も進んでいるところである。また、アンサンブル
32 実験数は d2PDF や d4PDF より少ないものの、空間解像度が 2km、5km と高く、集中豪雨や前線性**

1 の降雨、台風規模の降雨を再現性高く評価することができる非静力学地域気候モデル（NHRCM02、
2 NHRCM05）も開発されており、こちらについても、アンサンブル実験数を多くするような取組がな
3 されている。

4 影響検討においては、上記をはじめ様々なトレードオフ制約の下での手法選択を迫られるため、
5 現時点において、洪水氾濫を伴う被害に与える気候変動影響の推定の信頼性には一定の限界が存
6 在する。その上で、洪水を起こしうる大雨事象の生起が、日本の代表的な河川流域について今世
7 紀末には現在に比べ有意に増大すること、同じ生起頻度の降雨量の増加割合が数%でも数倍でも
8 なく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。^{3060, 4002, 4004, 4006, 4007, 4019}
9 また、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、
10 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。^{3060, 4004, 4006, 4019, 411049} RCP8.5シナリ
11 オに相当する4℃上昇の場合では、全国一級水系の21世紀末における降雨量・流量などについて
12 検討した文献において、流域平均降雨量が全国平均で約1.3倍に増加するとの解析結果を示して
13 いる。またこの結果に基づいて、RCP2.6シナリオに相当する2℃上昇の場合では、約1.1倍に増
14 加すると推定している。さらにこれらの結果を降雨条件として与えて流出計算を実施することで、
15 RCP8.5、RCP2.6シナリオに相当する4℃、2℃上昇の場合において、治水計画規模の流量がそれぞ
16 れ約1.4倍、約1.2倍となること及び、現況における治水計画規模に相当する洪水の生起超過確
17 率³⁷がそれぞれ約4倍、約2倍（例：1/100では約1/25、約1/50）となることを示している。一
18 方、北海道北部、北海道南部、九州北西部においては、RCP8.5シナリオに相当する4℃上昇の場
19 合、降雨量変化倍率は1.4倍を示している。このことについて、北海道地域については、平均気
20 温が低いものの、気候変動による気温上昇が大きく、飽和水蒸気量の増加率が高くなるため、降
21 雨量の増加率が高くなること、九州北西部については、付近の海面水温が高く、水蒸気量が豊富
22 に供給されるとともに、偏西風が九州を南北に走る九州山地に当たることで西側に雨が降りやす
23 くなることに寄与していると考えられる。（過去3000年分、将来5400年分のアンサンブル計算を
24 実施したデータベースd4PDF³⁸を使用）。^{411058, 411060, 411061} 利根川上流域を対象に、RCP8.5シナリオ
25 を前提としPMP（可能最大降水量）を予測した研究では、2080年9月～2100年8月において治水
26 基準点である八斗島地点において484mmとなり、カスリン台風時の318mmを上回り、現況のPMP
27 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
28 水）は36,000m³/sとなり、現況のPMFに対して10,000 m³/s程度大きくなることも予測されてい
29 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）。⁴¹¹⁰²⁹ ま
30 た、RCP8.5シナリオを前提とし、荒川流域、庄内川流域、淀川流域における2050年9月～2111
31 年8月の最大クラス洪水（再現期間1000年超に対応する洪水）の発生について調査した研究で
32 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
33 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）。⁴¹¹⁰⁵⁰

37 計画降雨の超過確率（あるいは再現期間）は、現在までに得られた降雨記録に基づいて計算したものであり、将来も同様な降雨分布が期待されるという前提がある。例えば、10年の再現期間をもつ降雨量は、10年に1回の割合でそれを超えるような降雨量が発生することを意味し、10年のうちのどの年も10%の確率でその降雨量が生じることを意味する。超過確率が1/10年の降雨量は、一度発生すれば10年間は決して起こらないということではない。

38 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（database for Policy Decision making for Future climate change）の略。

1 さらに、河川堤防により洪水から守られた地域（堤内地）における破堤氾濫の頻度が有意に増
2 せば明瞭な被害増加が生じることは明らかである。十勝水系における気候変動による氾濫リスク
3 の変化を予測した研究では、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
4 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
5 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
6 されている。⁴¹¹⁰⁶³⁾

7 今世紀末に至る過程での影響については、時期が早い方が、影響の度合い（大雨の増加率等）
8 が相対的に小さい、したがって今世紀末に向かって影響度が次第に大きくなっていくとの推測結
9 果が一部で提示されているが（A2 シナリオを前提とした RCM20 による気候予測情報を使用）^{4002, 4003)}、
10 世紀末を対象にした検討に比較して情報量は少ない。

11 気候モデルによる今世紀末の計算結果を用いるものの、以上のアプローチとは着眼点を変え、
12 気候変動後の気候条件を初期・境界条件として取り込んだ超高解像度計算を用い、対象地域に襲
13 来する最大規模の台風を想定するというアプローチにより、温暖化条件の下で起こりうる最悪の
14 水害想定を検討する取り組みがなされている。⁴⁰¹⁴⁾ 最大規模の洪水を想定して、伊勢湾台風を対
15 象とし、擬似温暖化条件下における淀川流域の洪水流出量を推定した研究では、枚方地点のピー
16 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。⁴¹¹⁰⁰⁸⁾ このような最悪事象
17 の特定と、その気候変動による変化の検討も、適応に資する影響評価の 1 つのポイントとなり得
18 る。なお、水防法の改正（平成 27 年 5 月）に伴い、河川整備において基本となる降雨を前提とし
19 た洪水に係る浸水想定区域を、想定し得る最大規模の降雨（想定最大規模降雨）を前提とした区
20 域に拡充するとともに、新たに最大規模降雨を前提とした浸水想定区域を公表していくこととさ
21 れている。⁴¹¹⁰³⁸⁾

22 洪水氾濫に関わる気候変動影響に関しては、降雨の増大が土砂流出の増加をもたらし、洪水を
23 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
24 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。²⁰⁰⁴⁾（降雨規模と土砂災害の発
25 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「山地－土石流・地すべ
26 り等」を参照。）また、高い河川水位が継続する洪水が増加する場合には河川堤防への水の浸透を
27 助長するなど、降雨の変化が防災施設の機能発揮に影響する観点からの検討が重要となる可能性
28 がある。これらについては、まだシナリオ提示あるいは定性的な影響推定にとどまっているが、
29 このような着眼点も含め、降雨→流出→洪水の河川流下→氾濫という水の移動に関わるシステム
30 だけに限定せず、個々の防災施設（河道改修や流域での対策を含む）及びそれらにより構成され
31 る氾濫防御システム全般への影響も検討対象に含めて行くことが必要である。

32 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
33 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平均海水面
34 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
35 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
36 推定される。^{0005, 2004, 4003)} 一方、日本においては、今後の海面上昇の動向が明確に示されておら

1 ず、過去の潮位変動と、黒潮等の海流変動や北太平洋振動³⁹等の影響を総合的に検討した研究成果
2 が期待されている。

3 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

4 ● 重大性：【評価】

5 <RCP2.6 及び 2°C 上昇相当>特に重大な影響が認められる

6 <RCP8.5 及び 4°C 上昇相当>特に重大な影響が認められる

7 【観点】社会／経済／環境

8 影響範囲は全国に及び、出現すれば常態化する。影響が発現する可能性は高い。影響は人的被
9 害を含む水害の増大となって現れ、その規模によっては被災エリアの根幹機能を長期にわたり麻
10 痺させる可能性もあることから、不可逆性を持つ。洪水氾濫が生じる可能性があるエリアは当該
11 リスクに持続的に曝露し、通常の土地利用において抜本的な抗水害機能を具備させることは困難
12 であり、上記エリアは洪水氾濫に対する脆弱性を持続的に示す。洪水氾濫・浸水（それらに伴う
13 土砂・流木・**廃棄物**などの堆積・集積を含む）が起こす水害による広範な社会・経済・環境への影
14 響の規模及び頻度が増大する。

15 <RCP2.6 及び 2°C 上昇相当>

16 治水計画規模の流量は約 1.2 倍、現状における治水計画規模に相当する洪水の生起超過確率は
17 約 2 倍となることが予測されている。

18 <RCP8.5 及び 4°C 上昇相当>

19 治水計画規模の流量は約 1.4 倍、現状における治水計画規模に相当する洪水の生起超過確率は
20 約 4 倍となることが予測されている。2050～2111 年における最大クラス洪水（再現期間 1000 年
21 超に対応する洪水）も 1.5～1.8 倍に増加することが示されている。

22 ● 緊急性：【評価】高い

23 既に気候変動による洪水氾濫の被害が報告されている。また、今世紀末に向けて洪水による水
24 害リスクが増大していくとの推測結果が提示されている。今世紀中の早期に影響が出現するかど
25 うかについては不確実性が高いものの、適応策実施に要する期間が総じて長いこと（例えば、防
26 災・減災施設の整備やソフト施策の実装において必要となる合意形成、資金調達、諸制度の設計、
27 住民・企業等への定着）を踏まえると、時間的余裕は少ないと判断される。

28 ● 確信度：【評価】高い

29 気候変動シナリオを組み込んだ気候予測モデルを起点に、降雨－流出モデル、河川での洪水流
30 下計算モデル、洪水流と河道・堤防整備状況に基づく氾濫生起計算、氾濫流計算、氾濫に曝露さ
31 れるエリアの脆弱性に基づく被害計算という構成からなる定量評価手法を適用しての評価が多数
32 の文献で報告されている。洪水を起こしうる大雨事象の生起が、日本の代表的な河川流域につい
33 て今世紀末には現在に比べ有意に増大すること、それに伴う水害発生の可能性が有意に増大する

39 北太平洋の水温場やその上空の大気場の年々変化。

1 ことについて、多くの文献が見解の一致を示している。

1 (2) 内水

2 内水氾濫の説明については、河川の冒頭を参照。

3 (気候変動による影響の要因)

4 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、建物への被害等）
5 を扱う。近年の災害による他分野への波及的な影響（内水氾濫による農地における排水の問題
6 等）については、「3.8. 分野間の影響の連鎖」で取り扱う。

7 (気候変動により影響が生じるメカニズム)

- 8 ● 気候変動により、大雨事象の発生頻度や降水量が増えるという影響、中でも、内水氾濫につ
9 ながりやすい短時間に集中する降雨事象の発生頻度や降雨強度が増えるという影響が現れ、
10 この結果、内水氾濫の可能性が増大する。

11

12 (現在の状況)

[概要]

- 既往降雨データの分析によると、比較的多頻度の大雨事象については、その発生頻度が経
年的に増加傾向にあり、年超過確率 1/5 や 1/10 の、短時間に集中する降雨の強度が過去
50 年間で有意に増大してきている。
- 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いる。
- 水害被害額に占める内水氾濫による被害額の割合（2005～2012 年の平均値）は、全国で
は約 40%であり、大都市を抱える東京、愛知、大坂、福岡ではそれを上回る割合となった。
- このような短時間に集中する降雨の頻度及び強度の増加は、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。平成 30 年 7 月豪
雨においては、地球温暖化に伴う水蒸気量の増加の寄与もあつたとされており、内水氾濫
による床上浸水、床下浸水の被害の約 9 割が下水道の排水施設の整備が途上である地区
で発生したことが報告されている。

13

14 既往降雨データの分析によると、大雨事象の頻度（日降水量 200mm 以上の年間日数に関する過
15 去 100 年程度の変化や時間降水量 50mm 以上の年間観測回数に関する過去 30 年程度の変化など）
16 が増加傾向にある。⁰⁰⁰¹⁾ 年超過確率 1/5 や 1/10 の短時間に集中する降雨の強度が過去 50 年間で
17 有意に増大してきているとの分析が示されている。⁴⁰²⁰⁾ 一方で、これまでの下水道整備により達成
18 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
19 している。

20 水害被害額に占める内水氾濫による被害額の割合（2005～2012 年の平均値）は、全国では約 40%
21 であり、大都市を抱える東京、愛知、大坂、福岡ではそれを上回る割合となった（68, 85, 95, 52%）。

1 412011)

2 上記の短時間集中降雨の増加傾向が、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
3 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
4 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。平成 30 年 7 月
5 豪雨においては、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⁴¹²⁰¹²⁾。記録的な
6 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
7 水氾濫が同時に発生するなど、西日本を中心に 19 道府県 88 市町で被害が発生した。各地方公共
8 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 18,853 戸で発生している。なお、その
9 被害の約 9 割が下水道の排水施設の整備が途上である地区で発生したことが報告されている。

10 412010)

11
12 (将来予測される影響)

[概要]

- 線状降水帯や地形性強雨などの組織化された強雨については、気候変動影響評価が進んできている。さらに局所的な、単一の積乱雲（スーパーセルなど）により都市の内水氾濫を生じさせるような強雨の表現は、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例もある。
- RCP8.5 に対応するシナリオを前提とし、日本全国における内水災害被害額の期待値を推算した研究では、2080～2099 年において被害額期待値 1,932 億円/年となり、現在気候の約 2 倍に増加することを示している。
- 河川近くの低平地等では、河川水位の上昇によって、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る。
- 都市部には、特有の氾濫・浸水に対する脆弱性が存在するため、短時間集中降雨が気候変動影響により増大し、そこに海面水位の上昇が重なれば、その影響は大きい。
- 大雨の増加は、都市部以外に農地等への浸水被害等をもたらすことも想定される。

13
14 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
15 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
16 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線状降水
17 帯や地形性強雨などの組織化された強雨については、気候変動影響評価が進んできている。また、
18 局所的な、単一の積乱雲（スーパーセルなど）により都市の内水氾濫を生じさせるような強雨に
19 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
20 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
21 ョワルター安定度指数：SSI）の不安定化により、将来気候において短時間強雨を生起させやすく
22 したことが示されている⁴¹²⁰¹⁵⁾ 内水氾濫をもたらす降雨の確率規模が比較的小さいことは、統計

1 的有意性を確保するための観測期間が相対的に短くて済むことを意味し、既往降雨データに基づ
2 く経年変化傾向の分析が、将来の降雨変化について一定の情報を与えることになる。

3 RCP8.5に対応するシナリオを前提とし、日本全国における内水災害被害額の期待値を推算した
4 研究では、2080～2099年において、被害額期待値1,932億円/年となり、現在気候の約2倍に増
5 加することを示している（GCM20により算出された日降水量データを使用）。⁴¹²⁰¹⁴

6 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、下水道等から雨水を排水
7 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る。また、
8 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
9 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
10 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
11 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
12 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
13 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
14 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。⁰⁰⁰¹

15 また、平成30年7月豪雨や令和元年台風19号による東日本での水害に典型的に表れたように、
16 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
17 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
18 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
19 浸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。²⁰⁴⁵ これらの観点から、都市部
20 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。

21

22 （重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

23 ● 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

24 【観点】社会／経済／環境

25 影響範囲は全国に及び、出現すれば常態化する。影響が発現する可能性がある。影響は人的被
26 害を含む水害の増大となって現れ、その規模によっては被災エリアに不可逆的影響を与える。内
27 水による氾濫・浸水が生じる可能性があるエリアは当該リスクに持続的に曝露し、通常の土地利
28 用において抜本的な抗水害機能を具備させることは困難であり、上記エリアは脆弱性を持続的に
29 示す。内水氾濫・浸水が起こす水害による広範な社会・経済・環境への影響の規模及び頻度が増
30 大する。特に都市域では、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
31 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し、影響がより大きくなる可能性がある。

32 ● 緊急性：高い

33 既に気候変動による内水氾濫の被害が報告されている。今世紀半ばに向けて、内水被害をもた
34 らず大雨事象が増加する可能性がある。このことに加え、適応策実施に要する期間が総じて長い
35 こと（例えば、防災・減災施設の整備やソフト施策の実装において必要となる合意形成、資金調
36 達、諸制度の設計、住民・企業等への定着）、特に都市部の水害対策の困難性が高いことを踏まえ

1 ると、時間的余裕は少ないと判断される。

2 ● 確信度：高い

3 研究・報告数は少数であり、採られているアプローチは異なる。将来影響に関する見解の一致
4 度を判断する情報量は整っていないが、現在既に影響が出ており、「洪水」の項における影響評価
5 内容との関連性を考慮すると、内水被害をもたらす大雨事象（線状降水帯や地形性強雨などの組
6 織化された強雨）については、限定的ではあるものの気候変動影響評価が進んできており、~~が~~今
7 世紀後半に向けて増加していくとの推測は、一定の確信度を持つと判断される。この大雨事象の
8 増加が内水被害を増大させることは明らかである。

1 【沿岸】

2 (1) 海面上昇

3 (気候変動による影響の要因)

4 ここでは、海面上昇の観測状況、海面上昇により生じ得る影響とリスクについて述べる。

- 5 ● 気候変動による気温の上昇は、海水の熱膨張、氷河や氷床の融解、滑り落ちを引き起こすこ
6 とで、海面水位を上昇させる。
- 7 ● 海面水位の上昇により、河川や沿岸、港湾に設置された堤防や護岸、防波堤のような海岸・
8 港湾構造物などの機能の低下や損傷が生じ、干潟・河川の感潮区間の生態系等に変化が現れ
9 る可能性がある。具体的には以下の可能性である。
- 10 ➤ 海面水位の上昇は、水資源分野の「水供給（地表水）」、「水供給（地下水）」に記載の、塩水遡
11 上や地下水の淡水化、淡水レンズの縮小を引き起こす。
- 12 ➤ 塩水遡上距離の変化により、自然生態系分野に記載されている「湿原」の植生構成の変化や、
13 海面上昇に伴う海岸侵食により「亜熱帯」、「温帯・亜寒帯」の生物へも影響を及ぼす。
- 14 ➤ 自然災害・沿岸域分野の「洪水」に記載の洪水氾濫を増大させる。
- 15 ➤ 産業・経済活動分野の「レジャー」に記載の、自然資源（森林、雪山、砂浜、干潟等）を活用
16 したレジャーに対して、活用可能な場・資源の消失や減少、活動に適した期間の変化等の影
17 響や、「その他（海外影響等）」に記載の、海外にサプライチェーンを持つ企業の、現地での
18 気候変動による海面上昇あるいは極端現象の頻度や強度の増加等による経済活動上の直接
19 的・物理的な被害を発生させる。
- 20 ➤ 国民生活・都市生活分野の「水道、交通等」に記載の、海面上昇や高波の増加による道路の
21 交通障害や越波による事故の発生や、「生物季節、伝統行事、地場産業等」に記載の、地域独
22 自の伝統行事や観光業、地場産業等への影響を及ぼす。

23

24 (現在の状況)

[概要]

- 日本周辺の海面水位は上昇傾向 (+ 2.8 [+ 1.3~4.3] mm/年 : 1993~2010年、+ 4.05 [- 1.20~+ 7.69] mm/年 : 2002年以降から2018年) にあったことが、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。

25

26 【海面上昇】

27 近年の日本周辺の海面水位が上昇傾向にあることが、潮位観測記録の解析結果より報告されて
28 いる。地盤変動の影響が小さい検潮所を選択し年平均海面高さを求めて行った解析では、+2.8
29 [1.3~4.3] mm/年 (1993~2010年)⁴²¹⁰¹⁷、験潮場の地盤上下変動補正、気圧補正、潮汐補正を施

1 して行った解析では、+ 4.05 [- 1.20~+ 7.69] mm/年 (2002 年以降から 2018 年) ⁴²¹⁰²¹⁾ という上
2 昇率が報告されている。一方、過去 100 年の日本沿岸の潮位記録には約 20 年周期の変動が顕著に
3 現れており、将来にもこれが現れる可能性を認識する必要がある。⁴²¹⁰¹⁷⁾ 海面水位上昇と海水温上
4 昇の間の相関が高いことが報告されている。^{4022, 421017)}

5 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。

6 潮汐記録より、気候変動、海流の変化等に由来する海面位置の変動を抽出するためには、地殻
7 変動の大きさ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
8 さの測定が行われている。⁴²¹⁰⁰²⁾

9

10 (将来予測される影響)

[概要]

- 気候変動による海面上昇については多くの研究が行われている。
- 1986~2005 年平均を基準とした、2081~2100 年平均の世界平均海面水位の上昇は、RCP2.6 シナリオの場合 0.26~0.53m、RCP8.5 シナリオの場合 0.51~0.92m の範囲となる可能性が高いとされており、温室効果ガスの排出を抑えた場合でも一定の海面上昇は免れない。
- 80cm 海面が上昇した場合、三大湾のゼロメートル地帯の面積が現在の 1.6 倍に増加するなど、影響の範囲は全国の海岸に及ぶ。
- 海面上昇が生じると、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。
- 河川や沿岸、港湾に設置された海岸・港湾構造物など⁴⁰⁾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が想定される。

11

12 IPCC 第 5 次評価報告書 (2014 年) 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
13 びその後を通じて予測されている海面水位上昇を指摘している。これにより、沿岸域の低平地の
14 浸水と氾濫、海岸侵食のような悪影響が現れるとしている (確信度: 可能性が非常に高い)。⁰⁰⁰⁵⁾

15 SROCC (Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate: 変化する気
16 候下での海洋・雪氷圏に関する IPCC 特別報告書, 2019 年 9 月) の予測では、新たに南極の氷床
17 融解の効果が検討された。そこでは、1986~2005 年平均を基準とした 2081~2100 年平均の世界
18 平均海面水位の上昇は、RCP2.6 シナリオの場合 0.26~0.53m、RCP4.5 シナリオの場合 0.34~0.64m、
19 RCP8.5 シナリオの場合 0.51~0.92m の範囲となる可能性があるとしている (確信度: 可能性が高
20 い)。⁴²¹⁰²²⁾ IPCC 第 5 次評価報告書 (2014 年) の予測と比較すると、RCP2.6、RCP4.5 シナリオで

40 主に防波堤、護岸、岸壁など

1 はほぼ同一の上昇量が示されているのに対して、RCP8.5 シナリオでは南極の氷床融解の効果が大きくなり上昇量が約 0.1m 大きくなっている。

3 日本の周辺には、海面水位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。⁰⁰⁰⁵⁾

5 80cm 海面が上昇した場合、三大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。⁴⁰³⁶⁾

7 【海面上昇：高潮災害（浸水・越波被害）との複合】

8 海面上昇が生じると、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、388 万人（2013 年時点）が暮らしている。ゼロメートル地帯は、浸水リスクが非常に高く、仮に海面水位が 60cm 上昇すると、ゼロメートル地帯の面積とそこに暮らす人口が 5 割も拡大するため、将来の海面水位の上昇は、深刻な事態をもたらす恐れがある。⁰⁰⁰¹⁾ また、海面上昇量によっては、台風の強度の増加と相まって浸水面積が増加する。⁴⁰²⁶⁾

14 【海面上昇：高潮災害以外の被害】

15 海面水位の上昇により、次の事象が発現する可能性がある：河川の取水施設、沿岸の防災施設等の海岸・港湾構造物などの機能低下や損傷。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。⁴⁰²⁸⁾ 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。

20 （重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 21 ● 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

22 【観点】社会／経済

23 影響の範囲は全国の沿岸域に及ぶ。海面上昇は、河川や沿岸に設置された海岸・港湾構造物などに機能低下や損傷をもたらし、産業施設、住宅地等の資産に広く甚大な被害を及ぼす可能性があるため、社会的・経済的に与える影響が非常に大きい。特に、東京湾・大阪湾・伊勢湾等の人口・産業の集積する沿岸大都市は持続的な脆弱性・曝露の要素となり得る。

- 27 ● 緊急性：【評価】中程度

28 現時点で気候変動を要因とする海面上昇による被害について述べた文献、報告を確認できていない。近未来（2020s）から長期（2100 年頃）にかけて影響が予測されている。潮汐記録の検討を継続的に続け、状況を監視して適切な時点で意思決定をする必要がある。

- 31 ● 確信度：【評価】高い

32 これまでの観測結果には、海水温上昇と海面水位上昇の間の相関が高いことが示されている。地球温暖化に伴い、海面上昇が生じることについての確信度は高く、地盤変動等を加味した観測においても海面水位が上昇傾向にあることが報告されている。日本沿岸の海面水位には約 20 年

1 周期の変動が顕著であり、これを不確実性として考慮する必要がある。

1 (2) 高潮・高波

2 (気候変動による影響の要因)

3 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）
4 を扱う。

- 5 ● 気候変動に伴う海面上昇は、高潮や高波による浸水リスクを増大させる可能性がある。
- 6 ● 気候変動は台風の数、強度、経路等の特性を変化させる可能性がある。高潮をもたらす直接
7 の原因の多くは台風であり、そうした台風の特性が変化すれば、沿岸域における高潮・高波
8 の発生動向に影響を及ぼす。冬季の発達した低気圧の変化も高潮・高波のリスク増大につな
9 がる可能性がある。
- 10 ● このような気候変動による高潮・高波の変化は、海岸・港湾構造物など⁴¹の機能低下や被災リ
11 スクを高め、人命に影響を及ぼす可能性がある。
- 12 ● 農業・林業・水産業分野、産業・経済活動分野の「レジャー」、国民生活・都市生活分野の「水
13 道、交通等」に対して、浸水被害を通じた影響を及ぼす。

14

15 (現在の状況)

[概要]

- 気候変動による海面上昇や台風の強度の増加が高潮や高波に与える影響及びそれに伴う被害に関しては、現時点で具体的な研究事例は確認できていない。高潮については、極端な高潮位の発生が、1970年以降全世界的に増加している可能性が高いことが指摘されている。
- 高波については、観測結果より、有義波高⁴²の最大値が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等が確認されているが、これが気候変動によるものであるとの科学的根拠は未だ得られていない。

16

17 【高潮】

18 高潮の発生回数、水位上昇量、継続時間等の経年変化を調べた研究は無い。IPCC 第5次評価報
19 告書は、極端な高潮位の発生が、1970年以降全世界的に増加している可能性が高いことを指摘し
20 ている。⁰⁰⁰⁶ なお、高潮をもたらす原因のほとんどは台風であるので、高潮の発生動向は台風の
21 発生数、経路、強度等に依存する。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
22 中心気圧930hPa以下）は、50年以上前に観測された室戸台風（1934年）、枕崎台風（1945年）、
23 伊勢湾台風（1959年）、第2室戸台風（1961年）であるが⁴²²⁰⁹³、それに近い規模の台風が近年

41 主に防波堤、護岸、岸壁など

42 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。

1 来襲しており、2018年9月には台風21号 Jebi により大阪湾において第二室戸台風の観測潮位を
2 上回る既往最大潮位を記録した。

3

4 【高波】

5 全国港湾海洋波浪情報網 (NOWPHAS) による1970年から40年間の長期解析によれば、平均有義
6 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
7 中心とする多くの地点で増加傾向である。波パワー⁴³は日本海側、太平洋側ともに南の地方を中心
8 に増加傾向を示す地点があり、有義波高の最大値は、冬季は日本海沿岸で、秋季は東北太平洋沿
9 岸で増加傾向である。また、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
10 確認されている^{42,2032}。

11

12 (将来予測される影響)

[概要]

- 気候変動により海面が上昇する可能性が非常に高く、それにより高潮の浸水リスクは高まる。
- 高潮をもたらす主要因は台風であり、気候変動による台風の挙動(経路、規模等)を予測し、それを高潮の将来変化に反映させるための技術開発が近年精力的に進められている。それに基づく検討結果の多くは気候変動による高潮偏差の増大を支持するものとなっている。
- 高波をもたらす主要因は台風と冬季の発達した低気圧であり、気候変動による台風の挙動(経路、規模等)を予測し、それを予測に反映させるための技術開発が近年精力的に進められている。台風の強度や経路の変化等による太平洋沿岸地域における高波のリスク増大の可能性が予測されている。
- 海岸・港湾構造物などでは、平均海面上昇やそれに伴う波高の増加により、施設の機能が低下し、安全性が十分確保できなくなる箇所が多くなると予測されている。

13

14 IPCC第5次評価報告書では、高潮と高波の将来変化について、Sea Level Extremeとして海面
15 上昇とともに議論されており、これらの21世紀末における増大は「可能性が非常に高い」、近未
16 来における変化も「可能性が高い」としている。⁰⁰⁰⁷ さらにSROCCでは、これまでは1世紀に1回
17 程度の頻度で発生している各地の極端な高潮位が、2100年までにすべてのRCPシナリオで少な
18 くとも年に1回発生するとされている。^{42,1022} ただし、領域毎の振る舞いにはかなりの幅があるこ
19 とに注意が必要である。^{0007, 42,1022} 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
20 潮、沿岸洪水、海面上昇により、沿岸の低地や小島嶼国において死亡、負傷、健康被害、または生

⁴³ 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。

1 計崩壊のリスクを挙げている。^{0005, 421022)}

2 【高潮】

3 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、高潮による諸影響の評価は、気候変
4 動下の台風等の予測精度に大きく依存する。また、高潮は災害を引き起こすような大きな水位上
5 昇（高潮偏差）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
6 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
7 発が精力的に進められている^{422005, 422092, 422023, 422043, 441006)}。

8 それらに基づく A1B もしくは RCP8.5 シナリオを中心とした検討結果の多くが、気候変動による
9 高潮偏差の増大を支持するものとなっている^{422017, 22033, 422046, 422070)}。沿岸低平地の高潮による浸水リ
10 スクは現在も大きい、気候変動により海面上昇する可能性が高く、これに高潮偏差の増大、後
11 述する高波の増加も相まって、そのリスクはさらに高まる。⁰⁰⁰¹⁾

12 【高波】

13 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
14 ギーの減少、太平洋側では西向き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
15 少や平均波向の変化が指摘されている^{422061, 422066, 422095)}。一方、10年間に1回程度発生する高波（10
16 年確率波）については、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
17 加が示されている^{422062, 422063, 422093)}。

18 海面上昇に加え、台風や冬季の発達した低気圧の強度が増加して高潮偏差や波高が増大すると、
19 海岸・港湾構造物などの機能が低下し、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
20 高い^{4027, 4028, 4044, 4027, 422059, 422064, 422071)}。

21 （重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 22 ● 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

23 【観点】社会／経済

24 高潮は、三大湾、その他の高潮被災を経験した沿岸部を中心として、人命への危機、海岸・港
25 湾構造物などの機能の低下や損傷、企業活動、文化資産等に広く甚大な被害を与えるため、社会
26 的・経済的に与える影響が非常に大きい。高波の影響は全国に及び、人命への影響のほか、海岸・
27 港湾構造物などの機能の低下や損傷、港内静穏度、さらには、沿岸部の海岸に位置する文化的資
28 産等にも広く甚大な影響を及ぼす。

- 29 ● 緊急性：【評価】高い

30 現時点で気候変動を要因とする高潮・高波等の被害について述べた文献を確認できていないが、
31 高潮については、極端な高潮位の発生が1970年以降全世界的に増加している可能性が高いこと
32 が指摘されており、高波については、観測結果より、有義波高の最大値が冬季は日本海沿岸で、
33 秋季は東北太平洋沿岸で増加傾向であること等が確認されている。また対策に時間を要する点や
34 現在でも整備が不十分な箇所があり高潮・高波等に対して脆弱であることから、できるだけ早く
35 意思決定をする必要がある。

1 ● 確信度：【評価】高い

2 研究・報告数は多数あり、気候予測モデルやシナリオを用いた予測がされている。高潮は、台
3 風等による気圧低下で海面水位が上昇し、風による吹き寄せや高波浪が重なることで生じる事象
4 である。これに気候変動による海面上昇が加わることで高潮による危険性が增大する確信度は高
5 い。気候変動下の台風の挙動が高潮の危険性をさらに増大させる可能性があり、それを高潮に反
6 映させるための技術開発が近年精力的に進められている。それに基づく検討結果の多くは気候変
7 動による高潮偏差の増大を支持するものとなっている。高波は、波高レベルの増大の可能性が高
8 く、これに高潮偏差の増大、海面上昇が加わることで、海岸・港湾構造物などへの危険性が増大
9 する確信度は高い。

1 (3) 海岸侵食

2 (気候変動による影響の要因)

3 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
4 のマイナスの影響についても触れる。

- 5 ● 気候変動による海面の上昇は、現在海岸侵食が生じている海岸の侵食をさらに進行させると
6 ともに、現在侵食が生じていない海岸でも侵食を生じさせる可能性が高い。気候変動による
7 台風の強度の増加に伴う荒天時の波高の増加は短期的な海岸侵食量を増大させる。一方、気
8 候変動によって平均波高が減少する可能性があり、荒天時の波高の増大と平均波高の減少の
9 両方を考慮した時の波浪特性の長期変動は、砂浜を減少させる可能性と増大させる可能性を
10 持つ。しかし、波浪特性の長期変動が砂浜に与える影響は、海面上昇が与える影響よりも小
11 さい可能性が高く、気候変動によって砂浜がより侵食される可能性が高い。
- 12 ● 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可能性がある。波向が変化した場合、
13 それに対応して砂浜の向きが変化し、砂が堆積する場所と砂浜が侵食される場所が生じ
14 る。
- 15 ● 降雨量の増加は、自然災害・沿岸域分野の「山地」に記載の斜面崩壊の増加と河川流量の増
16 加を引き起こし、水環境・水資源分野の「水環境」－河川に記載の河川から海岸への供給土
17 砂量を増加させることで、河口周辺の海岸などで侵食を緩和する、あるいは、堆積を生じさ
18 せる可能性がある。
- 19 ● 砂浜が侵食されると、砂浜による波のエネルギーの減衰効果が小さくなり、よって、砂浜を
20 越えて岸側に輸送される海水の量が増える危険性がある。また、護岸などの海岸保全施設に
21 作用する波の力が増大したり、施設の基礎部分が洗掘されやすくなることから、施設の機能
22 が低下したり、施設が損傷したりする危険性がある。さらに、砂浜の侵食は、砂浜の持つ海
23 水浄化機能を低下させるとともに、自然生態系分野の「沿岸生態系」に記載の沿岸域の生態
24 系を変化させる可能性があり、利用面に関しては、産業・経済活動分野の「観光業」に記載
25 のレクリエーション・スポーツの場や農業・漁業の作業場などを減少させる可能性がある。

26

27 (現在の状況)

[概要]

- 気候変動による海面の上昇や台風の強度の増加が、既に海岸侵食に影響を及ぼしてい
るかについては、現時点で具体的な研究事例は確認できていない。

28

29 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
30 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・港湾構造物⁴⁴による沿岸に沿う土砂

44 主に防波堤、護岸、岸壁など

1 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
2 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
3 い海岸でも侵食が生ずる可能性が高い。さらに、台風の強度が増加して荒天時の波が大きくなる
4 と、荒天時に生じる短期的な海岸侵食量が增大する可能性が高い。しかし、現時点では、気候変
5 動による海面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。

6 ただし、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
7 が報告されている。⁴⁰⁵⁶ 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
8 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
9 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⁴²³⁰¹⁹や北海道サロ
10 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
11 と^{423016, 423017}が報告されている。

12
13 (将来予測される影響)

[概要]

- 気候変動による海面の上昇によって、海岸が侵食される可能性が高い。具体的には、2081～2100年までに、RCP2.6シナリオでは日本沿岸で平均62% (173km²)の砂浜が、RCP8.5シナリオでは平均83% (232km²)の砂浜が消失するとの報告例がある。
- 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。一方、平均波高は長期的に減少する可能性がある。荒天時の波高の増大と平均波高の減少の両方を考慮すると、波浪特性の長期変動によって、砂浜が増大する可能性と減少する可能性の両方の可能性がある。しかし、波浪特性の長期変動が砂浜に与える影響は、海面上昇が与える影響よりも小さい可能性が高く、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。
- 気候変動による降雨量の増加し河川からの土砂供給量が增大すると、河口周辺の海岸を中心に、侵食が緩和されたり、土砂堆積が生じたり可能性がある。

14
15 海岸への正味の土砂供給が無い場合には、海面が上昇した分、海浜が減少する。さらに、海面
16 上昇により汀線（海と陸との境界線）付近の土砂が陸側あるいは海側に輸送されることにより、
17 汀線付近がさらに侵食される可能性がある。^{4057, 4058, 4059, 4060, 4062} 海面上昇のみを考慮した時の具体
18 的な砂浜変動量としては、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
19 の粒径が0.3mmであると仮定し、海面上昇量として21のCMIP5モデルによる日本沿岸における平
20 均推定値を用いると、2081～2100年までに、RCP2.6シナリオでは日本沿岸で平均62% (173km²)
21 の砂浜が、RCP8.5シナリオでは83% (232km²)の砂浜が消失する予測がある。⁴²³⁰¹⁴ 各海岸の砂
22 浜勾配とIPCC第5次評価報告書の世界平均海面上昇量を用いた予測では、RCP2.6シナリオにお
23 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
24 45%となることが報告されている。⁴²³⁰²¹ なお、AR5では、1986～2005年平均を基準とした、2081～

1 2100年平均の世界平均海面水位の上昇は、RCP2.6シナリオで0.26～0.55m、RCP4.5シナリオで
2 0.32～0.63m、RCP6.0シナリオで0.33～0.63m、RCP8.5シナリオで0.45～0.82mの範囲となる可
3 能性が高いとされている。⁰⁰⁰⁶⁾ SROCCでは、RCP8.5シナリオにおける海面上昇量はAR5の値より
4 も約0.1m高い。⁴²¹⁰²²⁾

5 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（仙台、波
6 崎、新潟、柏崎、高知、宮崎）では、荒天時の波高の増大によっては、平均波高の長期的な減少を
7 考慮しても海岸が侵食される予測がある。^{4057, 4058, 4061)} 一方、鳥取海岸では、荒天時の波高の増大
8 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上昇量を考慮した時の汀線後退量が海面
9 上昇量だけを考慮した値よりも小さくなる予測があり、⁴²³⁰⁰⁷⁾ 波浪特性の長期変動は汀線を前進
10 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
11 浜に与える影響は海面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
12 る可能性が高い。

13 上記の検討は、将来、波向きが変化しない、すなわち、沿岸方向（岸に平行な方向）の砂の移動
14 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
15 変化する可能性がある。鳥取、日高、北見の海岸では、波向の変化によって砂の移動パターンが
16 変化し、その結果、汀線の向き（砂浜の向き）が変化し、海岸に堆積が生ずる箇所と侵食が生ず
17 る箇所とが現れる予測結果や、^{423004, 423005)} 鳥取の海岸では波向きの変化によって沖の構造物（人
18 工リーフ）周辺で侵食が増大する予測結果が^{423001, 423003)} 報告されている。

19 気候変動により降雨量が増加し、その結果、斜面崩壊が増加するとともに河川流量が増加する
20 と河川から海岸への供給土砂量が増加する可能性がある。⁰⁰⁰¹⁾ その場合は、河口周辺の海岸にお
21 いて、侵食が緩和される、あるいは、堆積が生じる可能性がある。

22 日本では、砂浜の侵食対策として、離岸堤や潜堤などの構造物が利用されることが多い。気候
23 変動による海面上昇によって、離岸堤や潜堤などの構造物の頂部の位置は海面を基準とすると
24 徐々に低くなり、それに伴い、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る可
25 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。潜堤で防護されている
26 新潟海岸では、IPCC第5次評価報告書におけるRCP8.5シナリオによる海面上昇と地盤沈下（13
27 mm/year）を考慮すると、2111年までに汀線が約60m後退する予測がある。⁴²³⁰⁰²⁾

28 砂浜侵食に伴う砂浜のレクリエーション価値の損失額に関して、気候モデルMIROCの海面上昇
29 量を基にした砂浜消失量⁰⁰³⁾から損失額を算定した研究例があり、それによると、全国での損失額
30 は、RCP2.6シナリオでは2031～2050年に約254億円/年、2081～2100年に約426億円/年であり、
31 RCP8.5シナリオでは2031～2050年に約284億円/年、2081～2100年に約494億円/年である。⁴²³⁰²⁴⁾

32

1 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

2 ● 重大性：【評価】

3 <RCP2.6 及び 2℃上昇相当>特に重大な影響が認められる

4 <RCP8.5 及び 4℃上昇相当>特に重大な影響が認められる

5 【観点】社会／経済／環境

6 影響の範囲は全国の海岸に及ぶ。海岸侵食は、国土を消失させるとともに、高い消波機能を有
7 した空間をも消失させることになり、それによって高潮・高波災害の危険性が高まり、人命や資
8 産、社会インフラ、文化的資産などが危険にさらされる可能性が高くなる。さらに、海岸侵食は、
9 レクリエーションや観光のための空間を消失させるとともに、自然生態系にも大きな影響を及ぼ
10 す。よって、重大性は特に大きい。

11 <RCP2.6 及び 2℃上昇相当>

12 2081～2100年までに日本沿岸で平均 62%の砂浜が消失する予測や、日本沿岸の 20%の砂浜が今
13 よりも浜幅が半分以下となる予測がある。

14 <RCP8.5 及び 4℃上昇相当>

15 2081～2100年までに日本沿岸で平均 83%の砂浜が消失する予測や、日本沿岸の 45%の砂浜が今
16 よりも浜幅が半分以下となる予測がある。

17 ● 緊急性：【評価】 中程度

18 現時点でも気候変動の影響である海面上昇や台風の強度の増加によって海岸が侵食されている
19 可能性があるものの、具体的な研究事例は確認できていない。ただし、気候変動によってさらな
20 る海岸侵食が発生する可能性は高く、対策には時間がかかるため、緊急性は中程度、すなわち、
21 2030年頃より前には重大な意思決定が必要である。

22 ● 確信度：【評価】 高い

23 砂浜への沿岸方向からの正味の土砂供給が無い場合に海面上昇が海岸侵食に及ぼす影響につい
24 ては、一定程度の論文で同様の結果が得られており、確信度は高い。ただし、海岸侵食に及ぼす
25 台風強度増加の影響や河川からの流出土砂増加の影響の定量的評価にはさらなる検討が必要であ
26 る。

27

28

29

1 【山地】

2 (1) 土石流・地すべり等

3 (気候変動による影響の要因)

4 ここでは、主に近年各地で頻発している甚大な土砂災害の特徴や、降雨条件等との関係性につ
5 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ただけ被害をもたらす事例について
6 は、「複合的な誘因による影響」でも取り扱う。

- 7 ● 降雨強度と総降水量のどちらかまたは両方が極めて大きい豪雨の発生頻度の上昇、豪雨の頻
8 発地域の拡大、一つの豪雨の広範囲化は、崩壊や土石流、地すべりなどによる土砂災害の発
9 生頻度の増加、発生規模の増大、発生形態の変化、発生地域の変化などをもたらす、防災政
10 策上、非常に重要な影響をもたらす。
- 11 ● したがって、気候変動による土砂災害への影響の要因としては、これらの降雨条件の変化が
12 挙げられる。
- 13 ● 気候変動による降水量や気温の変化、降雪量や降雪の時空間分布の変化は、地盤や地表面の
14 状態（植生等）を変化させ、崩壊や侵食現象の素因に影響を及ぼすだけでなく、凍結融解現
15 象など基岩の風化現象にも影響を与える。
- 16 ● 気候変動による降雪条件の変化は雪崩等の雪害に影響を及ぼすことが想定される。

17

18 (現在の状況)

[概要]

- 降雨条件と土砂災害の原因となる崩壊や土石流、地すべりなどの現象に関する理論的知見とそれに基づく予測手法の研究結果は十分あるので、土砂災害の誘因となる降雨条件が気候変動によってどのように変化するかが明確になれば、気候変動の土砂災害への影響に関する実態や将来予測についてはある程度正確に分析できると考えられる。
- ただし、現時点では、気候変動の土砂災害に及ぼす影響を直接分析した研究や報告は多くはない。
- しかし、最近の降雨条件と土砂災害の実態、最近発生した土砂災害、特に多数の深層崩壊や同時多発型表層崩壊、土砂・洪水氾濫による特徴的な大規模土砂災害に関する論文や報告は多く発表されている。これらの大規模土砂災害をもたらした特徴のある降雨条件が気候変動によるものであれば、気候変動による土砂災害の形態の変化が既に発生しており、今後より激甚化することが予想される。

19

1 (a) 素因の変化

2 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、豪雨や融雪を誘因として起きる
3 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
4 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
5 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
6 大きな影響を与えるので、気候変動による降雨量が増加することが懸念される中、これらの素因
7 がどのように変化するのも問題である。しかし、気候条件の変化に対する素因の応答は緩やか
8 であると考えられ、現状で顕著な影響が現れているとは考えられず、既往の研究もほとんどない。
9 しかし、長期的な問題として考慮すべき問題である。

10 (b) 誘因の変化

11 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
12 大は、土砂災害の①発生頻度の増加（崩壊発生分布域の拡大、同時多発的な災害の増加、災害未
13 発生地区での発生）、②発生タイミングの変化（降雨の降り始めから崩壊発生までの時間の短縮）、
14 ③発生規模の増大（深層崩壊の発生頻度の増加、土石流等の到達範囲の拡大）に繋がると考えら
15 れている。^{2004, 4063} 現に、過去 30 年程度の間で 50mm/h 以上の豪雨の発生頻度は約 1.4 倍に増加
16 しており、人家・集落等に影響する土砂災害もそれに応じて増加している。^{4065, 4066} また、深層崩
17 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。⁴⁰⁶⁷

18 (c) 降雨規模と土砂災害の発生件数の関係

19 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、
20 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
21 加する可能性があるという検討結果もある。⁴⁰⁶⁸ 実際、降雨規模が 20 年確率を超えて大きくな
22 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。⁴⁰⁶⁹
23 同様に、深層崩壊においても、2011 年台風 12 号による紀伊半島における深層崩壊の分布状況の
24 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
25 いる。⁴⁰⁷⁰ 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
26 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
27 閾値を超えるような豪雨が発生しており、気候変動による土砂災害への影響の一側面を表すもの
28 であると考えられる。

29 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
30 層崩壊発生確率に差があることも示されてきている。⁴⁰⁷¹ すなわち、観測史上最大となるような
31 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
32 って豪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
33 するものである。最近、これまで土砂災害の原因となる豪雨の発生頻度が小さかった東北や北海
34 道地域で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
35 とを示唆するものである。

36 (d) 降雨規模と土砂災害の規模の関係

37 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
38 土砂量が大きなものが発生する傾向が見られる。⁴⁰⁶⁴ また、同じ地域における斜面崩壊・土石流

1 の発生数及び規模と降雨規模の関係を見ると、降雨規模が大きくなるに従い、斜面崩壊・土石流
2 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
3 共に大きくなる場合があることが示されている。⁴⁰⁷²⁾ 特に、48時間雨量や累積雨量が大きい降雨
4 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。⁴⁰⁷¹⁾

5 2011年の台風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
6 この豪雨の特徴として、降雨強度は30~50 mm/h⁴³¹⁰⁴⁶⁾でそれほど大きくないが、積算降雨量が
7 およそ1000~2000 mmに及んだことが挙げられる⁴³¹⁰⁴²⁾。その結果、紀伊半島の山地部の地質特性
8 も要因となり、多数の深層崩壊や大規模崩壊が発生した。過去120年間の日本国内の深層崩壊発
9 生頻度と豪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
10 ることも分かっている⁴³¹⁰⁴³⁾。このような豪雨が気候変動の特徴の一つとして現れているとすれば、
11 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
12 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。

13 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、ま
14 た、それが比較的広範囲に高強度の豪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
15 土石流を誘発した例も多くみられる。2013年の伊豆大島土砂災害^{431005, 431017)}、2017年の九州北部
16 豪雨災害^{431032, 431033)}、2018年の西日本豪雨災害⁴³¹⁰³⁹⁾などがそれにあたる。このような同時多発的
17 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
18 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
19 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。

20 (e) 崩壊や土石流の規模と影響範囲・影響期間の関係

21 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
22 崩壊やそれに起因する土石流の場合、土砂がより長く移動することになり、被害が及ぶ範囲も拡
23 大する。⁴⁰⁷⁴⁾ また、非常に規模の大きいや土石流が河川を閉塞すると天然ダムが生じることによ
24 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。
25 ⁴⁰⁷⁵⁾ 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
26 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
27 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。⁴⁰⁷⁶⁾ このよ
28 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
29 深刻になる可能性が高いと考えられる。

30 (f) 土砂・洪水氾濫災害

31 2017年の九州北部豪雨災害^{431032, 431033)}や2018年の西日本豪雨災害⁴³¹⁰³⁹⁾では、土砂・洪水氾濫
32 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である。これらの災害では、線状降水帯
33 が長時間にわたって、比較的広範囲に留まったことにより、高強度の降雨が流域に多量の降水量
34 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
35 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
36 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
37 ら氾濫して、災害規模を大きくした。このような土砂・洪水氾濫は、比較的広範囲に高強度の降
38 雨をもたらす線状降水帯が長時間留まることなどにより発生し、気候変動の結果、このような降

1 雨が発生しているとすれば、これらの土砂災害は気候変動の影響であると判断することができる。

2 (g) 豪雨の発生地域の変化

3 これまで土砂災害が少なかった東北^{431012, 431016, 431019}、北海道地域^{431012, 431019, 431020}にも最近豪雨
4 による甚大な土砂災害が発生している。豪雨の発生域の変動が気候変動の影響であるとすれば、
5 東北や北海道地域での最近の土砂災害は気候変動の影響であると思われる。

6 (h) 降雪による土砂災害

7 積雪・降雪量に関しては、本州では冬期の平均気温が2~3℃上昇することによって減少するが、
8 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。^{0007, 0009, 4078} 一方で、近年は暖冬
9 少雪傾向の後に豪雪が続いており⁴⁰⁷⁹、降積雪の年ごとの変動が大きくなったり、2014年2月の
10 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
11 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。

12

13 (将来予測される影響)

[概要]

- 降雨条件が厳しくなるという前提の下で状況の変化が想定されるものとして以下が挙げられる。(ここで、厳しい降雨条件として、極端に降雨強度の大きい豪雨及びその高降雨強度の長時間化、極端に総降雨量の大きい豪雨、**広域に降る豪雨**などを表す。)
- ①集中的な崩壊・がけ崩れ・土石流等の頻発、山地や斜面周辺地域の社会生活への影響
- ②**ハード対策やソフト対策の効果の相対的な低下、被害の拡大**
- ③**土砂・洪水氾濫の発生頻度の増加**
- ④深層崩壊等の大規模現象の増加による直接的・間接的影響の長期化
- ⑤現象の大規模化による既存の土砂災害危険箇所等以外への被害の拡大
- ⑥河川への土砂供給量増大による治水・利水機能の低下
- ⑦**森林域で極端な豪雨が発生することによる流木被害の増加**

14

15 (a) 素因に与える影響

16 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
17 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。

18 ① 地盤条件

19 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、
20 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
21 境としては、気温、日射量、日較差などが考えられ、これらは物理的風化の中でも凍結融解作用
22 による風化に大きな影響を与える。直感的には気温が上昇すれば凍結融解の頻度は少なくなり、
23 凍結深度も小さくなると考えられる。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

1 解特性指標として影響評価を行った研究⁴³¹⁰²⁷⁾によると、気温が2度上昇すると同一標高、同一斜
2 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、
3 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度上昇による凍結融解強
4 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共に凍結融解強度の減少
5 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
6 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
7 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
8 た研究は行われていない。

9 10 ② 地被条件

11 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
12 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
13 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
14 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、
15 局地的豪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豪雨に起因する外力
16 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
17 加が予想されている。⁴⁰⁶³⁾ 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
18 化につながりやすいことが指摘されている。⁴³¹⁰⁴⁰⁾ また、台風の強度の増加や強い台風の増加につ
19 いては不確実性が大きい、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
20 を大きくする可能性が指摘されている。⁴⁰⁶³⁾ また、気候変動による植生分布への影響として、ブ
21 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、
22 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
23 摘されている⁴⁰⁸⁴⁾ 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
24 を進める必要がある。

25 (b) 土砂災害の変化

26 数十年～100年後にどの程度降雨条件が変わっているのかについては、種々のシナリオが示さ
27 れており定量的な評価は難しいが、年最大日雨量や年最大時間雨量が現在よりも数十%増加する
28 という予測も複数あり^{0009, 4077, 4086)}、土砂災害の増加については概ね一致した見解が示されてい
29 ると考えられる。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、
30 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
31 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
32 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
33 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
34 使用)。⁴³¹⁰⁰⁹⁾

35 そこで、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として、以下の
36 ようなものが挙げられる。

37 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・がけ

- 1 崩れ・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 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
3 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。
- 4 ③ 高降雨強度の豪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
5 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
6 発生する。このような豪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
7 えられる。
- 8 ④ 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
9 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。
- 10 ⑤ 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
11 接的（天然ダムの形成などによる）影響が長期化する。
- 12 ⑥ 現象が大規模化することなどで、これまで把握されている土砂災害危険箇所等以外での発
13 生も含め、被害が拡大する。
- 14 ⑦ 河川への土砂供給量が増大することで、下流河道断面や河川管理施設等に影響を与え、治
15 水・利水機能を低下させる。
- 16 ⑧ 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、極端な豪
17 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
18 る。
- 19

1 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

2 ● 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

3 【観点】社会／経済／環境

4 現在、日本で 50 万箇所以上が土砂災害危険箇所等として把握されているが、それ以外の場所
5 でも土砂移動現象は発生するものであり、さらに生産土砂は河川を通じて下流地域に流送される
6 ため、人命・集落、交通、社会インフラ、自然生態系等への影響範囲は国土全体に及ぶ。また、長
7 期的に森林が蓄積された場所や過疎化・高齢化の進む中山間地、急傾斜地付近に立地する住宅
8 地等は持続的な脆弱性・曝露の要素となり、地域の活力衰退の要因ともなり得る。

9 ● 緊急性：【評価】高い

10 気候変動と土砂災害等の被害規模とを直接関連付けて分析した文献は多くないが、実際に豪雨
11 の出現頻度と土砂災害の発生数は増加傾向にあり、その連関性については疑う余地がない。既に
12 多数の深層崩壊や同時多発型表層崩壊、土砂・洪水氾濫による大規模土砂災害が発生しており、
13 今後も降雨条件（極端に降雨強度の大きい豪雨及びその高降雨強度の長時間化、極端に総降雨量
14 の大きい豪雨、広域に降る豪雨など）が厳しくなると仮定すれば、対応策が十分に採られていな
15 い土砂災害危険箇所等においては、豪雨の出現による不可逆的直接被害が生ずる可能性が高まる
16 のを待っている状態であることになり、被害発生の前に適切な対策を早急に推進する必要がある。

17 ● 確信度：【評価】高い

18 土砂災害等の発生頻度や規模の増大は、降雨条件が厳しさを増すことに強く影響されるため、
19 確信度は我が国における年最大日雨量・年最大時間雨量等の変化予測に依存するが、その増大傾
20 向に関しては概ね一致した見解が示されている。また、近年の甚大な土砂災害をもたらした特徴
21 のある降雨条件が気候変動によるものであれば、気候変動による土砂災害の形態の変化が既に発
22 生しており、今後より激甚化することが想定される。

23

1 【その他】

2 (1) 強風等

3 (気候変動による影響の要因)

4 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
5 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
6 的な影響については、「3.8 分野間の影響の連鎖」でも整理する。

- 7 ● 気候変動によって強い台風が増加し、台風による風倒木などの被害を増加させる可能性があ
8 る。
- 9 ● 気候変動により強い竜巻を発生させるスーパーセル⁴⁵の発現頻度が高くなることで、竜巻が増
10 加し、それに伴う被害が生じる可能性がある。

11

12 (現在の状況)

[概要]

- 気候変動に伴う強風・強い台風の増加等とそれによる被害の増加との因果関係について、具体的に言及した研究事例は現時点で確認できていないが、気候変動が台風の最大強度の空間位置の変化や進行方向の変化に影響を与えているとする報告もみられる。
- 気候変動による竜巻の発生頻度の変化についても、現時点で具体的な研究事例は確認できていないものの、竜巻による被害として鉄筋コンクリート建築物や木造建築物が多く破損するといった被害が報告されている。
- 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ことも報告されている。

13

14 気候変動に伴う強風・強い台風の増加等とそれによる被害の増加との因果関係について、現時
15 点で具体的な研究事例は確認できていない。ただし、これは強い台風等の発生が低頻度の現象で
16 あるため、気候変動との因果関係の議論が難しいためであり、これまでに生じた強風等の被害に
17 気候変動の影響が無いことを必ずしも意味するものではない。台風の強度に関しては、最大強度
18 の空間位置が変化⁴⁴¹⁰¹⁵しており、台風の進路についても変化⁴⁴¹⁰¹⁶している可能性もある。また、
19 気候変動による竜巻の発生頻度の変化についても、現時点で具体的な研究事例は確認できていな
20 いものの、2012 年に北関東で発生した竜巻においては、鉄筋コンクリート建築物や木造建築物が
21 多く破損す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。⁴⁴¹⁰⁰⁵

22 さらに、過去 55 年間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
23 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

45 スーパーセル：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。

1 とも報告されている。⁴⁴¹⁰⁰⁸⁾

2 (将来予測される影響)

[概要]

- A1B シナリオや RCP8.5 シナリオを前提とした研究では、21 世紀後半にかけて気候変動による強風や強い台風の増加等が予測されているものの、地域ごとに傾向は異なることが予測されている。
- また、A1B シナリオを前提とした研究では、強い竜巻の頻度が大幅に増加するといった予測例もある。
- 現時点で定量的に予測をした研究事例は確認できていないものの、強い台風の増加等に伴い、中山間地域における風倒木災害の増大が懸念されている。

3

4 スーパーセルや竜巻の発生しやすさの指標について予測した報告 (A1B シナリオを前提とした
5 NHRCM による気候予測情報を使用) では、近未来 (2015~2039 年) 及び長期 (2075~2099 年頃)
6 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。⁰⁰⁰⁹⁾

7 21 世紀後半において、北太平洋西部や日本周辺に來襲する熱帯低気圧の発生数は減少するもの
8 の、より強い熱帯低気圧の増加が予測されている (A1B シナリオを前提とした CMIP3 の気候予測
9 モデルによる気候予測情報を使用)。⁴⁴¹⁰¹⁷⁾

10 RCP8.5 シナリオを前提とし、日本周辺における熱帯低気圧の変化を調査した研究も行われてい
11 る。強度に関しては、2075~2099 年における最大強度の増大が予測されており (AGCM20 による気
12 候予測情報を使用) ⁴⁴¹⁰¹¹⁾、発生頻度に関しては、2051~2111 年における最低中心気圧の低下によ
13 り、より強い台風の発生が予測されている (MRI-AGCM3.2 による気候予測情報を使用) ⁴⁴¹⁰²⁰⁾。ま
14 た、2074~2087 年においては、スーパー台風⁴⁶⁾の強度も増大することが示唆されている (A1B シナ
15 リオを前提とした MRI-AGCM3.1 による気候予測情報を使用)。⁴⁴¹⁰¹³⁾

16 大阪湾、伊勢湾、東京湾では、2075~2100 年において台風の発生頻度の減少や、より強い台風
17 が上陸する確率の増加が予測されており (A1B シナリオを前提とした AGCM による気候予測情報
18 使用) ⁴⁴¹⁰¹⁸⁾、熱帯低気圧の通過頻度を東日本と西日本で比較した研究では、東日本では増加、西
19 日本では減少することが予測されている ⁴⁴¹⁰²¹⁾。

20 (50 年に一度といった極端な) 高風速の発現頻度が大きくなるため、高風速による被害の発生率
21 は上昇すると予測されている。⁰⁰⁰⁴⁾ また、RCP8.5 シナリオを前提とした 2075~2099 年における台
22 風の平均風速は、九州で強くなり、東北で弱くなることも示されている (MRI-AGCM の気候予測情
23 報を使用)。^{441023, 441025)}

24 竜巻強度の将来変化に関する研究によると、強い竜巻の頻度が大幅に増加することも予測され
25 ている (A1B シナリオを前提とした AGCM による気候予測情報を使用)。⁴⁴¹⁰⁰³⁾

46 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。

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35

日本周辺における急速に発達する低気圧 (Explosive Cyclone) の変化を予測した研究によれば、太平洋上を通過する数が減少するのに対して、日本海上を通過する数が増加することが有意な傾向であることが報告されている。また、日本周辺域の急速に発達する低気圧 (Explosive Cyclone) の最低中心気圧の強度を解析した結果においては、日本沿岸域における強度や、台風並みに強い急速に発達する低気圧 (Explosive Cyclone) の割合が増加する傾向が示唆されている。⁴⁴¹⁰³²⁾

台風に伴う強風による建物の被害率の変化に関する研究によると、温暖化時の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被害率は下がるが、地域による差がみられ、日本海側で被害率の増加、太平洋側で被害率の減少が予測された。⁰⁰⁰⁴⁾ また、台風の被害による影響を評価した研究では、被害額期待値が減少する傾向が予測されている (RCP4.5 シナリオを前提とした MIROC3.2 の気候予測情報を使用)。⁴⁴¹⁰¹⁰⁾

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、降水量や短時間降雨強度の増加、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。²⁰⁰⁴⁾ その一方で、単一の台風の再現実験に基づき、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。⁴⁴¹⁰²⁹⁾

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

- 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

【観点】社会／経済／環境

影響の範囲は全国に及ぶ。強風は、自然生態系、人間社会のインフラや家屋、資産、農林業、運輸、さらに竜巻や大型台風になれば、人命や人の健康等にも広く甚大な影響を及ぼす。ただし、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る。

- 緊急性：【評価】高い

現時点で気候変動を要因とする強風・台風等の被害について述べた文献を確認できていない。ただし、これは強い台風等の発生が低頻度の現象であるため気候変動との因果関係の議論が難しいためであり、これまでに生じた強風等の被害に気候変動の影響が無いことを必ずしも意味するものではなく、台風の最大強度の空間位置の変化や進行方向の変化、これまで日本では見られなかった竜巻の被害も報告されている。近未来 (2015～2039 年) 及び長期 (2075～2099 年頃) にかけて影響が予測されている。

- 確信度：【評価】中程度

気候予測モデルやシナリオを用いた予測がなされており、強い台風の増加、高風速による被害の発生率の増加、竜巻頻度・強度の増加など、強風による影響の増加については比較的予測結果の傾向に一致がみられる。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

1 よって異なる恐れがあるため、不確実性が大きい。また、自然生態系等に対する影響の予測が行
 2 われているものの、この研究では単一の台風の再現実験に基づく予測に限られているため、一般
 3 性の高い知見は得られていないことに留意する必要がある。

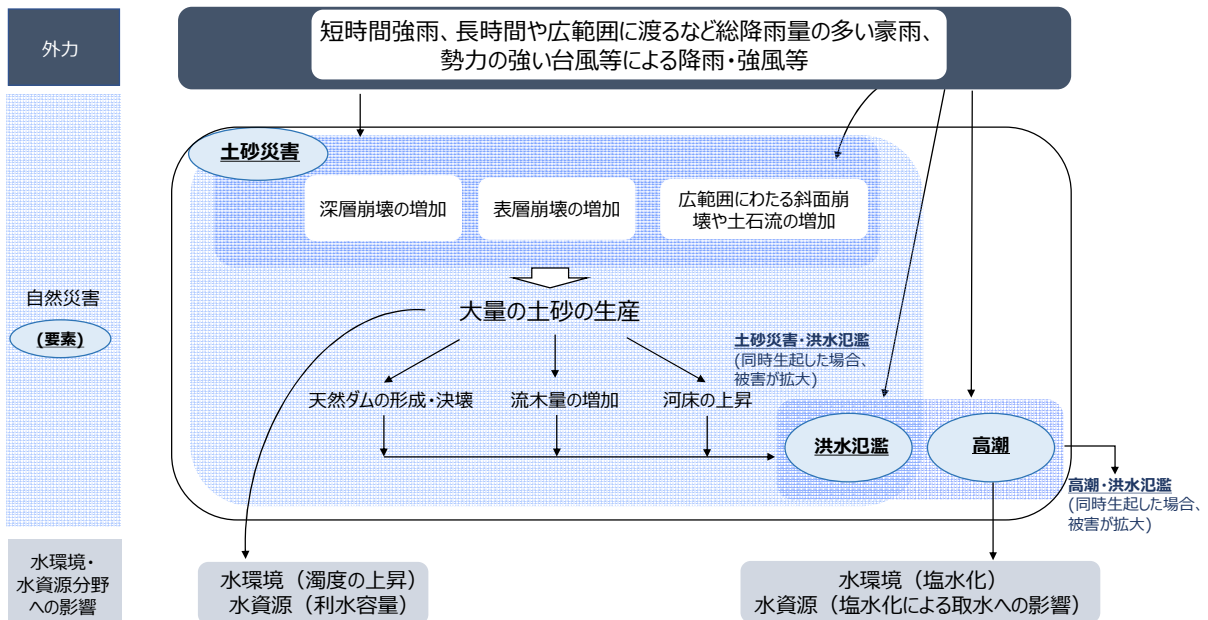
4

5 **【複合的な災害影響】**

6 自然災害・沿岸域分野では「河川」「沿岸」「山地」の3つの大項目で影響を整理してきたが、
 7 中でも平成29年7月九州北部豪雨、平成30年7月豪雨は、土砂災害と洪水氾濫という「河川」
 8 「山地」の両項目に関わる影響被害の深刻さを如実にあらわした。

9 ここでは、土砂災害と洪水氾濫、高潮と洪水氾濫など、複数の要素が相互に影響しあうことで、
 10 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
 11 する。災害の外力となる総降雨量の大きい豪雨、勢力の強い台風などは、気候変動による発生頻
 12 度の増加が予測されている。複合的な災害影響の模式図を以下に示す。

13



14

15

16

17 **図 複合的な災害影響の模式図**

18 なお、自然災害によるインフラ・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
 19 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するこ
 20 により、影響の甚大化をもたらす事象 (分野間の影響の連鎖) については、3. 8で取り扱う。

21

22 (現在の影響)

23 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
 24 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
 25 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

1 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。⁴¹¹⁰⁵⁹⁾

2 平成 30 年 7 月豪雨は、これまでの梅雨前線や台風による大事例と比べて、特に 2（48 時間）～
3 3 日間（72 時間）の降水量が記録的に多い地域が、普段雨の少ない瀬戸内地方を含め、西日本か
4 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⁴¹²⁰¹²⁾、11 府県に特別警報
5 が出され、災害として初めて特別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
6 気量の増加の寄与もあったとされている。⁴¹²⁰¹²⁾ 記録的な長時間の降雨に加え、短時間高強度の
7 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
8 を中心に被害が発生した。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
9 級河川においても洪水氾濫が発生したほか、高梁川水系小田川等においてバックウォーター現象
10 （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現象）等により、
11 両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。⁴¹¹⁰⁵⁷⁾ また、上流部で発生し
12 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
13 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
14 により、土砂・洪水氾濫が発生した。⁴¹¹⁰⁶⁰⁾

15 令和元年台風 19 号に伴う豪雨では、宮城県丸森町の内川、五福谷川、新川の平野部において土
16 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
17 確認された。⁴⁷⁾また、群馬県富岡市内匠地区においては、風化軽石層が斜面に沿って堆積（流れ盤
18 状態の弱層）し、風化軽石層の上位は透水性の高い軽石や砂質火山灰土、下位は透水性の低い粘
19 土の地質状況で、15～25 度の比較的緩い斜面で崩壊性地すべりが発生した。⁴⁸⁾

20 一方で、「河川」、「沿岸」の両項目に関わる影響として、洪水氾濫と高潮氾濫の同時生起に伴う
21 影響被害が想定され、たとえば 2018 年 21 号台風では淀川河口がそれを彷彿させる状況にはなっ
22 たが、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。

23 この災害による保険金支払額は 1 兆円を超えており⁴⁹⁾、保険会社等からなる損害保険料率算出
24 機構からは、自然災害による保険金支払いが増加していることや気候変動研究の成果から、火災
25 保険の契約期間の最長年数を 35 年から 10 年に引き下げていることも報告されている。^{6017, 641005)}

26
27 (将来予測される影響)

28 土砂災害と洪水氾濫の複合的な災害影響や、深層崩壊の増加については、将来の可能性や予測
29 に言及した研究知見がある。

30 総降雨量の大きい豪雨や数時間続く高降雨強度の豪雨の発生頻度に増加傾向がみられ、このよ
31 うな豪雨による土砂災害の激甚化が予想されている。また、土砂災害の形態・様相そのものの変
32 化も懸念されている。例えば、これまで我が国では、土砂災害は深層崩壊によるものも発生して

⁴⁷⁾ 令和元年 10 月宮城県丸森町における土砂・洪水 宮城県丸森町における土砂・洪水 宮城県丸森町における土砂・洪水氾濫等氾

⁴⁸⁾ 令和元年 10 月群馬県富岡市内匠地区における崩壊性地すべり

⁴⁹⁾ 風水害等による保険金の支払い (https://www.sonpo.or.jp/report/statistics/disaster/ctuevu000000530r-att/c_fusuigai.pdf)

1 いるが表層崩壊によるものが多かった。しかし、今後、総降雨量の大きな降雨頻度の増大により
2 深層崩壊が増えると大規模な崩壊による被害に加え、それが河川を堰き止め天然ダムを形成し、
3 その後決壊すると下流に甚大な洪水被害をもたらす。また、広範囲に同時多発する表層崩壊・土
4 石流の発生頻度の増加も予想される。これらの崩壊により供給された大量の土砂は河床上昇を引
5 き起こし、二次災害や下流の貯水池堆砂の急速な進行をもたらす。さらに、深層・表層崩壊の増
6 加に伴い流木量が増加し、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
7 原因となる可能性がある。⁴¹¹⁰⁵⁹⁾

8 将来の潜在的な土砂災害の数を評価した研究によると、表層崩壊は 21 世紀末に現在と比較して
9 20%増加し、深層崩壊は 30%増加することが予測されている。^{複合災害-9)}

10 洪水氾濫と高潮氾濫の複合的な災害影響についても、将来の可能性や予測に関する研究知見が
11 ある。

12 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、将来の降雨量の変化倍率
13 は 1.1～1.5 倍と試算されており、高潮と洪水が同時生起した場合には、被害が拡大することが想
14 定される。⁴¹¹⁰⁶⁰⁾

15 また、洪水と高潮が同年もしく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
16 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
17 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
18 加することが予測されている。⁴¹¹⁰⁰⁶⁾

19 以上のような将来予測に関する知見や現在の状況を踏まえ、自然災害分野での土砂災害・洪水
20 氾濫・高潮氾濫の複合的な災害影響の可能性についてまとめる。

21 極端な豪雨（総降雨量の大きい豪雨や数時間続く高降雨強度の豪雨、局所的に長時間にわたり
22 停滞する線状降水帯による集中豪雨）は、流域に表層崩壊や土石流をもたらし、これが河床の上
23 昇・流木量の増加につながる。また、表層崩壊に加え深層崩壊も予測され、これは天然ダムの形
24 成につながる。こうした事象が下流域の洪水氾濫の拡大を助長する。また、これらが同時多発的
25 に起きれば影響被害はさらに拡大する。

26 一方、洪水氾濫と高潮氾濫については、同時生起した場合の被害予測の研究例はあるものの
27 これまでに実際に起きた事例報告はない。しかし、このような影響被害の可能性も全くないとは
28 言えず、今後は視野に入れていく必要性が指摘されている。さらに言えば、地理的条件次第では、
29 土砂災害・洪水氾濫・高潮氾濫の全てが同時に起きることを想定しなければならない地域もあり
30 うる。

31
32

1 3.5 健康

2 気候変動による気温上昇は熱ストレスを増加させ、熱中症リスクや暑熱による死亡リスク、そ
3 の他、呼吸器系疾患等の様々な疾患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
4 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・
5 活動を変化させ、節足動物媒介感染症の流行地域の拡大や患者増加のリスクを高める可能性があ
6 る。また、外気温の変化は水系・食品媒介感染症やインフルエンザのような感染症類の流行パタ
7 ーンを変化させる。

8 ● 文献数・構成等の変化

9 第2次影響評価において、健康分野全体では合計229件の文献(現状影響173件、将来影響56
10 件)を引用しており、このうち、第1次影響評価から新たに追加された文献は196件である。全て
11 の小項目で文献が増加している。

12 第1次影響評価からの構成上の主な変更点として、「その他」の大項目について、取り扱う知見
13 が増えたことから「温暖化と大気汚染の複合影響」「脆弱性が高い集団への影響(高齢者・小児・
14 既存疾患者等)」「その他の健康影響」の3つの小項目を新たに設けて分類することとした。

15 ● 気候変動による影響の概要

16 高齢者を中心に暑熱による超過死亡が増加傾向にあることが報告されている。また熱中症につ
17 いては、年によってばらつきはあるものの、熱中症搬送者数・医療機関受診者数・熱中症死亡者
18 数が増加傾向にある。2018年には救急搬送者数が過去最多となる9万5千人を超えた。この年の
19 熱中症による死亡者数は1,500名を超えており、死亡者数の8割以上は高齢者であった。高齢者
20 への影響は大きいものの、真夏日・猛暑日の増加に伴い、若年層の屋外活動時の熱中症発症リス
21 クも高くなっている。暑熱による影響は、睡眠の質の低下やだるさ、疲労感などの身体機能の低
22 下や心身ストレスなどの健康影響にもおよぶ。

23 加えて、外気温の変化に伴い、感染性胃腸炎やロタウイルス感染症、下痢症などの水系・食品
24 媒介性感染症、インフルエンザや手足口病などの感染症類の発症リスク・流行パターンの変化が
25 新たに報告されている。節足動物媒介感染症については、気温上昇が節足動物の分布域・個体群
26 密度・活動を変化させ、ウイルス感染者の移動も相まって、国内での感染連鎖が発生することが
27 危惧される。

28 また、将来においても、気温上昇により熱ストレスが増加し、特に高齢者の超過死亡・熱中症
29 リスクが増加すること予測されている。水系・食品媒介感染症については、21世紀末にかけて日
30 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。気温上昇に伴い、これまで侵入・定
31 着がされていない北海道南部でもヒトスジシマカの生息が拡大する可能性や、日本脳炎ウイルス
32 を媒介する外来性の蚊の鹿児島県以北への分布拡大の可能性などが新たに指摘されている。2030
33 年代までの短期的には、温暖化に伴い光化学オキシダント・オゾン等の汚染物質の増加に伴う死
34 亡者数が増加するが、それ以降は減少することが予測されている。

35 ● 重大性・緊急性・確信度評価の概要

36 健康分野での影響は、暑熱による熱中症患者の発生や超過死亡の発生、感染症の発生など、影
37 響の範囲が全国に及ぶ可能性があるものが多い傾向にある。その影響が社会的に大きい、あるい

1 は人命損失への影響につながる小項目については、重大性は「特に重大な影響が認められる」、緊
2 急性は「高い」と評価された。

3 「水系・食品媒介感染症」「その他の感染症」については、第1次影響評価では十分な研究がな
4 いとして「現状では評価できない」と評価されていたが、知見が増えたため重大性・緊急性・確信
5 度の評価が上方修正された。ただし、依然として研究対象とされる感染症類が限定的であり、重
6 大性は「特に重大な影響が認められる」との評価までは至っていない。

7 重大性の評価が「特に重大な影響が認められる」とは言えない、あるいは緊急性の評価が「中
8 程度」とされた項目であったとしても、対策が遅れることによって、社会・経済的損失が格段に
9 大きくなる可能性がある点については十分に留意する必要がある。

10 ※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
11 の著しい変化など、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際にはそのような他の多様
12 な要因も存在していることを理解したうえで影響評価を検討する必要がある。

14 15 【冬季の温暖化】

16 (1) 冬季死亡率

17 (気候変動による影響の要因)

18 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が低下を取り扱う。

- 19 ● 気候変動による冬季の平均気温の上昇は、冬季の死亡者数を低下させる可能性がある。ただ
20 し、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予
21 測もされている。
- 22 ● 極端な低温環境では、高温環境に比して死亡リスクや救急搬送リスクが高い。影響は低温発
23 生日から遅れて発現し、長期間（10日間前後）継続する傾向にある。

24 (現在の状況)

[概要]

- 冬季の気温の上昇に伴い冬季死亡率が低下しているという具体的な研究事例は現時点
では確認できていない。
- 一方、低温による死亡者数・死亡率については、1990年代以降国内で増加傾向にあり、
特に高齢者で増え、若年～中年者で減少傾向にある。
- 近年、暑熱に対する相対危険度⁵⁰は低下している一方、低温に対する相対危険度は増加
傾向にあり、極端な低温環境下では、全疾患や心血管系疾患（脳卒中や院外心停止、心
筋梗塞）、呼吸器系疾患のリスクが増加することが報告されている。

25

26 現時点で収集された文献からは、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
27 確認できていない。一方で、低温と死亡・疾患との関係を報告する文献が確認できる。

50 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。

1 低温による死亡者数・死亡率については、1990年代以降国内で増加傾向にあり、特に高齢者で
2 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。⁵¹¹⁰⁰¹⁾また極端な高温環境下に比べ
3 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く^{511003, 511004, 511005, 511010, 511011, 511012, 511013)}、
4 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⁵¹¹⁰¹⁰⁾。

5 低温と疾患との関係については、2010年代に暑熱に対する相対危険度は低下している一方、低
6 温に対する相対危険度は増加傾向にあること、⁵¹¹⁰⁰⁹⁾ 極端な低温環境では全疾患や心血管系疾患
7 (脳卒中や院外心停止、心筋梗塞)、呼吸器系疾患のリスクが増加することが報告されている
8 ^{511006, 511007, 511008, 511012, 511014, 511015, 511016, 511017, 511018, 511019)}。

9 他方、国外を対象とした文献ではあるが、低温環境は冠状動脈硬化などの心疾患につながるが、
10 ^{511021, 511023, 511024)} 心疾患による突然死は、冬季よりも、気温の低下に慣れていない秋季に多く発生
11 するという報告もあり、⁵¹¹⁰²²⁾ 予防には、室温の調整や適切な冠状動脈硬化の治療を行うことが必
12 要となる。

13
14 (将来予測される影響)

[概要]

- 国内の冬季の平均気温は、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。
- 全球を対象とした予測でも、RCP8.5シナリオにおいて、日本を含む東アジアで、気温の上昇に伴い、低温関連死亡が2010年代に比して減少することが予測されている。

15
16 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
17 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、
18 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
19 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
20 に減少する。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
21 増加し、都市部で多くみられる。⁵⁰⁰³⁾

22 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
23 結果では、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、
24 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
25 2090年代には3.7～5.9%に減少することが予測されている。⁵¹¹⁰²⁰⁾

26 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

- 27 ● 重大性：【評価】影響が認められる

28 現在の状況として、低温による死亡が特に高齢者で増加傾向にあり、極端な高温環境下

1 に比べ、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くなることが報告され
2 ている。一方で、将来予測においては、気温上昇に伴い、全死亡（非事故）に占める低
3 温関連死亡の割合が減少することが予測されている。ただし、影響を最も大きく受ける
4 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予測もされている。冬季死
5 亡率の低下そのものは悪影響ではないが、高齢者等の人命損失に係わる影響に関しては、
6 悪影響であると言える。

7 ● 緊急性：【評価】 中程度

8 既に気候変動による冬季死亡率の低下が顕在化しているかどうかについては、既往の知
9 見が確認できていない。2030年代に冬季死亡率が低下することが予測されている一方、
10 現状・将来ともに高齢者の低温関連死亡が増加することが報告されている。

11 ● 確信度：【評価】 中程度

12 気候変動による冬季死亡率の低下が顕在化しているかどうかの報告は確認できないが、
13 低温関連の死亡や低温に起因する疾患の増加傾向が複数報告されている。将来予測につ
14 いては、研究・報告数は限定的であるが、気候予測モデル（NICAMモデルやISI-MIPの
15 5つのモデル）を使用した定量的予測で、東アジアでは21世紀末にかけて高温による
16 超過死亡率は上昇するが、低温による超過死亡率は低下することが予測されている。

1 【暑熱】

2 (1) 死亡リスク

3 (気候変動による影響の要因)

4 ここでは、暑熱による影響のうち死亡リスクを扱う。国民生活・都市生活分野の「その他―暑
5 熱による生活への影響等」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
6 り扱う。

- 7 ● 気候変動による気温の上昇は、熱ストレスの生理学的影響により、熱中症を増加させ、また
8 循環系・呼吸系に問題を持つ人、高齢者の死亡リスクを高める。間接的には、気温上昇に伴
9 う光化学オキシダント濃度の上昇による呼吸器・循環器疾患などによる死亡リスクを増加さ
10 せる可能性がある。

11

12 (現在の状況)

[概要]

- 日本全国で気温上昇による超過死亡（直接・間接を問わずある疾患により総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。
- 特に高齢者の超過死亡者数が増加傾向にあるが、15歳未満の若年層においても、気温の上昇とともに外因死が増加する傾向にあることが報告されている。
- 気温上昇により自殺件数が増加すること、日中の気温差は循環器系疾患による死亡や高齢者の死亡を増加させることを報告する文献もある。

13

14 日本全国で気温上昇による超過死亡の増加傾向が報告されている。具体的には、気温上昇によ
15 り、高齢者の超過死亡者数・熱中症による死亡者数が増加傾向にあること
16 ^{521004, 521005, 521012, 521026, 521028, 521032}、特に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
17 ことが確認されている⁵²¹⁰⁰³。高齢者だけでなく、15歳未満の若年層においても、気温の上昇とと
18 もに熱ストレスによる死亡が増加する傾向にあること⁵²¹⁰¹²、暑熱に起因した死亡は所得などの要
19 因にも関係することが報告されている^{521001, 521034}。

20 日本を含む複数国を対象とした調査では、極端な高温・低温により、少なくとも1年間分の寿
21 命が短縮されている可能性を指摘する文献もみられる。⁵²¹⁰²¹ 暑熱による死亡リスクの時間的特
22 徴として、晩夏よりも初夏にリスクが大きいこと、⁵²¹⁰⁰⁶ 低温による超過死亡は時間差を置いて発
23 現し、長期間継続（10日間前後）するが、高温による影響は即座に発現し、短期間（1～2日間）
24 で収束することが報告されている⁵²¹⁰²⁰。一方で、社会経済の発展に伴い、人の暑熱に対する脆
25 弱性が低減されているといった報告もある。^{521016, 521024, 521029}

26 この他、気温上昇による自殺件数の増加や、^{521007, 521008, 521013} 日中の気温差が死亡リスクの増加
27 に関係し、特に循環器系疾患による死亡や高齢者の死亡を増加させることを報告する文献もある
28 ⁵²¹⁰²³。

1 (将来予測される影響)

[概要]

- 日本を含む複数国を対象として研究では、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、SRES A1B シナリオにおいて、2030年・2050年に暑熱による高齢者の死亡者数が増加することが予測されている。
- さらに、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者数が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°C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なると報告されている。

2

3 IPCC 第5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、特に脆弱な
4 都市住民及び都市域又は農村域の屋外労働者についての、極端な暑熱期間における死亡及び罹病
5 のリスクを挙げている。⁰⁰⁰⁵⁾

6 日本を含む複数国を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
7 死亡者数が増加すること、⁵²¹⁰²⁵⁾ 日本を含む高所得アジア太平洋地域でも、SRES A1B シナリオに
8 において、2030年・2050年に気候変動によって高齢者の熱関連超過死亡者数が増加すること、⁵²¹⁰¹⁵⁾
9 RCP 2.6 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
10 にかけて、日本を含む東アジア地域で暑熱による超過死亡者数が増加することが予測されている
11 ⁵²¹⁰³¹⁾。気温上昇だけでなく、日中の気温差が死亡率に寄与することも指摘されている。⁵²¹⁰¹¹⁾

12 日本を対象に、目標とする安定化レベル別のシナリオに基づき熱ストレスによる死亡リスクの
13 変化を予測した研究(450s 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
14 情報を使用)によれば、死亡リスクは今世紀中頃(2050年代)には約1.8倍、約2.1倍、約2.2
15 倍と比較的小さな差にとどまるが、今世紀末(2090年代)には約2.1倍、約2.8倍、約3.7倍に
16 達することが示されており、中国・四国・九州地方がいずれの安定化レベルにおいても最も高い
17 リスクの変化を生じるとされている。⁰⁰⁰²⁾ さらに、RCP2.6、4.5、8.5 シナリオを用い、全年齢を
18 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
19 等複数モデルを使用)によれば、熱ストレス超過死亡数は、将来期間、RCP、年代によらず、すべ
20 ての県において2倍以上となる。⁰⁰⁰³⁾

21 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°C未満に抑えることで、気温に
22 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。⁵²¹⁰²⁷⁾

23 (重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

- 重大性:【評価】特に重大な影響が認められる

25 【観点】社会

26 国内で気温上昇による超過死亡の増加傾向が確認されている。影響の範囲は全国に及

- 1 び、人命損失への影響に直接つながるものである。
- 2 ● 緊急性：【評価】 高い
- 3 既に気温上昇による超過死亡の増加傾向が確認されており、将来においても増加が予
- 4 測されている。人命損失に関わる影響であり、可能な限り早く対応・意思決定が必要
- 5 である。
- 6 ● 確信度：【評価】 高い
- 7 研究・報告は複数みられ、熱ストレスによる死亡リスクの増加という予測の傾向には
- 8 一致がみられる。気候モデル等を使用した定量的予測等も含まれる。
- 9

1 (2) 熱中症

2 (気候変動による影響の要因)

3 ここでは、暑熱による影響のうち熱中症リスクを扱う。「3. 7. 国民生活・都市生活」の「その他
4 ー暑熱による生活への影響等」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
5 て取り扱う。また、災害による被災者の熱中症リスクについては、「3. 8. 分野間の影響の連鎖」に
6 おいて、近年の被害実態を取り扱う。

- 7 ● 夏季の気温の上昇は、熱中症患者発生数を増加させる可能性がある。特に高齢者は、その影
8 響がより深刻となる可能性がある。

9 (現在の状況)

[概要]

- 年によってばらつきはあるものの、熱中症搬送者数、医療機関受診者数・熱中症死亡者数の全国的な増加傾向が確認されている。
- 年齢階級別では、高齢者の熱中症搬送者数・熱中症死亡者が多く、住宅内で多く発症し、重症化しやすい傾向にあることが報告されている。また、若・中年層では、屋外での労働時・スポーツ時に発症することが多いことが報告されている。
- 高温による労働効率への影響については、国内の報告は限られている。

10

11 全国各地で WBGT 指数の上昇傾向が報告されている。^{522001, 522014} それに伴い、年によってばらつ
12 きはあるものの、熱中症搬送者数、^{522002, 522006, 522007, 522024, 522033} 医療機関受診者数、⁵²²⁰¹⁸ 熱中症死亡
13 者数^{522003, 522021, 522028, 522033}の増加傾向が報告されている。2018 年の夏季の全国における熱中症によ
14 る救急搬送人員数の合計は 9 万 5 千人を超えており、2008 年の消防庁の調査開始以来、過去最多
15 を記録した。⁵²²⁰⁵⁶ この年の熱中症による死亡者数は 1,500 名を超えており、死亡者の 8 割以上
16 が 65 歳以上の高齢者であった。⁵²²⁰⁶¹ 東京都においても全国と同様の結果が報告されている。⁵²²⁰⁵⁷
17 なお、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、
18 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。
19 ⁵²²⁰⁶⁰

20 年齢階級別に過去からの熱中症の傾向をみると、65 歳以上の高齢者の熱中症搬送者数・熱中症
21 死亡者が多く、住宅内での熱中症発症も多いこと、発症した場合、症状が重症化しやすいことが
22 確認されている。^{522002, 522003, 522018, 522025, 522028, 522030, 522033, 522040, 522043, 522055, 522056}

23 高齢者だけでなく、炎天下で仕事・スポーツ等の活動する若・中年層での熱中症発症も多数報
24 告されている。^{522002, 522004, 522027, 522059} 若年層では、真夏日・猛暑日の増加により、屋外での運動に配
25 慮を要する日が多数発生しており^{522047, 522049}、学校管理下での熱中症死亡のほとんどが体育活動中
26 に発生していることも報告されている⁵²²⁰²⁷。

27 また、時期的な傾向として、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
28 も指摘されている。⁵²²⁰⁴⁸

1 その他、所得や社会的地位等の社会・経済条件と熱中症発生リスクの相関性を報告する文献も
2 みられる。^{522050, 522051)}

3

4 (将来予測される影響)

- 気温上昇に伴い、日本各地で WBGT 指数が上昇する可能性が高い。
- これに伴い、2090 年代には、東京・大阪で日中に屋外労働可能な時間が現在よりも 30～40%短縮すること、屋外労働に対して安全ではない日数が増加することが予測されている。また、屋外での激しい運動に厳重警戒が必要となる日数が増加することが予測されている。
- 熱中症発生率の増加率は、2031～2050 年、2081～2100 年のいずれの予測も北海道、東北、関東で大きく、四国、九州・沖縄で小さいことが予測されている。RCP 4.5 シナリオを用いた予測では、東京都 23 区と仙台市では 2050 年代に、2000 年代と比較して熱中症リスクが 2.4 倍増加するとされている。
- 年齢別にみると、熱中症発生率の増加率は 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。

5

6 IPCC 第 5 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、小児・高齢
7 者などの特に脆弱な都市住民及び都市域・農村域の屋外労働者についての、極端な暑熱期間にお
8 ける死亡及び罹病のリスクを挙げている。⁰⁰⁰⁵⁾ 国内では、気候モデルを使用して、日本各地で気
9 温上昇に伴う WBGT 指数の上昇を予測した文献が多数確認されており、
10 ^{522010, 522011, 522019, 522023, 522034, 522041)} SRES A1B シナリオに基づく予測では、2090 年代には、東京・大阪
11 で日中に屋外労働が可能な時間が現在よりも 30～40%短縮し、8 月には 3 分の 2 の日数が重労働に
12 対して安全ではない WBGT 指数となることが予測されている。⁵²²⁰¹⁹⁾

13 RCP 4.5 シナリオに基づく予測では、今世紀末までに、全国各地で WBGT 指数の最低値が上昇し、
14 東京以西では 8 月の日中、「熱中症予防のための運動指針 (日本体育協会)」や「日常生活におけ
15 る熱中症予防指針 (日本生気象学会)」が規定する「安全レベル (熱中症の危険性は少ないが、激
16 しい運動や重労働時には注意が必要)」に相当する WBGT 指数が 21℃以下の日がなくなること、西
17 日本では、皮膚温よりも気温が高くなるため「原則運動禁止」となる日数が 8 月中 20 日を越える
18 ことが予測されている。⁵²²⁰¹⁰⁾ また、過去の夏季の気温の統計データを使用して 2020 年の東京オ
19 リンピックの熱中症リスクを予測した文献が複数見られ、^{522037, 522038, 522052)} 例えば、マラソンコー
20 スで WBGT 指数が「熱中症予防のための運動指針」が規定する「厳重警戒レベル (激しい運動は原
21 則禁止)」となる可能性が指摘されている⁵²²⁰³⁸⁾。将来の熱中症患者発生率を予測した研究 (MIROC
22 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
23 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～
24 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
25 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

1 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。また、2031～2050年、2081～
2 2100年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
3 れば、その影響はより深刻と考えられる。⁵⁰⁰⁹⁾ RCP4.5シナリオに基づくMIROC4hを使用した予
4 測では、2030年代に東京都（特に沿岸部）及び仙台市でWBGT指数の上昇に伴い、熱中症が増加す
5 ること、^{522034, 522041)} 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
6 京都23区と仙台市では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
7 予測されている⁵²²⁰⁴⁶⁾。適応政策に応じた影響量及び適応策の効果を評価した研究においても、熱
8 中症搬送者数は、21世紀半ばのRCP8.5シナリオを前提とした4つのGCMモデルによる予測情報
9 を用いた場合、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
10 きほぼ全県において2倍以上の搬送者数になると見積もられている。⁰⁰⁰³⁾

11 SRES A1Bシナリオに基づいて、熱中症や暑熱による睡眠障害を回避するための支払意思額を予
12 測した事例では、2070年代8月の支払意思額は1970年代の2倍程度、2000年代の1.5倍程度に
13 なることが予測されている。⁵²²⁰¹⁶⁾

14 （重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

15 ● 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

16 【観点】社会

17 年によってばらつきはあるものの、熱中症による搬送者数・医療機関受診者数・死亡者
18 数は全国的に増加傾向にある。患者数の増加は人命損失につながるものであり、また患
19 者の搬送・受入れに必要となる医療機関等への社会的な影響も大きい。

20 ● 緊急性：【評価】高い

21 既に全国的に熱中症搬送者数・死亡者数の増加傾向が確認されており、将来においても
22 増加が予測されている。人命にも関わる影響であり、できるだけ早く対応・意思決定が
23 必要である。

24 ● 確信度：【評価】高い

25 救急搬送患者数・死亡数(人口動態統計)・医療機関受診者数で熱中症患者数の発生(率)
26 の増加傾向には一致がみられる。

27 予測に用いられた温度・影響関数については複数の研究者による研究(救急搬送患者数)
28 でほぼ同様の結果が得られていることに加えて、死亡データにおいても類似の傾向が見
29 られており信頼性は高い。また、気候モデルについても国際的に確立したものが複数使
30 われており信頼性は高い。

1 **【感染症】**

2 **(1) 水系・食品媒介性感染症**

3 (気候変動による影響の要因)

4 **ここでは、水や食物などの媒介物をとおして発生する感染症リスクを取り扱う。**

- 5 ● 気候変動による海水温や淡水温の上昇は、海水中や淡水中の細菌類を増加させ、水系感染症
6 のリスクを増加させることが想定される。
- 7 ● 気温の上昇は、食品の加工・流通・保存・調理の各過程において食品の細菌汚染・増殖を通
8 して、食品媒介性感染症のリスクを増加させることが想定される。

9

10 (現在の状況)

- 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報告されている。
- 外気温と感染性胃腸炎のリスクの間に相関性があることが報告されており、外気温上昇により、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。一方で、外気温が低下すれば、急性下痢発生率が増加することを報告する文献もある。

11

12 近年、温暖で閉鎖性の高い汽水域に多く分布するビブリオ・バルニフィカス菌による感染症が、
13 九州地方で比較的多く報告されている。この菌は下痢・腹痛や皮膚疾患等を起こすもので、海水
14 表面温度及び塩分濃度と菌数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
15 加するが、この20℃の北限線は近年北上する傾向がみられる。^{0001, 531005)} 同様に、海水表面温度の
16 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報告さ
17 れている。^{531002, 531004, 531011)}

18 外気温の変化と水系・食品媒介性感染症の関係性について、外気温上昇により、ロタウイルス
19 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⁵³¹⁰¹¹⁴⁾。一方で、外気温の低下により
20 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日本、香港、台湾を対象とした研
21 究により報告されている。⁵³¹⁰²⁰⁾ また、感染性胃腸炎のリスクについては、13℃未満の環境では外
22 気温が上昇するごとにリスクは増加するが、13℃以上の環境では、外気温が上昇するごとに逆に
23 リスクが低下することが報告されている。^{531018, 531021)}

24 人獣共通感染症であるレプトスピラ症は汚染された下水や河川、泥などにより経皮的・経口的
25 に感染するが、フィリピンやタイなどの東南アジア諸国では台風・豪雨による洪水後に流行が発
26 生しており、国内でも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
27 とによる流行する可能性も考えられる^{531009, 531017)}。

28

29

1 (将来予測される影響)

- 気候変動による感染症への影響として、水系感染症の発生数の増加がおこると考えられている。
- 国外の研究事例ではあるが、豪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予測されており。国内でも同様の影響が発生することが懸念される。
- RCP シナリオを用いた予測では、RCP4.5 シナリオ・RCP8.5 シナリオで、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。

2

3 気候変動による感染症への影響として、水系感染症の発生数の増加がおこると考えられている。

4 ⁰⁰⁰³⁾ ただし、下痢症については、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
5 除いたアフリカ・アジアで将来的に増加するものの、日本では減少することが予測されている。

6 ^{531001, 531013)} また、RCP シナリオを用いた予測においても、RCP4.5 シナリオ・RCP8.5 シナリオで、
7 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。ただし、特に冬
8 季のロタウイルス等のウイルス性の下痢症が減少するとされており、夏季の細菌性の下痢症に対
9 する対策は必要となる点に留意する必要がある。⁵³¹⁰²³⁾

10 一方で、米国を対象とした研究では、豪雨によって飲料水源に下水が流入することにより、消
11 化器疾患が発生する可能性が予測されており⁵³¹⁰¹⁶⁾、国内でも同様の影響が発生することが懸念さ
12 れる。

13 (重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

- 14 ● 重大性：【評価】 影響が認められる

15 外気温の変化に伴い、感染性胃腸炎やロタウイルス感染症、下痢症などの感染症の発
16 症リスク・流行パターンが変化することが報告されており、影響の範囲は全国に及ぶ
17 可能性があるが、人命損失への影響に直接つながるものではない。

- 18 ● 緊急性：【評価】 中程度

19 日本各地で外気温上昇によるロタウイルス流行時期の長期化が報告されており、九州
20 地方ではビブリオ・バルニフィカス菌による感染症が比較的多く報告されているが、
21 将来予測については発現時期（予測時期）が必ずしも明確でない。また、下痢症につ
22 いては将来、罹患率が低下することが予測されている。

- 23 ● 確信度：【評価】 中程度

24 研究・報告は複数みられ、水系感染症の発病数の増加を予測するものがある一方で、
25 下痢症罹患率は将来低下する予測されている。下痢症については、気候予測モデルを
26 使用した予測がされているが、他の水系・食品媒介感染症については、定量的な予
27 測評価が限られている。

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

(2) 節足動物媒介感染症

(気候変動による影響の要因)

ここでは、蚊やダニ等の感染症を媒介する節足動物の分布・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。災害に伴う節足動物媒介感染症リスクについては、「3.8.分野間の影響の連鎖」で取り扱う。

- 気候変動による気温の上昇や降水の時空間分布の変化は、感染症を媒介する節足動物（蚊やダニ等）の分布可能域や個体群密度、吸血行動を変化させ、節足動物媒介性感染症の流行地域の拡大や患者増加のリスクを高める可能性がある。

(現在の状況)

- デング熱を媒介する蚊（ヒトスジシマカ）の生息域が 2016 年に青森県まで拡大していることが確認されている。
- 蚊媒介感染症の国内への輸入感染症例は増加傾向にあり、感染症媒介蚊の生息域や個体群密度の変化を考慮すると、輸入感染症例から国内での感染連鎖の発生が危惧される。
- 実際に、2019 年 9 月に京都府または奈良県でデングウイルスに感染してデング熱を発症した国内感染例が確認された。デングウイルス感染者の移動により、このような散发例の発生リスクは、今後国内各所で増大すると思われる。
- ダニ等（ツツガムシ含む）により媒介される感染症（日本紅斑熱や重症熱性血小板減少症候群（SFTS）やツツガムシ病等）についても全国的な増加傾向や流行時期の変化が確認されている。

媒介動物の分布域が拡大し、活動可能期間が長くなっている。また、国外等から日本で生息していないはずの媒介動物の侵入が懸念される。

2014 年夏には都内の公園を中心に多数の人がデング熱を発症する事象が発生した。2019 年にもデング熱国内流行が関西地方で発生していたことが確認された。⁵³²⁰⁵²⁾ 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。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 年には青森県で定着が確認されている。^{532002, 532005, 532024, 532026)} 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。^{8005, 532003)}

デング熱やチクングニア熱等の国内への輸入感染症例の増加傾向が確認されている。^{532001, 532011, 532019, 532020)} 海外からの日本への入国者の増加によっても、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。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^{532022, 532049)}、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危惧される。

1 ダニ媒介感染症については、日本紅斑熱が全国的に増加傾向にあり、ツツガムシ病は近年患者
2 数の減少傾向がみられるものの、依然として多くの患者が発生している。^{532018, 532021} 日本紅斑熱
3 については、冬季の到来の遅れにより、流行時期が年末にシフトしていること⁵³²⁰²³、ツツガムシ
4 病については、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
5 ることが報告されている⁵³²⁰⁵⁰。さらに、2013年1月にダニ媒介性ウイルス感染症である重症熱性
6 血小板減少症候群（SFTS）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
7 が増加し、2019年は過去最高の100名を超えた。

8 (将来予測される影響)

- 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世紀末には気温がヒトスジシマカの生息に必要な条件に達し、北海道の一部にまで分布が広がる可能性が高い。
- また、ヒトスジシマカの吸血開始日は初春期の平均気温と相関があり、気温上昇が進めば、吸血開始日が早期化する可能性がある。
- 他にも、気温上昇により、日本脳炎を媒介する外来性の蚊の奄美・沖縄地方での分布可能域が拡大する可能性が指摘されている。
- 感染症媒介蚊以外の節足動物も気候変動の影響を受ける可能性はあるが、現時点で日本における感染症リスクの拡大に関する具体的な研究事例は確認されていない。

9
10 媒介蚊の分布に関する定量的評価はあるが、病原体の分布変化（輸入感染症例数等）を考慮し
11 て、患者数を予測した定量的知見は限られている。

12 ヒトスジシマカの分布域を予測した研究（MIROC5、MRI-CGCM3.0等を使用）によれば、全国的な
13 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
14 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。⁰⁰⁰³ さらに、MIROC K1モデル
15 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
16 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
17 可能性が示唆されている。⁵³²⁰³²

18 また、ヒトスジシマカの吸血開始日は初春期の平均気温と相関があり、気温上昇が進めば、吸
19 血開始日が早期化することが予測されている。⁵³²⁰³⁴ 気温の上昇により、2030年までにインド、ブ
20 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
21 スクが増加するといった研究も見られる。⁵³²⁰³⁵

22 ヒトスジシマカ以外にも、気温上昇により、日本脳炎ウイルスを媒介するニセシロハシエカ
23 の鹿児島県以北の地域へも分布域が拡大する可能性が指摘されている。^{532003, 532008} デングウイル
24 スやジカウイルスの主要な媒介蚊であるネッタイシマカは国内には生息しないが、仮に将来3℃
25 の気温上昇が生じて、越冬するために必要な冬季の気温である10℃を上回る地域は国内ではほ
26 んどないと想定されることから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。
27 ⁵³²⁰³¹ しかし、一定の温度が維持されている屋内での越冬の可能性は否定できない。感染症媒介蚊

1 以外の節足動物による感染症についても、気候変動の影響を受けることが想定される。ただし、
2 現時点で日本における感染症リスクの拡大に関する具体的な研究事例は確認できていない。

3 (重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

4 ● 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

5 【観点】社会

6 蚊やダニ等の節足動物が媒介する感染症が発生した場合、影響の範囲は全国に及ぶ可能
7 性がある。人の健康に直接影響するものであり、感染症の発生が拡大すれば、社会的影
8 響も大きい。

9 ● 緊急性：【評価】高い

10 感染症を媒介する節足動物の分布可能域や個体群密度、吸血行動の変化が既に確認され
11 ている。節足動物の分布可能域や個体群密度、吸血行動が変化すれば、患者が発生した
12 場合に感染が拡大することにつながる。また流行地からの日本への入国者の増加や輸入
13 感染症例数や流行地からの移入者数等の増加から、国内での感染連鎖も危惧される。特
14 にデング熱やチクングニア熱は、媒介蚊であるヒトスジシマカの生息域が北海道を除く
15 国内全域に拡大しており、国内感染の発生リスクは増している。

16 ● 確信度：【評価】中程度

17 感染症媒介蚊による感染リスクの拡大という予測傾向は多くの研究で一致している。た
18 だし、病原体の分布変化（輸入感染症事例数等）を考慮した患者数予測に関する知見は
19 限定的である。また、海外で流行し、国内では流行していない節足動物媒介感染症が多々
20 ある。節足動物媒介感染症リスクの予測に関する知見は限定的である。

21

1 (3) その他の感染症

2 (気候変動による影響の要因)

3 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
4 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。災害に伴う感染
5 症リスクについては、「3.8. 分野間の影響の連鎖」で取り扱う。

6 ● 気候変動による気温の上昇や降水量の変化は、水系・食品媒介性感染症や節足動物媒介感染症以
7 外の感染症においても、感染リスクの増加や発生特性の変化をもたらす。

8 ● 気温等の気象条件の変化は、インフルエンザや手足口病、水痘などの感染症類の発症リスクと関
9 係する。ただし、発症には社会的要因、生物的要因の影響も大きい点に留意することが必要で
10 ある。

11

12 (現在の状況)

- インフルエンザや手足口病、水痘、結核といった感染症の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)との関連を指摘する報告事例が確認されている。
- ただし、これらの感染症類の発症には、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。

13

14 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
15 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
16 ザ流行の関係性や、⁵³³⁰⁰⁷⁾ 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
17 こと報告されている⁵³³⁰¹⁵⁾。また、福岡県の事例では、インフルエンザ発生件数とインド洋ダイポ
18 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。⁵³³⁰¹⁰⁾

19 手足口病については、全国を対象とした事例では、日平均気温 12℃～30℃で罹患者が発生しや
20 すくなること、⁵³³⁰¹²⁾ 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
21 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⁵³³⁰⁰⁸⁾。

22 その他、平均気温の上昇に伴い、水痘患者数が増加すること、⁵³³⁰¹¹⁾ 福岡県の事例では、極端な
23 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⁵³³⁰¹³⁾。

24 ただし、これらの感染症類の発症には、社会的要因、生物的要因の影響が大きい点に留意する
25 必要がある。

26

27 (将来予測される影響)

- 気候変動に伴い、様々な感染症類の季節性の変化や発生リスクの変化が起きる可能性がある。

- 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。
- 一方で、インフルエンザ以外のもの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現状では文献が限られているため、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。

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30

インフルエンザ⁸⁰⁰¹⁾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が、文献が限られており定量的評価が困難である。

一方で、緯度や気候の違いによるインフルエンザ流行パターンの違いについては、注目すべき多くの知見が得られている。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。⁵³³⁰¹⁶⁾ 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。^{533017, 533018, 533019, 533020, 533021)} 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。

また、米国や欧州の研究では、気温上昇と抗微生物薬耐性（微生物に対して抗生物質が効かなくなること）の関係性が報告されている。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。^{533023, 533024)}

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

● 重大性：【評価】 影響が認められる

気温等の気象条件の変化は、インフルエンザや手足口病、水痘などの感染症類の発生リスクを変化させる可能性がある。影響の範囲は全国に及ぶ可能性があり、集団感染が起これば社会・経済的影響は大きい。人命損失への影響に直接つながるものではない。

● 緊急性：【評価】 低い

気温等の気象条件の変化と、インフルエンザや手足口病、水痘などの感染症類の発生リスクの相関性が報告されているが、これらの感染症の発症には社会的要因や生物的要因の影響も大きい。

● 確信度：【評価】 低い

インフルエンザに関する知見は一定程度あるが、その他の感染症類に関する知見は限定的である。

1 **【その他】**

2 **(1) 温暖化と大気汚染の複合影響**

3 (気候変動による影響の要因)

4 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
5 影響を取り扱う。

- 6 ● 気候変動による気温の上昇は、オゾン等の大気汚染物質の生成反応を促進させる等により、
7 様々な汚染物質の濃度を変化させることが想定される。

8

9 (現在の状況)

- 温暖化と大気汚染に関して、気温上昇による生成反応の促進その他のメカニズムにより、粒子状物質を含む様々な汚染物質の濃度の変化が報告されている。
- 近年、光化学オキシダント (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。
- 温暖化に伴う O₃ 濃度上昇は、O₃ 関連死亡 (全死亡・循環器疾患死亡・呼吸器疾患死亡) を増加させる可能性がある。

10

11 温暖化と大気汚染に関して、気温上昇による生成反応の促進その他のメカニズムにより、粒子
12 状物質を含む様々な汚染物質の濃度の変化が報告されている。

13 近年、光化学オキシダント (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
14 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。
15 5028, 5030, 541005, 541012, 541022, 541029, 541030, 541036) O₃ は全死亡・循環器疾患死亡・呼吸器疾患死亡との関連が示
16 されており、⁵⁴¹⁰³⁶⁾ 温暖化に伴う O₃ 濃度上昇は、O₃ 関連死亡を増加させる可能性がある。

17 また、気温による大気汚染の健康影響が修飾される可能性が報告されている。国際的には高温
18 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、
19 ⁵⁴¹⁰³⁶⁾ PM10 による呼吸器系死亡等の影響が増強することを示唆する報告もある ⁵⁴¹⁰³⁶⁾。ただし、気
20 候変動による大気汚染の死亡に対する影響について逆の結果を示す報告もあり、現在のところ結
21 論は出ていない。 ⁵⁴¹⁰⁵⁹⁾

22

23

1 (将来予測される影響)

- 産業や交通の集中でオキシダント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オキシダント濃度が上昇し、健康被害が増加する可能性がある。
- 複数の RCP シナリオに基づく、オゾン・PM2.5 による死亡率の予測では、東アジアにおいて、RCP 6.0 シナリオで 2050 年に、その他の RCP シナリオでは 2030 年代に死亡率がピークに達し、その後減少に転じることが予測されている。
- 日本を対象とした研究では、2020 年代までにオゾン・PM2.5 による早期死亡者数が増加することが予測されている。

2

3 産業や交通の集中でオキシダント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
4 いた場合、温暖化によってさらにオキシダント濃度が上昇し、健康被害が増加する可能性がある。

5 ⁸⁰⁰²⁾

6 日本を含む東アジアを対象に、将来のオゾン濃度・PM2.5 濃度による健康影響を予測した研究が
7 ある。複数の SRES シナリオに基づく、2020 年代・2050 年代・2090 年代のオゾン濃度に関する予
8 測では、SRESA2 シナリオを除くシナリオで、2020 年代に夏季のオゾン濃度がピークに達すること
9 が予測されている。⁵⁴¹⁰⁴⁷⁾ また、複数の RCP シナリオに基づく、2030 年代・2050 年代・2100 年代
10 のオゾン・PM2.5 による死亡率の予測では、東アジアにおいて、RCP6.0 シナリオで 2050 年に、そ
11 の他の RCP シナリオでは 2030 年代に死亡率がピークに達し、その後減少に転じることが予測されて
12 いる。⁵⁴¹⁰⁵⁵⁾ 日本を対象とした研究では、2020 年代までにオゾン・PM2.5 による早期死亡者数が増
13 加することが予測されている。⁵⁴¹⁰⁴¹⁾

14

15 ● 重大性：【評価】 影響が認められる

16 光化学オキシダントとオゾン濃度の経年的増加傾向を示す報告が確認されており、増加
17 には温暖化も一部寄与している可能性が示唆されている。オゾン濃度の上昇は循環器系
18 疾患や呼吸器系疾患等による死亡を増加させる可能性がある。国内では、2020 年代ま
19 までにオゾン・PM2.5 による早期死亡者数が増加するが、その後は死亡者数は減少に転じ
20 ると推測されている。

21 ● 緊急性：【評価】 中程度

22 気温上昇による生成反応等のメカニズムの変化により、光化学オキシダントやオゾン、
23 粒子状物質を含む様々な汚染物質の濃度変化が報告されている。それに伴い、死亡者数
24 が増加することが推察される。ただし、PM2.5 による死亡については、2030 年代をピー
25 クに減少に転じることが予測されている。

26 ● 確信度：【評価】 中程度

27 温暖化とオゾンについての複数の研究報告は、温暖化でオゾンの濃度が高まることにつ

- 1 いて確信度は比較的高い。一方で、国際的には気候変動が大気汚染による死亡を低減さ
- 2 せることを示唆する報告もある。
- 3

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22

(2) 脆弱性が高い集団への影響（高齢者・小児・既存疾患者等）

（気候変動による影響の要因）

ここでは、暑熱等に脆弱な高齢者や小児、既存疾患者等への影響を取り扱う。

気温上昇は、暑熱に対して脆弱な高齢者や小児、既存疾患者等に様々な健康影響をもたらす。

（現在の状況）

- 暑熱による高齢者への影響が多数報告されている。日射病・熱中症のリスクが高く、発症すれば重症化しやすいことや、気温が上昇すれば、院外心停止のリスクが増すことが報告されている。
- 熱中症発症リスク・熱中症死亡リスクについては、高齢者と比して屋外で暑熱環境に暴露される可能性が高い 20 代～60 代のリスクが高いことも確認されているほか、所得や社会的地位等の生活水準との関係性を報告する文献も多数見られる。
- 既存疾患者に関しては、呼吸器疾患を持つ高齢者にとっては、睡眠時の暑熱環境が呼吸困難感と身体の調子の低下に影響することが報告されている。また、低温に伴う影響として、高齢者に加えて、高血糖症患者の脆弱性が高く、心血管系死亡を発生させるリスクが高いことが報告されている
- 小児あるいは胎児（妊婦）への影響については、米国の事例では暑熱や下痢症に対する脆弱性が指摘されているが、国内では情報が限定的である。

暑熱による高齢者への影響が多数報告されている。熱中症患者の年齢区分を見ると、高齢者の割合が多く、^{542009, 542019)} 夏季の暑熱環境の長期化に伴い、高齢者の熱中症患者数が増加傾向にあること、^{542010, 542013, 542027)} 自宅寝室等の屋内での発症リスクが高いことが報告されている⁵⁴²⁰¹⁵⁾。また、高齢者は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ことが報告されており、その原因の一つとして、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が指摘されている。^{542011, 542012, 542014, 542023)} 気温が上昇すれば、高齢者の院外心停止のリスクが増加することも報告されている。⁵⁴²⁰⁰⁷⁾ また呼吸器疾患を持つ高齢者にとっては、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も報告されている。⁵⁴²⁰²¹⁾

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暴露される可能性が高い 20 代～60 代の年齢層でリスクが高いとの報告もある。⁵⁴²⁰²⁹⁾

熱中症発症リスク・熱中症死亡リスクについては、所得や社会的地位等の生活水準との関係性を報告する文献も多数見られる。^{542016, 542017, 542018, 542025)}

人口動態統計では、過度の低温への曝露を直接の原因とする死亡者は 1990 年代から増え、60 歳

1 以上で増加している。⁵⁴²⁰⁰¹⁾ 低温と心血管死亡との関連では、高齢者に加えて、高血糖症患者の感
2 受性が高いことが報告されている。⁵⁴²⁰⁰³⁾

3 小児あるいは胎児（妊婦）への影響については、米国では、0～4歳児における暑熱に関連した
4 超過死亡は、高齢者のそれと同程度で、一般成人集団に較べると高い値だったことが確認されて
5 いる。⁵⁰²⁹⁾ また、エルニーニョの年にペルーでは小児の下痢患者数が200%増加、さらには妊婦
6 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事報告されている。⁵⁰²⁹⁾
7 国内での報告事例は、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は検討されている
8 が、国外の知見と比較して結果は一致していない。⁵⁴²⁰²⁰⁾

9

10 (将来予測される影響)

- 脆弱が高い集団への影響について、暑熱により高齢者の死亡者数の増加を予測する文献はみられるものの、既存患者や小児への影響についての情報は限定的である。

11

12 日本を含む高所得太平洋アジア地域を対象とした予測（SRES A1B シナリオを使用）では、2030
13 年代及び2050年代までに、暑熱による高齢者の死亡者数の増加が予測されている。⁵⁴²⁰²⁴⁾

14 一方で、小児影響についての情報が欠落している。^{5018, 5029)} 胎児期や小児の早い段階での環境要
15 因の変動が一生の健康状態に影響を及ぼすという仮説（Developmental Origin of Health and
16 Disease）は、化学物質の影響を対象として多くの検証が行なわれているが、気候変動に関連した
17 要因についてはそれほど情報が集まっていない。

18 ● 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

19 【観点】社会

20 高齢者や小児等は特に暑熱の影響に対して脆弱であり、気温が上昇すれば、熱中症の発
21 症・死亡リスクが増加することに加えて、院外心停止の増加や呼吸器系疾患の悪化など、
22 様々な影響を受けることが想定される。影響の範囲は全国に及び、人命損失への影響に
23 直接つながるものである。

24 ● 緊急性：【評価】高い

25 既に暑熱による高齢者の熱中症患者や院外心停止の増加傾向が確認されており、将来も
26 気温上昇に伴い、影響が増加することが予測される。

27 ● 確信度：【評価】中程度

28 暑熱が高齢者に与える影響に関する知見は多数確認できる。一方で、小児や胎児（妊婦）、
29 既存患者に与える影響に関する知見は限定的である。

30

1 (3) その他の健康影響

2 (気候変動による影響の要因)

3 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
4 扱っている。便宜上一括で扱うが、必ずしも「その他の健康影響」の重要性が低いわけではない。
5 災害に伴う健康影響については、「3.8.分野間の影響の連鎖」で取り扱う。

- 6 ● 気温上昇は、睡眠の質の低下・だるさ・疲労感・熱っぽさなどの健康影響の発生・増加をも
7 たらす。
- 8 ● この他、気象の変化は、腎疾患や腎結石、喘息悪化、口腔の炎症性疾患、疼痛疾患等の様々
9 な疾患のリスクに関係することが想定される。
- 10 ● 気温上昇に伴い、労働効率や教育・学習の効率に影響が生じたり、極端現象（強い台風、熱
11 波・寒波、洪水など）により心身ストレスに影響が生じる。

13 (現在の状況)

- 気温上昇による睡眠の質の低下・だるさ・疲労感・熱っぽさなどの健康影響の発生・増加が報告されている。
- 高温・低温と循環器疾患や呼吸器疾患の発症・救急搬送との関係を指摘する報告もみられる。
- 国内では知見が限定的であるが、国外を対象とした研究では、高温環境にも伴う急性腎障害の発生や労働者の生産性低下、自然災害に伴う精神疾患の発生が報告されており、国内でも同様の影響が生じることが懸念される。

14
15 気温上昇による睡眠の質の低下・だるさ・疲労感・熱っぽさといった健康影響の発生・増加が
16 報告されている。^{543013,543021} 特に、ヒートアイランド現象や熱帯夜の増加により、睡眠障害有症率
17 の増加が確認されており、夏季に夜間最低気温が1℃上昇すれば、睡眠障害有症率が2.3%増加す
18 ることを指摘する文献も見られる⁵⁴³⁰¹¹。これらの関係を基にした、暑熱の健康影響による経済損
19 失を推定した研究結果もある。^{543004,543004}

20 また、救急搬送のデータを用いて、気温と救急搬送の関連性を研究した事例では、高温・低温
21 が循環器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。^{543038, 543039,543041}

22 気温上昇と犯罪発生件数や自殺件数との相関性を報告する文献が見られる。^{543001,543002,543009} ま
23 た、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との相関性を報告す
24 る文献もある。⁵⁴³⁰⁴⁰

25 国外を対象とした事例では、高温環境が、脱水や電解質異常から急性腎障害を起こすだけでは
26 なく、慢性腎障害にも影響を与えることが確認され、これらの影響は特に高齢者で顕著にみられ
27 る。⁵⁴³⁰²⁹ 2000年代に発生した熱波では、電解質異常や腎不全による救急外来受診や入院の増加
28 が温帯地域で確認されている。^{543030,543031} また、熱波の慢性疾患への影響については、虚血性心
29 疾患や脳血管疾患への影響以上に、慢性腎不全を悪化させる影響が大きいという報告もある。

1 ⁵⁴³⁰³²⁾ 最近の地球規模での温暖化の結果、熱波のような事象がおきなくても、暑熱に関連した腎障
2 害の増加が、世界的規模で見られる可能性は高く、日本国内においても定量的リスク評価が求め
3 られる。

4 また、国内では知見は確認できないが、熱波やハリケーン等の自然災害被災者の精神疾患の発
5 症が米国等の国外で報告されており、^{543006,543007)} 今後自然災害が頻発化すれば、国内でも同様の
6 影響が生じると想定される。

7 高温による労働者の生産性低下の可能性も世界的には指摘されているが報告は限られており、
8 社会・経済へのインパクトを考えた場合、これを定量的に評価する努力も必要である。⁵⁰¹⁸⁾

9 スギ・ヒノキ・シラカバ等の花粉飛散量については、気候の温暖化だけでなく土地利用状況の
10 変化など種々の要因にも関係すると想定されるが、年次変動を繰り返しながら増加している傾向
11 にある。^{543049,543050,543051,543052)} スギ花粉飛散量の多い都道府県では、スギ花粉症の有病率が高いこ
12 とが指摘されており、⁵⁴³⁰⁵³⁾ 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
13 ルギー剤投与日数の長期化も報告されるなど、医療費にも大きな影響を与えている⁵⁴³⁰⁵⁴⁾。

14 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、(日本
15 の本州、四国、九州地域を含む) 温帯地域でも報告されており⁵⁰²¹⁾、原因物質シガトキシン類を生
16 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^{5430445 543046)}。同様に感染症ではな
17 いが、熱帯地域でこれまで発生したカビ毒アフラトキシンによるコメの汚染が国内で発生する可
18 能性も実験により明らかとなっている。⁵⁴³⁰⁴⁷⁾

19 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
20 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
21 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
22 確率も高いと言われている。^{543042,543043)} ヒアリは亜熱帯・温帯地域でも生息が可能であることか
23 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。⁵⁴³⁰⁴⁸⁾ この他に、気温上昇によ
24 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、
25 刺咬被害が増加することも懸念される。

26

27 (将来予測される影響)

- SRES シナリオを用いて 2070 年代 8 月の健康影響を予測した文献では、暑熱により、だるさや疲労感、寝苦しさに影響を与えることが指摘されている。
- 過去の統計データに基づいた研究では、気温上昇に伴い、各種犯罪件数（殺人・暴行・窃盗など）と自殺件数が増加することも推測されている。
- 気温上昇に伴い、労働効率や教育・学習の効率に影響が生じたり、極端現象（強い台風、熱波・寒波、洪水など）により心身ストレスに影響が生じることが想定されるが、文献は限定的であり、今後、定量的リスク評価に関する研究が望まれる。

28

29 東京・名古屋・大阪を対象に、2070 年代 8 月の熱中症と睡眠障害を回避するための支払意思

1 額を予測した研究では（SRES A1B シナリオに基づく、MIROC3.2-Medres による予測）、一人当たり
2 りの支払意思額は年々増加し、2070 年代には 1970 年代の 2 倍程度、2000 年代の 1.5 倍程度に
3 増加することが予測されている。睡眠困難と熱中症を比較すると、年代によらず、睡眠困難のほ
4 うが熱中症よりも支払意思額が 2 倍程度高いことも指摘されている。⁵⁴³⁰²⁷⁾

5 また、東京都区内を対象に、2070 年代 8 月の健康影響（月額）を予測した研究では（SRES A2
6 シナリオを使用）、だるさ・疲労感で 2.14×10^9 円、寝苦しさを 3.60×10^9 円、合計 6.82×10^9
7 円の健康影響を及ぼすと推測しており、いずれの症状についても被害量は現状に比べて 1 桁近
8 く増加すること、だるさ・疲労感が昼間気温が上昇する将来においてはさらに大きな被害となり
9 得ることが予測されている。⁵⁴³⁰⁰⁵⁾

10 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
11 た事例では（RCP2.6 シナリオ・RCP8.5 シナリオを使用）、RCP8.5 シナリオにおいて、各種犯罪
12 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パーセント程度増加するこ
13 とが推測されている。⁵⁴³⁰²⁶⁾

14 気温上昇に伴い、労働効率や教育・学習の効率に影響が生じたり、極端現象（強い台風、熱波・
15 寒波、洪水など）により心身ストレスに影響が生じることが想定されるが、文献は限定的であり、
16 今後、定量的リスク評価に関する研究が望まれる。

17 また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
18 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。

19 海水表面温度・塩分濃度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
20 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
21 ラ中毒のリスクが増加することが予測されている。⁵³¹⁰¹²⁾

22
23 ● 重大性：【評価】 影響が認められる

24 気温上昇は睡眠の質の低下やだるさ、疲労感などの身体機能の低下や、腎障害の発症、
25 心身ストレスに影響をあたえることが想定される。影響の範囲は全国に及ぶ可能性がある
26 が、直ちに人命の損失への影響につながるものではない。

27 ● 緊急性：【評価】 中程度

28 ただちに人命への影響にかかわるものではない、という意味では緊急性は低いですが、実際
29 に影響の大きさが無視し得ないと判明した場合、対策が遅れることによって社会・経済
30 的損失が格段に大きくなる可能性については十分に留意する必要があります。

31 ● 確信度：【評価】 中程度

32 取り上げた健康影響の多くが、現時点では具体的な予測研究・報告の量等が限定的であ
33 る。

34 日常生活・社会への影響との区分けが難しい部分もあるが、ここに言及した影響は、基
35 本的には疾病・死亡にもつながる健康影響の表現として捉えることによって、はじめて
36 適切に評価されると考える。

1 3.6 産業・経済活動

2 気候変動は、気温の変化、自然災害の強さや頻度等に変化をもたらし、海外のサプライチェーン等を含む企業活動に影響を及ぼし得るものの、産業・経済活動は多様であり、製造業、商業、
3 医療や海外影響では影響を及ぼすメカニズムがはっきりしていない。また、欧米等の研究事例で
4 は気候変動が安全保障等に影響を及ぼす可能性を示唆しているものの、我が国ではこれらに関する
5 研究が限定的である。
6

7 ● 文献数・構成等の変化

8 第2次影響評価において、産業・経済活動分野全体では合計126件の文献(現状影響72件、将来影響54件)を引用しており、このうち、第1次影響評価から新たに追加された文献は86件である。
9 大項目別に見ると、製造業、エネルギーや建設業において文献数が増加しているものの、分野
10 全体で確認された文献数は、他分野と比較すると、現在の状況及び将来予測される影響ともに
11 少ない。
12

13 第1次影響評価からの構成上の変更点としては、小項目として「その他(その他)」を追加し、
14 他の各小項目で扱うことが適当でない影響を取扱うこととした。

15 ● 気候変動による影響の概要

16 既に農産物を原料とする製品の品質への影響、強い台風等の自然災害の影響によるエネルギー
17 供給の不安定化や商業活動の低下、保険損害の増加、ESG投資の拡大、自然資源を活用した観光業
18 への影響、建設現場の熱中症による死傷者数の増加や建設基準の見直し、洪水や断水による医療
19 施設への影響、更に海外のサプライチェーンへの気候変動の影響が国内企業の活動に影響を及ぼ
20 した事例が生じていることが新たに明らかとなった。その他に、気候安全保障に関する報告等が
21 新たに確認された。

22 また、将来においては、自然災害による生産能力への物理リスクの増加、季節性商品等の需給
23 の変化、保険損害の増加等といった気候変動へのリスクを企業が認識するとともに、新たな需
24 要に応じた商品の開発といったリスクを新たなビジネス機会ととらえる重要性が示唆されている。
25 観光業では、降雪量の変化により観光資源によっては正或いは負の影響が予測されている。海外
26 の影響では、我が国の穀物輸入量の増減と関連商品の価格等に影響が及ぶことが予測されている。

27 ● 重大性・緊急性・確信度評価の概要

28 産業・経済活動は全国に多様な形態で広がっており、気候変動の影響は地域や業種によって異
29 なることに加え、本分野は他分野と比較して研究事例が少ないことから、影響の重大性は「影響
30 が認められる」と評価される傾向が強い。緊急性・確信度においても同様のことが言え、他分野
31 と比較して低く評価される傾向にあった。

32 しかしながら、新たに明らかになりつつある影響として、食料品製造における原材料の品質悪
33 化が製品に及ぼす影響、保険損害の増加、自然資源を活用したレジャーへの負の影響や建設現場
34 での熱中症による死傷者数の増加が見られるため、これらについては重大性が高いと評価された。
35 また、建設業においては、熱中症対策の観点から緊急性が高いと評価された。更に、自然資源を
36 活用したレジャーへの負の影響を予測する事例が複数みられ、確信度が高いと評価された。

37 第2次影響評価より新たに評価を実施した小項目「その他」については、主に気候変動が我が

1 国の安全保障に及ぼす影響について示した。我が国への影響を論じた文献は限定的であることから
2 重大性・緊急性・確信度ともに現状では評価できないとされたものの、我が国にも該当する可
3 能性があるリスクが欧米等の文献から数多く示唆された。

4

5 **【製造業】**

6 **(1) 製造業**

7 (気候変動による影響の要因)

8 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
9 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「その他(海外影響)」
10 で主に扱う。

- 11 ● 気候変動が製造業に影響を及ぼすメカニズムについては、学術的な研究例が数少なく、メカ
12 ニズム自体ははっきりしているわけではない。
- 13 ● 一部の研究例として、平均気温の上昇によって、企業の生産・販売過程や、生産設備立地場
14 所の選定に影響を及ぼすことを示唆するものがある。
- 15 ● また、長期的に起こり得る海面上昇や極端現象の頻度や強度の増加は、生産設備等に直接的・
16 物理的な被害を与えるとするものもある。他方で、新たなビジネスチャンスの創出につなが
17 る場合もあるとの研究例もある。

18

19

20 (現在の状況)

- 気候変化により、様々な影響が想定されるが、現時点で製造業への影響の研究事例は少
数である(調査で確認できた範囲では、長野県茅野市の伝統産業である天然寒天生産に
おける事例、乳白粒のコメの発生が米菓品質に及ぼす影響を実験で確認した事例及び気
候変動等の課題に対応可能な植物工場の稼働数に関する報告など)。
- ただし、製造業は水害により131億円(2017年)の被害が発生しており、豪雨発生回数
の増加による水害リスクの増加が指摘されている。
- CDP気候変動質問書(2017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みる企業が多い結果を得ている。
- 製造業についてはサプライチェーンなどの海外影響が国内の製造業に影響を与えるこ
とについて留意する必要がある。

21

22 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
23 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
24 げられている。^{6001, 611002)}

25 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

1 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。⁶¹¹⁰⁰³⁾

2 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
3 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。⁶¹¹⁰⁰⁴⁾

4 極端現象の頻度や強度の増加に関しては、製造業は水害により 131 億円（2017 年）の被害が発
5 生しており⁶¹¹⁰⁰⁷⁾、豪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
6 摘されている。⁶¹¹⁰⁰⁸⁾ 中小企業には、近年の大規模な自然災害⁵¹⁾により、工場・事務所等の破損や
7 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げ
8 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
9 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。⁶¹¹⁰⁰⁹⁾

10 CDP 気候変動質問書（2017 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
11 の減少に対するリスク要因としての認識が高い（回答した製造業の 53.6%）一方で、既存製品／サ
12 ービスの需要増に対する機会要因としての認識が高い（同 47.5%）結果を得られている。回答にお
13 いて、例えば、海外の製造業者からは、台風が工場設備に与える損害がより頻繁になることによ
14 る設備保守費用等の増加への懸念が示されている。⁶¹¹⁰⁰⁵⁾

15 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
16 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
17 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。⁶¹¹⁰⁰⁶⁾

18

19 (将来予測される影響)

[概要]

- 気候変動による製造業への将来影響が大きいと評価している研究事例は乏しいものの、企業が気候変動をリスクやビジネス機会として認識していることを示唆する報告がみられる。
 - 最も大きな海面上昇幅を前提として、2090 年代において海面上昇により東京湾周辺での生産損失額は、沿岸対策を取らなかった場合、製造業にも多額の損失が生じるとしている研究もある。
 - 現時点で定量的に予測した研究事例ではないが、アパレル業界など、平均気温の変化が、企業の生産・販売過程、生産施設の立地等に直接的、物理的な影響を及ぼすことも懸念される。
 - CDP 気候変動質問書（2017 年）では、気候変動の影響による生産能力への物理リスクや需要増によるビジネス機会を認識している企業が多い結果を得ている。

20

21 海面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

⁵¹⁾ 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。

1 において評価されたシナリオのうち最も海面上昇が大きい海面上昇幅 0.59m を想定した場合⁵²、
2 生産損失額は約 8 兆円に上ると予想されている。⁶⁰⁰²⁾ ただし、海面上昇幅を下回った土地に立
3 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
4 る。

5 平均気温の変化は、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
6 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
7 の生産費用と経営環境等にも影響を及ぼす。⁶⁰⁰³⁾ 例えば、気候に影響を受けやすいアパレル産業
8 では、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げが気温の変化と
9 密接に関係していることが示されている。⁶⁰⁰⁴⁾ また、気候変動は、地域固有の文化・歴史を育む、
10 地域固有の気候に根ざした地場産業にも影響する。⁶⁰⁰¹⁾ なお、産業への影響にはネガティブな影
11 響だけでなくポジティブな影響もあることに留意が必要である。

12 CDP 気候変動質問書 (2017 年) では、気候変動の影響による物理リスクがいずれ (6 年以上)
13 顕在化する可能性が高いと認識している企業が多く (回答した製造業の 34.8%)、気候変動の影
14 響がビジネス機会として得られる可能性が高いと認識している企業が多い (同 53.8%) という結
15 果を得ている。⁶¹¹⁰⁰⁵⁾

16 (重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

17 ● 重大性：【評価】影響が認められる

18 影響の範囲は全国に及ぶ。期間は、影響を与える気候変動のイベントにより異なる。生
19 産過程や施設の立地等に直接影響を及ぼすという報告があるほか、製造業において、多
20 大な生産損失や雇用への影響を予測する報告もある。被災により工場・事務所等の損壊
21 や操業の停止、原材料の調達が困難になるなどの被害が発生しており、中小企業では影
22 響の程度が大きくなる可能性がある。一方で、産業への影響をポジティブに予測する研
23 究もある。

24 ● 緊急性：【評価】低い

25 既に気候変動による地場産業の生産効率が悪化したという事例もあるが、報告事例は限
26 定的である。海面上昇によって立地している製造業に生産損失や雇用への影響が生じる
27 との報告もあるが、2090 年代を対象にした評価でかつ、最も大きな排出を前提とした
28 シナリオの下での評価であり、総合的に判断して、現時点で緊急性が高いと判断する必
29 要性は乏しい。一方で、水害リスクの増加が懸念され、被災した場合の影響は大きいた
30 め、浸水リスクがある地域に立地する事業者の緊急性は中程度と考えられる。

31 ● 確信度：【評価】低い

32 研究・報告数は少数である。気候モデルや排出/濃度シナリオを活用した事例は確認で
33 きていない。研究・報告数が少ないのは、多くの研究者において深刻な影響がないと考
34 えられている可能性や、複雑な関係があり研究としてのアプローチが難しい可能性など

52 海面上昇幅 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。

1 が考えられる。

2

3

4 なお、下記の業種については知見が報告されているため細目として評価を行う。

5 <食料品製造業>

6 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

7 【観点】経済

8 緊急性：【評価】中程度

9 確信度：【評価】中程度

10 農畜水産物は気候変動の影響を受けやすく、それらを原材料とする食料品製造業は、例えば農
11 作物の品質悪化や災害によるサプライチェーンへの影響を通じて、特に原材料調達や品質に対し
12 て影響を受けやすいと考えられ、既に影響が生じ始めている事例が報告されている。

13

14

1 【エネルギー】

2 (1) エネルギー需給

3 (気候変動による影響の要因)

4 本項目では、エネルギー需給量に及ぼす影響を取り扱うが、エネルギー供給インフラへの影響に
5 ついては、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」で主に取り扱う。

- 6 ● 気候変動による気温の上昇などにより、エネルギー需要に正負双方に影響を与える可能性が
7 ある。
- 8 ● 降水量の減少により、水力発電量が全国的に減少するが、地域によっては増加も見込まれる
9 と予測する研究事例がある。
- 10 ● 極端現象の頻度や強度の増加、長期的な海面上昇によるエネルギーインフラへの影響被害に
11 ついては研究事例が少なく、コンセンサスがあるとは言えないものの、強い台風等によるエ
12 ネルギー供給インフラへの被害が確認されており、エネルギーの安定供給に影響を及ぼす可
13 能性がある。

14

15 (現在の状況)

- 現時点では、気候変動によるエネルギー需給への影響に関する具体的な研究事例は少数
である。
- 猛暑により事前の想定を上回る電力需要を記録した報告がみられる。
- 強い台風等によりエネルギー供給インフラが被害を受けエネルギーの供給が停止した
報告がみられる。

16

17 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。⁶²¹⁰¹²⁾

18 強い台風等により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
19 じた事例が報告されている。^{621015, 621016, 621017)}

20 CDP気候変動質問書(2017)の回答によると、業態により、極端な気象条件や暴風雨による送
21 配電システムや通信システムへの被害、平均気温の上昇による暖房や給湯へのガス需要の低下
22 等による業績や財務状況への影響への懸念を示す回答が見られる。⁶²¹⁰¹³⁾

23 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
24 延・停滞の可能性への懸念を示す内容が見られる。⁶²¹⁰¹⁴⁾

25

26

27

28

1 (将来予測される影響)

- 気候変動によるエネルギー需給への将来影響を定量的に評価している研究事例は一定程度あるが、現時点の知見からは、地域的にエネルギー需給量の増減があるものの、総じてエネルギー需給への影響は大きいとは言えない。
 - 気温の上昇によるエネルギー消費への影響について、以下のような予測を示した事例がある。
 - ◇ 産業部門や運輸部門においてはほとんど変化しない
 - ◇ 家庭部門では減少する（気温が1度上昇すると、家庭でのエネルギー消費量は北海道・東北で3～4%、その他の地域で1～2%減少する）
 - ◇ サービス業等の業務部門では増加する（気温が1度上昇すると、業務部門では1～2%増加する）
 - ◇ 家庭、業務部門を併せた民生部門全体では、大きな影響は無い、または地域によっては減少する
 - ◇ 全国的には夏季は気温上昇により冷房負荷が増加し、冬季は暖房負荷が減少する。冷房負荷は低緯度地域ほど増加し、暖房負荷は高緯度地域ほど減少する。
 - 降水量の減少による水力発電量の全国的な減少、日射量の減少による多結晶型太陽電池の発電量の全国的な減少を予測する研究事例がある。

2

3 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、
4 産業部門⁵³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
5 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
6 昇すると、家庭でのエネルギー消費量は北海道・東北で3～4%、その他の地域で1～2%減少す
7 るが、業務では1～2%増加するとしている。また、大阪府を対象としたミクロ評価では、通年
8 で評価をすると都心部では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
9 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
10 ないとの結果が示されている。⁶⁰⁰⁵⁾ 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
11 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
12 とが予測されている。⁶⁰⁰⁸⁾

13 大阪府を対象に、エネルギー消費量と気温との関係について予測を実施した報告では、年間を
14 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
15 ネルギー消費量の年間変動量が2.5 PJ/年の増加と突出しており、運輸部門では0.2 PJ/年の増
16 加にとどまるとの結果が示されている。⁶⁰⁰⁷⁾ また、やはり大阪府において、気温が1℃変化した
17 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

53 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6005では明示されていない。

1 供給量の変動度が上昇することが示されている。⁶⁰⁰⁹⁾ さらに、東京都を対象に気温とエネルギー
2 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
3 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。⁶⁰⁰⁸⁾

4 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
5 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
6 前提としたRCM20による予測）。^{621001, 621009)} 都市域を対象とした予測では、名古屋市域では、気温
7 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し（SRES A2 シナリオを前
8 提としたMIROC3.2による予測）^{621006, 621010)}、東京都内のオフィスビルでは、近未来にかけて、暖
9 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
10 いる（SRES A1B シナリオ及びB1 シナリオを前提とした予測）⁶²¹⁰⁰⁷⁾。

11 これら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
12 るとする報告もある。⁶⁰¹⁰⁾

13 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
14 や降雨の時空間分布の変化、海面上昇、極端な気象現象や、それに伴う自然生態系の変化などは、
15 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
16 与えることが予想されている。⁶⁰⁰⁶⁾

17 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
18 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ネガティブな影響を被る、つまり
19 エネルギー需要は低下することを予測している。⁶⁰¹¹⁾ ただし、これはエネルギー需要の変動対象
20 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
21 要の変動は考慮されていないことに留意が必要である。

22 再生可能エネルギーの観点では、将来の水力発電ポテンシャルについて予測した研究では
23 （RCP8.5 シナリオを前提としたMRI-AGCM3.2S予測）、降水量の減少と流況の変化により、現状の
24 設備が維持された場合、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
25 量の大幅な増大（北海道で約17%の増加）が見込まれることが予測されている。⁶²¹⁰⁰⁴⁾ 一方で、太
26 陽光発電に関しては、多結晶型太陽光発電機の場合、日射量の減少と太陽光発電セル内の温度
27 上昇による発電効率低下により、太平洋側の一部地域で、1990年代と比較して2040年代に発電
28 量が10%程度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予測で気候予測モ
29 デルの記述は見られない）。⁶²¹⁰⁰⁸⁾ 将来の風力についてRCP4.5 シナリオ及び8.5 シナリオにおい
30 て日本で風力が減少することを予測した事例がある（RCP8.5 シナリオ、RCP4.5 シナリオを前提と
31 した予測）。⁶²¹⁰¹⁸⁾

32
33 （重大性、緊急性、確信度の評価と根拠）

34 ● 重大性：【評価】影響が認められる

35 影響の範囲は全国に及ぶ。影響の及ぶ期間は、影響を与える気候変動のイベントによ
36 り異なる。エネルギー消費量が気候変動によって変動するという報告や、発電所にお

1 ける災害の増加や発電効率の低下を招くとする報告、エネルギー需要は産業や業務等
2 の部門や地域によって増減するとした報告がある。エネルギー需要全体としては、そ
3 れほど大きな影響がない、または減少することが予測されている。現時点で重大な影
4 響があると判断されるような材料は乏しい。ただし、エネルギー供給の観点では、強
5 い台風等によりエネルギー供給インフラが損壊する事例が報告されており、エネルギ
6 ーの安定供給に影響を及ぼす可能性がある。

7 ● 緊急性：【評価】低い

8 既に気候変動によるエネルギー消費の変化が顕在化しているかどうか、また、将来の
9 いつ頃に影響が生じるかについては、既往の知見は一定程度みられるものの、現時点
10 で緊急性が高いと判断する材料は乏しい。

11 ● 確信度：【評価】中程度

12 研究・報告数は一定程度ある。気候モデルや排出/濃度シナリオを活用した事例は、空
13 調需要に関する研究や再生可能エネルギーのポテンシャルの変化に関する研究が見ら
14 れる。気温の上昇によるエネルギー需給の変化や海面上昇等によるエネルギーインフ
15 ラ設備への影響が生じることについての整合は一定程度認められる。研究・報告数が
16 少ないのは、多くの研究者において深刻な影響がないと考えられている可能性や、複
17 雑な関係があり研究としてのアプローチが難しい可能性などが考えられる。

18

1 【商業】

2 (1) 商業

3 (気候変動による影響の要因)

4 本項目では国内の商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
5 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「その他（海外影響）」
6 で主に扱う。

- 7 ● 気候変動が商業に影響を及ぼすメカニズムについては、要因が複雑であり、また、メカニズ
8 ム自体ははっきりしているわけではないが、気象の変化による商業活動への影響について一定
9 程度の報告が見られる。
- 10 ● 気候の変化によって、季節性を有する製品の売上げや、企業の販売計画に影響を及ぼすこと
11 を示唆する研究がある。気候の変化に適切に適応できれば、新たなビジネスチャンスの創出
12 につながるという考え方もある。

13

14 (現在の状況)

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">● 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。● 急激な気温変化や豪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事例、豪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。 |
|--|

15

16 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。

17 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。

18 ・ 平均気温の上昇に伴い冷たい飲料の販売数が増加する。飲料の種類によって販売数が増加
19 する気温が異なる ^{631001, 631003}

20 ・ 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 ⁶³¹⁰⁰²

21 急激な気温変化や豪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、豪雨や
22 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。

23 ・ 急激な気温の変化や局地的な豪雨の増加などにより、季節商品の需要予測が難しくなっ
24 ている ⁶³¹⁰⁰⁴

25 ・ 中国地域では、平成 30 年 7 月の豪雨等により、百貨店での売上げやスーパーでの衣料品の売
26 上げが低下したが、スーパーやドラッグストアでは飲料水、缶詰等の売上げが増加し、ホームセ
27 ンターでは土のう袋やブルーシートの売上げが増加した ⁶³¹⁰⁰⁶

28 ・ 近畿地方では、平成 30 年の二度にわたる台風上陸による臨時休業や関西国際空港の一時閉

1 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⁶³¹⁰⁰⁷⁾

2 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
3 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、
4 食中毒等の増加に対するリスク等が懸念されている。⁶³¹⁰⁰⁸⁾

5 (将来予測される影響)

- 日本における気候変動による商業への将来影響を評価している研究事例は乏しく、商業への影響は現時点では評価できない。
 - アパレル業界では、気候変動は季節性を有する製品の売上、販売計画に影響を与えると指摘する研究がある。
 - 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する研究がある。
 - 2014年のCDPの報告において、海外でのアパレル、ホテルなどの企業が、今後気候変動に関連して生じる自社への影響やそれに伴う経済損失を試算し、評価した例がある。

6

7 アパレル業界では、気候変動は季節性を有する製品の売上、販売計画に影響を与えると指摘
8 する研究がある。⁶⁰⁰⁴⁾ 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
9 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、魚介類および肉類の需要をほ
10 ぼ年間を通して減少させる効果があると指摘している。⁶³¹⁰⁰⁵⁾ 2014年のCDPの報告において、個
11 別の企業や業界がこれまで被ったと考える影響を試算したり、今後の経済損失や影響を試算し
12 たりした海外の事例（一部、現在の状況に関する事例も含む）があり⁶⁰¹²⁾、日本の個別企業、業
13 界においても同様の例がありうると考えられる。

14 ・ アパレル：降雨や干ばつといった降水の時空間分布の変化は綿花の収穫減少と綿花価格の上
15 昇をもたらす。異常気象は消費行動の変化を通じてビジネスへの打撃となる。

16 ・ ホテル：平均気温の変化は、光熱費の増加となりコストアップにつながる。

17 ・ 小売：異常気象により店舗の閉鎖を余儀なくされる。

18

19 (重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

20 ● 重大性：【評価】影響が認められる

21 強い台風が小売店等の売上に影響した事例があるものの、商業は規模・業種も多様で、
22 気候変動からの直接的な影響や消費行動の変化やエネルギーコストの変化などを通じ
23 た間接的な影響もあることから、判断する材料に乏しい。

24 ● 緊急性：【評価】低い

1 強い台風による小売店等の売上への影響を報告する事例が見られるものの、商業は規
2 模・業種も多様で、気候変動からの直接的な影響や消費行動の変化やエネルギーコスト
3 の変化などを通じた間接的な影響もあることから、商業として緊急性が高いと判断する
4 材料に乏しい。

5 ● 確信度：【評価】低い

6 現状の影響に関する研究・報告は一定程度あり、強い台風等による小売店等の売上への
7 影響が見られる点においては一定の傾向を示している。将来の影響に関する研究・報告
8 数は少数である。気候モデルや排出/濃度シナリオを活用した事例は確認できていない。
9 これらから、商業として確信度が高いと判断する材料に乏しい。

10

11 なお、下記の業種については知見が報告されているため細目として評価を行う。

12 <小売業>

13 重大性：【評価】影響が認められる

14 緊急性：【評価】中程度

15 確信度：【評価】中程度

16 季節商品の需要予測が難しくなっていることや強い台風がスーパー等の売上に影響した事例等が
17 複数見られ、地域によって度合いは異なるものの小売業に影響が及ぶ可能性がある。また、気象
18 災害によるインフラの損壊等や調達先の被災は商品の調達にリスクを及ぼす。中小企業ではこれ
19 ら影響・リスクの程度が大きくなる可能性がある。

20

1 **【金融・保険】**

2 **(1) 金融・保険**

3 (気候変動による影響の要因)

4 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
5 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「その他（海
6 外影響）」で主に取り扱う。

- 7 ● 気候変動による極端現象の頻度や強度の増加に伴う自然災害の増加は、保険損害とそれに伴
8 う保険支払額を増加させる可能性がある。
- 9 ● 極端現象の頻度や強度の増加、将来の気候の不確実性の増加は、保険引受の際の保険料計算
10 やリスク分散のあり方に影響を及ぼす可能性がある。
- 11 ● 一方で、気候変動リスクに適切に対処できれば、保険業に対して新たなビジネス機会が生じ
12 ることも想定される。
- 13 ● 気候変動による極端現象の増加に伴う自然災害などにより、金融業に対して資産の損害など
14 の脅威がある一方、気候変動リスクに適切に対処できれば、ビジネス機会が生じることも想
15 定される。

16
17 (現在の状況)

- 1980年からの約30年間の自然災害とそれに伴う保険損害の推移からは、近年の傾向として、保険損害が著しく増加し、恒常的に被害が出る確率が高まっていることが確認されている。
- 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を必要としているとの報告もなされている。
- 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たことや、投資判断において投資先の気候変動リスクや企業のESG（環境、社会、ガバナンス）に関する情報が重要になっていることが報告されている。
- 日本における金融分野への影響については、具体的な研究事例が確認できていない。

18
19 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
20 の報告がある。他方で、金融分野への具体的な影響については確認できていない。

21 1980年からの約30年間の自然災害とそれに伴う保険損害の推移を見ると、近年の傾向として、
22 社会的・経済的要因とも相まって、保険損害が著しく増加し、恒常的に被害が出る確率が毎年高ま
23 っている。^{6013, 6016} その結果保険金支払額が増大し、保険会社の経営への影響が増している。^{641004,}
24 ^{641012, 641013, 641014, 641015, 641016} 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

1 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
2 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
3 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
4 散の新たな手法の開発が必要となっている。⁶⁰¹⁶⁾ なお、保険会社等からなる損害保険料率算出機
5 構は、自然災害による保険金支払いが増加していること、IPCC 第五次評価報告書等近年の気候変
6 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
7 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 年に引き下げている。^{6017, 641005)}

8 金融分野では、投資先の気候変動リスクや企業の ESG（環境、社会、ガバナンス）に関する情報
9 が、投資判断において重要視されるようになってきている。^{641002, 641009, 641010)}

10 CDP 気候変動質問書（2017）の回答では、気候変動の影響による物理リスクとして運用コストの
11 増加に対するリスク要因としての認識が高い（回答した金融業の 44.8%）一方で、既存製品／サー
12 ビスの需要増に対する機会要因としての認識が高い（同 36.7%）結果を得ている。回答において、
13 例えば、極端な気象現象の頻度と深刻度についての不確実性が高まる結果としてのクレームへの
14 対応費用に与える影響の増大、資産所有者への重大な財務的影響をもたらすことが重大な請求に
15 つながる可能性やコンピューターセンターへの被害によりオンライン取引が出来なくなること等
16 が示されている。⁶⁴¹⁰¹⁵⁾

17 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
18 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
19 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。⁶⁴¹⁰¹⁶⁾

20

21 (将来予測される影響)

- 自然災害とそれに伴う保険損害が増加し、保険金支払額の増加、再保険料の増加が予測されている。ただし、現時点では、日本に関する研究事例は限定的にしか確認できていない。
- 不動産の観点から気候変動と社会経済の変化による水災害リスクの分析を行った研究事例がある。
- 現時点で日本に関して定量的に予測をした研究事例は限定的であるものの、以下のような影響も想定される。

(保険業)

- 付保できない分野の登場、再保険の調達困難などの脅威
- 保険需要の増加、新規商品開発の可能性などのビジネス機会。

(金融業)

- 資産の損害や気象の変化による経済コストの上昇などの脅威
- 適応事業融資、天候デリバティブの開発などのビジネス機会

- 金融分野への影響については、現時点で日本に関する具体的な研究事例は確認できていない。

1

2 日本においても、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
3 れ、再保険料の増加が予測されている。⁶⁰¹⁶⁾ ただし、その定量的な予測の方法については明示さ
4 れていない。

5 なお、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損害額について定量的予測
6 を示している。1つのシナリオ⁵⁴⁾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
7 とも1回は生じさせるとの予測を示している。⁶⁰²⁰⁾ また、保険・金融業への影響リスクについて
8 定性的に整理されている。保険業については、付保できない分野の登場、再保険の調達困難など
9 の脅威がある一方、保険需要の高まり、新規商品開発の可能性などビジネス機会が生じると示さ
10 れている。金融業については、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脅
11 威がある一方、適応事業融資、天候デリバティブの開発などのビジネス機会が示されている。^{6016、}
12 ^{6019、6020、641015、641016)}

13 沖縄を除く日本全土を対象に、気候変動による稲作不良に対する保険金支払額の影響評価を行
14 った研究では(SRES A2シナリオを前提としたMRI-CGCM2による気候予測情報を使用)、政府の稲
15 作不良への保険金支払い額は、日本全体で、2070年代に1990年代の支払額の87%に減少すると
16 予測している。これは、冷夏が減少するためである。北海道、東北地方で支払い額が減少する一
17 方で、関東、北陸、近畿地方で支払額が増加すると予測している。⁶⁰²¹⁾

18 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
19 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
20 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
21 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
22 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
23 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
24 等の市場メカニズムに自然災害リスクを反映させていく等の検討が必要であるとしている。⁶⁴¹⁰¹¹⁾

25 CDP気候変動質問書(2017)では、気候変動の影響による物理リスクが1~3年で顕在化する可
26 能性が高いと認識している企業が多く(回答した金融業の28.1%)、気候変動の影響がビジネス機
27 会として得られる可能性が高いと認識している企業が多い(同63.7%)という結果を得ている。
28 ⁶⁴¹⁰¹⁵⁾

29

30 (重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

- 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

54 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。

1 【観点】 経済

2 社会的・経済的要因とも相まって、日本を含め、世界的な自然災害に伴う損害額の増
3 大が予測され、こうした自然災害による損害リスクに適切に対処できない場合、時間
4 とともに、保険業をはじめとする様々な業種に多大な影響を及ぼすと予測されてい
5 る。保険業界では、再保険を通じてリスクを移転することが一般的だが、再保険はグ
6 ローバルにリスクを移転する制度であるため、自然災害に伴う世界的な損害額の増大
7 は日本の保険業にも影響を及ぼすことが予測されている。保険料の値上がりや付保条
8 件の変更などは保険業のみならず社会への影響も大きい。他方で、こうしたリスクに
9 適切に対処することができれば、ビジネスの機会ともなり得る。

10 金融分野では、投資先の気候変動リスク等を含む企業の ESG（環境、社会、ガバナ
11 ンス）に関する情報が、投資判断において重要視されるようになってきており、国内企
12 業の活動に影響を及ぼす可能性がある。

13
14 ● 緊急性：【評価】 中程度

15 既に保険業については自然災害に伴う保険損害の増大による影響があり、一定の対応
16 が始まっている。金融分野では、ESG を投資判断の一部とする金融機関の取り組みが
17 見られる。日本において影響が生じる具体的な時期や規模については、既往の知見が
18 確認できていない。ただし、自然災害による損害分野については対応を早期に検討
19 し、準備するという意味で緊急性は高い。

20
21 ● 確信度：【評価】 中程度

22 研究・報告数は一定程度あるが、日本に関する学術研究の数は限定的で、モデル、シ
23 ナリオを用いた定量的予測も限定的である。他方で、保険業界において一定の定量的
24 予測が行われている。自然災害に対する保険金支払額は増加しており、この点におい
25 て確信度は高い。

1 **【観光業】**

2 **(1) レジャー**

3 (気候変動による影響の要因)

4 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
5 工施設、屋内におけるレジャーは扱っていない)。

- 6 ● 気候変動による気温の上昇、降雨量・降雪量や降水の時空間分布の変化、海面の上昇などは、
7 自然資源(森林、雪山、砂浜、干潟等)を活用したレジャーに対して、活用可能な場・資源の
8 消失や減少、活動に適した期間の変化等の影響を及ぼす可能性がある。
- 9 ● 極端現象の頻度や強度の増加は、自然資源を活用したレジャーに対して、活用可能な場・資
10 源に影響を及ぼす可能性がある。

11

12 (現在の状況)

- 気温の上昇、降雨量・降雪量や降水の時空間分布の変化、海面の上昇は、自然資源(森
林、雪山、砂浜、干潟等)を活用したレジャーへ影響を及ぼす可能性があるが、現時点
で研究事例はスキー場への影響を除いて限定的にしか確認できていない。
- 観光資源である滝の凍結度や流氷の減少、スキー場における積雪深の減少のほか、厳島
神社での台風・高潮被害の増加が報告されている。

13

14 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。^{2003, 651004)}

15 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⁶⁵¹⁰⁰¹⁾こと、世界遺産が位
16 置する知床半島の流氷が減少していること⁶⁵¹⁰¹³⁾、広島県厳島神社で台風・高潮被害が増加傾向
17 にあること⁶⁵¹⁰¹¹⁾といった、観光資源への影響が全国で報告されている。

18 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
19 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
20 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。⁶⁵¹⁰¹⁰⁾

21 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、
22 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
23 る利益損失が挙げられている。⁶⁵¹⁰¹⁵⁾

24

25 (将来予測される影響)

- A1Bシナリオを用いた予測では、2050年頃には、夏季は気温の上昇等により観光快適度⁵⁵⁾
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。

55 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。

- スキーに関しては、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において積雪深が減少すると予測されている。また、積雪量の減少により来客数・営業利益の減少が予測されている。
- 積雪量の減少により交通負担が軽減することで社寺への来客数が増加すると予測する研究がある一方で、原生林の衰退により世界自然遺産登録が抹消されると想定した場合に来客数が減少すると予測している研究もある。
- 海面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。

1

2 気候変動が観光快適度（TCI：Tourism Climate Index）に及ぼす影響を予測した研究（A1Bシ
 3 ナ気候変動が観光快適度（TCI：Tourism Climate Index）⁵⁶に及ぼす影響を予測した研究（A1Bシ
 4 ナリオを前提とした MIROC3.2、および CMIP3 から5モデル（CSIRO-Mk3.5、MPI-ECHMAN5、GFDL-
 5 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、2050年頃⁵⁷に
 6 は、観光快適度が観光適値（50）を超える地域は、現在、北緯25度以南であるが、将来、このラ
 7 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
 8 本全土でTCIが低下し、近畿地方では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
 9 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。
 10 ⁶⁰²³ また、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
 11 は、2050年、2100年いずれにおいても、日本の観光部門ではポジティブな影響となることを予
 12 測している。⁶⁰¹¹

13 気候変動のレジャーへの影響は、レジャーのタイプによっても異なる。スキーに関しては、2031
 14 ～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
 15 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。⁶⁰²² 富山県のスキー場に及ぼす影響を
 16 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
 17 ば、今世紀後半（2075～2099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、
 18 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。⁶⁵¹⁰⁰³

19 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（A1Bシナリオを前提とし
 20 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
 21 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
 22 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
 23 加することを予測している。⁶⁵¹⁰⁰⁸

24 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
 25 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

56 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。⁶⁰²³

57 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年を対象である。

1 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
2 価値の損失を予測している。⁶⁵¹⁰⁰²⁾

3 また、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
4 いくつか見られる。先行研究^{4059, 4060)}の結果を踏まえて、30cm、65cm、100cmの海面上昇により
5 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
6 価値を試算した例では、それぞれの海面上昇幅において、522 億円/年(現在価値 13,044 億円)、
7 753 億円/年(同 18,829 億円)、832 億円/年(同 20,811 億円)としている。⁶⁰²⁴⁾ また、前述し
8 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⁵⁸⁾及び消費者余
9 剰⁵⁹⁾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
10 としている。⁶⁰²⁹⁾ 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
11 被害額(レクリエーション価値の損失)を試算した例では、海面上昇幅 30cm、65cm でそれぞれ約
12 290 億円/年、約 530 億円/年としている。⁶⁰²⁸⁾

13

14 (重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

15 ● 重大性：【評価】影響が認められる

16 観光部門全体としては、スキー等の自然資源を活用したレジャーにおいては主にネガテ
17 ィブな影響を受けるとする事例がみられるものの、地域によっては観光快適度の上昇や
18 降雪量の減少によるポジティブな影響を受けるとする報告もあるためだが、影響が認め
19 られる。

20 ● 緊急性：【評価】中程度

21 適応の着手時期について述べている既往の知見は確認できないが、既に暖冬によるスキ
22 ー場への影響が報告されている。既に影響が生じているところも見られるが、影響の範
23 囲は限定的であり、緊急性は中程度である。

24 ● 確信度：【評価】高い

25 個々のレジャータイプ毎(スキー、森林、干潟、砂浜等)の研究・報告数はそれぞれ限
26 定的であるものが多いが、全体では比較的多くある。モデル、シナリオを用いた定量的
27 予測も少数ある。結果は合理的で整合的でもある。RCP(代表的濃度経路)シナリオに
28 基づいた試算もあり、見解の一致度は高いといえる。このことから、確信度は高いとい
29 える。

30

31

32

58 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。

59 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)

- 1 なお、下記の業種については知見が報告されているため細目として評価を行う。
- 2 <自然資源を活用したレジャー業及び関連するサービス業>
- 3 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる
- 4 【観点】経済
- 5 緊急性：【評価】中程度
- 6 確信度：【評価】高い
- 7 スキー場や海岸部等の自然資源を活用したレジャーについては、主にネガティブな影響が予
- 8 測されている。これらは、地域における観光産業への影響にもつながる。経済的な損失から、
- 9 自然資源を活用した観光業に依存している地域や住民にとっては、重大性が大きく、緊急性、
- 10 確信度は全体の評価と同様である。
- 11
- 12

1 **【建設業】**

2 **(1) 建設業**

3 (気候変動による影響の要因)

4 本項目では、気候変動による建設業への二次的な影響を取り扱うが、自然災害・沿岸域分野や
5 国民生活・都市生活分野の小項目「都市インフラ、ライフライン等」では、気候変動による建築
6 物への直接的な影響を取り扱う。

- 7 ● 気候変動による極端現象の頻度や強度の増加は、建築物の性能を確保するための設計条件・
8 基準や、建設工事の現場等へ直接的な被害を及ぼすことが想定される。
- 9 ● 気温の上昇などが建築物の建材や構造健全性に影響を及ぼすことが想定される。
- 10 ● 洪水や高潮等によるインフラ等への被害のほか、適応策の導入を通じて、建設業に間接的な
11 影響を及ぼすことも想定される。

12

13 (現在の状況)

- 現時点で、建設業への影響について具体的な研究事例が一定程度確認されている。
- 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。
- 建設現場における熱中症の発生率が増加している。
- 建築物への風や積雪による荷重、空調負荷、洪水等による浸水対応など、建築物の性能を確保するための設計条件や基準・指針の見直しの必要性が検討されている。
- 日本建築学会では、建築物の気候変動への対応に関し、自助・公助の課題、設計基準の見直しの必要性等が示され、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。

14

15 建設業への影響については、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対策
16 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
17 されている。^{661002, 661003, 661005)}

18 建設現場における熱中症の発生率が増加しており、職場における熱中症による死傷者数をみ
19 ると、建設業は死傷者数、死亡者数ともに全産業中で最も多い。⁶⁶¹⁰⁰⁹⁾

20 建物への被害では、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
21 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
22 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筋建物の屋根が
23 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
24 緩い建物で屋根が崩落した事例等が報告されている。⁶⁶¹⁰¹⁰⁾

1 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
2 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
3 対する課題、設計基準の見直しの必要性等が示され、気候変動に適応した建築計画・都市計画の
4 在り方が議論されている。^{661006, 661011, 661012)}

5 CDP 気候変動質問書 (2017) の回答によると、降水パターンの変化により、下水道の水量が急
6 激に増加することで下水管の更新工事の遅延が懸念されることや、国外企業の回答では極端な
7 降水量の変化による遅延、損失及び損傷にさらされることへの懸念を示す回答が見られる。⁶⁶¹⁰⁰⁷⁾

8 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
9 が懸念されている。⁶⁶¹⁰⁰⁸⁾

10
11 (将来予測される影響)

- 日本建築学会において、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。
- 関東地域の夏季において建築物の空調熱負荷が増加すると予測されている。

12
13 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
14 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
15 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
16 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。<sup>661011,
17 661012)</sup>

18 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
19 (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
20 ~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。⁶⁶¹⁰⁰⁴⁾

21
22
23 (重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

- 24 ● 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

25 日本建築学会で建築物の設計基準の見直しが議論されていること等に留意が必要である
26 が、現時点で、予測・評価をした研究事例は限定的である。しかしながら、極端な
27 気象現象による建築物の被害が発生していることに加えて、建設現場での熱中症の発
28 生率が増加しており、これらの点から、重大性は特に大きいといえる。

- 29 ● 緊急性：【評価】高い

30 日本建築学会で建築物の設計基準の見直し等が議論されていることや、建設現場での
31 熱中症の発生率が増加しており、職場における熱中症による死者数、死傷者数を見

1 ると、建設業は全産業中で最も多いことから高いと考えられる。

2 ● 確信度：【評価】低い

3 現時点で、日本建築学会で影響やリスクが議論されるなどが見られるが、予測・評価
4 をした研究事例は限定的であり、確信度の評価は低い。これについては今後更なる調
5 査・研究が必要である。ただし、建設現場での熱中症の発生率の増加については、一
6 定の傾向がみられており、確信度は高い。

7

1 **【医療】**

2 **(1) 医療**

3 (気候変動による影響の要因)

4 本項目では、医療産業への影響を取り扱うが、健康分野では人の健康そのものへの影響を取り
5 扱う。

6 ● 気候変動による気温の上昇は、熱中症のリスク、水や節足動物等により媒介される感染症の
7 リスク等を拡大させることが懸念されていることから、医療産業に対しても何らかの影響を
8 与えることが想定される。

9 ● また、極端現象の頻度や強度の増加に伴う災害リスクの増加や降雨量の変化に伴う渇水の増
10 加は、医療に影響を及ぼすことも想定される。

11

12 (現在の状況)

- 現時点で、医療産業への影響について、以下のような影響や報告が一定程度見られる。
 - 断水や濁水による人工透析への影響や気温と救急搬送量との関係等に関する研究報告
 - 熱帯あるいは亜熱帯地域に存在する病原細菌への国内での感染事例
 - 洪水による浸水が発生した医療機関への被害事例

13

14 自然災害や豪雨による断水、濁水が人工透析に及ぼす影響が報告されている。^{6031, 6032, 6033)}

15 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
16 搬送量に影響することが報告されている⁶⁷¹⁰⁰³⁾。福岡県でのデータを用いて分析した事例では、
17 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。⁶⁷¹⁰⁰⁵⁾

18 また、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
19 国内での院内感染の事例が報告されている。⁶⁷¹⁰⁰⁴⁾

20 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
21 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
22 に関じ込められたことが報告されている。⁶⁷¹⁰⁰¹⁾

23 民間企業の環境報告書等において製薬会社では、感染症薬の需要が増加した場合に供給不足
24 となるリスク、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
25 ている。⁶⁷¹⁰⁰⁶⁾

26

27 (将来予測される影響)

現時点で、医療産業への影響について具体的な研究事例は確認できていない。ただし、

健康への影響については、「3.5 健康」を参照されたい。

1

2

3 (重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

4 ● 重大性：【評価】 影響が認められる

5 現時点で、予測・評価をした研究事例は確認できていない。気温と救急搬送量との関係
6 に関する報告、亜熱帯性病原細菌への院内感染の事例や豪雨による医療機関の浸水被害
7 事例等が報告されているものの、判断する材料に乏しい。

8 ● 緊急性：【評価】 中程度

9 現時点で、豪雨による医療機関の浸水被害等が報告されており、中程度と考えられる。

10 ● 確信度：【評価】 低い

11 現時点で、豪雨による医療機関の浸水被害の事例等の報告は見られるものの、予測・評価
12 をした研究事例が確認できていないことから確信度の評価は低い。

13

1 【その他】

2 (1) その他 (海外影響等)

3 (気候変動による影響の要因)

4 本項目では、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、
5 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
6 響など)を取り扱うが、農業・林業・水産業分野の小項目「食料需給」では、主にコメ・トウモロ
7 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。

8 ● 気候変動による日本国外での影響が、サプライチェーンや日本国内の産業・経済に影響を及
9 ぼすメカニズムについては、要因が複雑であり、メカニズム自体ははっきりしているわけでは
10 ないが、海外での自然災害が国内企業の活動に影響を及ぼした事例や、将来の影響を研究す
11 る事例が蓄積されてきている。

12 ● 英国外で生じた気候変動の影響が英国内に及ぼす影響を分析した事例では、以下のような影
13 響について言及している。

14 ▶ 海外にサプライチェーンを持つ企業は、現地での気候変動による海面上昇あるいは極端
15 現象の頻度や強度の増加等により、経済活動上の直接的・物理的な被害を受ける可能性
16 がある。

17 ▶ 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の変更
18 を引き起こし、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遅れや輸送
19 費用の増加等に繋がる可能性がある。

20 ▶ 気候変動による極端現象の頻度や強度の増加などにより、エネルギーの輸入先において
21 エネルギー関連インフラが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
22 格等に影響を与える可能性がある。

23 ▶ 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、水温の変化により、輸入
24 している農水産物が不作となり、農水産物の輸入価格に影響を与える可能性がある。

25 ▶ 気温の上昇などに伴う感染症パターンの変化は、海外における感染症の媒介者を増加さ
26 せ、国内への移住や旅行を通じて国内で拡大させる可能性がある。

27
28 (現在の状況)

- 気候変動による日本国外での影響が日本国内や日系企業に及ぼす影響について、**研究事例が少数見られる。**
- 気候変動の影響として予想される海外の影響事例が報告されている。例えば、**海外の穀物生産地で生じた干ばつにより食料価格が上昇した事例がある。**2011年のタイ国チャオプラヤ川の洪水では、多数の日系企業に被害をもたらし、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を約3,150億円と試算している事例や、**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・津波に対する額を上回ったと報**

告している事例がある。

現時点で収集された文献からは、気候変動による国外での影響が日本国内に影響しているとの報告は確認できていない。しかし、IPCC の報告では、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。⁰⁰⁰⁵⁾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。⁶⁸¹⁰⁰⁵⁾ また、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。^{6035, 6036, 6037, 681003, 681004, 681011)} 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。⁶⁸¹⁰⁰³⁾ 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⁶⁰³⁶⁾、モーター工場の浸水による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⁶⁸¹⁰⁰⁴⁾、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する保険を上回ったこと⁶⁸¹⁰¹¹⁾、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^{6035, 681011)}などが報告されている。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。⁶⁸¹⁰¹⁷⁾ 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。

(将来予測される影響)

- 国外での影響が、日本国内にどのような影響をもたらすかについては、貿易等の要因が関与する間接的な影響が中心であるが、以下のような研究事例が報告されている。
 - 気温の上昇により、世界全体で見た場合に作物生産量が変動し、価格に影響を及ぼす可能性がある。
 - 気温上昇や降水量の変化が、米、とうもろこし、小麦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の減少と、それに伴う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。
 - 輸入国の土地利用や労働者の健康への気候変動の影響は、日本への農畜産物・工業製品の輸入の脆弱性を高める。
- 英国での検討事例等を踏まえると、エネルギーや農水産物の輸入価格の変動、海外における企業の生産拠点への直接的・物理的な影響、海外における感染症媒介者の増加に伴う移住・旅行等を通じた感染症拡大への影響等が日本においても懸念される。

1 本分野は貿易等の要因が関与する間接的な影響が中心であり、まだ研究が十分蓄積されてい
2 ないが、研究事例が少数報告されている。例えば、気候変動が小麦、米、とうもろこしの貿易量
3 の変化に与える影響を分析した事例⁶⁸¹⁰⁰²⁾では、世界全体で気温が平均3℃上昇する場合、小麦・
4 米・とうもろこしはそれぞれ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
5 で降水量が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。
6 干ばつの発生が大麦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
7 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-
8 CM5A-LR、MIROC-ESM-CHEM、NorESM1-M)を使用)⁶⁸¹⁰¹²⁾では、3~17%の大麦収量の減少、日本への
9 輸出量の減少、ビール生産向けの大麦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
10 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
11 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
12 ごとに、コメ、大豆、トウモロコシ、小麦の収量がそれぞれ3.2%、3.1%、7.4%、6.0%減少すると
13 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
14 (SRES A1Bシナリオを前提としたECHAM5モデルを使用)⁶⁸¹⁰¹⁶⁾では、世界全体での作物生産量の
15 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
16 (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。
17 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
18 した事例^{681001, 681007)}では、輸入対象の農畜産物(とうもろこし、穀物、豚肉製品、エビ等)や工
19 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
20 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
21 については、留意が必要と考えられる。

22 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
23 取りまとめを行っている。⁶⁰³⁸⁾ 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
24 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
25 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。
26 また、企業の競争力の観点からは、海面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
27 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
28 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
29 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
30 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
31 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
32 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
33 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
34 いる。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
35 ーンをもつ企業が現地での海面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
36 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
37 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
38 についてのさらなる調査・研究が必要と考えられる。

1 (重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

2 ● 重大性：【評価】 影響が認められる

3 ※ただし、気候変動の影響を受けるリスクが高い海外の地域にサプライチェーンを有
4 する場合には、生産等に及ぶ影響の程度が大きくなる可能性がある。

5 気温上昇による世界的な作物生産量の変化による食料需給量の変動は、わが国の食
6 料価格や輸出入に直接つながるものであり、経済面への影響が生じる可能性がある。
7 その他に、海外での土地利用の変化や労働者の健康への影響等から、我が国が輸入す
8 る農畜産物や電子部品等の工業製品の脆弱性が高いと評価する報告がある。

9 なお、英国の科学技術庁が 2011 年に取りまとめた、気候変動による海外の影響が
10 自国内に及ぼす影響の評価では、輸入先での異常気象の頻度や期間の増加、水資源の
11 減少、海洋の酸性化、水温の変化等が農水産物の輸入価格に影響を与えると予測され
12 ている。

13 ● 緊急性：【評価】 低い

14 ※ただし、気候変動の影響を受けるリスクが高い海外の地域にサプライチェーンを有
15 する場合には、中程度と考える。

16 気候変動による国外での影響が日本国内に影響しているとの研究・報告は少数であ
17 る。しかし、2011 年のタイ国チャオプラヤ川の洪水では、日系企業に大きな被害をも
18 たらした。また、サプライチェーンの広がりにより、製造業への自然災害リスクは、
19 国内の生産拠点のみならず海外拠点にも存在することが報告されている。しかし、気
20 候変動の影響を受ける海外の地域や業種、影響の程度などの不確実性は大きく、現時
21 点で評価は難しい。

22 ● 確信度：【評価】 中程度

23 モデル、排出シナリオを使用した定量的予測は少数である。作物や工業製品等の輸
24 入品に対する影響において一定の見解の一致が見られる。

25

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19

(2) その他 (その他)

(気候変動による影響の要因)

本項目では、気候変動が社会的リスクに及ぼす影響など、産業経済分野の他の小項目に該当しない影響を取り扱う。

- 気候変動に伴うアジア・太平洋地域における影響を踏まえた外交政策について、各地域や国における気候変動のリスクの分析を外務省が2017年に報告しているが、さらなる検討・分析が必要であるとしている。
- 気候変動に伴う社会的リスクについて欧米等では多数の学術論文が公表されており、例えば下記に示すようなリスクを挙げている。これらは日本にも該当する可能性があるものの、日本国内ではこれらのリスクに関する文献は限定的である。
 - 海面上昇や干ばつによる食料難などの事由により、移住を余儀なくされる環境難民が生じ、安全保障に影響を及ぼす可能性がある。
 - 干ばつなどによる水や食料の不足を原因として地域的な紛争が生じる可能性がある。
 - 国外で自然災害の発生頻度が高まることで、人道支援等の回数が増大することによりコストが増大する可能性がある。
 - 気候変動の影響が国境地域のリスク管理に影響を及ぼす可能性がある。

(現在の状況)

- 気候安全保障に関する報告や、気候変動に伴うアジア・太平洋地域における影響を踏まえた外交政策の分析・立案が報告されている。
- 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を推進する一方で、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を懸念する報告がある。
- 気候変動に伴う紛争リスクについて欧米等では多数の学術論文が公表されている。
- 現時点では、産業・経済活動分野で挙げた中小項目以外での気候変動によるその他の影響について、国内の研究事例は確認できていない。
- 世界規模では、気候変動が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が示唆されている。

20
21
22
23
24

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。⁶⁹¹⁰⁰¹⁾

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。⁶⁹¹⁰⁰²⁾

1 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
2 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
3 るとしている。⁶⁹¹⁰⁰³⁾

4 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、
5 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
6 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。⁶⁹¹⁰⁰⁸⁾

7

8 (将来予測される影響)

- 欧米等の国際関係や安全保障に気候変動が及ぼす影響に関する報告では、国際支援の弱体化や負担等の増加、資源管理をめぐる対立の激化などが予測されている。
- 欧米等の研究事例によると、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が指摘されている。特に、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リスク等が拡大する可能性が示唆されている。

9

10 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
11 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
12 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
13 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
14 響を及ぼす可能性を指摘している。⁶⁹¹⁰⁰⁴⁾

15 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⁶⁹¹⁰⁰⁵⁾では防衛及
16 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⁶⁹¹⁰⁰⁶⁾やニ
17 ュージーランド⁶⁹¹⁰⁰⁷⁾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。

18 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
19 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
20 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、
21 自然災害の増加及び環境移民の増加を挙げており、これらによるリスクとして、気候変動に脆弱
22 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
23 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対立、環境移民
24 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
25 スクを挙げている。⁶⁹¹⁰⁰⁹⁾

26

27 ● 重大性：【評価】現状では評価できない

28 既往の文献では、海外での気候変動による影響を踏まえた外交政策の立案・分析、北極
29 海航路の開発や安全保障上のリスクに関連する報告が多数見られ、これらは、わが国の

1 産業経済・安全保障への影響を及ぼす可能性があるが、現時点で重大な影響があると判
2 断されるような材料は乏しい。

3 なお、欧米等の政府が取りまとめた、海外での気候変動による影響が自国の社会に及ぼ
4 す影響の報告では、災害復旧への人道支援等のコスト負担の増加、国境地域の資源管理
5 におけるリスクの増加や環境難民の流入により自国内外で紛争が増加するリスク等を
6 挙げている。

7 ● 緊急性：【評価】現状では評価できない

8 海外での気候変動による影響が日本国内の安全保障等に影響しているとの研究・報告は
9 限定的である。しかし、オーストラリアやニュージーランドでは、既に環境難民の受け
10 入れが問題となっており、今後、さらに環境難民が増加すれば我が国も受け入れを求め
11 られる可能性がある。このような気候変動の社会的リスクについては欧米を中心に多数
12 の論文が見られるが、日本国内ではそのような検討は確認できておらず、現時点での評
13 価は難しい。

14 ● 確信度：【評価】低い

15 研究・報告数は少数である。モデル、排出シナリオを使用した定量的予測は確認できて
16 いない。

17
18

1 3.7 国民生活・都市生活

2 気候変動による短時間強雨や渇水の頻度の増加、強い台風の増加などは、交通・電力・通信・
3 水道・廃棄物処理などの生活に密接にかかわる様々なインフラ・ライフラインや、地域独自の伝
4 統行事・観光業・地場産業等に被害を及ぼす。加えて、気温上昇に伴う生物季節の変化は、国民
5 の季節感や、サクラ・紅葉の名所等での伝統行事・観光に影響を及ぼす可能性がある。都市部で
6 は、気候変動による気温の上昇にヒートアイランド現象が加わることで、熱ストレスが増大し、
7 都市生活における快適さに影響を及ぼす。

8 ● 文献数・構成等の変化

9 第2次影響評価において、国民生活・都市生活分野全体では合計109件の文献(現状影響80件、
10 将来影響29件)を引用しており、このうち、第1次影響評価から新たに追加された文献は63件で
11 ある。

12 なお、第1次影響評価からの構成上の変更はない。

13 ● 気候変動による影響の概要

14 近年、日本各地で豪雨・台風・渇水等による各種インフラ・ライフラインへの影響が顕在化し
15 ている。これらの気象現象は発電施設や浄水場、廃棄物処理施設等に直接的に被害を及ぼすこと
16 に加えて、電気・ガス・水道等のライフラインの寸断、道路崩壊による孤立集落の発生等により
17 住民生活に大きな支障をもたらしている。

18 サクラ・イチョウ・セミ・野鳥等の国民にとって身近な動植物の生物季節の変化が確認されて
19 おり、地場産業に関連しては、気温上昇による酒米品種の品質の低下、北海道でのワイン品種ブ
20 ドウの産地拡大等が報告されている。

21 都市部では、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ること
22 で、人々が感じる熱ストレスが増大し、熱中症リスクの増加に加え、発熱・嘔吐・脱力感・睡眠の
23 質の低下等により、生活の快適性に影響を与えている。

24 また、将来においても、極端な気象現象により電力・水道・交通・通信・廃棄物処理などの様々
25 なインフラ・ライフラインに影響が及ぶことが懸念される。生物季節に関しては、気温上昇によ
26 りサクラの開花・満開期間が変化し、観光資源とする地域へ影響が及ぶことが予測されている。

27 都市部では、気候変動とヒートアイランドの相乗効果により気温は引き続き上昇を続ける可能
28 性は高く、暑熱環境の悪化は都市生活に大きな影響を及ぼすことが懸念される。

29 ● 重大性・緊急性・確信度評価の概要

30 「都市インフラ、ライフライン等」については、現在でも日本各地で豪雨や台風等の極端現象
31 による電力インフラ・水道インフラへの直接的被害や、交通網の寸断や電気・ガス・水道等の来
32 委付ラインの寸断が新たに報告されており、将来においても様々な影響が生じることが予測され、
33 損害・損傷による社会・経済面への影響は甚大であることから重大性は「特に重大な影響が認め
34 られる」、緊急性は「高い」と評価された。

35 「生物季節」については、サクラ等の生物季節の変化は既に顕在化しており、将来にかけても
36 全国的な変化が予測されることから緊急性は「高い」とされたが、生物季節の変化による観光・

1 地元経済への影響に関する研究事例は限定的であるため重大性は「影響が認められる」と評価さ
2 れた。「伝統行事、地場産業等」については、社会・経済面で一部の地場産業への影響は顕在化し
3 ているため緊急性は「高い」とされたが、影響の程度は個々の事象で異なり、全国一律での評価
4 が困難であることから重大性は「現状では評価できない」と評価された。

5 「暑熱による生活への影響」については、熱ストレスの増大は熱中症リスクの増大や快適性の
6 損失等により都市生活に及ぼす影響は大きく、経済損失も大きいことから重大性は「特に重大な
7 影響が認められる」、緊急性は「高い」と評価された。

8 9 【都市インフラ、ライフライン等】

10 (1) 水道、交通等

11 (気候変動による影響の要因)

12 ここでは、主に交通・電力・通信・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
13 害の発生や寸断、設備への直接的被害を扱う。「3.8. 分野間の影響の連鎖」では、自然災害に伴う
14 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。

- 15 ● 気候変動による短時間強雨や渇水の頻度の増加、強い台風の増加などは、交通・電力・通信・
16 水道・廃棄物処理などの様々なインフラ・ライフラインへ被害を及ぼす可能性が極めて高い。

17
18 (現在の状況)

- 近年、各地で、豪雨、台風、渇水等による各種インフラ・ライフラインへの影響が確認
されている。
- 豪雨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・水道のライフライ
ンの寸断が報告されている。
- この他、雷・台風・暴風雨などの異常気象による発電施設の稼働停止や浄水場施設の冠
水、廃棄物処理施設の浸水等の被害、渇水・洪水、濁水や高潮の影響による取水制限や
断水の発生、高波による道路の交通障害等が報告されている。
- これらの現象が気候変動の影響によるものであるかどうかは、明確には判断しがたい
が、気候変動が進行すれば、さらに影響の程度・発生頻度は増加すると考えられる。

19
20 豪雨、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。例えば、2017
21 年に発生した九州北部豪雨では、河川の氾濫・土砂災害等により、道路崩壊・鉄道橋流出・土砂
22 流入・冠水等が発生した結果、交通が寸断され、多数の集落が孤立状態となった。さらに一部地
23 域では、電話回線や携帯電話が不通となったり、山腹崩壊や土石流の発生により、大量の流木が
24 下流に流れ、通行障害の一因となった。その他、電気・ガス・水道等のライフラインも寸断され、
25 住民生活に大きな支障をもたらした。⁷¹¹⁰³⁰ 2018年の西日本豪雨においても、道路崩壊等による
26 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

1 響を与えた。⁷¹¹⁰³¹⁾他にも、台風や集中豪雨が地域のインフラ・ライフラインに与えた被害が多数
2 報告されている。^{711028, 711029, 711036, 711037, 711038, 711039, 711040)}また、2019年に発生した台風13号や
3 15号、17号、19号では、水道インフラでは水道施設の浸水や原水濁度上昇、取水不良、電力イン
4 フラでは暴風雨・飛来物による配電設備の故障による大規模な停電、交通インフラでは倒木等による
5 鉄道機能の麻痺、電車車両基地の浸水等、様々なインフラに影響が生じている。^{711043, 711044,}
6 ^{711045, 711046)}

7 電力インフラでは、雷・台風・暴風雨などの異常気象により、電力設備が停止し、電力の供給
8 が停止する事態が起きている。⁷¹¹⁰⁰⁴⁾加えて、水力発電所では、豪雨災害による被害事例がその他
9 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。⁷¹¹⁰⁰¹⁾

10 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は、近年、
11 降水の時空間分布の変化により、土砂流入・土石流および落石・岩石崩壊による被害の割合が増
12 加していることが報告されている。⁷¹¹⁰⁰⁷⁾気象災害が契機となって路線廃止となった事例も報告
13 されている。⁷¹¹⁰⁰³⁾また、海面上昇や高波の増加により、海岸道路に來襲する高波の頻度が増加傾
14 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。^{711005, 711006)}さ
15 らに、豪雨や台風による影響として、高速道路の切土斜面の崩壊や鉄道盛土の流出による交通へ
16 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。^{7001, 7003, 711025,}
17 ⁷¹¹⁰²⁹⁾

18 水道インフラについては、台風や豪雨による浄水場施設の冠水、水没や水管橋などの破断など
19 の施設そのものへの影響や、濁水・洪水、濁水の影響による取水制限や断水の発生、高潮による
20 水源として利用している井戸水の塩水化が確認されている。^{7002, 711002, 711032, 711033, 711034)}。

21 近年見られる降雨量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
22 せる洪水の発生する確率）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
23 部では内水氾濫の頻発などが報告されている。⁰⁰⁰¹⁾

24 この他、気候変動により影響を受けるインフラ・ライフラインとして、廃棄物処理施設・廃棄
25 物処理システムがある。例えば、極端な豪雨や台風などの気象災害により、廃棄物の収集運搬車
26 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
27 程に影響が生じ、適正処理の維持に影響を及ぼす可能性がある。⁷¹¹⁰⁴²⁾加えて、気象災害が激甚
28 化すれば、様々な種類の災害廃棄物が大量発生することが想定される。実際に2018年の西日本豪
29 雨や2019年の台風19号では、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・
30 し尿処理施設の浸水、最終処分場への搬入路の寸断等の影響が生じている。^{711046, 711047)}

31 これらの現象が気候変動の影響によるものであるかは、明確には判断しがたいが、降水量の増
32 大には地球温暖化に伴う水蒸気量の増加の寄与もあるとしている報告もある。⁷¹¹⁰⁴¹⁾気候変動が
33 進行すれば、さらに影響の程度・発生頻度は増加すると考えられる。

34
35 (将来予測される影響)

- 気候変動がインフラ・ライフラインにもたらす影響について、全球レベルでは、極端な

気象現象が、電気、水供給サービスのようなインフラ網や重要なサービスの機能停止をもたらすことによるシステムのリスクに加えて、国家安全保障政策にも影響を及ぼすとする報告がみられる。

- 国内では、電力インフラに関して、台風や海面上昇、高潮・高波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が上昇することによる発電出力の低下、融雪出水時期の変化等による水力発電への影響が予測されている。
- 水道インフラに関して、河川の微細浮遊土砂の増加により、飲料水の供給に影響が生じること、交通インフラに関して、国内で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。
- この他に、気象災害に伴って廃棄物の適正処理に影響が生じることや、洪水氾濫により水害廃棄物が発生することや都市ガスの供給に支障が生じることとも予測されている。
- 交通インフラ等への影響に関して、国内の知見は限定的であるものの、国外では、豪雨による鉄道レールへの影響、洪水・土砂災害による道路網への影響、異常気象による通信インフラへの影響が予測されている。
- 今後、気候変動による短時間強雨や渇水の増加、強い台風の増加等が進めば、これらのインフラ・ライフライン等にも影響が及ぶことが懸念される。

1

2 全球レベルでは、極端な気象現象が、電気、水供給サービスのようなインフラ網や重要なサー
3 ビスの機能停止をもたらすことによるシステムのリスクに加えて、国家安全保障政策にも影響を
4 及ぼす可能性がある」と指摘されている。⁰⁰⁰⁵⁾

5 国内では、電力インフラに関して、2050年代頃までに台風や海面上昇、高潮・高波により、海
6 岸に立地する発電・送電施設に直接的被害を与え得ること、火力発電所や原子力発電所の冷却水
7 として利用する海水温が上昇することにより、出力が低下するとする報告もみられる。⁷¹¹⁰¹⁵⁾ ま
8 た、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
9 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
10 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
11 少により多大な経済損失が出る可能性がある。⁷¹¹⁰¹³⁾ また、北海道を対象とした研究では（MRI-
12 RCM20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
13 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が生じる可能性が示されてい
14 る。⁷¹¹⁰¹²⁾

15 水道インフラに関しては、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
16 河流域での自然災害に対する水道事業者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
17 調査がある。本調査では、洪水による浄水場および取水点での浸水被害、がけ崩れによる水道管
18 の被害および土石流による被害の発生の因果関係を示している。⁷⁰⁰⁴⁾ 気候変動の進行により、洪
19 水などのリスクが高まることは、水道事業のリスクも高まることを示している。また、全国の小
20 規模水道事業者の気候変動に対する脆弱性を水道事業の業務指標を用いて評価した調査では、渇

1 水への頑強度、濁度上昇や富栄養化への対応という視点では、水道事業者ごとにばらつきが大きいとする報告もある。⁷⁰⁰⁵⁾ 21 世紀中頃及び 21 世紀末の日本国内の飲料水の供給を予測した研究
2
3 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
4 した予測)、いずれのシナリオでも、河川の微細浮遊土砂の増加により、飲料水の供給に影響を
5 与える可能性があるとしている。⁷¹¹⁰³⁵⁾

6 交通インフラに関しては、異常気象の増加に伴い、今世紀中頃及び 21 世紀末に国内で道路のメ
7 ンテナンス、改修、復旧に必要な費用が増加することや、⁷¹¹⁰²⁷⁾ 地下空間が低平地に位置する地域
8 で、内水氾濫による地下空間・地下鉄の浸水に対して脆弱性が高いことが予測されている。⁷¹¹⁰²⁶⁾
9 また、洪水氾濫の規模の大きい状況では、広域にわたり都市ガスの深刻な供給停止が発生し得る
10 ことが予測されている。⁷¹¹⁰²²⁾ 加えて、首都圏が広域的に氾濫した場合、浸水継続時間に応じて
11 水害廃棄物が大量に発生する可能性がある。⁷¹¹⁰²⁰⁾

12 一方で、国内を対象とした予測研究は確認できないが、英国の事例では、豪雨により鉄道レール
13 等への被害が生じやすくなったり、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
14 とが推測されている。また、通信インフラでも、洪水等の異常気象によりデータセンターや国際
15 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・電話通信に影響を与えるリスクが増
16 大することが推測されている。⁶⁰³⁸⁾ これらは、我が国の通信・交通インフラにおいても同様に想定
17 しうる内容を含んでいるものと考えられる。

18 (重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

19 ● 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

20 【観点】社会／経済

21 現在でも、全国各地で豪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
22 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が報告
23 されている。将来、気候変動が進行すれば、電力・交通・水道インフラ・廃棄物処理
24 に様々な影響が生じることが予測されており、被害・損傷による社会・経済面への影
25 響は大きい。

26 ● 緊急性：【評価】高い

27 近年、各地で、豪雨、台風、渇水等による各種インフラ・ライフラインへの影響が確
28 認されている。将来影響としても、極端な気象現象により、各種のインフラ・ライフ
29 ラインに影響が生じることが予測されている。

30 インフラ・ライフラインの対策は検討から実装まで時間を要することが多く、緊急性
31 は高い。

32 ● 確信度：【評価】高い

33 気象災害に伴うインフラ・ライフラインへの被害や損害を報告・予測する知見が増加
34 している。現在生じている現象が気候変動の影響によるものであるかどうかは明確に
35 は判断しがたく、また、気候モデルを活用した将来予測事例は限定的であるが、気候
36 変動が進行すれば、様々なインフラ・ライフラインに生じる影響の程度・発生頻度は

1 増加すると考えられる。

2

1 【文化・歴史などを感じる暮らし】

2 (1) 生物季節、伝統行事・地場産業等

3 (気候変動による影響の要因)

4 ここでは、人間活動や文化に関する生物季節（国民生活の中で感じる生物季節（季節感））
5 を主に扱い、自然生態系分野の「生物季節」では生態系への影響及び生態系サービスの内容を
6 主に扱う。

- 7 ● 気候変動による気温の上昇等により、植物の発芽や開花、紅葉の時期、鳥や昆虫の鳴き始め
8 等の生物季節が変化する。例えば、サクラでは、気温上昇や積雪量減少に伴い、開花の早期
9 化や開花期間の短縮化が報告されている。このような生物季節の変化に伴い、国民の季節感
10 の変化や、桜や紅葉の名所等における伝統行事、観光等に影響が及ぶ可能性がある。
- 11 ● 気温の上昇や降水量の変化、降雨の時空間分布の変化、海面上昇、極端現象の頻度や強度の
12 増加は、地域独自の伝統行事や観光業、地場産業等にも影響を及ぼす可能性がある。

13

14 (現在の状況)

[概要]

- 国民にとって身近なサクラ、イチョウ、セミ、野鳥等の動植物の生物季節の変化について報告されている。特に、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、都市部で開花や花芽の成長速度が速まっていることが報告されている。
- 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確認できるものの、その他の具体的な研究事例は確認されていない。
- 地場産業については、気温上昇に伴い、例えば、兵庫県で酒米品種の検査等級・精玄米歩合の低下が生じていることや長野県で寒天産業への影響が生じていることが確認されている。

15

16 生物季節に関して、サクラでは、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
17 化が報告されている。^{721002, 721004, 721013, 721016, 721020, 721022)}

18 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
19 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
20 の報告がある。⁷²¹⁰³⁰⁾

21 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
22 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
23 ている。^{721010, 721014, 72018, 721019)}

24 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

1 ていることも報告されている。⁷²¹⁰⁰⁹⁾

2 その他、カエデやイチョウの全国的な紅葉の遅延^{721008, 721017, 721022)}、ツバメ等の野鳥の飛来・繁殖
3 時期の全国的な変化^{721004, 721007, 721011)}、セミの繁殖時期の早期化が報告されている⁷²¹⁰²⁸⁾。

4 さらに、地場産業に関して、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・
5 精玄米歩合が低下している事例や、⁷²¹⁰²⁴⁾ 気温上昇により、北海道でワイン品種ブドウの産地が拡
6 大している報告が見られる⁷²¹⁰²⁹⁾。地域独自の伝統行事や観光業への影響として、諏訪湖での御神
7 渡りなしとなる頻度の増加、高潮による巖島神社回廊の冠水回数の増加が報告されている。

8 7007, 7008, 8001)

9

10 (将来予測される影響)

- サクラの開花及び満開期間について、SRES A1B シナリオ及び SRES A2 シナリオの場合、将来の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、また、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い。それに伴い、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℃の気温上昇により、花粉媒介者のフェノロジーとのミスマッチが生じることで自然受粉に影響が生じ、開花期間が短縮化されるとの報告もみられる。
- 地域独自の伝統行事や観光業・地場産業等への影響については、現時点で研究事例が限定的にしか確認できていない。

11

12 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
13 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,
14 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)
15 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
16 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
17 が高い。⁷⁰¹¹⁾ 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、
18 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
19 (NHRCM, NRAMS, TWRP) 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
20 程度開花が早期化する可能性があるとしている。⁷²¹⁰³¹⁾ これらの研究では、開花から満開までの期
21 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
22 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
23 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。

24 さらに、ナンコウウメの開花期間について、野外より 3℃高い温度条件下で育成した実験結果で
25 は、3℃の高温化によって、花粉媒介者のフェノロジーとのミスマッチが生じることで自然受粉
26 が困難となり、開花期間が短縮化されるとする報告もみられる。⁷²¹⁰⁰³⁾

1 上記のような事例以外に、気候変動による地域の伝統行事や観光業・地場産業等への将来予測
2 される影響については、具体的な文献は確認できていない。

3

4 (重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

5 ● 重大性：

6 (生物季節)

7 【評価】 影響が認められる

8 生物季節への影響の範囲はほぼ全国に及ぶ。桜の開花日・満開の期間や紅葉の遅延は、
9 これら景観の名所等における伝統行事や観光業等に影響を与える可能性があり、社会・
10 経済・環境の広範に影響が及ぶ。具体的には、サクラやカエデの名所において開花時期、
11 紅葉時期がずれると観光客の数に変動が生じ、地元の経済に影響を与えると考えられる。
12 生物季節の変化による観光や地元経済への影響の程度について、定量的に予測をした研
13 究事例は確認できない。

14

15 (伝統行事、地場産業等)

16 【評価】 現状では評価できない

17 影響は個々の事象で異なり、地域の社会・経済面への影響も事象により様々であること
18 から、全国一律に評価することは困難である。

19 ● 緊急性：

20 (生物季節)

21 【評価】 高い

22 サクラの開花、カエデの紅葉、野鳥の飛来・繁殖時期の変化、セミの繁殖時期の変化に
23 ついては、全国的に温暖化の影響が既に表れていると言える。気候予測モデルを使用し
24 た予測でも、サクラの開花の全国的な変化が予測されている。

25

26 (伝統行事、地場産業等)

27 【評価】 高い

28 気温上昇による既に影響を受けている産業では、社会・経済面で影響が生じている。今
29 後影響が生じることが見込まれる地域でも対策の検討が必要である。

30

31 ● 確信度：

32 (生物季節)

1 【評価】 高い

2 サクラやカエデ、ナンコウバイ、野鳥、セミなど、具体の生物季節の変化に関する影響
3 を報告する知見が増えている。日本の将来の気温は上昇することは疑いようがなく、
4 様々な生物季節の変化は避けられない。また、生物季節が地域の花見のできる時期や観
5 光業に影響を及ぼす可能性を示唆する研究事例もある。

6

7 (伝統行事、地場産業等)

8 【評価】 中程度

9 地域独自の伝統行事や観光業・地場産業等への影響について報告する知見は一定程度確
10 認される。ただし統計期間が短いものや事例数が少ないもの、観光用パンフレットのな
11 ももの多い。将来予測に関する知見については限定的である。

12

1 **【その他】**

2 **(1) 暑熱による生活への影響**

3 (気候変動による影響の要因)

4 ここでは、都市における熱ストレス・睡眠障害、暑さによる不快感等による影響を主に扱う。
5 健康分野の「暑熱」では死亡リスクや熱中症等に関する影響を主に扱う。

- 6 ● 都市部においては、気候変動による気温の上昇にヒートアイランド現象による昇温が加わる
7 ことで熱ストレスが増大し、熱中症リスクの増加にとどまらず、睡眠障害、暑さによる不快
8 感、屋外活動への影響等、都市生活における快適さに影響を及ぼす。

9

10 (現在の状況)

- 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℃であるのに対し、主要な大都市の気温上昇率は 2.6~3.2℃であり、大都市においては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ことが確認されている。
- また、中小都市でもヒートアイランド現象が確認されている。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、降水量が減少する可能性があることが報告されている。
- 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が指摘され、熱中症リスクの増大に加え、発熱・嘔吐・脱力感による搬送者数の増加、睡眠の質の低下による睡眠障害有症率の上昇が報告されている。

11

12 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
13 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
14 現象が発生している。1927 年から 2018 年までの観測値を基に調査した結果では、日本の中小都
15 市の気温は 100 年あたり平均 1.5℃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
16 100 年あたり 2.6~3.2℃となっている。⁴³⁰¹⁴⁷ 大都市では気候変動による広域の温暖化にヒート
17 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、
18 大きな気温上昇が引き起こされている。⁷³¹⁰¹⁰ なお、ヒートアイランド現象は、東京や大阪など
19 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^{7028, 7029, 7030, 731030}、中小都市においても、
20 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
21 ことが報告されている^{7013, 7014}。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
22 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る可能性があるこ
23 とが報告されている。^{731004, 731005, 731034, 731037, 731038, 731039, 731040, 731041, 731042}

24 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
25 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
26 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、これらに基づいて実際に人が体感し

1 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）の
2 評価が進められている。^{7016, 731019} また、気温の上昇に加えて、日射や高温となった表面被覆から
3 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、
4 温熱快適性を損なう要因として挙げられている。⁷⁰¹⁷ 体感指標を用いることで、熱中症リスクや
5 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
6 れている。

7 2007年の大阪市街地を対象とした数値解析では、地域差があるものの、都市内に熱中症リスク
8 の高いエリアがあることが示されている。⁷⁰¹⁸ 大阪市内では、日最高気温が31℃を超えると熱中
9 症による搬送者が増えており、搬送者の年齢別の割合は高齢者の患者が多く、その症状の程度も
10 若年層に比べ重くなる傾向が報告されている。⁷⁰¹⁹ なお、2018年の夏季の全国における熱中症に
11 よる救急搬送人員数が過去最多を記録したが、⁷³¹⁰⁴⁹ 気候モデルを用いて、温暖化した気候状態と
12 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
13 りえなかったことが明らかとなっている⁷³¹⁰⁵⁰。

14 熱中症以外でも、気温が高い日に発熱、嘔吐、脱力感を訴える人の搬送者数が増えることが報
15 告されている。⁷³¹⁰³⁵ 温熱快適性の観点では、SET*やWBGT指数等の体感指標を用いた評価により、
16 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
17 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
18 示されている。^{7012, 7020} さらに、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
19 ることで睡眠障害有症率が上昇することが指摘されており、^{731012, 731031} 睡眠効率を90%に維持する
20 ためには、体感指標としてSET*を23～29℃に維持する必要性⁷⁰²¹ や、東京23区における現状で
21 の睡眠障害による年間の経済損失を約301億円と算出した事例^{7022, 7023} が報告されている。

22

23 (将来予測される影響)

- 国内大都市のヒートアイランドは、今後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気温の上昇が加わり、気温は引き続き上昇を続ける可能性が高い。
- 気温上昇に伴い、体感指標であるWBGTも上昇傾向を示す可能性が高い。全国を対象に21世紀末の8月のWBGT指数を予測した事例(RCP4.5シナリオを使用)では、将来、暑熱環境が全国的に悪化し、特に東北地方で現在と比較して大きくなる可能性が示されている。
- 熱ストレスの増加に伴い、だるさ・疲労感・熱っぽさ・寝苦しさと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ことが予測されており、気温上昇後の温熱環境は、都市生活に大きな影響を及ぼすことが懸念される。

24

25 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
26 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

1 性が高い。⁷⁰³⁶⁾ 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。^{7031, 731045)}

2 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
3 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
4 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
5 いる。²⁰⁵⁸⁾

6 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
7 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
8 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
9 策の多面的な評価の必要性を示している。⁷³¹⁰⁴⁸⁾

10 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
11 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⁷⁰³²⁾
12 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
13 となっている。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
14 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
15 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
16 能性がある。⁷³¹⁰²⁶⁾ 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。暑夏であっ
17 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
18 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
19 となる時間数が存在せず、8 月には 1 ヶ月間すべての日で熱帯夜が生じる可能性がある。⁷³¹⁰⁰²⁾

20 温暖化シナリオに基づき、2030～2090 年代の名古屋における 8 月の気温を予測した事例⁷⁰³⁴⁾
21 では、2070 年代に SRES B1 シナリオ⁶⁰⁾に比べて A2 シナリオの方が気温上昇が大きく（それぞれ
22 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
23 B1 シナリオの方で気温上昇が大きくなっている（それぞれ A2 シナリオで約 0.4℃と約 1.2℃、
24 SRES B1 シナリオで約 1.2℃と 1.3℃）。また、同じく名古屋を対象に 2070 年代 8 月の気温を予
25 測した事例（SRES A2 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
26 度上昇する可能性が高いと予測されている。⁷⁰³³⁾

27 加えて、全国を対象に 21 世紀末の 8 月の WBGT 指数を予測した研究では（RCP4.5 シナリオを
28 前提とした、MIROC5 モデルによる予測）、将来、暑熱環境が全国的に悪化し、日中平均 WBGT 指数
29 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
30 市は現在の大阪市のような気候になる可能性がある。⁷³¹⁰²⁷⁾

31 熱ストレスによる健康への影響については、東京・名古屋・大阪の 2070 年代 8 月を対象に、環
32 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では（SRES A1B シナリオを前
33 提とした、複数の気候モデルによる予測）、熱中症と睡眠障害を回避するための 1 人当たりの支
34 払意思額はいずれも年々増加し、2000 年代と比べて 1.5 倍程度に増加するとする報告もある。
35 ⁷³¹⁰⁰¹⁾ また、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
36 リオを前提とした予測）、だるさ・疲労感、熱っばさ・寝苦しさといった健康影響が現状より悪

⁶⁰⁾ シナリオの概要については、P390 以降の『(参考)気候予測に用いられている各シナリオの概要』を参照。

1 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。⁷³¹⁰²⁴⁾

2 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
3 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
4 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
5 対策の多面的な評価の必要性を示している。⁷³¹⁰⁴⁸⁾

6

7 （重大性、緊急性、確信度の評価と根拠）

8 ● 重大性：【評価】特に重大な影響が認められる

9 【観点】社会／経済

10 都市部では、気候変動に伴う気温の上昇に加えて、ヒートアイランド現象の影響によ
11 り、全体として気温の上昇幅が大きくなること、短期的な降水量が増加することが予
12 測される。また、大都市に限らず、現在は気温上昇が顕著化していない地方都市で
13 も、ヒートアイランドによる高温化に気候変動の影響が加わることで気温上昇が顕著
14 化することが予測される。特に、夏季における熱ストレスの増大は、熱中症リスクの
15 増大や快適性の損失、睡眠効率の低下による睡眠阻害など、都市生活における及ぼす
16 影響は大きく、経済損失も大きい。

17 ● 緊急性：【評価】高い

18 既にヒートアイランド現象によって都市部の気温は大きく上昇しており、今後は気候
19 変動によってさらに上昇し、それに伴い健康影響（熱中症や睡眠障害等）が深刻化す
20 ることが予測される。熱ストレスを受けずに快適な都市生活ができる環境づくりに向
21 けた取組み・システム作りを行い、早急に普及させていくことが重要である。

22 ● 確信度：【評価】高い

23 研究・報告数は一定程度あり、気候変動による将来の気温上昇はほぼ確実であるとさ
24 れている。また、大都市の気温上昇も顕在化している。気候変動に伴う気温の上昇と
25 ヒートアイランド現象の相乗効果により、都市部で上昇気流が発生することで短期的
26 な降水量が増加することについては研究途中であり、確信度は高いとはいえない。

27

1 3.8 分野間の影響の連鎖

2 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
3 整理をしてきた。

4 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
5 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
6 鎖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
7 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
8 他分野に連鎖することが知られている。

9 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
10 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に着目
11 することの重要性が議論されている。

12 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
13 鎖や、異なる分野での影響が連続することにより、影響の甚大化をもたらす事象を「分野間の影
14 響の連鎖」と定義し、分野横断的な視点で影響の関係性を整理した（図参照）。

15 連鎖の終点に着目して整理すると、分野間の影響の連鎖は、大きく健康への影響、農業・林業・
16 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、インフラ・ライフラインの途絶
17 による影響に分けられる。

18 健康への影響は、節足動物感染症リスクの増加（気温上昇に伴うヒトスジシマカ等の分布拡大
19 （自然生態系分野））や、水系感染症リスクの増加（気温上昇に伴う水質悪化や内水氾濫による下
20 水等への接触（水環境・水資源分野））、停電と猛暑が連続することによる熱中症搬送者数の増加
21 （国民生活・都市生活分野）などが他分野との影響の連鎖によって引き起こされると考えられる。

22 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
23 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、海洋一次
24 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
25 がある。また、極端現象に伴う斜面崩壊などによって、生産基盤そのものが被害を受ける事例も
26 報告されている。

27 産業・経済活動のうち観光業は、スキーなどのレクリエーションの場して自然を活用する他、
28 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
29 恩恵を受けている。海面上昇による砂浜の消失や、冬季の降雪量の減少による積雪深の不足は、
30 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。

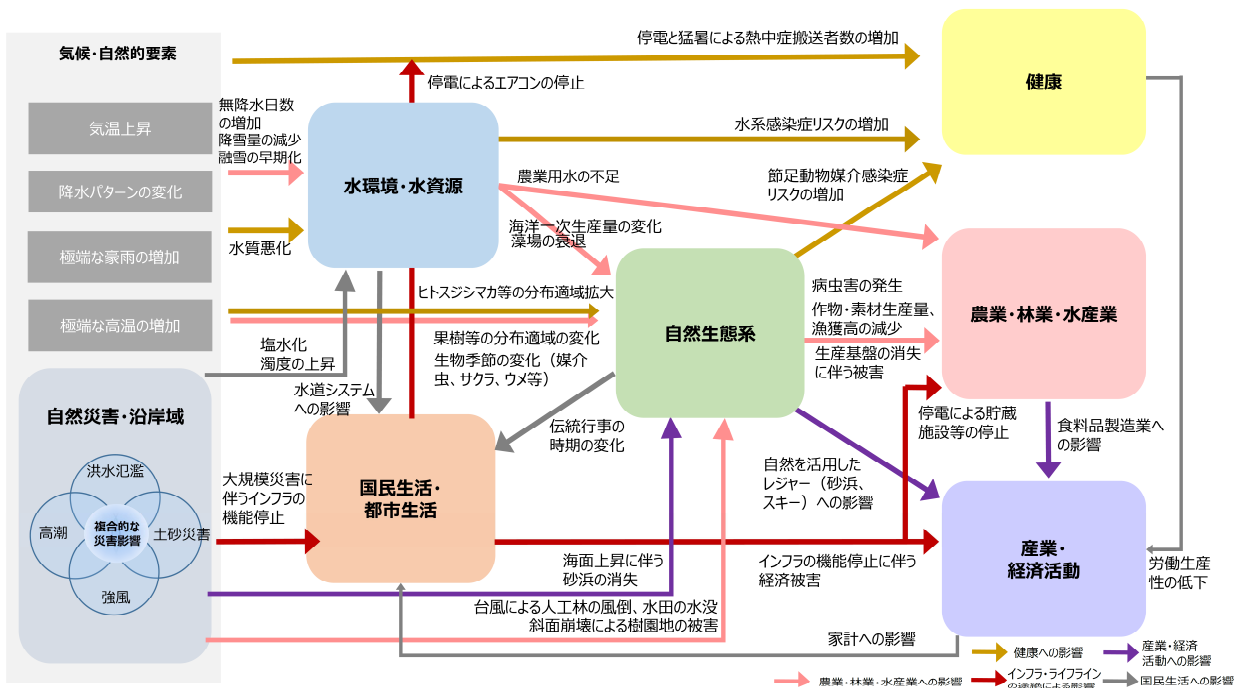
31 国民生活への影響では、サクラ・ウメの開花の早期化に代表されるように、気温上昇が生物季
32 節の変化（自然生態系分野）をもたらし、その結果それらを鑑賞するための伝統行事や祭りの時
33 期に影響が連鎖する。また、集中豪雨などによって河川等の水質が悪化すると、河川等から取水
34 している水道システムに影響が連鎖し、国民生活に影響を及ぼす。

35 インフラ・ライフラインの途絶による影響は、土砂災害・洪水氾濫などの災害を通じて他分野
36 に直接的な影響を及ぼす。特に、電力システムの途絶は農業・林業・水産業分野や産業・経済活

1 動に甚大な影響をもたらす。また、通信システム、上下水道システム、廃棄物処理システムなど
 2 の途絶は、産業・経済分野だけでなく国民生活にも影響を及ぼす。実際に、平成 29 年 7 月九州北
 3 部豪雨、平成 30 年台風 21 号、令和元年 8 月前線に伴う大雨、令和元年の台風 15 号や台風 19 号
 4 が、自然生態系、農林水産業、産業経済活動、人の健康、国民生活等の分野に多岐にわたる甚大
 5 な影響をもたらした実態が確認されている。

6 インフラ・ライフラインの途絶による影響については近年特に社会・経済への影響が大きいこ
 7 とから、本節で近年の災害による被害状況や気象の概況について整理する。

8



9
 10
 11
 12
 13

図 分野間の影響の連鎖の模式図

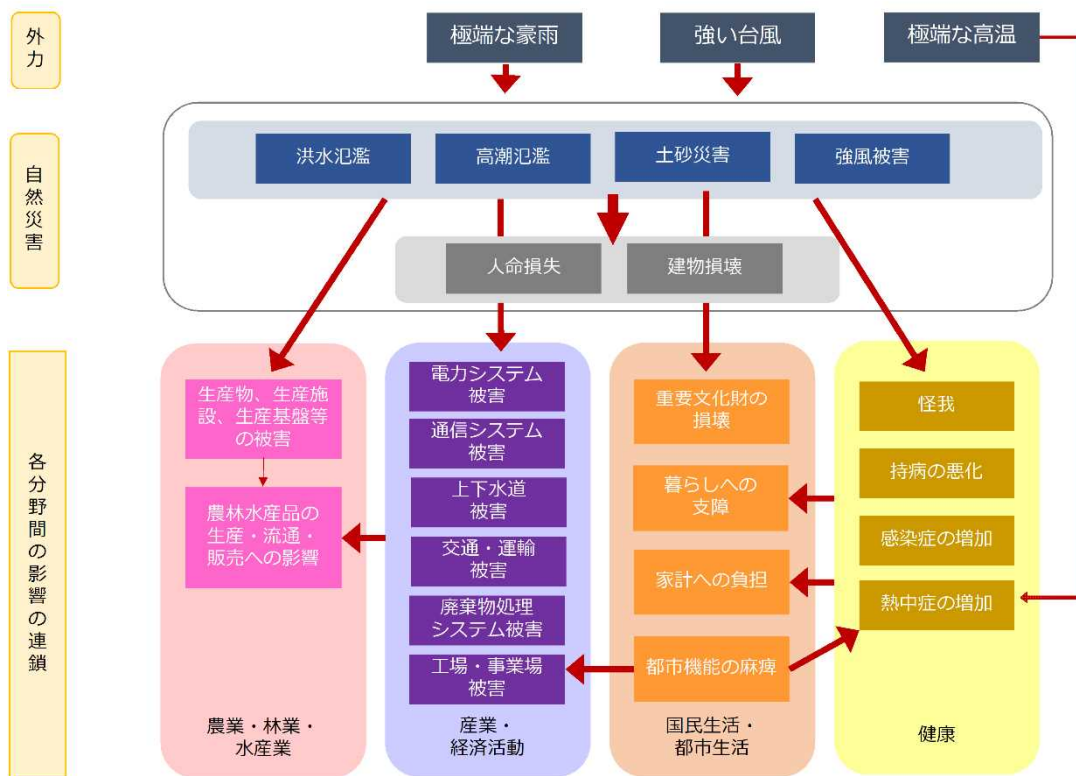
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

【インフラ・ライフラインの途絶に伴う影響】

平成 29 年 7 月九州北部豪雨では、記録的な豪雨に伴う土砂災害が下流域の洪水氾濫をさらに助長し、平成 30 年 7 月豪雨では、それに加えて土砂が河道を下流まで流れたことにより氾濫するなど、ある影響被害が他の影響被害を拡大させる状況が確認されている。また、令和元年の台風 15 号や台風 19 号では、台風に伴う強風や大雨が、人命損失・建物浸水・農林水産被害、工場・商業施設等被害などの直接的被害とともに、電力・通信・上下水道・運輸・廃棄物処理システム等のあらゆるインフラ・ライフラインの途絶等を引き起こし、これらがさらにまた国民生活や事業活動にはね返って甚大な影響をもたらしたことは記憶に新しい。

これらの影響被害は、起点となる外力の変化が気候変動に起因するものであるかどうかの研究により明らかにされているものもあれば、まだ明確には断定し難いものもある。しかし、これらの影響被害が気候変動によるものであったかどうかは現時点で明確でないとしても、極端な豪雨や勢力の強い台風の出現頻度の増加は一定の確度をもって予測されており、仮にこれらの予測のように外力が変化すれば、将来、同様の影響被害が増加する可能性も十分想定されるということはある。

以上を踏まえ、このような極端な豪雨・台風等によるインフラ・ライフラインの途絶に伴う影響について、主に現在の状況で述べた台風被害の実態やこれを補完する専門家の考察に基づいて整理した（図参照）。



21

図 インフラ・ライフラインの途絶に伴う影響の模式図

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34

(現在の影響)

● 平成 29 年 7 月九州北部豪雨 (応用生態工学会・平成 29 年 7 月九州北部豪雨調査報告書)

今回の災害で、幾つかの河川は土砂で埋まり、そこに生息した魚類は壊滅的状态となり、そのような河川の生態系はリセットされたといっても過言ではないだろう。(中略) 長期的な生態系の回復のプロセスを受け入れ、継続的で長期にわたるモニタリングを行うことが重要だろう。(略)

● 平成 30 年台風 21 号

平成 30 年 9 月 4 日に「非常に強い」勢力を保ったまま徳島県南部に上陸し、その後兵庫県神戸市付近に再上陸した台風 21 号は、四国や近畿地方に記録的な暴風をもたらした。この台風はまた記録的な高潮ももたらし、接近・上陸に伴って近畿や四国の沿岸部では急激に潮位が上昇し、大阪では 1961 年の第 2 室戸台風の時に観測した過去の最高潮位を瞬間的に上回る値を観測した。さらに、四国や近畿、北陸周辺に台風本体の活発な雨雲がかかった。これらにより、樹木の転倒、建物屋根の飛散、床上・下浸水などの住宅被害、トラックの横転、建設現場の足場やクレーン、さらには、港のガントリークレーンの転倒など、多大な被害をもたらし、大規模な停電も発生した。大阪湾沿岸では、強風に伴う高潮被害、関西空港では浸水および漂流したタンカーの衝突による連絡橋の破損など、公共インフラ、土木構造物などにも多大な被害をもたらした。⁶¹また、この災害による支払保険金額は、約 9,698 億円にもものぼる。⁶²

● 令和元年台風 15 号 内閣府・令和元年台風 15 号に係る被害状況等について)

[気象の概況]

台風の接近・通過に伴い、伊豆諸島や関東地方南部を中心に猛烈な風、猛烈な雨となった。特に、千葉市で最大風速 35.9m、最大瞬間風速 57.5m を観測するなど、多くの地点で観測史上 1 位の最大風速や最大瞬間風速を観測する記録的な暴風となった。

(被害状況)

- ✓ 人的被害 (死者 1 名)、建物被害 (住家全壊 342 棟等)
- ✓ 河川被害 (国管理の 10 河川で護岸損壊等、都道府県管理 4 河川で溢水・内水)
- ✓ 土砂災害 77 件
- ✓ 農業用ハウス・農作物・畜産用施設のほか農業用施設・家畜・樹体への被害
- ✓ 林地荒廃のほか、林道施設・特用林産物施設等への被害
- ✓ 漁具倉庫や漁具・漁船等への被害
- ✓ 農業・林業・水産業関連の合計被害額は約 815 億円 (2019 年 12 月 5 日時点)
- ✓ 日本原子力研究開発機構大洗研究所敷地内の冷却塔の倒壊
- ✓ 君津市の石油コンビナート (日本製鉄(株)君津製鉄所) で燃焼放散塔の倒壊

⁶¹災害調査報告—平成 30 年台風 21 号による強風・高潮災害について— (京都大学防災研究所年報 第 62 号

⁶²平成 30 年台風 21 号および台風 24 号に係る各種損害保険の支払件数・支払保険金 (見込含む) 等について

- 1 ✓ 大規模な倒木、土砂崩れ等による停電、停電による断水、停電や基地局の被災による通
- 2 信障害
- 3 ✓ 鉄道の運休や高速道路の通行止め等の交通網の停止による空港へのアクセス制限
- 4 ✓ 停電による医薬品の製造・出荷の一時停止
- 5 ✓ コンビナートからの希塩酸の一部海洋流出
- 6 ✓ 浸水等による多量の災害廃棄物の発生

8 ● 令和元年台風 19 号（内閣府・令和元年台風 19 号に係る被害状況等について）

9 [気象の概況]

10 台風本体の発達した雨雲や台風周辺の湿った空気の影響で、静岡県や新潟県、関東甲信地方、
11 東北地方を中心に広い範囲で記録的な大雨となった。10 日からの総雨量は神奈川県箱根町で
12 1,000mm に達し、関東甲信地方と静岡県の 17 地点で 500mm を超えた。この記録的な大雨により、
13 12 日 15 時 30 分に静岡県、神奈川県、東京都、埼玉県、群馬県、山梨県、長野県の 7 都県に、12
14 日 19 時 50 分に茨城県、栃木県、新潟県、福島県、宮城県の 5 県に、13 日 0 時 40 分に岩手県に
15 特別警報を発表した。

16 東京都江戸川臨海では観測史上 1 位の値を超える最大瞬間風速 43.8m を観測するなど、関東地
17 方の 7 箇所最大瞬間風速 40m を超える暴風となったほか、東日本から北日本にかけての広い範
18 囲で非常に強い風を観測した。また、12 日には千葉県市原市で竜巻とみられる突風が発生した。

19 [被害状況]

- 20 ✓ 人的被害（死者 99 名）
- 21 ✓ 河川被害（国管理河川で堤防決壊 12 箇所、県管理河川で堤防決壊 128 か所）、土砂災害
- 22 962 件
- 23 ✓ 防災重点ため池や防災重点以外のため池で、決壊や損傷の被害
- 24 ✓ 農業用施設等への被害や農地の損壊のほか、農作物、農業・畜産用機械、農業用ハウス
- 25 等への被害
- 26 ✓ 林地荒廃のほか、林道施設、木材加工・流通施設、治山施設、特用林産物施設等への被
- 27 害
- 28 ✓ 漁港施設、共同利用施設、水産物、漁具等への被害、海外漂着物による被害
- 29 ✓ 農業・林業・水産業関連の合計被害額は約 3,181 億円（2019 年 12 月 12 日時点）
- 30 ✓ 暴風雨で倒木・飛来物等が配電設備を損傷したことによる停電
- 31 ✓ 道路崩壊等に伴う水道管破損による断水、浄水場への濁水流入による断水、河川増水に
- 32 伴う浄水場・ポンプ場水没による断水、停電による断水、橋梁添架の水道管の流出
- 33 ✓ 浄化センターの浸水による下水処理機能の停止
- 34 ✓ 長野車両センター留置中の北陸新幹線車両の浸水に伴う運転見合わせ
- 35 ✓ 国宝・重要文化財等の物的被害
- 36 ✓ 浸水等による金融機関店舗や郵便局の営業停止

37

1 (将来予測される影響)

2 極端な豪雨や勢力の強い台風に伴う強風・豪雨によって、まず、洪水氾濫・高潮氾濫・土砂災
3 害・強風被害といったいわゆる自然災害が発生し、人命損失や建物損壊等の直接的被害が生じる。
4 同時に、こうした自然災害は、複数の分野に一挙に影響を及ぼすため、重大である。例えば、水
5 環境や水資源（地下水・水循環）等の物理的な自然環境に変化をもたらし、自然生態系にも生物
6 の生育・生息地の消失等の形で直接的被害をもたらす可能性がある。農業・林業・水産業におい
7 ても、農作物・林地・水産物といった生産物そのものや各種の生産施設・設備、生産基盤等への
8 直接的被害が発生し、さらに、工場・商業施設等の産業施設や、電力・通信・上下水道・運輸・廃
9 棄物処理システム等のあらゆるインフラ・ライフラインにも浸水・損壊・途絶等の直接的被害を
10 もたらす。

11 国民生活や事業活動の基盤であるインフラ・ライフラインへの影響被害をもたらす更なる波及
12 影響は極めて甚大で、国民の日常的な暮らしに停電・断水等の形で支障を与え、様々な事業者の
13 製造・流通・販売等の事業活動にも深刻な打撃となる可能性がある。また、インフラ・ライフラ
14 インにおける影響被害は、農業・林業・水産業等の一次産業に対しても停電・断水・流通途絶等
15 で同様に波及的な影響をもたらしかねない。

16 自然災害は、人命損失だけでなく、国民の健康にも影響を及ぼす可能性がある。例えば、避難
17 生活の長期化に伴う持病の悪化や感染症の発症等の拡大が想定される。なお、梅雨や台風の時期
18 は、極端な高温日と重なる可能性が少なからずある。実際に、令和元年台風15号通過の翌日には、
19 大規模停電の影響を受けた千葉県において、高気温の程度が同様の東京都に比べてはるかに多く
20 の熱中症救急搬送者数が報告されている。このように、梅雨や台風による甚大な自然災害と高温
21 とが重なれば、新たな人命損失を招きかねず、今後、防災面の検討に際してはこのような事態も
22 想定していく必要がある。

23 以上の連鎖の可能性は、研究に基づく知見だけでなく専門家の判断・考察により補完している
24 部分もあるが、このような影響・リスクの可能性を排除せず、想定しておくことが今後気候変動
25 影響に備えていく上で重要になる。なお、ここでは、あくまで極端現象による影響被害に着目を
26 してまとめており、漸進的变化（年平均気温の上昇、海面上昇等）による影響被害は包含してい
27 ないことに注意が必要である。

28

4 気候変動による影響の評価（一覧表）

凡例：		●：特に重大な影響が認められる		◆：影響が認められる		—：現状では評価できない		(観 点) 社：社会 経：経済 環：環境	
【重大性】	●	▲	■	—	—	—	—	—	—
【緊急性】	●	▲	■	—	—	—	—	—	—
【確信度】	●	▲	■	—	—	—	—	—	—

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
農業・林業・水産業 ¹	農業	水稻	<ul style="list-style-type: none"> 既に全国で、気温の上昇による品質の低下（白未熟粒の発生、一等米比率の低下等）等の影響が確認されている。また、一部の地域や極端な高温年には収量の減少も見られている。 一部の地域では、気温上昇により生育期間が早まることで、登熟期間前後の気象条件が変化することによる影響が生じている。 	<ul style="list-style-type: none"> 多数の気候予測モデルと温室効果ガス濃度シナリオを用いてコメの収量を予測した研究によれば、全国的に2061～2080年頃までは全体として増加傾向にあるものの、21世紀末には減少に転じるほか、品質に関して高温リスクを受けやすいコメの割合がRCP8.5シナリオで著しく増加すると予測されている。高温リスクを受けにくい（相対的に品質が高い）コメの収量の変化を地域別に見た場合、近未来（2031～2050年）及び21世紀末（2081～2100年）には、収量の増加する地域（北日本や中部以西の中山間地域等）と、収量が減少する地域（関東・北陸以西の平野部等）の偏りが大きくなる可能性がある。 RCP8.5シナリオの場合、2010年代と比較した乳白米の発生割合が2040年代には2倍になると予測され、全国の水田の約3分の1で等級が下がる結果が示されている。経済損失の増加も推定されている。 CO2濃度の上昇は、施肥効果によりコメの収量を増加させることがFACE（開放系大気CO2増加）実験により実証されているが、CO2濃度の上昇による施肥効果は気温上昇により低下する可能性がある。 将来の降雨パターンの変化はコメの年間の生産性を変動させ、気温による影響を上回ることも想定される。様々な生育段階で冠水処理を施した試験では、出穂期の冠水でコメの減収率が最も高く、整粒率が最も低くなることが示されている。 	<p><RCP2.6及び2℃上昇相当></p> <p>●</p> <p><RCP8.5及び4℃上昇相当></p> <p>●</p>	社経	<p>コメの収量・品質の変化の影響の範囲は、好影響も含め全国に及び、我が国の主食としての供給および農業従事者の収入の増減に直接影響する。また、将来ではRCP2.6及び2℃上昇相当でも全国的に品質低下が進む可能性は高く、今後のコメの経済価値の減少が危惧される。さらに、近年見られる降雨量や降雨パターンの変化に伴う冠水による減収も懸念される。</p> <p><RCP2.6及び2℃上昇相当></p> <p>全国的には品質低下、さらに品質低下による経済損失が予測されている。フィールド実験では、気温上昇によるCO2の施肥効果の低下、水温上昇による品質低下が示唆されている。</p> <p><RCP8.5及び4℃上昇相当></p> <p>全国的な収量は、21世紀中頃までは増加が予測されているが、21世紀末では減少が予測されている。そのほか、著しい品質低下、品質低下による経済損失が予測されている。</p>	●	●	

¹ 農業・林業・水産業においては、気候変動の将来影響を予測するにあたって、人口・産業構造の変化やグローバル化など、さまざまな社会経済環境による影響も合わせて評価する必要がある。しかし、現時点では、そのような総合評価の知見は限られているため、ここでの情報整理と評価は気候変動による直接的な影響を対象としていることに留意すべきである。

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
		野菜	<ul style="list-style-type: none"> ● 過去の調査で、40以上の都道府県において、既に気候変動の影響が現れていると報告されており、全国的に気候変動の影響が現れていることは明らかである。 ● 特にキャベツなどの葉菜類、ダイコンなどの根菜類、スイカなどの果菜類等の露地野菜では、多種の品目でその収穫期が早まる傾向にあるほか、生育障害の発生頻度の増加等もみられる。 ● ホウレンソウ、ネギ、キャベツ、レタスといった葉菜類では、高温や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る。高温・乾燥や強日照のストレスが原因と考えられるブロッコリーの生理障害、品質低下も報告されている。 ● トマト、ナス、キュウリ、ピーマンといった果菜類では、高温・多雨等による着果不良、生育不良等が報告されている。 ● ダイコン、ニンジン、サトイモといった根菜類では、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る。 ● イチゴでは、冬から春に収穫する栽培で気温上昇による花芽分化の遅れが、夏から秋に収穫する栽培で花芽形成の不安定化が報告されている。 ● 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との報告もある。 ● 花きでは、キク、バラ、カーネーション、トルコギキョウ、リンドウ、ユリなどで高温による開花の前進・遅延や生育不良が報告されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 葉根菜類は、生育期間が比較的に短いため、栽培時期をずらすことで栽培そのものは継続可能な場合が多いと想定される。 ● キャベツ、レタスなどの葉菜類では、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が予測されている。 ● 果菜類（トマト、パプリカ）では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る。 	◆	社経	既に影響の範囲は全国に及んでいる。将来では葉菜類に関し気温上昇による生育の早期化、栽培成立地域の北上が予測されているほか、果菜類では果実サイズの減少や収量減少が懸念されている。農業総生産額に占める野菜・花きの割合は約30%であり、野菜・花きの供給、野菜・花き生産従事者の経営に直接影響する。しかしながら、野菜や花きは生育期間が比較的に短いため、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想定される。	●	▲	

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
		果樹	<ul style="list-style-type: none"> ● 2003年に実施された全国的な温暖化影響の現状調査では、全都道府県における果樹関係公立研究機関から、果樹農業において既に気候変動の影響が現れているとの報告がなされている。 ● 果樹は気候への適応性が非常に低い作物であり、また、一度植栽すると同じ樹で30～40年栽培することになることから気温の低かった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年代以降の気温上昇に適応できていない場合が多い。 ● カンキツでの浮皮、リンゴでの着色不良など、近年の温暖化に起因する障害は、ほとんどの樹種、地域に及んでいる。 ● リンゴでは、食味が改善される方向にあるものの、果実が軟化傾向にあり、これが貯蔵性の低下につながっている。 ● 一部の地域で、気温上昇により栽培適地が拡大している樹種がみられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ● ウンシュウミカンについて、SRES A1B シナリオを用いた予測では、栽培適地は北上し、内陸部に広がることが予測されている。 ● リンゴについて、IS92a シナリオを用いた予測では、栽培に有利な温度帯は年次を追うごとに北上することが予測されている。具体的には、2060年代には東北中部の平野部までが現在よりも栽培しにくい気候となり、東北北部の平野部など現在のリンゴの主力産地の多くが、暖地リンゴの産地と同等の気温となる。 ● ブドウ、モモ、オウトウについては、主産県において、高温による生育障害が発生することが想定される。露地栽培の「巨峰」について、RCP4.5シナリオを用いた予測では、2040年以降に着色度が大きく減少する。 ● 果樹の栽培が難しかった寒地では、果樹の栽培適地が拡大することが予測されている。全球の地上気温の平均が1990年代と比べて2℃上昇した場合、北海道では標高の低い地域でワイン用ブドウの栽培適地が広がる可能性がある。また、亜熱帯果樹のタンカンでは、現在の適地は少ないが、気温上昇に伴い栽培適地が増加する可能性がある。 	<p><RCP2.6 及び 2℃上昇相当></p> <p>●</p> <p><RCP8.5 及び 4℃上昇相当></p> <p>●</p>	社経	<p>既に温暖化の影響の範囲は全国に及び、農家の収入の増減に直接影響するほか、食料品の価格等を通じて一般世帯にも影響が及ぶ可能性がある。特に、東日本におけるリンゴや西日本におけるウンシュウミカン等、果樹は地域ブランドが確立していることが多く、これらの一部の県ではコメよりも産出額が多く、かつ、貯蔵や加工産業などの周辺産業も多数存在することから、適地移動の結果により生産が難しくなれば、地域経済に影響が及ぶことになる。</p> <p>また、カンキツ類を中心として果樹は中山間地では基幹作物になっている地域もあり、他の産業が少ないこれらの地域での、適地移動の影響は大きい。</p> <p><RCP2.6 及び 2℃上昇相当></p> <p>ウンシュウミカンを含む複数のカンキツでは、満開期以降の生理落下の増加（栽培実験）が予測されている。気候シナリオを用いたシミュレーション予測では、2℃程度の上昇でウンシュウミカンやリンゴの主産地の一部が栽培適地でなくなる可能性、「巨峰」の主産地で着色不良が頻発する可能性が示されている。</p> <p><RCP8.5 及び 4℃上昇相当></p> <p>リンゴでは栽培に有利な温度帯の北上（IS92a）が予測されている。ウンシュウミカンでは栽培適地の北上・内陸部への拡大（SRES A1B）、直花数の増加や有葉花数の減少（栽培実験）が予測されている。また、ブドウ「巨峰」では着色度の低下や低標高地でのワイン用ブドウ栽培適地の拡大（SRES A1B）、タンカンでは沿岸部への栽培適地の拡大（SRES A1B）が予測されている。</p>	●	●	




分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
		麦、大豆、飼料作物等	<ul style="list-style-type: none"> ● 小麦では、冬季及び春季の気温上昇により、全国的に播種期の遅れと出穂期の前進がみられ、生育期間が短縮する傾向が確認されている。 ● 大豆では、一部の地域で夏季の高温による百粒重の減少や高温乾燥条件が継続することによるさや数の減少、品質低下が報告されている。 ● 飼料作物では、関東地方の一部で2001～2012年の期間に飼料用トウモロコシにおいて、乾物収量が年々増加傾向になった報告例がある。 ● 茶では、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・一番茶萌芽の遅延などの生育障害が報告されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 小麦では、北海道の秋播き小麦に関する統計解析の結果、生育期間の気温は茎や穂の長さや千粒重と負の相関関係にあるため、出穂から成熟期までの平均気温の上昇による減収が危惧される。 ● そのほか、小麦では、播種後の高温に伴う生育促進による凍霜害リスクの増加、高CO2濃度によるタンパク質含量の低下等が指摘されている。 ● 大豆では、高CO2濃度条件下で栽培した実験では、生長期間の平均気温が25℃付近またはそれ以下の地域では、CO2濃度上昇は子実（果実や種子）の窒素濃度を下げずに収量を増加させる可能性が示唆されている。 ● また、寒冷地の大豆栽培では、気温上昇は収量に大きな影響を及ぼさないが、CO2濃度上昇は光合成を促進させ子実重を増加させることが示唆されている。一方、温暖地の大豆栽培では、気温上昇による減収が示唆されている。 ● 北海道では、IS92aシナリオによる予測では、2030年代には、てんさい、大豆、小豆では増収の可能性もあるが、病害発生、品質低下も懸念され、小麦、ばれいしょでは減収、品質低下が予測されている。 ● 北海道でのジャガイモ生産について、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濃度上昇を考慮すると、潜在収穫量は増加するという研究がある。 ● 関東地域では、平均気温が2℃上昇すると、平野部全域でエンバクの冬枯れのリスクが高まると予測されている。 ● SRES A1Bシナリオによる予測では、2080年代には、関東地域から九州地域にかけて、飼料用トウモロコシの二期作の栽培適地が拡大すると予測されている。 ● 茶では、2060年代には、南西諸島全域で秋冬季における低温遭遇時間の不足による品種「やぶきた」の一番茶の減収が顕在化することが推定されている。 	●	社経	小麦では気温上昇に伴う生育期間の短縮が生じており、一部の地域では今後減収する可能性が示されている。大豆では一部の地域で夏季の高温による減収、品質低下が生じている。寒冷地での栽培では増収の可能性（IS92a）が示されているものの、温暖地での栽培では気温上昇により減収する可能性（栽培実験）が示唆されている。飼料作物では一部の地域で増収すると予測される作物と冬枯れリスクが増大するとされる作物がある。茶では夏季の高温・少雨による二番茶以降の生育抑制等が生じているほか、一部の地域で秋冬季の気温上昇による一番茶の減収が予測されている。こうした穀物等の収量・品質の変化は（好影響も含め）農家の収入の増減に直接影響するほか、食料品の価格等を通じて一般世帯にも影響が及ぶ可能性がある。	▲	▲	

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
		畜産	<ul style="list-style-type: none"> ● 夏季に、肉用牛と豚の成育や肉質の低下、採卵鶏の産卵率や卵重の低下、肉用鶏の成育の低下、乳用牛の乳量・乳成分の低下等が報告されている。 ● 記録的猛暑であった2010年の暑熱による家畜の死亡・廃用頭羽数被害は、畜種の種類・地域を問わず前年より多かったことが報告されている。 ● 乳用牛では温湿度指数の上昇に伴う泌乳量の低下、気温上昇による繁殖成績や子牛の成長量の低下の研究事例がある。また、肉用豚では気温上昇による消化吸収能の低下や分娩率の低下、採卵鶏では気温上昇による摂取量の減少等に伴う産卵数の減少や卵品質の低下などを示す研究事例がある。 ● 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類（節足動物媒介性ウイルス）の流行や、南西諸島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の分布が九州地方で確認されている。 ● アルボウイルス類の一種であるアカバネウイルスが東北地方に直接侵入し、北海道までウイルス感染による牛の異常産の発生が広まった事例も報告されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 影響の程度は、畜種や飼養形態により異なると考えられるが、温暖化とともに、乳用牛、肥育去勢豚、肉用鶏の成長への影響が大きくなることが予測されており、成長の低下する地域が拡大し、低下の程度も大きくなると予測されている。 ● 乳用牛では、高温だけでなく高湿度になると生産性への負の影響がさらに大きくなることが示唆されている。 	●	社経	家畜や家禽への影響の範囲は畜種や飼養形態により異なるが、農業総生産額に占める畜産業の割合は約30%であることから、わが国の畜産物の供給、畜産従事者の経営に直接影響する。	●	▲	

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
		病害虫・雑草	<p>(害虫)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 西南暖地（九州南部などの比較的温暖な地域）の一部に分布していたミナミアオカメムシが、近年、西日本の広い地域から関東の一部にまで分布域が拡大し、気温上昇の影響が指摘されている。 ● 海外から九州地方に飛来するウンカ類の数は、ベトナム北部での越冬や強い上層風の頻度が関係する。 ● 水稲害虫以外でも、気温上昇による分布の北上・拡大、発生量の増加、越冬の可能性が報告・指摘されている。 <p>(病害)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 圃場試験の結果、出穂期前後の気温が高かった年にイネ紋枯病の発病株率、病斑高率が高かったことが報告されている。 ● 一部の地域では、高温によるレタス根腐病やトウモロコシ根腐病の発生が報告されている。 ● ライグラスいもち病の発生地域が北上しており、温暖化との関連が指摘されている。 <p>(雑草)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 奄美諸島以南に分布していたイネ科雑草が、越冬が可能になり、近年、九州各地に侵入した事例がある。 ● 北海道では、土壌凍結深が浅くなったことにより、収穫後圃場に残留するバレイショの雑草化（野良イモ化）が問題となっている。 ● 東北地方では、気温上昇はチガヤ（イネ科の雑草）の生態型の分布特性に影響を及ぼしている。 ● 特定外来生物のナルトサワギクの分布の拡大には、気温が高い四半期の平均気温が大きく関与していると推定されている。 <p>(かび毒)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 土壌中に生息するアフラトキシン生産菌の分布を全国で調査した結果、生産菌の分布には気温が関与していることが推察されている。 	<p>(害虫)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 害虫については、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が予測されている。 ● 水稲の害虫であるミナミアオカメムシ、ニカメイガ、ツマグロヨコバイについて、気温上昇による発生量の増加が予測されている。ヒメトビウンカとそれが媒介するイネ縞葉枯病の発生に関し、東北、北陸地方で潜在的な危険性が増加すると予測されている。 ● 水稲の害虫であるアカスジカスミカメの成虫発生盛日がイネの出穂期に近づくことで斑点米被害リスクが増加すると予測する研究がある。 ● 水稲害虫以外でも、越冬可能地域や生息適地の北上・拡大や、発生世代数の増加による被害の増大の可能性が指摘されている。 ● 夏季の気温上昇は、ミナミアオカメムシ及び一部のアブラムシに高温障害を引き起こす可能性が指摘されている。 <p>(病害)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 病害については、高CO2条件実験下（現時点の濃度から200ppm上昇）では、発病の増加が予測された事例がある。 ● 気温上昇によりイネ紋枯病による被害の増大が予測された事例がある。 ● 降水頻度の減少により葉面の濡れが低下し、降水強度の増加により病菌が流出するため、感染リスクが低下するとする研究もある。 <p>(雑草)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 雑草については、コヒメビエ、帰化アサガオ類など一部の種類において、気温の上昇により定着可能域の拡大や北上の可能性が指摘されている。 ● 北海道では、気温上昇により帰化雑草イガホビユの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が増加する可能性が示唆されている。 <p>(かび毒)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 気温上昇による土壌中でのアフラトキシン産生性菌株の生息密度の上昇が懸念されている。 	●	社経	害虫では分布域の北上・拡大、発生量の増加が既に生じており、同様の傾向が予測されていることから、害虫被害の増加あるいは発生地域の拡大、防除のための労力の増大が懸念される。病害では、高温による被害の甚大化や気温上昇による発生地域の北上が生じているほか、将来では気温上昇による被害の増大が予測されている事例もある。雑草では、気温上昇が分布拡大に寄与しているとする研究事例があるほか、将来においても分布拡大や発生増加を予測する研究事例がある。病害虫雑草の分布域や発生量の増加は、作物の収量・品質に影響が及び、かつ農業をはじめとする様々な防除手段を講じる必要があるため、直接的・間接的に、農家の収入低下等の経済的損失につながる可能性がある。また、土壌に生息し強い発がん性を示すかび毒（アフラトキシン）の分布に気温が関与しているという知見も得られており、今後の生息密度の上昇が懸念される。	●	●	

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
		農業生産基盤 ²	<ul style="list-style-type: none"> ● 農業生産基盤に影響を及ぼしうる降水量の変動について、1901～2000年の最大3日連続降雨量の解析では、短期間にまとめて強く降る傾向が増加し、特に、四国や九州南部でその傾向が強くなっている。 ● また、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ている。 ● 全国のため池管理者へのアンケート調査より、少雨（少雪）の頻度が増加したことにより、貯水量が十分に回復しなかった、受益地で用水不足が生じたといった問題が挙げられた。また、全国の排水機場管理者へのアンケート調査では、豪雨・洪水により年間のポンプ運転時間が増大・拡大しているという回答が多かった。 ● コメの品質低下などの高温障害が見られており、その対応として、田植え時期や用水時期の変更、掛け流し灌漑の実施等、水資源の利用方法に影響が生じている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 水資源の不足、融雪の早期化等による農業生産基盤への影響については、気温上昇により融雪流出量が減少し、用水路等の農業水利施設における取水に影響を与えることが予測されている。具体的には、今世紀末の代かき期において北日本（東北、北陸地域）ではRCP2.6シナリオでも利用可能な水量が減少し、RCP8.5シナリオではこれらに加えて西日本（近畿、中国地域）や北海道でも利用可能な水量が減少すると予測されている。一方、梅雨期や台風期にあたる6～10月では、全国的に洪水リスクが増加すると予測されている。 ● 降雨強度の増加による洪水の農業生産基盤への影響については、低標高の水田で湛水時間が長くなることで農地被害のリスクが増加することが将来の豪雨特性の不確実性も踏まえた上で予測されている。また、降雨の頻度や強度の増加は、地下水供給の増加を通じて地すべりの発生を増加させることが予想されており、斜面災害の多発による農地への影響が懸念される。 ● 全国を対象として、気候変動による中長期的な降水変化がため池に及ぼす影響を分析した結果、RCP2.6、RCP8.5の両シナリオにおいて、大雨注意報の発表回数が21世紀末に増加するため、ため池管理にかかる労力が増加すると予測されている。また、RCP2.6、RCP8.5の両シナリオにおいて、21世紀末では大雨時のため池水位が設定された洪水位を超過する可能性が増加すると予測されている。 	●	社経	流量等の両極端現象について大きな増大が予測される。全国的に影響が及ぶが、代かき期では特に融雪を水資源とする地域に大きな影響が及び、流量の減少とともに融雪時期の変化は水田の管理に多大な影響を及ぼす。また梅雨期や台風期では、降雨強度の増加に伴い全国的な洪水リスクの増加が予測されている。水不足は農業用水に影響を与える可能性があり、一方で、降雨量の増加は低平地の排水不良、土壌侵食、農業水利施設の管理などに影響を与える可能性がある。いずれも社会的経済的影響が大きい。すなわち、洪水や渇水といった両極端現象の発生頻度増大に注目していくことが重要となる。	●	▲	

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








分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
		食糧需給	<ul style="list-style-type: none"> ● 主要穀物（小麦、大豆、トウモロコシ、コム）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。暑熱と気温上昇に伴う潜在蒸発散量の増加により、特に低緯度地域で収量が減少していることや、CO2 濃度の上昇による施肥効果と播種日の移動など簡易な対応策を考慮しても、気候変動により世界全体の平均収量が減少していること等が報告されている。 ● 既に世界的にさまざまな段階の適応が進んでいる。播種日の移動や品種の変更といった栽培管理を変更する比較的簡易な対応だけでなく、栽培する作物の変更や栽培地域の移動などより大掛かりな対応も見られる。 ● 穀物収量の減少が社会・経済に影響を及ぼした近年の事例として、オーストラリアでの干ばつなど異常気象による世界的な減産が 2006～2008 年の穀物価格高騰の一因になったこと、2010 年のロシアの熱波と干ばつによる小麦の供給不足が中東や北アフリカで暴動を引き起こしたこと、2012 年の米国の高温・乾燥による減産でトウモロコシや大豆の国際価格が史上最高値を更新したことなどが報告されている。 ● 気候の年々変動（気候システムの自然変動）が穀物の収量変動の主要因だが、人為的な気候変動により、気候システムの年々変動が変調してきており、一部の地域では干ばつの深刻化を通じて作物生産に影響を与えているとする研究がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 世界全体では、予測される将来の気温上昇はコム、小麦、大豆、トウモロコシ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。一方で、予測される気候変動の収量影響は地域や作物、想定する CO2 濃度、適応策の有無で異なる。 ● コム、コムギ、ダイズ、トウモロコシの主要生産国・輸出国の収量予測は以下のとおり。 ➢ コムについて、RCP4.5 シナリオでは 13 の主要生産国で 2080～2089 年に平均収量の減少が予測されている。主要輸出国であるタイでは、RCP8.5 シナリオにおいて高い脆弱性が指摘されている。 ➢ 小麦について、主要輸出国である米国では、RCP8.5 シナリオの場合、2067～2099 年の収量が 1981～2004 年と比較して 70%減少すると予測されている。カナダでは、SRES A2 シナリオの場合、2041～2070 年の収量が 1971～2000 年と比較して 26～37% 増加すると予測されている。豪州では、RCP4.5 シナリオ及び RCP8.5 シナリオでは、2050 年代では播種日の変更、品種選択の適応策の実施により収量増加が期待できる一方、RCP8.5 シナリオでは、2090 年代に栽培適地の減少による収量減少のほう CO2 濃度の上昇や適応策の効果を上回ることが危惧されている。 ➢ 大豆について、主要輸出国である米国では、RCP8.5 シナリオの場合、2067～2099 年の収量が 1981～2004 年と比較して 70%減少すると予測されている。また、RCP4.5 シナリオ、RCP8.5 シナリオでは 2085～2094 年において乾燥により米国中西部での減少量が大きくなることも予測されている。カナダでは、気温上昇による栽培期間の短縮、2041～2070 年における収量の微増、RCP8.5 シナリオでは 2071～2100 年における減少が予測されている。ブラジルでは、RCP8.5 シナリオの場合、雨季の短縮により、2031～2050 年には 2013～2030 年と比較して二毛作に適した農地が 10%減少すると予測されている。 ➢ トウモロコシについて、主要輸出国である米国では、2021～2050 年の収量が 1970～1999 年と比較して 20～50%、RCP8.5 シナリオの場合 2067～2099 年の収量が 1981～2004 年と比較して 71%減少すると予測されている。また、RCP4.5 シナリオ、RCP8.5 シナリオでは 2085～2094 年において乾燥により米国中西部での減収量が大きくなることも予測されている。一方、南アフリカでは収量増加が予測されている。 		社経	<p>主要穀物（コム、小麦、大豆、トウモロコシ）について、世界全体では、気候変動がなかった場合に比べて、気温上昇による収量低下が生じており、今後も気候変動が進行すれば、収量低下が大きくなると予測されている。しかしながら、気候変動と同時に栽培技術の進歩が同時に進んでいるため、気候変動の影響は、収量の正味の低下ではなく、収量増加の鈍化として顕在化すると見込まれる。人口増加に伴って食料需要が逼迫傾向にある場合、作物の収量減少は国際市場への供給量の低下を通じて価格を上昇させる可能性があり、食品原材料や飼料原料としてコムギやダイズ、トウモロコシの国内消費量の 8～9 割を輸入している我が国への影響は大きいと想定される。ただし、国内の生産力を強化する、輸入先を変更・分散する等の対策を講じることにより、影響を低減することは可能であると考えられる。</p>			

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考
					観点	判断理由			
	林業	木材生産（人工林等）	<ul style="list-style-type: none"> 一部の地域で、スギの衰退現象が報告されており、その要因に大気乾燥化による水ストレスの増大を挙げる研究報告もある。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降水量の減少によって生じているか明確な証拠はない。スギの衰退と土壌乾燥しやすさとの関連も明らかではない。 全国のスギ、ヒノキ、アカマツ、カラマツの人工林の成長データを解析し、CO2濃度の上昇、窒素沈着量、気候変動といった環境要因が人工林の成長量にどの程度寄与していたかを定量化した研究では、1980年から2005年では成長量の増加が4.0~7.7MgCha-1（1haあたり炭素蓄積量の8.4~21.6%）であったこと、全ての樹種で環境要因による成長量の増加がみられたことが示されている。ただし、気温やCO2濃度の上昇との関連は明確ではない。 気温が高いとマツ材線虫病被害の危険度が高くなることや、マツ材線虫病の分布北限地で被害の分布北限が拡大していることが報告されている。ただし、気温以外の要因もマツ材線虫病被害に影響を与えるので慎重な検証が必要である。 人工林における風害が増加しているかどうかについては、研究事例が限定的であるため、現時点では必ずしも明らかでない。一方で、林木が過密な状態で成長した場合や、強雨によって土壌へ大量の水が供給された場合に、強風に対する力学的抵抗性が減少することが示されている。 	<ul style="list-style-type: none"> 気温が現在より3℃上昇すると、蒸散量が増加し、特に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がある。 現状と同じ林業活動を仮定し、日本のスギ人工林の炭素蓄積量及び炭素吸収量の低下を予測した研究事例がある。 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。2050年までに年平均0.9℃上昇する場合には、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ある。一方、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もある。 その他、ヒノキの苗木について、気温の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がある。 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。 高齢林化が進むスギ・ヒノキ人工林における風害の増加が懸念される。 	●	社経環	●	▲	
		<ul style="list-style-type: none"> 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・ハルチアナムによる被害は、高い温度環境で大きくなることを確認されつつある。 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。これまで被害報告のなかった千葉県、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る。 夏場の高温がヒポクレア菌による被害を助長する要因となっている可能性があるとの報告がある。 	<ul style="list-style-type: none"> シイタケの原木栽培において、夏場の気温上昇と病害菌の発生あるいはシイタケの子実体（きのこ）の発生量の減少との関係を指摘する報告がある。 冬場の気温の上昇がシイタケ原木栽培へ及ぼす影響については、現時点で明らかになっていない。 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を予測する研究事例がある。 	●					

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
	水産業	回遊性魚介類（魚類等の生態）	<ul style="list-style-type: none"> ● 20世紀以降の海洋の昇温は、世界全体の漁獲可能性を減少させた要因の一つとなっていることが指摘されている。 ● 現在、温暖化に伴う海洋生物の分布域の変化が世界中で見られている。日本周辺海域における主要水産資源（回遊性魚介類）の分布域の変化、それに伴う漁期・漁場の変化は下記の通りである。 <ul style="list-style-type: none"> ➤ クロマグロは、昇温が著しい日本海において、仔魚の分布が拡大したと推測されている。 ➤ ブリは、日本全体で漁獲量が増加しており、特に北海道、東北地域で増加が顕著となっている。 ➤ サワラは、日本海や東北地方太平洋沿岸域で漁獲量が増加している。 ➤ シロザケは、海洋生活初期の高水温によって回帰率が低下したと推察される。 ➤ スルメイカの回遊経路の変化に伴い、漁期の短縮や来遊量の変化が各地で指摘されている。 ➤ サンマは、親潮の流路変動の影響も受けながら道東海域の漁場が縮小した。 ➤ スケトウダラは、北海道周辺海域や日本海において加入量が減少している。 ● 高水温によるこのような変化によって加工業や流通業に影響が出ている地域もある。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 世界全体の漁獲可能性が減少することが予測されている。RCP8.5シナリオの場合、21世紀末の漁獲可能性は、21世紀初めと比較して約2割減少すると予測されている。 ● 日本周辺海域の回遊性魚介類については、分布回遊範囲及び体の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。具体的には以下の通り。 <ul style="list-style-type: none"> ➤ まぐろ類は、RCP8.5シナリオの場合、2081～2100年には海水温上昇と動物プランクトンの減少により太平洋亜熱帯部で漁獲量が減少し、分布が北東へ移動すると予測されている。台湾、沖縄周辺海域においては、クロマグロの産卵に適した水温域が北上し、仔魚の生残率が低下すると予測されている ➤ さけ・ます類では日本周辺や北太平洋西部での生息域の減少が予測されている。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。 ➤ サンマは、餌料環境の悪化から成長が鈍化するものの、回遊範囲の変化によって産卵期では餌料環境が好転し、産卵量が増加する場合も予測されている。水温上昇によってサンマの漁場が公海域に形成されやすくなることから、小規模漁業者の操業に問題が生じることや、体重減少による価格への影響も懸念されている。 ➤ スルメイカは、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（SRESA1Bシナリオ）。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。 ➤ マイワシは、海面温度の上昇への応答として、成魚の分布範囲や稚仔魚の生残に適した海域が北方へ移動することが予測されている。 ➤ ブリは、分布域の北方への拡大、越冬域の変化が予測されている他、既存産地における品質低下が危惧されている。 ● 海洋酸性化により、東ベーリング海におけるオオズワイガニの漁獲量が減少することが飼育実験により予想されている。将来的には、海洋酸性化により日本近海のかに類にも影響が生じる可能性がある。 ● 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。 	●	社経	20世紀以降の海洋の昇温は、世界全体の漁獲可能性を減少させた要因の一つであることがIPCCの報告書で指摘されており、将来も世界全体で見た漁獲可能性の減少傾向が予測されている。日本周辺海域では、高水温に起因する回遊性魚介類の分布域や漁期・漁場の変化が生じており、加工業や流通業に影響が出ている地域もある。将来では、北太平洋及び日本周辺海域において、分布回遊範囲の変化や体のサイズの変化に関する予測が多数ある。	●	▲	

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
		増養殖業	<p>(海面養殖業)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 高水温によるホタテ貝の大量へい死、水温上昇や降水量減少によるカキのへい死が報告されている。 <p>(内水面漁業)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 高温によるワカサギのへい死が報告されている。 	<p>(海面養殖業)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 養殖魚類の産地については、夏季の水温上昇により不適になる海域が出ると予想されている。 <p>(内水面漁業)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 湖沼におけるワカサギの高水温による漁獲量減少が予想されている。 ● SRESA1B シナリオ、SRESB1 シナリオでは、21 世紀末頃において、海洋と河川の水温上昇によるアユの遡上時期の早まりや遡上数の減少が予測されている。 <p>(その他)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● IPCC の報告では、海洋酸性化による貝類養殖への影響が懸念されている。 	●	社経	海水温の上昇による養殖貝のへい死、内水面の水温上昇による魚類のへい死は既に生じており、影響は日本全国に及んでいる。将来では養殖産地の適地の減少、内水面漁業における漁獲量の減少等が予測されている。特に水産業への依存度が高い地域において社会・経済への影響が重大になる。	●	▲	

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考
					観点	判断理由			
		沿岸域・内水面漁場環境等	<p>(回遊性魚介類以外の海面漁業)</p> <ul style="list-style-type: none"> 各地で南方系魚種数の増加や北方系魚種数の減少などが報告されている。 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遷移する事例がある。 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とする研究事例がある。 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の漁獲量も減少していることが報告されている。 <p>(海藻・藻場)</p> <ul style="list-style-type: none"> 高水温による天然ワカメの不漁、水温上昇によるマコンブのバイオマス量の減少が報告されている。 養殖ノリでは、秋季の高水温により種付け開始時期が遅れ、年間収穫量が各地で減少している。 養殖ワカメでは、一部の地域で秋季及び収穫時期(2~3月)の水温上昇により、種苗を海に出す時期が遅くなるとともに、収穫盛期の生長や品質に影響が及んでいることが減収の一因となっている。また、食性魚類による養殖ワカメの食害も報告されている。 水温の上昇による藻類の生産力への直接的な影響と、藻食性魚類等の摂食活動の活発化による間接的な影響によるものと考えられる藻場の減少や構成種の変化が、各地で生じており、地理的な分布も変化している。 <p>(有害有毒プランクトン・魚類)</p> <ul style="list-style-type: none"> 有害有毒プランクトンについて、発生北限の北上、寒冷地における暖水種の発生、発生の早期化が報告されている。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や南方性有毒種の分布域が広がっている可能性がある。 	<p>(回遊性魚介類以外の海面漁業)</p> <ul style="list-style-type: none"> 生態系モデルと気候予測シナリオを用いた影響評価は行われていないものの、多くの漁獲対象種の分布域が北上すると予測されている。 海水温の上昇による藻類の種構成や現存量の変化によって、アワビなどの磯根資源の漁獲量が減少すると予想されている。 <p>(海藻・藻場)</p> <ul style="list-style-type: none"> 北日本沿岸域の主要コンブ11種では、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、もしく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。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して予測されている。 ノリ養殖では、RCP2.6シナリオの場合、2050年代には水温上昇により育苗の開始時期が現在と比べて20日程度遅れると予測されている。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。 SRES A2シナリオの場合、北西太平洋では、水温上昇によりホンダワラ属アカモクの分布が北上し、2100年には本州の広い範囲で消失すると予測されている。 RCP2.6シナリオの場合、日本沿岸のカジメの分布には、藻食性魚類による食害の影響のみ顕在化する。RCP8.5シナリオの場合、高水温による生理的影響と食害の双方の影響により、2090年代には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。 RCP2.6シナリオの場合、瀬戸内海から黒潮流域のカジメの分布について、2050年代では現状の藻場を維持できるが、RCP8.5シナリオの場合、瀬戸内海の東部で大幅に減少する可能性があるとして予測されている。 <p>(有害有毒プランクトン)</p> <ul style="list-style-type: none"> 海水温の上昇に関係する赤潮発生による二枚貝等のへい死リスクの上昇等が予想されている。 	<p><RCP2.6 及び 2℃上昇相当></p> <p>●</p> <p><RCP8.5 及び 4℃上昇相当></p> <p>●</p>	社経環	●	▲	

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
水環境・水資源	水環境	湖沼・ダム湖	<ul style="list-style-type: none"> ● 全国の公共用水域（河川・湖沼・海域）における1981～2007年度の水温変化を調べたところ、4,477観測点のうち、夏季は72%、冬季は82%で水温の上昇傾向があり、各水域で水温上昇が確認されている。 ● また、水温の上昇に伴う水質の変化が指摘されているが、水温の変化は、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研究報告もある。 ● 一方で、年平均気温が10℃を超えるとアオコの発生確率が高くなる傾向を示す報告もあり、長期的な解析が今後必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ● RCP2.6、8.5シナリオを用いた研究で、国内37のダムのうち、富栄養湖に分類されるダムが2100年代で増加し、特に東日本での増加数が増える予測例がある。 ● RCP8.5シナリオを用いて東北地方のダムを対象にした研究では、将来の降雨量の増加に伴う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、年間湖水回転率の大小によって異なる可能性も示唆されている。 ● 気候変動による降水量や降水の時空間分布の変化に伴う河川流量の変化や極端現象の頻度や強度の増加による湖沼・ダム貯水池への影響については、具体的な予測の研究事例は確認できていない。 	<p><RCP2.6 及び2℃上昇相当>  <RCP8.5 及び4℃上昇相当> </p>	社経環	<p>影響の範囲は全国の湖沼・ダム貯水池と広範囲に及ぶ。湖沼やダム貯水池は、気温・水温の上昇によりダム貯水池等での温度成層や植物プランクトンの発生確率の増大、土壌有機物の生分解の向上による水中の有機物濃度の増加等、河川以上に厳しい水質変化が予想される。湖沼・ダム貯水池の水温・水質の変化は、水道水源として、社会に与える影響は甚大であり、水質悪化に伴う浄水コストの増加は経済への影響も避けられない。また、レクリエーション価値の低下や損失も無視できない。生態系への影響も含め、一度悪化した水環境は簡単に元に戻せるものではない。</p> <p><RCP2.6 及び2℃上昇相当> 全国37のダムにおいて2010年代～2050年代、2050年代～2100年代にかけてChl-a濃度はそれぞれ増加し、富栄養と判定されるダム貯水池の数も2100年代では東日本で6箇所となることが予測されている。</p> <p><RCP8.5 及び4℃上昇相当> 全国37のダムにおいて2010年代～2050年代、2050年代～2100年代にかけてChl-a濃度はそれぞれ増加し、富栄養と判定されるダム貯水池の数も2100年代では東日本で12箇所となることが予測されている。降雨量の増加に伴うSSの増加が予測され、濁水の放流が長期化することも懸念されている。</p>			
		河川	<ul style="list-style-type: none"> ● 全国の公共用水域（河川・湖沼・海域）の1981～2007年度の水温変化を調べたところ、4,477観測点のうち、夏季は72%、冬季は82%で水温の上昇傾向があり、各水域で水温上昇が確認されている。 ● また、水温の上昇に伴う水質の変化も指摘されているが、河川水温の上昇は、都市活動（人工排熱や排水）や河川流量低下などにも影響されるため、気候変動による影響の程度を定量的に解析する必要がある。 ● 長良川においては、短期集中降雨の増加、豪雨間隔の短期化等により土砂流出量が増加することが報告されている。 ● 平成30年の記録的な高潮により、淀川で塩水遡上が起こり、浄水場の原水に塩水が混入したことや、信濃川では、夏季に渇水により流量が減少したことにより塩水遡上が発生し、水門の一部が閉鎖されたことも報告されている。 ● 芦田川支流では、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を予測する研究もある。 ● 1980年代の終わりから、気温上昇に伴う真姿の池の湧水水温の上昇が確認されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 雄物川におけるA1Bシナリオを用いた将来の水温変化の予測では、1994～2003年の水温が11.9℃であったのに対して、2030～2039年では12.4℃に上昇すること、特に冬季に影響が大きくなることが予測されている。 ● 同じくA1Bシナリオを用いた予測で、2090年までに日本全国で浮遊砂量が8～24%増加することや台風のような異常気象の増加により9月に最も浮遊砂量が増加すること、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可能性もある。 ● 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、藻類の増加による異臭味の増加等も予測されている。 ● 気温上昇は浅層の地下水や帯水層の温度上昇にも影響を及ぼすことが予測されている。 	<p></p>	—	<p>影響の範囲は全国の河川に及ぶ。気候変動による気温の上昇は、河川の水温を上昇させる可能性がある。</p> <p>また、気候変動により降水量が増加する流域では、土砂の流出量の増加、合流式下水道越流水の頻度を増加させる。水温上昇や濁度の程度にもよるが、河川や浅層の地下水、帯水層の水温・水質の変化における気候変動により生じるリスクは、社会・経済・環境のすべての観点において、その影響の程度や範囲は限定的と判断される。</p>			

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
		沿岸域及び閉鎖性海域	<ul style="list-style-type: none"> ● 全国 207 地点の表層海水温データ (1970 年代～2010 年代) を解析した結果、132 地点で有意な上昇傾向 (平均: 0.039℃/年、最小: 0.001℃/年～最大: 0.104℃/年) が報告されている。なお、この上昇傾向が見られた地点には、人為的な影響を受けた測定点が含まれていることに留意が必要である。 ● 沖縄島沿岸域では、有意な水温上昇あるいは下降傾向は認められなかったとの研究報告もある。 ● 全国 289 点の沿岸海域の pH データ (1978～2009 年) を用いて解析した結果、有意な酸性化傾向 (0.0014/年～0.0024/年) にあることが確認されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 瀬戸内海の物理・熱環境の将来変化予測を行った研究においては、RCP8.5 シナリオを前提として年平均 1.6 度の温度が上昇する可能性が高い。 ● 伊勢湾全体の将来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可能性が高い。 ● 東京湾を対象とした研究では、2046～2065 年における強風の継続時間は減少する可能性が示唆されており、DO 濃度の回復が困難となる恐れもあることが予測されている。 	◆	—	影響の範囲は全国の海域 (沿岸域及び閉鎖性海域) に及び、海洋酸性化、貧酸素化の促進、河川からの濁質の流入増加による藻場への影響、合流式下水道越流水による水質悪化の影響が懸念されるが、人命や資産、環境生態系機能の損失などの観点から考えると、その影響の程度や範囲は限定的と判断される。	▲	▲	
	水資源	水供給 (地表水)	<ul style="list-style-type: none"> ● 年降水量の年ごとの変動が大きくなっており、無降雨・少雨が続きこと等により日本各地で給水制限が実施される事例が確認されている。 ● 1980～2009 年の高山帯の融雪時期も時期が早くなる傾向があるが、流域により年変動が大きい。多雪地域である北陸などでは、冬季における融雪が増加することが報告されており、取手川流域では、降雪の減少により春先の灌漑用水が不足することも示唆されている。 ● 気候変動に伴う渇水による流水の正常な機能の維持のための用水等への影響、海面上昇による河川河口部における海水 (塩水) の遡上範囲の拡大に関しては、現時点で具体的な研究事例は確認できていない。 ● 東北・中国・九州地方では水ストレス (水需要量に対する取水可能量の比) 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ることが報告されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● A1B シナリオ を用いた研究では、北日本と中部山地以外では近未来 (2015～2039 年) から渇水の深刻化が予測されている。また、融雪時期の早期化による需要期の河川流量の減少、これに伴う水の需要と供給のミスマッチが生じることも予測されている。 ● A2 シナリオ を用いた研究では、将来の人口増減率を用いて水需要量を将来推定値とした場合、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が予測されている。 ● 海面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、下流付近で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おり、河川への塩水遡上範囲が延伸した場合、河川水を利用している施設へ影響が生じる恐れがあることも予測されている。 ● このほか、現時点で定量的に予測をした研究事例は確認できていないものの、渇水による流水の正常な機能の維持のための用水等への影響、海面上昇による河川河口部における海水 (塩水) の遡上による取水への支障などが懸念される。 ● 相模ダム流域では、RCP4.5 シナリオにおいて 2、4 月の渇水リスクの増加、6、7 月の洪水リスクの増加が予測されている。 	<p><RCP2.6 及び 2℃上昇相当></p> <p>●</p> <p><RCP8.5 及び 4℃上昇相当></p> <p>●</p>	社経	全国的に影響が及ぶ。特に融雪を水資源とする地域に大きな影響が及び、流量の減少とともに冬季の降雪事象の増加に伴う積雪量の減少や融雪時期の早期化は水田の管理に多大な影響を及ぼす。水不足は水道水、農業用水、工業用水など多くの分野に影響を与える可能性があり、社会的経済的影響が大きい。RCP2.6、8.5 シナリオともに洪水、渇水の両極端現象の発生頻度の増大を予測する研究事例もあり、注目していくことが重要となる。	●	●	

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
		水供給 (地下水)	<ul style="list-style-type: none"> ● 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できていない。 ● 一般的に、地下水利用量の変化には気候変動や人為的な要因も関係する。 ● 地盤沈下が続いている地域が多数存在していることや、渇水時における過剰な地下水の採取により地盤沈下が進行することもある。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る。 ● 海面上昇による地下水の塩水化の現状については、現時点で具体的な研究事例は確認できていないものの、地球温暖化に伴う海面上昇や高潮氾濫、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が報告されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 武蔵野台地や京都盆地を対象とし、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地下水位の変化について予測した研究事例がある。また、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。 ● 渇水に伴い地下水利用が増加し、地盤沈下が生じることについては、現時点で具体的な研究事例は確認できていない。 ● 現時点で定量的に予測をした研究事例は確認できていないものの、海面上昇による地下水の塩水化、取水への影響が懸念される。わが国の沖積平野にある大都市や灌漑用水としては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されるが、地下水を利用している自治体では、塩水化の影響は大きくなることが懸念される。 ● 豪雨や融雪による地下水供給の増加は地すべり発生に大きく関係する。温暖化が進行することによって生じる高強度の短時間降雨イベントの頻度・強度の増加は、地すべりの発生を増加させることが予想されており、特に、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。 	●	社経	影響の範囲は全国に及ぶ。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地域もあり、地下水を主水源としている地域では社会的経済的影響を受ける。ただし、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。したがって、地下水塩水化による水源への影響はさほど多くはないと想定される。一方で、豪雨や融雪による地下水供給の増加は地すべり発生に大きく関係し、気候変動が進行することによって生じる高強度の短時間降雨イベントの頻度・強度の増加は、地すべりの発生を増加させることが懸念されている。	▲	▲	
		水需要	<ul style="list-style-type: none"> ● 気温上昇と水使用量の関係について、東京では、気温上昇に応じて水使用量が増加することが実績として現れている。 ● 農業分野では、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増加が報告されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 現時点で、気候変動による影響を定量的に予測した研究事例は確認できていないものの、気温の上昇による飲料水等の需要増加が懸念される。 ● 九州で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おり、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る。 ● 気候変動・将来の人口・経済発展を考慮して2050年の水供給・水需要を推定した結果においては、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ことが予測されている。 ● 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といった予測例もある。 	◇	—	影響の範囲は全国に及ぶ。農業用水、生活用水のいずれにも影響が及ぶことが想定される。特に、大量に水を使用する農作物栽培地域や、公共施設等の確実な水供給を必須とする施設、福祉・医療施設は持続的な脆弱性・曝露の要素となり得る。ただし、それらの影響の程度については現時点で特に大きいと判断される十分な根拠等はない。	▲	▲	

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考
					観点	判断理由			
自然生態系 ³	陸域生態系	高山帯・亜高山帯	<ul style="list-style-type: none"> ● 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、種構成の変化が報告されている。大規模な植生変化としては、森林帯の標高変化、ハイマツ等の亜高山帯に分布する低木類の高山帯への侵入、高山湿生植物群落の衰退が報告されている。 ● 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（生物季節の改変による相互関係の崩壊）が観測されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 高山帯・亜高山帯の植物種・植生について、分布適域の変化や縮小が予測されている。例えば、ハイマツ、コメツガ、及びシラビソは21世紀末に分布適域の面積が現在に比べて減少する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消滅も予測されている。 ● 生育期の気温上昇により高山植物の成長が促進され、植物種間の競合状態が高まることによる種多様性の減少、低木植物やチシマザサの分布拡大などの植生変化が進行すると予測されている。 ● 生育期の気温上昇と融雪時期の早期化により、高山植物群落の開花の早期化と開花期間の短縮化が促進され、花を利用する花粉媒介昆虫とのフェノロジカルミスマッチのリスクが高まると予測されている。 	環	<p>影響の範囲は全国の山岳域に及ぶ。高標高及び高緯度への移動の限界は、当該影響に対する持続的な脆弱性の一要素となる。また、積雪期間の短縮は土壌の乾燥化を引き起こし、急速な植生変化や雪田、高層湿原の衰退・消失をもたらす。これらのことは、希少種・ハビタット・生物多様性・景観の消失につながる。また、気温上昇や融雪時期の早期化により高山植物群集の生物季節は大きく改変され、それにより凍害の増加や生物間相互作用の改変が起こる可能性が高い。</p>	●	▲	緊急性評価の内訳； 【影響の発現時期】：高い 【適応の着手・重要な意思決定が必要な時期】：高い
		自然林・二次林	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動に伴う自然林・二次林の分布適域の移動や拡大の現状について、各植生帯の南限・北限付近における樹木の機能型別の現存量の変化が確認されている他、北海道の天然生針広混交林における針葉樹の成長量の経年的な減少傾向、および広葉樹の成長量の増加傾向が確認されている。 ● 気温上昇の影響によって、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高いと考えられている箇所が国内複数地域において確認されている。 ● 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。 ● 北海道の春植物においては、春の雪解けが早い年には花粉媒介昆虫の発生日よりも開花期が早まることで、送粉者とのミスマッチが発生し、結実率が低下する傾向が確認されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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、分布適域の減少が予測されている。特に、ブナ林は21世紀末に分布適域の面積が現在に比べて減少することが示されている。 ● 暖温帯林の構成種の多くは、分布適域が高緯度、高標高域へ移動し、分布適域の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、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。 ● 大気中の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ことが予測されている。 					








3、自然生態系分野では、そもそも適応策としてできることが限られており、気候変動そのものを抑止する（緩和）しか方策がないという場合もある。そのような場合、緊急性の評価における「適応の着手・重要な意思決定が必要な時期」の観点で評価を行うことは難しく、「影響の発現時期」の観点のみで評価を行っている。

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
自然生態系	陸域生態系	里地・里山生態系	<ul style="list-style-type: none"> ● モウソウチク・マダケの分布北限付近における分布拡大が報告されている。 ● マダケ・モウソウチク以外の里地・里山の構成種の変化の現状について、一部の地域で南方性チョウ類の増加等が報告されているものの、現時点で網羅的な研究事例は確認されていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● モウソウチクとマダケについて、気候変動に伴う分布適域の高緯度・高標高への拡大が予測されており、4℃の昇温を仮定した場合、分布北限が現在より約500km北上する可能性がある。 ● 一部の研究で、自然草原の植生帯は、暖温带域以南では気候変動の影響は小さいと予測されている。標高が低い山間部や日本西南部での、アカシデ、イヌシデなどの里山を構成する二次林種の分布適域は、縮小する可能性がある。 ● ただし、里地・里山生態系は、気候変動の影響については十分な検証はされておらず、今後の研究が望まれる。 	◇	環	モウソウチク、マダケについて、分布域の高緯度・高標高への拡大が予測されており、竹林の拡大による里山景観の変化が示唆される。一方、他の里地里山生態系の構成種等に関する定量的な予測事例は確認されていない。また、里地・里山生態系が特に人為影響下で形成されていることから、将来の気候変動による影響が特に大きいとは言いきれない。	●	■	緊急性評価の内訳； 【影響の発現時期】：中程度 【適応の着手・重要な意思決定が必要な時期】：中程度
		人工林	<ul style="list-style-type: none"> ● 一部の地域で、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、スギ林が衰退しているという報告がある。 ● 日本における主要な造林樹種であるスギ・ヒノキ・アカマツ・カラマツについて、成長量の全国的な増加傾向が確認されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。 ● MIROC3.2-hi (A1B シナリオ) を用い、2050年までの影響を予測した場合、日本全体で見ると、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、炭素蓄積量および吸収量に対してマイナスに作用する結果となる。ただし、当該予測では、大気中のCO2濃度の上昇による影響は考慮されていない。スギ人工林生態系に与える影響予測のためには樹木の生理的応答などさらなる研究が必要である。 ● 九州のスギ人工林を対象にプロセスモデルを用いて一次生産量を予測した研究からは、生育適域かどうかによる違いは見られるものの、現状で生産量が多い地域では減少傾向にあることが予測されている。 	●	環	国内の人工林面積は約1000万haであり、これは国土面積の約25%に相当する。したがって、影響の範囲は全国に及ぶ。特に降水量が少ない地域でスギ人工林生態系の脆弱性を増加させ、流域全体のランドスケープへの影響につながるものである。	●	▲	緊急性評価の内訳； 【影響の発現時期】：中程度 【適応の着手・重要な意思決定が必要な時期】：中程度
		野生鳥獣被害	<ul style="list-style-type: none"> ● 日本全国でニホンジカやイノシシの分布を経年比較した調査において、分布が拡大していることが確認されている。 ● 積雪深の低下に伴い、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いる。また、ニホンジカの生息適地が1978年から2003年の25年間で約1.7倍に増加し、国土の47.9%に及ぶ予測が得られており、この増加要因としては土地利用変化よりも積雪量の減少が大きく影響していたことが示されている。 ● ニホンジカの増加は狩猟による捕獲圧低下、土地利用の変化、積雪深の減少など、複合的な要因が指摘されている。 ● 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報告されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● ニホンジカについては、気候変動による積雪量の減少と耕作放棄地の増加により、2103年におけるニホンジカの生息適地は、国土の8割近い318.3×103km²に増加するとの予測がある。 ● 一方、イノシシ等ニホンジカ以外の種については、気候変動による分布域の変化等の将来影響については知見が確認されていない。 	●	環	ニホンジカの分布拡大に伴う植生の食害・剥皮被害等の影響が報告されている。他、気候変動による積雪の減少及び耕作放棄地の増加による、分布適域の拡大が予測されている。影響の範囲は全国に及び、重要な種・ハビタット・景観の変化などにつながる。影響には、農林業被害、広域的な土地・水・生態系機能の低下などにつながるものも含まれる。イノシシ等、ニホンジカ以外の野生鳥獣の分布等の拡大についても、気候変動による影響が推測されるが、検証事例は確認できない。	●	■	緊急性評価の内訳； 【影響の発現時期】：高い 【適応の着手・重要な意思決定が必要な時期】：高い 緊急性評価の内訳； 【影響の発現時期】：現状では評価できない 【適応の着手・重要な意思決定が必要な時期】：現状では評価できない

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考
					観点	判断理由			
自然生態系	陸域生態系	物質収支 ⁴	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動に伴う物質収支への影響の現状について、現時点で研究事例は限定的である。 ● 日本の森林における土壌 GHG フラックスは、1980 年から 2009 年にわたって、CO₂・N₂O の放出、CH₄ の吸収の増加が確認されている。 ● 富士山麓のカラマツ林における林床部炭素フラックスについて、年平均地温の上昇に伴い年積算炭素排出量が増加する傾向が確認されているが、炭素フラックスは地温以外に林床部の光環境等にも大きく影響される点に留意が必要である。 ● 降水の時空間分布の変化傾向が、森林の水収支や土砂動態に影響を与えている可能性があるが、長期データに乏しく、変化状況を把握することは困難な状況となっている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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る。ただし、状況証拠的な推察であり、更なる検討が必要である。 ● 土壌温暖化実験により、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、正のフィードバック効果を支持する知見が複数得られている。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おり、地温の上昇が土壌呼吸に与える影響は、森林生態系の種類や立地によってもばらつきがあるものと考えられる。 ● 森林土壌の炭素ストック量は、AIB シナリオの下で、純一次生産量が 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。 	環	<p>影響の範囲は全国に及ぶ。また、物質収支は生態系の基盤として重要であることに加え、土壌生成にかかる時間が長いことは当該影響に対する持続的な脆弱性の一要素となる。また、国内各地の土壌加温実験から、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、気候変動を更に加速させる正のフィードバック効果を示唆する知見が得られており、生態系のみならず気候システムへの影響も懸念される。また、土壌に関しては現時点では有効な適応策が明確でないことを考慮すると、影響の不可逆性は大きいと考えられる。</p>	▲	▲	<p>緊急性評価の内訳； 【影響の発現時期】：中程度 【適応の着手・重要な意思決定が必要な時期】：現状では評価できない</p>
	淡水生態系	湖沼	<ul style="list-style-type: none"> ● 湖沼生態系は、流域土地利用からの栄養塩負荷の影響を受けるため、気候変動の影響のみを検出しにくく、直接的に気候変動の影響を明らかにした研究は日本にはない。 ● ただし、鹿児島県の池田湖において、暖冬により循環期がなくなり、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。また、滋賀県琵琶湖におけるホンモロコ・ニゴロブナの漁獲量の激減について、暖冬による循環の遅れ、及び人為的な水位操作や湖岸環境の改変等との複合作用によるものとする報告がある。 ● 北海道の湖沼について、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確認されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 現時点で日本における影響を定量的に予測した研究事例は限られるものの、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や富栄養化が懸念される。 ● 室内実験により、湖沼水温の上昇や CO₂ 濃度上昇が、動物プランクトンの成長量を低下させることが明らかになっている。 					

4 ここでの物質収支とは、生態系における炭素、窒素等の循環（出入り）を表したものの。

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
自然生態系	淡水生態系	河川	<ul style="list-style-type: none"> ● 我が国の河川は取水や流量調節が行われている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、現時点で気候変動の直接的影響を捉えた研究成果は確認できていない。一方で、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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 平均気温が現状より3℃上昇すると、冷水魚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。また、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。 ● 源流域のカワゲラ目の分布適域や、アユ遡上量についても、気候変動による適域の縮小・消失や遡上数減少が予測されている河川がある。 ● このほか、現時点で定量的に予測をした研究事例は確認できていないものの、以下のような影響が想定される。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 積雪量や融雪出水の時期・規模の変化による、融雪出水時に合わせた遡上、降下、繁殖等を行う河川生物相への影響 ➢ 降雨の時空間分布の変化に起因する大規模な洪水の頻度増加による、濁度成分の河床環境への影響、及びそれに伴う魚類、底生動物、付着藻類等への影響 ➢ 渇水に起因する水温の上昇、溶存酸素の減少に伴う河川生物への影響 	●	環	気候変動の影響は全国に及ぶが、気温と密接な関係をもち、流量も限られる上流域の小溪流でより顕著に表れると予想される。また、卵や若齢の個体は、水温上昇に弱いと考えられる。水温上昇等の生息環境の変化に対して、魚類は上流部生息適地への移動を試みると考えられるが、日本の場合、山地部に部分的な分布がある種や、ダムや堰構造物等により連続性が遮断されている場合が多く、移動が困難になる。魚類に比べて、水生昆虫など成虫段階で飛翔できる昆虫類への影響は小さいと予想される。	▲	■	緊急性評価の内訳； 【影響の発現時期】：中程度 【適応の着手・重要な意思決定が必要な時期】：中程度
		湿原	<ul style="list-style-type: none"> ● 湿原の生態系は気候変動以外の人為的な影響を強く受けており、気候変動による影響を直接的に論じた研究事例は限られている。 ● 一部の湿原で、気候変動による降水量の減少や湿度低下、積雪深の減少が乾燥化をもたらした可能性が指摘されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 釧路湿原において、海面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。 ● 現時点で定量的に予測をした研究事例としては確認できていないものの、以下のような影響が想定される。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 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 ➢ 降水量や地下水位の低下による雨水滋養型の高層湿原における植物群落（ミズゴケ類）への影響 ● 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 			●			

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
自然生態系	沿岸生態系	亜熱帯	<ul style="list-style-type: none"> ● 沖縄地域で、海水温の上昇により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、石垣島の石西礁湖周辺において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。 ● 太平洋房総半島以南と九州西岸北岸における温帯性サンゴの分布が北上している。 ● 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可能性が指摘されている。 ● 西表島のマングローブについて、海面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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● A2 シナリオ を用いた研究では、熱帯・亜熱帯の造礁サンゴの生育に適する海域が水温上昇と海洋酸性化により 2030 年までに半減し、2040 年までには消失すると予測されている。一方、B2 シナリオを前提とした予測では、今世紀末においても生育適域が一定程度残存するとされている。生育に適した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予測されているが、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。 ● もう一つの亜熱帯沿岸域の特徴的な生態系であるマングローブについては、海面上昇の速度が速いに対応できず、生育できなくなる場所も生じるとの報告がある。将来予測については現時点では知見が限られており、気温上昇による枯死率の増加を示す予測がある一方、生理特性の温度順化により生育阻害は発生しないとする予測もあり、今後の研究が望まれる。 ● 亜熱帯域では、サンゴ礁域の各種資源（観光資源、水産資源を含む）への影響が重大であると想定される。一方で、亜熱帯性サンゴが北に分布域を広げる温帯域では、サンゴの北上によるそうした資源へのプラスの影響も考えられる。 	<p><RCP2.6 及び 2℃ 上昇相当></p>  <p><RCP8.5 及び 4℃ 上昇相当></p> 	環	<p>サンゴそのものの生育や分布に変化が生じるとともに、サンゴ礁に依存して生息する多くの生物・生態系に重大な影響を及ぼす。</p> <p>また、亜熱帯域では、サンゴ礁域の各種資源（観光資源、水産資源を含む）への影響が重大である。これらの生態系サービスへの影響については、小項目「生態系サービス」において取り扱う。</p> <p><RCP2.6 及び 2℃ 上昇相当></p> <p>日本周辺においては今世紀末においても九州・沖縄以南において生息適域が残存するという予測がある(SRES B2)。一方、IPCC 1.5℃ 特別報告書によれば、サンゴ礁は 2℃ 上昇であっても現存するサンゴ礁の 99% が消滅のリスクに晒されるとしている。</p> <p><RCP8.5 及び 4℃ 上昇相当></p> <p>海洋酸性化に伴う低アラゴナイト飽和度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、今世紀末には日本近海からサンゴの生息適域が消滅することが予測されている（SRES A2）。</p>			緊急性評価の内訳； 【影響の発現時期】：高い 【適応の着手・重要な意思決定が必要な時期】：現状では評価できない
		温帯・亜寒帯*	<ul style="list-style-type: none"> ● 日本沿岸の各所において、海水温の上昇に伴い、低温性の種から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。 ● 亜熱帯性の造礁サンゴの分布北限付近での北上、および海藻藻場の分布南限付近における衰退が観測されており、海藻藻場からサンゴ群集への移行が進行している。 ● 日本沿岸の海水の pH は、海域ごとにばらつきが大きいものの、全体的に低下傾向であり、海洋酸性化の進行が確認されている。 ● 日本沿岸の溶存酸素についても、海域ごとにばらつきが大きいものの、全体的な低下傾向が確認されている。 ● 既に起こっている海洋生態系の変化を、海洋酸性化の影響として原因特定することは、現時点では難しいとされている。 ● 日本周辺に生息する海鳥の一部について個体数の長期的な減少傾向が確認されており、その原因の一つとして気候変化による餌不足が示唆されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 海水温の上昇に伴い、エゾバフンウニからキタムラサキウニへといった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あるが、定量的な研究事例が限定されている。 ● 海洋酸性化による影響については、中～高位の二酸化炭素排出シナリオの場合、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。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、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。また、水温上昇や低酸素化のような同時に起こる要因と相互に作用するために複雑であるが、影響は増幅される可能性がある。 ● 水温の上昇や植食性魚類の分布北上に伴う藻場生態系の劣化や、熱帯性サンゴ礁生態系への移行が予測されている。 ● また、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。また漁村集落は藻場等の沿岸性の自然景観や漁獲対象種等に依存した地域文化を形成している事が多く、地域文化への影響も想定される。 ● 海面上昇による海岸域の塩性湿地等への影響が想定される。 		環	<p>エゾバフンウニからキタムラサキウニへといった低温性の種から高温性の種への移行、藻場生態系の分布適域の縮小や、熱帯性のサンゴ礁生態系への移行等が想定されるとともに、それに伴い生態系全体に影響が及ぶ可能性がある。</p> <p>沿岸性生物相の変化は沿岸漁業の漁獲対象種の変化に直結する。また漁村集落は藻場等の沿岸性の自然景観や漁獲対象種等に依存した地域文化を形成している事が多いため、地域文化への影響もありうる。</p>			緊急性評価の内訳； 【影響の発現時期】：高い 【適応の着手・重要な意思決定が必要な時期】：現状では評価できない

5 沿岸漁業に与える影響について詳細は水産業の項目で別途扱う。

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
自然生態系	海洋生態系 ⁶		<ul style="list-style-type: none"> ● 日本周辺海域ではとくに親潮域と混合水域において、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、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。一方、日本周辺海域はもともと溶存酸素濃度が比較的高いことから、海洋生物への直接的な影響は一部の底魚類以外には検出されていない。 ● 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北上が確認されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動に伴い、植物プランクトンの現存量に変動が生じる可能性がある。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が、日本周辺海域については、モデルの信頼性が低く、変化予測は現状困難である。動物プランクトンの現存量の変動についての予測も、日本周辺海域の予測の信頼性が高いとはいえない。また、これらから生じる地域毎の影響の予測は現時点では困難である。 ● 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。 		環	<p>海洋生態系は地表の生態系の70%を面積的に占めていて、その生物多様性や生態系機能の維持は不可欠である。ここでの低次生産力段階の変動は、食物連鎖を通じて生態系全体へ広範な影響を及ぼす。加えて、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。</p> <p>また、水産資源餌料生物の現存量の変化から、魚類の生物量への潜在的影響も重大である。</p> <p>なお、動植物プランクトンまでの海洋生態系は、それ自体で社会的重要性をもつものではない。分布域が変化するだけであり種の絶滅のリスクが高いとはいえない。ただし、氷縁生態系、無酸素化が進行し得る大陸斜面などに生息する生物、冷水性サンゴなど、特殊な環境では絶滅リスクが低いとはいえない。</p>			緊急性評価の内訳； 【影響の発現時期】：中程度 【適応の着手・重要な意思決定が必要な時期】：現状では評価できない
	その他	生物季節 ⁷	<ul style="list-style-type: none"> ● 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について多数の報告が確認されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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など、様々な種への影響が予測されている。 ● 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。 		環	<p>広汎な生物現象のタイミングが気候変動の影響を受けて前後することが考えられ、変化の範囲は全国に及ぶ。一方、生物季節の変化自体の影響の大きさを考えると、現時点で収集されている生物季節の変化に関する知見については、それらの変化が生態系全体の機能や構造へ大きな影響を及ぼすとまでは言い切れないため、生態系全体への影響としての重大性は高いとは言えない。</p> <p>しかしながら、生物季節の変化が生物種や生物現象の間で異なることにより、生物間相互作用が変化することも予想されていることから、モニタリングによる長期的な影響の検証が必要である。</p>			緊急性評価の内訳； 【影響の発現時期】：高い 【適応の着手・重要な意思決定が必要な時期】：現状では評価できない
		分布・個体群の変動	<ul style="list-style-type: none"> ● 過去50年間の全球的な自然生態系の変化の要因について、気候変動は陸域・海域の利用変化および直接採取（森林伐採、漁獲等）に次ぐ要因であるとされ、加えて気候変動は他の直接的要因による影響を悪化させつつあるとの報告がある。 ● 昆虫や鳥類などにおいて、分布の北限や越冬地等が高緯度に広がるなど、気候変動による気温の上昇の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の事例が確認されている。ただし、気候変動以外の様々な要因も関わっているものと考えられ、どこまでが気候変動の影響を示すことは難しい。 ● シバズズやダンダラテントウ等の一部の昆虫種については、現地調査及び過去の標本等との比較により、生活史の境界や分布北限が変化したことが明らかになっており、この変化傾向が気温変化の傾向と一致することから、気温の上昇に伴い分布を拡大した可能性が高いとされている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動により、分布域の変化やライフサイクル等の変化が起こるほか、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す、生育地の分断化により気候変動に追随した分布の移動ができないなどにより、種の絶滅を招く可能性がある。2050年までに2℃を超える気温上昇を仮定した場合、全球で3割以上の種が絶滅する危険があると予想されている。 ● 渡り鳥であるハチクマについて、気候変動に伴う風向き等の変化により、現在の東シナ海上の渡り適地が将来において分断あるいは消失するとの予測がある。 ● 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」が生じる可能性についての予測も確認されている。 	在来	環	<p>分布の変化の範囲は広範囲に及ぶ。国土の広範囲に生息する種に関しては、分布が変化したとしても、分布域が移動するのみで、国土スケールで見れば大きな影響を及ぼさないことも考えられるが、現状では開発やアンダーユースによる生態系の連続性の消失等、気候変動以外の要因に起因する生態系の変化が進行中であり、これらとの複合的な影響の可能性を考慮すると、気候変動により種の絶滅が加速する可能性は十分に考えられる。また、分布域の拡大による二次的接触のリスク等を予測する知見もあり、種間相互作用を介した個体群への間接的なリスクも考えられる。加えて、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への影響も予測されていることから、環境面での損失は大きいことが予測される。</p>			

6 ここでは、魚類や哺乳類等は対象としていない。一部の魚類や哺乳類等については水産業の回遊性魚介類（魚類等の生態）で扱う。










7 生物季節とは気温や日照など季節の変化に反応して動植物が示す現象をいう。なお、本項では、生態系への影響及び生態系サービス（国民生活の中で感じる生物季節（季節感）を除く）の内容を主に扱い、国民生活・都市生活分野の「文化・歴史などを感じる暮らし」では人間活動や文化に關係する生物季節を主に扱う。

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考		
					観点	判断理由					
自然生態系	その他	分布・個体群の変動		<ul style="list-style-type: none"> 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変化のリスクが高まることが懸念される。現時点で定量的に予測をした研究事例は限られているものの、一部の侵略的外来生物について、侵入・定着確率が気候変動により高まることが予測されている。 	外来	●	環	定着による深刻な影響が懸念される侵略的外来生物の侵入・定着確率が気候変動により高まるならば、外来生物問題自体の深刻性を反映して、重大な問題と考えるべきである。人と物の流通の広域化に伴い、外来生物の侵入圧力はつねに高い状態に維持されていることは、持続的な脆弱性の要因である。	▲	▲	
	生態系サービス		<ul style="list-style-type: none"> 全球的には、気候変動による生態系を構成する生物種の種構成や生物季節、種間の相互作用の変化が生態系の構造や機能に影響を与え、結果として既に生態系サービスへの影響が生じているとする報告がある。 一方、国内において気候変動による生態系サービスへの影響を明らかにした研究は少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> 生態系サービスへの気候変動による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、対象とした研究のうち約 60%において、気候変動による生態系サービスへの負の影響が予測されている。 北海道天塩川流域において、気候変動に伴い河川への窒素やリン等の栄養塩の流入量の増加が予測されている。 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 2399 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り、気候変動に伴うサンゴの生息適域の減少に関する予測を考慮すると、これらの生態系サービスが減少あるいは消失する可能性が考えられる。 		●	社経環	全球的な傾向として、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、および生態系サービスへの悪影響をもたらしているとの報告がある。	—	—	
					流域の栄養塩・懸濁物質の保持機能等	●	社経環	気候変動による気温や降水量の上昇は、流域における無機態窒素および無機態リン、懸濁物質の保持機能を増加させる一方、有機態窒素および有機態リンの保持機能を低下させ、水質浄化機能等の調整サービスを劣化およびそれに伴う環境リスクの増加が予測されている。これらの予測はモデルによる定量的な予測結果が得られていることから一定程度の確信度が認められるものの、現状収集された知見は北海道の一部流域に限られ、またこれらの生態系サービスは気候以外にも土地利用の影響も受けることから、同様の事象が広範囲に及ぶかについては知見が不足しており、現状では判断が困難である。	▲	■	
					沿岸域の藻場生態系による水産資源の供給機能等	●	社経環	藻場生態系は水産資源として重要な種を含む多くの生物種のハビタットとして重要であり、沿岸漁業の基盤と考えられることから、これらの環境変化が漁獲対象種の変化等を通して沿岸域の地域社会等に与える影響は大きいと考えられる。加えて、漁村集落は藻場等の沿岸性の自然景観や漁獲対象種に依存した地域文化を形成していることが多いため、地域文化への影響もありうる。現状でも温帯-熱帯境界付近の沿岸域において、水温の上昇や植食性魚類の分布拡大に伴う藻場生態系の劣化・衰退が報告されており(参照:「自然生態系分野:沿岸生態系-温帯・亜寒帯」)、緊急性は高い。一方、これらの基盤環境の変化が地域社会の文化や景観へ与える影響について検証した研究は確認できていない。	●	▲	

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
自然生態系	生態系サービス				サンゴ礁によるEco-DRR機能等	●	社経環	●	●	
					自然生態系と関連するレクリエーション機能等	●	社経環	▲	■	

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
自然災害・沿岸域	河川	洪水	<ul style="list-style-type: none"> ● 既往降雨データの分析によると、比較的多頻度の大雨事象については、その発生頻度が経年的に増加傾向にあることが示されている。 ● 浸水面積の経年変化は全体として減少傾向にある。この傾向を説明する主たる要因として治水対策の進展が挙げられる。一方、氾濫危険水位を超過した河川数は増加傾向にあり、気候変動による水害の頻発化・激甚化が懸念されている。 ● これまでの治水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いる。 ● 日本は洪水氾濫による水害に関して依然として脆弱性を抱えており、気候変動がより厳しい降雨状況をもたらすとすれば、その影響は相当に大きい可能性がある。 ● 平成30年7月豪雨においては、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おり、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19道府県88市町で被害が発生した。 	<ul style="list-style-type: none"> ● RCP2.6、RCP8.5シナリオなどの将来予測によれば、洪水を起こしうる大雨事象が日本の代表的な河川流域において今世紀末には現在に比べ有意に増加することが予測されている。 ● 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がともに大きくなる（増幅する）ことを示している。この増幅の度合いについては、洪水ピーク流量に対して氾濫発生確率のそれがはるかに大きくなると想定される。 ● 河川堤防により洪水から守られた地域（堤内地）における氾濫発生確率が有意に高まれば、水害の起こりやすさは有意に増す。 ● 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る。 ● 将来予測結果の信頼性をさらに向上させるには、それを規定する大きな要素となっている気候モデルについて、現象再現における空間解像度を向上させ、同時に計算ケースを増やすことの両立が求められる。近年では、多数のアンサンブル実験を行い極端現象の将来変化を高精度に評価するアンサンブル気候予測データセット（d2PDF、d4PDF）や、空間解像度を高くし、集中豪雨や前線性の降雨、台風規模の降雨を再現性高く評価することができる非静力学地域気候モデル（NHRCM02、NHRCM05）が開発されてきている。 ● 最大規模の台風を想定し、温暖化条件の下で起こりうる最悪の水害想定を検討する取り組みがなされている。 	<p><RCP2.6及び2℃上昇相当></p> <p>●</p> <p><RCP8.5及び4℃上昇相当></p> <p>●</p>	社経環	<p>影響範囲は全国に及び、出現すれば常態化する。影響が発現する可能性は高い。影響は人的被害を含む水害の増大となって現れ、その規模によっては被災エリアの根幹機能を長期にわたり麻痺させる可能性もあることから、不可逆性を持つ。洪水氾濫が生じる可能性があるエリアは当該リスクに持続的に曝露し、通常の土地利用において抜本的な抗水害機能を具備させることは困難であり、上記エリアは洪水氾濫に対する脆弱性を持続的に示す。洪水氾濫・浸水（それらに伴う土砂・流木・廃棄物などの堆積・集積を含む）が起こす水害による広範な社会・経済・環境への影響の規模及び頻度が増大する。</p> <p><RCP2.6及び2℃上昇相当></p> <p>治水計画規模の流量は約1.2倍、現状における治水計画規模に相当する洪水の生起超過確率は約2倍となることが予測されている。</p> <p><RCP8.5及び4℃上昇相当></p> <p>治水計画規模の流量は約1.4倍、現状における治水計画規模に相当する洪水の生起超過確率は約4倍となることが予測されている。</p> <p>2050～2111年における最大クラス洪水（再現期間1000年超に対応する洪水）も1.5～1.8倍に増加することが示されている。</p>	●	●	
		内水	<ul style="list-style-type: none"> ● 既往降雨データの分析によると、比較的多頻度の大雨事象については、その発生頻度が経年的に増加傾向にあり、年超過確率1/5や1/10の、短時間に集中する降雨の強度が過去50年間で有意に増大してきている。 ● 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いる。 ● 水害被害額に占める内水氾濫による被害額の割合（2005～2012年の平均値）は、全国では約40%であり、大都市を抱える東京、愛知、大坂、福岡ではそれを上回る割合となった。 ● このような短時間に集中する降雨の頻度及び強度の増加は、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。平成30年7月豪雨においては、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おり、内水氾濫による床上浸水、床下浸水の被害の約9割が下水道の排水施設の整備が途上である地区で発生したことが報告されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 線状降水帯や地形性強雨などの組織化された強雨については、気候変動影響評価が進んできている。さらに局所的な、単一の積乱雲（スーパーセルなど）により都市の内水氾濫を生じさせるような強雨の表現は、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例もある。 ● RCP8.5に対応するシナリオを前提とし、日本全国における内水災害被害額の期待値を推算した研究では、2080～2099年において被害額期待値1,932億円/年となり、現在気候の約2倍に増加することを示している。 ● 河川近くの低平地等では、河川水位の上昇によって、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る。 ● 都市部には、特有の氾濫・浸水に対する脆弱性が存在するため、短時間集中降雨が気候変動影響により増大し、そこに海面水位の上昇が重なれば、その影響は大きい。 ● 大雨の増加は、都市部以外に農地等への浸水被害等をもたらすことも想定される。 	●	社経環	<p>影響範囲は全国に及び、出現すれば常態化する。影響が発現する可能性がある。影響は人的被害を含む水害の増大となって現れ、その規模によっては被災エリアに不可逆的影響を与える。内水による氾濫・浸水が生じる可能性があるエリアは当該リスクに持続的に曝露し、通常の土地利用において抜本的な抗水害機能を具備させることは困難であり、上記エリアは脆弱性を持続的に示す。内水氾濫・浸水が起こす水害による広範な社会・経済・環境への影響の規模及び頻度が増大する。特に都市域では、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し、影響がより大きくなる可能性がある。</p>	●	●	

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
	沿岸	海面上昇	<ul style="list-style-type: none"> ● 日本周辺の海面水位は上昇傾向 (+ 2.8 [+ 1.3~4.3] mm/年 : 1993~2010年、+ 4.05 [- 1.20~+ 7.69] mm/年 : 2002年以降から 2018年) にあったことが、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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動による海面上昇については多くの研究が行われている。 ● 1986~2005年平均を基準とした、2081~2100年平均の世界平均海面水位の上昇は、RCP2.6シナリオの場合 0.26~0.53m、RCP8.5シナリオの場合 0.51~0.92mの範囲となる可能性が高いとされており、温室効果ガスの排出を抑えた場合でも一定の海面上昇は免れない。 ● 80cm海面が上昇した場合、三大湾のゼロメートル地帯の面積が現在の1.6倍に増加するなど、影響の範囲は全国の海岸に及ぶ。 ● 海面上昇が生じると、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。 ● 河川や沿岸、港湾に設置された海岸・港湾構造物など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が想定される。 	●	社経	影響の範囲は全国の沿岸域に及ぶ。海面上昇は、河川や沿岸に設置された海岸・港湾構造物などに機能低下や損傷をもたらす可能性があり、社会的・経済的に与える影響が非常に大きい。特に、東京湾・大阪湾・伊勢湾等の人口・産業の集積する沿岸大都市は持続的な脆弱性・曝露の要素となり得る。	▲	●	
		高潮・高波	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動による海面上昇や台風の強度の増加が高潮や高波に与える影響及びそれに伴う被害に関しては、現時点で具体的な研究事例は確認できていない。高潮については、極端な高潮位の発生が、1970年以降全世界的に増加している可能性が高いことが指摘されている。 ● 高波については、観測結果より、有義波高の最大値が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が確認されているが、これが気候変動によるものであるとの科学的根拠は未だ得られていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動により海面が上昇する可能性が非常に高く、それにより高潮の浸水リスクは高まる。 ● 高潮をもたらす主要因は台風であり、気候変動による台風の挙動(経路、規模等)を予測し、それを高潮の将来変化に反映させるための技術開発が近年精力的に進められている。それに基づく検討結果の多くは気候変動による高潮偏差の増大を支持するものとなっている。 ● 高波をもたらす主要因は台風と冬季の発達した低気圧であり、気候変動による台風の挙動(経路、規模等)を予測し、それを予測に反映させるための技術開発が近年精力的に進められている。台風の強度や経路の変化等による太平洋沿岸地域における高波のリスク増大の可能性が予測されている。 ● 海岸・港湾構造物などでは、平均海面上昇やそれに伴う波高の増加により、施設の機能が低下し、安全性が十分確保できなくなる箇所が多くなると予測されている。 	●	社経	高潮は、三大湾、その他の高潮被災を経験した沿岸部を中心として、人命への危機、海岸・港湾構造物などの機能の低下や損傷、企業活動、文化資産等に広く甚大な被害を与えるため、社会的・経済的に与える影響が非常に大きい。高波の影響は全国に及び、人命への影響のほか、海岸・港湾構造物などの機能の低下や損傷、港内静穏度、さらには、沿岸部の海岸に位置する文化的資産等にも広く甚大な影響を及ぼす。	●	●	

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
		海岸侵食	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動による海面の上昇や台風の強度の増加が、既に海岸侵食に影響を及ぼしているかについては、現時点で具体的な研究事例は確認できていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動による海面の上昇によって、海岸が侵食される可能性が高い。具体的には、2081～2100年までに、RCP2.6シナリオでは日本沿岸で平均62%（173km²）の砂浜が、RCP8.5シナリオでは平均83%（232km²）の砂浜が消失するとの報告例がある。 ● 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。一方、平均波高は長期的に減少する可能性がある。荒天時の波高の増大と平均波高の減少の両方を考慮すると、波浪特性の長期変動によって、砂浜が増大する可能性と減少する可能性の両方の可能性がある。しかし、波浪特性の長期変動が砂浜に与える影響は、海面上昇が与える影響よりも小さい可能性が高く、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。 ● 気候変動による降雨量の増加し河川からの土砂供給量が増大すると、河口周辺の海岸を中心に、侵食が緩和されたり、土砂堆積が生じたり可能性がある。 	<p><RCP2.6 及び 2℃上昇相当></p>  <p><RCP8.5 及び 4℃上昇相当></p> 	社経環	<p>影響の範囲は全国の海岸に及ぶ。海岸侵食は、国土を消失させるとともに、高い消波機能を有した空間をも消失させることになり、それによって高潮・高波災害の危険性が高まり、人命や資産、社会インフラ、文化的資産などが危険にさらされる可能性が高くなる。さらに、海岸侵食は、レクリエーションや観光のための空間を消失させるとともに、自然生態系にも大きな影響を及ぼす。よって、重大性は特に大きい。</p> <p><RCP2.6 及び 2℃上昇相当></p> <p>2081～2100年までに日本沿岸で平均62%の砂浜が消失する予測や、日本沿岸の20%の砂浜が今よりも浜幅が半分以下となる予測がある。</p> <p><RCP8.5 及び 4℃上昇相当></p> <p>2081～2100年までに日本沿岸で平均83%の砂浜が消失する予測や、日本沿岸の45%の砂浜が今よりも浜幅が半分以下となる予測がある。</p>			
	山地	土石流・地すべり等	<ul style="list-style-type: none"> ● 降雨条件と土砂災害の原因となる崩壊や土石流、地すべりなどの現象の関係に関する理論的知見とそれに基づく予測手法の研究成果は十分あるので、土砂災害の誘因となる降雨条件が気候変動によってどのように変化するかが明確になれば、気候変動の土砂災害への影響に関する実態や将来予測についてはある程度正確に分析できると考えられる。 ● ただし、現時点では、気候変動の土砂災害に及ぼす影響を直接分析した研究や報告は多くはない。 ● しかし、最近の降雨条件と土砂災害の実態、最近発生した土砂災害、特に多数の深層崩壊や同時多発型表層崩壊、土砂・洪水氾濫による特徴的な大規模土砂災害に関する論文や報告は多く発表されている。これらの大規模土砂災害をもたらした特徴のある降雨条件が気候変動によるものであれば、気候変動による土砂災害の形態の変化が既に発生しており、今後より激甚化することが予想される。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 降雨条件が厳しくなるという前提の下で状況の変化が想定されるものとして以下が挙げられる。（ここで、厳しい降雨条件として、極端に降雨強度の大きい豪雨及びその高降雨強度の長時間化、極端に総降雨量の大きい豪雨、広域に降る豪雨などを表す。） ① 集中的な崩壊・がけ崩れ・土石流等の頻発、山地や斜面周辺地域の社会生活への影響 ② ハード対策やソフト対策の効果の相対的な低下、被害の拡大 ③ 土砂・洪水氾濫の発生頻度の増加 ④ 深層崩壊等の大規模現象の増加による直接的・間接的影響の長期化 ⑤ 現象の大規模化による既存の土砂災害危険箇所等以外への被害の拡大 ⑥ 河川への土砂供給量増大による治水・利水機能の低下 ⑦ 森林域で極端な豪雨が発生することによる流木被害の増加 		社経環	<p>現在、日本で50万個以上が土砂災害危険箇所等として把握されているが、それ以外の場所でも土砂移動現象は発生するものであり、さらに生産土砂は河川を通じて下流地域に流送されるため、人命・集落、交通、社会インフラ、自然生態系等への影響範囲は国土全体に及ぶ。また、長期的に森林が蓄積された場所や過疎化・高齢化の進む中山間地、や急傾斜地付近に立地する住宅地等は持続的な脆弱性・曝露の要素となり、地域の活力衰退の要因ともなり得る。</p>			
	その他	強風等	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動に伴う強風・強い台風の増加等とそれによる被害の増加との因果関係について、具体的に言及した研究事例は現時点で確認できていないが、気候変動が台風の最大強度の空間位置の変化や進行方向の変化に影響を与えているとする報告もみられる。 ● 気候変動による竜巻の発生頻度の変化についても、現時点で具体的な研究事例は確認できていないものの、竜巻による被害として鉄筋コンクリート建築物や木造建築物が多く破損するといった被害が報告されている。 ● 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ことも報告されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● A1BシナリオやRCP8.5シナリオを前提とした研究では、21世紀後半にかけて気候変動による強風や強い台風の増加等が予測されているものの、地域ごとに傾向は異なることが予測されている。 ● また、A1Bシナリオを前提とした研究では、強い竜巻の頻度が大幅に増加するといった予測例もある。 ● 現時点で定量的に予測をした研究事例は確認できていないものの、強い台風の増加等に伴い、中山間地域における風倒木災害の増大が懸念されている。 		社経環	<p>影響の範囲は全国に及ぶ。強風は、自然生態系、人間社会のインフラや家屋、資産、農林業、運輸、さらに竜巻や大型台風になれば、人命や人の健康等にも広く甚大な影響を及ぼす。ただし、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る。</p>			

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
健康 ⁸	冬季の温暖化	冬季死亡率	<ul style="list-style-type: none"> ● 冬季の気温の上昇に伴い冬季死亡率が低下しているという具体的な研究事例は現時点では確認できていない。 ● 一方、低温による死者数・死亡率については、1990年代以降国内で増加傾向にあり、特に高齢者で増え、若年～中年者で減少傾向にある。 ● 近年、暑熱に対する相対危険度は低下している一方、低温に対する相対危険度は増加傾向にあり、極端な低温環境下では、全疾患や心血管系疾患（脳卒中や院外心停止、心筋梗塞）、呼吸器系疾患のリスクが増加することが報告されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 国内の冬季の平均気温は、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。 ● 全球を対象とした予測でも、RCP8.5シナリオにおいて、日本を含む東アジアで、気温の上昇に伴い、低温関連死亡が2010年代に比して減少することが予測されている。 	◆	社	現在の状況として、低温による死亡が特に高齢者で増加傾向にあり、極端な高温環境下と比べ、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くなることが報告されている。一方で、将来予測においては、気温上昇に伴い、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。ただし、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予測もされている。冬季死亡率の低下そのものは悪影響ではないが、高齢者等の人命損失に係わる影響に関しては悪影響であると言える。	▲	▲	
	暑熱 ⁹	死亡リスク	<ul style="list-style-type: none"> ● 日本全国で気温上昇による超過死亡（直接・間接を問わずある疾患により総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。 ● 特に高齢者の超過死者数が増加傾向にあるが、15歳未満の若年層においても、気温の上昇とともに外因死が増加する傾向にあることが報告されている。 ● 気温上昇により自殺件数が増加すること、日中の気温差は循環器系疾患による死亡や高齢者の死亡を増加させることを報告する文献もある。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 日本を含む複数国を対象として研究では、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、SRESA1Bシナリオにおいて、2030年・2050年に暑熱による高齢者の死亡者数が増加することが予測されている。 ● さらに、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者数が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なると報告されている。 	●	社	国内で気温上昇による超過死亡の増加傾向が確認されている。影響の範囲は全国に及び、人命損失への影響に直接つながるものである。	●	●	
			熱中症	<ul style="list-style-type: none"> ● 年によってばらつきはあるものの、熱中症搬送者数、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いる。 ● 年齢階級別では、高齢者の熱中症搬送者数・熱中症死亡者が多く、住宅内で多く発症し、重症化しやすい傾向にあることが報告されている。また、若・中年層では、屋外での労働時・スポーツ時に発症することが多いことが報告されている。 ● 高温による労働効率への影響については、国内の報告は限られている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 気温上昇に伴い、日本各地でWBGT指数が上昇する可能性が高い。 ● これに伴い、2090年代には、東京・大阪で日中に屋外労働可能な時間が現在よりも30～40%短縮すること、屋外労働に対して安全ではない日数が増加することが予測されている。また、屋外での激しい運動に厳重警戒が必要となる日数が増加することが予測されている。 ● 熱中症発生率の増加率は、2031～2050年、2081～2100年のいずれの予測も北海道、東北、関東で大きく、四国、九州・沖縄で小さいことが予測されている。RCP4.5シナリオを用いた予測では、東京都23区と仙台市では2050年代に、2000年代と比較して熱中症リスクが2.4倍増加するとされている。 ● 年齢別にみると、熱中症発生率の増加率は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。 	●	社	年によってばらつきはあるものの、熱中症による搬送者数・医療機関受診者数・死亡者数は全国的に増加傾向にある。患者数の増加は人命損失につながるものであり、また患者の搬送・受入れに必要な医療機関等への社会的な影響も大きい。	●	●

8 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際にはそのような他の多様な要因も存在していることを理解したうえで影響評価を検討する必要がある。

9 暑熱による影響のうち、本項では、死亡リスクや熱中症等を主な対象として扱う。国民生活・都市生活分野の「その他－暑熱による生活への影響等」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扱う。

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
	感染症 ¹⁰	水系・食品媒介性感染症	<ul style="list-style-type: none"> 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報告されている。 外気温と感染性胃腸炎のリスクの間に相関性があることが報告されており、外気温上昇により、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。一方で、外気温が低下すれば、急性下痢発生率が増加することを報告する文献もある。 	<ul style="list-style-type: none"> 気候変動による感染症への影響として、水系感染症の発生数の増加が考えられている。 国外の研究事例ではあるが、豪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予測されており、国内でも同様の影響が発生することが懸念される。 RCP シナリオを用いた予測では、RCP4.5 シナリオ・RCP8.5 シナリオで、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。 	◆	社	外気温の変化に伴い、感染性胃腸炎やロタウイルス感染症、下痢症などの感染症の発症リスク・流行パターンが変化することが報告されており、影響の範囲は全国に及ぶ可能性があるが、直ちに人命の損失への影響につながるものではない。	▲	▲	
		節足動物媒介感染症	<ul style="list-style-type: none"> デング熱を媒介する蚊（ヒトスジシマカ）の生息域が 2016 年に青森県まで拡大していることが確認されている。 蚊媒介感染症の国内への輸入感染例は増加傾向にあり、感染症媒介蚊の生息域や個体群密度の変化を考慮すると、輸入感染例から国内での感染連鎖の発生が危惧される。 実際に、2019 年 9 月に京都府または奈良県でデングウイルスに感染してデング熱を発症した国内感染例が確認された。デングウイルス感染者の移動により、このような散发例の発生リスクは、今後国内各所で増大すると思われる。 ダニ等（ツツガムシ含む）により媒介される感染症（日本紅斑熱や重症熱性血小板減少症候群（SFTS）やツツガムシ病等）についても全国的な増加傾向や流行時期の変化が確認されている。 	<ul style="list-style-type: none"> 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 世紀末には気温がヒトスジシマカの生息に必要な条件に達し、北海道の一部にまで分布が広がる可能性が高い。 また、ヒトスジシマカの吸血開始日は初春期の平均気温と相関があり、気温上昇が進めば、吸血開始日が早期化する可能性がある。 他にも、気温上昇により、日本脳炎を媒介する外来性の蚊の奄美・沖縄地方での分布可能域が拡大する可能性が指摘されている。 感染症媒介蚊以外の節足動物も気候変動の影響を受ける可能性はあるが、現時点で日本における感染症リスクの拡大に関する具体的な研究事例は確認されていない。 	●	社	蚊やダニ等の節足動物が媒介する感染症が発生した場合、影響の範囲は全国に及ぶ可能性がある。人の健康に直接影響するものであり、感染症の発生が拡大すれば、社会的影響も大きい。	●	▲	
		その他の感染症	<ul style="list-style-type: none"> インフルエンザや手足口病、水痘、結核といった感染症の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）との関連を指摘する報告事例が確認されている。 ただし、これらの感染症類の発症には、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。 	<ul style="list-style-type: none"> 気候変動に伴い、様々な感染症類の季節性の変化や発生リスクの変化が起きる可能性がある。 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。 一方で、インフルエンザ以外のもの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現状では文献が限られているため、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。 	◆	社	気温等の気象条件の変化は、インフルエンザや手足口病、水痘などの感染症類の発生リスクを変化させる可能性がある。影響の範囲は全国に及ぶ可能性があり、集団感染が起これば社会・経済的影響は大きいですが、直ちに人命の損失への影響につながるものではない。	■	■	
	その他	温暖化と大気汚染の複合影響	<ul style="list-style-type: none"> 温暖化と大気汚染に関して、気温上昇による生成反応の促進その他のメカニズムにより、粒子状物質を含む様々な汚染物質の濃度の変化が報告されている。 近年、光化学オキシダント（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。 温暖化に伴う O3 濃度上昇は、O3 関連死亡（全死亡・循環器疾患死亡・呼吸器疾患死亡）を増加させる可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 産業や交通の集中でオキシダント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オキシダント濃度が上昇し、健康被害が増加する可能性がある。 複数の RCP シナリオに基づく、オゾン・PM2.5 による死亡率の予測では、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 年代に死亡率がピークに達し、その後減少に転じることが予測されている。 日本を対象とした研究では、2020 年代までにオゾン・PM2.5 による早期死亡者数が増加することが予測されている。 	◆	社	光化学オキシダントとオゾン濃度の経年的増加傾向を示す報告が確認されており、増加には温暖化も一部寄与している可能性が示唆されている。オゾン濃度の上昇は循環器系疾患や呼吸器系疾患等による死亡を増加させる可能性がある。国内では、2020 年代までにオゾン・PM2.5 による早期死亡者数が増加するが、その後は死亡者数は減少に転じると推測されている。	▲	▲	

¹⁰ 感染症としては、比較的先行研究の多い水系・食品媒介性感染症・節足動物媒介感染症を取り上げ、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。

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考
					観点	判断理由			
健康	その他	脆弱性が高い集団への影響（高齢者・小児・既存患者等）	<ul style="list-style-type: none"> 暑熱による高齢者への影響が多数報告されている。日射病・熱中症のリスクが高く、発症すれば重症化しやすいことや、気温が上昇すれば、院外心停止のリスクが増すことが報告されている。 熱中症発症リスク・熱中症死亡リスクについては、高齢者と比して屋外で暑熱環境に暴露される可能性が高い 20代～60代のリスクが高いことも確認されているほか、所得や社会的地位等の生活水準との関係性を報告する文献も多数見られる。 既存患者に関しては、呼吸器疾患を持つ高齢者にとっては、睡眠時の暑熱環境が呼吸困難感と身体の調子の低下に影響することが報告されている。また、低温に伴う影響として、高齢者に加えて、高血糖症患者の脆弱性が高く、心血管系死亡を発生させるリスクが高いことが報告されている 小児あるいは胎児（妊婦）への影響については、米国の事例では暑熱や下痢症に対する脆弱性が指摘されているが、国内では情報が限定的である。 	<ul style="list-style-type: none"> 脆弱性が高い集団への影響について、暑熱により高齢者の死亡者数の増加を予測する文献はみられるものの、既存患者や小児への影響についての情報は限定的である。 	●	社	●	▲	
		その他の健康影響	<ul style="list-style-type: none"> 気温上昇による睡眠の質の低下・だるさ・疲労感・熱っぽさなどの健康影響の発生・増加が報告されている。 高温・低温と循環器疾患や呼吸器疾患の発症・救急搬送との関係を指摘する報告もみられる。 国内では知見が限定的であるが、国外を対象とした研究では、高温環境にも伴う急性腎障害の発生や労働者の生産性低下、自然災害に伴う精神疾患の発生が報告されており、国内でも同様の影響が生じることが懸念される。 	<ul style="list-style-type: none"> SRES シナリオを用いて 2070 年代 8 月の健康影響を予測した文献では、暑熱により、だるさや疲労感、寝苦しさに影響を与えることが指摘されている。 過去の統計データに基づいた研究では、気温上昇に伴い、各種犯罪件数（殺人・暴行・窃盗など）と自殺件数が増加することも推測されている。 気温上昇に伴い、労働効率や教育・学習の効率に影響が生じたり、極端現象（強い台風、熱波・寒波、洪水など）により心身ストレスに影響が生じることが想定されるが、文献は限定的であり、今後、定量的リスク評価に関する研究が望まれる。 					
産業・経済活動	製造業		<ul style="list-style-type: none"> 気候変化により、様々な影響が想定されるが、現時点で製造業への影響の研究事例は少数である（調査で確認できた範囲では、長野県茅野市の伝統産業である天然寒天生産における事例、乳白粒のコメの発生が米菓品質に及ぼす影響を実験で確認した事例及び気候変動等の課題に対応可能な植物工場の稼働数に関する報告など）。 ただし、製造業は水害により 131 億円（2017 年）の被害が発生しており、豪雨発生回数の増加による水害リスクの増加が指摘されている。 CDP 気候変動質問書（2017 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みる企業が多い結果を得ている。 製造業についてはサプライチェーンなどの海外影響が国内の製造業に影響を与えることについて留意する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 気候変動による製造業への将来影響が大きいと評価している研究事例は乏しいものの、企業が気候変動をリスクやビジネス機会として認識していることを示唆する報告がみられる。 ➤ 最も大きな海面上昇幅を前提として、2090 年代において海面上昇により東京湾周辺での生産損失額は、沿岸対策を取らなかった場合、製造業にも多額の損失が生じるとしている研究もある。 ➤ 現時点で定量的に予測した研究事例ではないが、アパレル業界など、平均気温の変化が、企業の生産・販売過程、生産施設の立地等に直接的、物理的な影響を及ぼすことも懸念される。 ➤ CDP 気候変動質問書（2017 年）では、気候変動の影響による生産能力への物理リスクや需要増によるビジネス機会を認識している企業が多い結果を得ている。 	◆	経	■	■	

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
エネルギー	エネルギー	エネルギー需給	<ul style="list-style-type: none"> ● 現時点では、気候変動によるエネルギー需給への影響に関する具体的な研究事例は少数である。 ● 猛暑により事前の想定を上回る電力需要を記録した報告がみられる。 ● 強い台風等によりエネルギー供給インフラが被害を受けエネルギーの供給が停止した報告がみられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動によるエネルギー需給への将来影響を定量的に評価している研究事例は一定程度あるが、現時点の知見からは、地域的にエネルギー需給量の増減があるものの、総じてエネルギー需給への影響は大きいとは言えない。 ➤ 気温の上昇によるエネルギー消費への影響について、以下のような予測を示した事例がある。 ◇ 産業部門や運輸部門においてはほとんど変化しない ◇ 家庭部門では減少する(気温が1度上昇すると、家庭でのエネルギー消費量は北海道・東北で3~4%、その他の地域で1~2%減少する) ◇ サービス業等の業務部門では増加する(気温が1度上昇すると、業務部門では1~2%増加する) ◇ 家庭、業務部門を併せた民生部門全体では、大きな影響は無い、または地域によっては減少する ◇ 全国的には夏季は気温上昇により冷房負荷が増加し、冬季は暖房負荷が減少する。冷房負荷は低緯度地域ほど増加し、暖房負荷は高緯度地域ほど減少する。 ➤ 降水量の減少による水力発電量の全国的な減少、日射量の減少による多結晶型太陽電池の発電量の全国的な減少を予測する研究事例がある。 	◇	社経	影響の範囲は全国に及ぶ。影響の及ぶ期間は、影響を与える気候変動のイベントにより異なる。エネルギー消費量が気候変動によって変動するという報告や、発電所における災害の増加や発電効率の低下を招くとする報告、エネルギー需要は産業や業務等の部門や地域によって増減するといった報告がある。エネルギー需要全体としては、それほど大きな影響がない、または減少することが予測されている。現時点で重大な影響があると判断されるような材料は乏しい。ただし、エネルギー供給の観点では、強い台風等によりエネルギー供給インフラが損壊する事例が報告されており、エネルギーの安定供給に影響を及ぼす可能性がある。	■	▲	
商業			<ul style="list-style-type: none"> ● 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。 ● 急激な気温変化や豪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事例、豪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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 日本における気候変動による商業への将来影響を評価している研究事例は乏しく、商業への影響は現時点では評価できない。 ➤ アパレル業界では、気候変動は季節性を有する製品の売上、販売計画に影響を与えようと指摘する研究がある。 ➤ 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する研究がある。 ➤ 2014年のCDPプロジェクト(現:CDP)において、海外でのアパレル、ホテルなどの企業が、今後気候変動に関連して生じる自社への影響やそれに伴う経済損失を試算し、評価した例がある。 	◇	経	強い台風がスーパー等の売上に影響した事例があるものの、商業は規模・業種も多様で、気候変動からの直接的な影響や消費行動の変化やエネルギーコストの変化などを通じた間接的な影響もあることから、と判断する材料に乏しい。	■	■	
					小売業	◇	経	季節商品の需要予測が難しくなっていることや強い台風がスーパー等の売上に影響した事例等が複数見られ、地域によって度合いは異なるものの小売業に影響が及ぶ可能性がある。また、気象災害によるインフラの損壊等や調達先の被災は商品の調達にリスクを及ぼす。中小企業ではこれら影響・リスクの程度が大きくなる可能性がある。	▲	▲

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
	金融・保険		<ul style="list-style-type: none"> ● 1980年からの約30年間の自然災害とそれに伴う保険損害の推移からは、近年の傾向として、保険損害が著しく増加し、恒常的に被害が出る確率が高まっていることが確認されている。 ● 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を必要としているとの報告もなされている。 ● 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たことや、投資判断において投資先の気候変動リスクや企業のESG（環境、社会、ガバナンス）に関する情報が重要になっていることが報告されている。 ● 日本における金融分野への影響については、具体的な研究事例が確認できていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 自然災害とそれに伴う保険損害が増加し、保険金支払額の増加、再保険料の増加が予測されている。ただし、現時点では、日本に関する研究事例は限定的にしか確認できていない。 ● 不動産の観点から気候変動と社会経済の変化による水災害リスクの分析を行った研究事例がある。 ● 現時点で日本に関して定量的に予測をした研究事例は限定的であるものの、以下のような影響も想定される。 (保険業) <ul style="list-style-type: none"> ➢ 付保できない分野の登場、再保険の調達困難などの脅威 ➢ 保険需要の増加、新規商品開発の可能性などのビジネス機会。 ● (金融業) <ul style="list-style-type: none"> ➢ 資産の損害や気象の変化による経済コストの上昇などの脅威 ➢ 適応事業融資、天候デリバティブの開発などのビジネス機会 ● 金融分野への影響については、現時点で日本に関する具体的な研究事例は確認できていない。 	●	経	社会的・経済的要因とも相まって、日本を含め、世界的な自然災害に伴う損害額の増大が予測され、こうした自然災害による損害リスクに適切に対処できない場合、時間とともに、保険業をはじめとする様々な業種に多大な影響を及ぼすと予測されている。保険業界では、再保険を通じてリスクを移転することが一般的だが、再保険はグローバルにリスクを移転する制度であるため、自然災害に伴う世界的な損害額の増大は日本の保険業にも影響を及ぼすことが予測されている。保険料の値上がりや付保条件の変更などは保険業のみならず社会への影響も大きい。他方で、こうしたリスクに適切に対処することができれば、ビジネスの機会ともなり得る。	▲	▲	
	観光業	レジャー ¹¹	<ul style="list-style-type: none"> ● 気温の上昇、降雨量・降雪量や降水の時空間分布の変化、海面の上昇は、自然資源（森林、雪山、砂浜、干潟等）を活用したレジャーへ影響を及ぼす可能性があるが、現時点で研究事例はスキー場への影響を除いて限定的にしか確認できていない。 ● 観光資源である滝の凍結度や流氷の減少、スキー場における積雪深の減少のほか、厳島神社での台風・高潮被害の増加が報告されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● AIBシナリオを用いた予測では、2050年頃には、夏季は気温の上昇等により観光快適度が低下するが、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。 ● スキーに関しては、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において積雪深が減少すると予測されている。また、積雪量の減少により来客数・営業利益の減少が予測されている。 ● 積雪量の減少により交通負担が軽減することで社寺への来客数が増加すると予測する研究がある一方で、原生林の衰退により世界自然遺産登録が抹消されると想定した場合に来客数が減少すると予測している研究もある。 ● 海面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。 	◆	経	観光部門全体としては、スキー等の自然資源を活用したレジャーにおいては主にネガティブな影響を受けるとする事例がみられるものの、地域によっては観光快適度の上昇や降雪量の減少によるポジティブな影響を受けるとする報告もあるため、影響が認められる。	▲	●	
					●	経	スキー場や海岸部等の自然資源を活用したレジャーについては、主にネガティブな影響が予測されている。これらは、地域における観光産業への影響にもつながる。経済的な損失から、自然資源を活用した観光業に依存している地域や住民にとっては、緊急性、確信度は全体の評価と同様である。	▲	●	
	建設業		<ul style="list-style-type: none"> ● 現時点で、建設業への影響について具体的な研究事例が少数確認されている。 ● 夏季の気温上昇により暑中コンクリート工事の適用期間が長期化している。 ● 建設現場における熱中症災害の発生率が増加している。 ● 学会に設置されている委員会において、建築物の気候変動への対応に関し、自助・公助の課題、設計基準の見直しの必要性等が示され、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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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、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。 ● 関東地域の夏季において建築物の空調熱負荷が増加すると予測されている。 	●	経	日本建築学会で建築物の設計基準の見直し議論されていること等に留意が必要であるが、現時点で、予測・評価をした研究事例は限定的であり、重大性の評価は影響が認められると考える評価が困難である。他方で、建設現場での熱中症災害の発生率が増加しており、この点においては、重大性は特に重大な影響が認められるとする。	▲	■	

11 ここでは、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、屋内施設におけるレジャーは扱っていない）。

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
	医療		<ul style="list-style-type: none"> ● 現時点で、医療産業への影響について、一定程度の報告が見られる。 ● 断水や濁水による人工透析への影響、気温と救急搬送量との関係等に関する研究報告のほか、熱帯あるいは亜熱帯地域に存在する病原細菌への国内での感染事例、洪水による浸水が発生した医療機関への被害事例が報告されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 現時点で、医療産業への影響について具体的な研究事例は確認できていない。 	◆	経	現時点で、予測・評価をした研究事例が確認できておらず、評価が困難である。	▲	■	
	その他	その他 (海外影響)	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動による日本国外での影響が日本国内や日系企業に及ぼす影響について、研究事例が少数見られる。 ● 気候変動の影響として予想される海外の影響事例が報告されている。例えば、海外の穀物生産地で生じた干ばつにより食料価格が上昇した事例がある。2011年のタイ国チャオプラヤ川の洪水では、多数の日系企業に被害をもたらし、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を約 3,150 億円と試算している事例や、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・津波に対する額を上回ったと報告している事例がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 国外での影響が、日本国内にどのような影響をもたらすかについては、貿易等の要因が関与する間接的な影響が中心であるが、以下のような研究事例が報告されている。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 気温の上昇により、2030年時点において世界全体で見た場合に作物生産量が増加し、価格が低下する。 ➢ 気温上昇や降水量の変化が、米、とうもろこし、小麦の貿易量に変化を及ぼす。海外の大麦生産地での干ばつにより国内のビール消費量が減少し、価格が上昇する。 ➢ 輸入国の土地利用や労働者の健康への気候変動の影響は、日本への農畜産物・工業製品の輸入の脆弱性を高める。 ● 英国での検討事例等を踏まえると、エネルギーや農水産物の輸入価格の変動、海外における企業の生産拠点への直接的・物理的な影響、海外における感染症媒介者の増加に伴う移住・旅行等を通じた感染症拡大への影響等が日本においても懸念される。 	◆	経	<p>ただし、気候変動の影響を受けるリスクが高い海外の地域にサプライチェーンを有する場合には、生産等に及ぼす影響の程度が大きくなる可能性がある。</p> <p>気温上昇による世界的な作物生産量の変化による食料需給量の変動は、わが国の食料価格や輸出入に直接つながるものであり、経済面への影響が生じる可能性がある。その他に、海外での土地利用の変化や労働者の健康への影響等から、我が国が輸入する農畜産物や電子部品等の工業製品の脆弱性が高いと評価する報告がある。</p> <p>なお、英国の科学技術庁が 2011 年に取りまとめた、気候変動による海外の影響が自国内に及ぼす影響の評価では、輸入先での異常気象の頻度や期間の増加、水資源の減少、海洋の酸性化、水温の変化等が農水産物の輸入価格に影響を与えると予測されている。</p>	■	▲	
		その他	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候安全保障に関する報告や、気候変動に伴うアジア・太平洋地域における影響を踏まえた外交政策の分析・立案が報告されている。 ● 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を推進する一方で、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を懸念する報告がある。 ● 現時点では、産業・経済活動分野で挙げた中小項目以外での気候変動によるその他の影響について、国内の研究事例は確認できていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 欧米等の国際関係や安全保障に気候変動が及ぼす影響に関する報告では、国際支援の弱体化や負担等の増加、国境の資源管理への影響や極端気象による移住が安全保障に影響を及ぼす可能性等を指摘している。 	—		<p>既往の文献では、海外での気候変動による影響を踏まえた外交政策の立案・分析、北極海航路の開発や安全保障上のリスクに関連する報告が見られ、これらは、わが国の産業経済・安全保障への影響を及ぼす可能性があるが、現時点で重大な影響があると判断されるような材料は乏しい。</p> <p>なお、欧米等の政府が取りまとめた、海外での気候変動による影響が自国の社会に及ぼす影響の報告では、災害復旧への人道支援等のコスト負担の増加、国境地域の資源管理におけるリスクの増加や自国内での環境難民の流入により自国内で紛争が増加するリスク等を挙げている。</p>	—	■	

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考		
					観点	判断理由					
国民生活・都市生活	都市インフラ、ライフライン等	水道、交通等	<ul style="list-style-type: none"> ● 近年、各地で、豪雨、台風、渇水等による各種インフラ・ライフラインへの影響が確認されている。 ● 豪雨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・水道のライフラインの寸断が報告されている。 ● この他、雷・台風・暴風雨などの異常気象による発電施設の稼働停止や浄水場施設の冠水、廃棄物処理施設の浸水等の被害、渇水・洪水、濁水や高潮の影響による取水制限や断水の発生、高波による道路の交通障害等が報告されている。 ● これらの現象が気候変動の影響によるものであるかどうかは、明確には判断しがたいが、気候変動が進行すれば、さらに影響の程度・発生頻度は増加すると考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動がインフラ・ライフラインにもたらす影響について、全球レベルでは、極端な気象現象が、電気、水供給サービスのようなインフラ網や重要なサービスの機能停止をもたらすことによるシステムのリスクに加えて、国家安全保障政策にも影響を及ぼすとする報告がみられる。 ● 国内では、電力インフラに関して、台風や海面上昇、高潮・高波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が上昇することによる発電出力の低下、融雪出水時期の変化等による水力発電への影響が予測されている。 ● 水道インフラに関して、河川の微細浮遊土砂の増加により、飲料水の供給に影響が生じること、交通インフラに関して、国内で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。 ● この他に、気象災害に伴って廃棄物の適正処理に影響が生じることや、洪水氾濫により水害廃棄物が発生することや都市ガスの供給に支障が生じることも予測されている。 ● 交通インフラ等への影響に関して、国内の知見は限定的であるものの、国外では、豪雨による鉄道レールへの影響、洪水・土砂災害による道路網への影響、異常気象による通信インフラへの影響が予測されている。 ● 今後、気候変動による短時間強雨や渇水の増加、強い台風の増加等が進めば、これらのインフラ・ライフライン等にも影響が及ぶことが懸念される。 	●	社経	現在でも、全国各地で豪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が報告されている。将来、気候変動が進行すれば、電力・交通・水道インフラ・廃棄物処理に様々な影響が生じることが予測されており、被害・損傷による社会・経済面への影響は大きい。	●	●		
	文化・歴史などを感ずる暮らし	生物季節、伝統行事・地場産業等 ¹²	<ul style="list-style-type: none"> ● 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について報告されている。特に、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、都市部で開花や花芽の成長速度が速まっていることが報告されている。 ● 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確認できるものの、その他の具体的な研究事例は確認されていない。 ● 地場産業については、気温上昇に伴い、例えば、兵庫県で酒米品種の検査等級・精玄米歩合の低下が生じていることや長野県で寒天産業への影響が生じていることが確認されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● サクラの開花及び満開期間について、SRESA1B シナリオ及び SRES A2 シナリオの場合、将来の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、また、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い。それに伴い、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℃の気温上昇により、花粉媒介者のフェノロジーとのミスマッチが生じることで自然受粉に影響が生じ、開花期間が短縮されるとの報告もみられる。 ● 地域独自の伝統行事や観光業・地場産業等への影響については、現時点で研究事例が限定的にしか確認できていない。 	◆	生物季節	生物季節への影響の範囲はほぼ全国に及ぶ。桜の開花日・満開の期間や紅葉の遅延は、これら景観の名所等における伝統行事や観光業等に影響を与える可能性があり、社会・経済・環境の広範に影響が及ぶ。具体的には、サクラやカエデの名所において開花時期、紅葉時期がずれると観光客の数に変動が生じ、地元の経済に影響を与えると考えられる。生物季節の変化による観光や地元経済への影響の程度について、定量的に予測をした研究事例は確認できない。	●	●		
						伝統、地場	—	影響は個々の事象で異なり、地域の社会・経済面への影響も事象により様々であることから、全国一律に評価することは困難である。	●	▲	

¹² 生物季節とは気温や日照など季節の変化に反応して動植物が示す現象をいう。なお、本項では、人間活動や文化に関係する生物季節（国民生活の中で感じる生物季節（季節感））を主に扱い、自然生態系分野の「生物季節」では生態系への影響及び生態系サービスの内容を主に扱う。

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
	その他	暑熱による生活への影響等 ¹³	<ul style="list-style-type: none"> ● 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℃であるのに対し、主要な大都市の気温上昇率は 2.6～3.2℃であり、大都市においては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ことが確認されている。 ● また、中小都市でもヒートアイランド現象が確認されている。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、降水量が減少する可能性があることが報告されている。 ● 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が指摘され、熱中症リスクの増大に加え、発熱・嘔吐・脱力感による搬送者数の増加、睡眠の質の低下による睡眠障害有症率の上昇が報告されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 国内大都市のヒートアイランドは、今後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気温の上昇が加わり、気温は引き続き上昇を続ける可能性が高い。 ● 気温上昇に伴い、体感指標である WBGT も上昇傾向を示す可能性が高い。全国を対象に 21 世紀末の 8 月の WBGT 指数を予測した事例 (RCP4.5 シナリオを使用) では、将来、暑熱環境が全国的に悪化し、特に東北地方で現在と比較して大きくなる可能性が示されている。 ● 熱ストレスの増加に伴い、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ことが予測されており、気温上昇後の温熱環境は、都市生活に大きな影響を及ぼすことが懸念される。 	●	社経	都市部では、気候変動に伴う 気温の上昇に加えて、ヒートアイランド現象の影響により、全体として気温の上昇幅が大きくなること、短期的な降水量が増加することが予測される。また、大都市に限らず、現在は気温上昇が顕著化していない地方都市でも、ヒートアイランドによる高温化に気候変動の影響が加わることで気温上昇が顕著化することが予測される。特に、夏季における熱ストレスの増大は、熱中症リスクの増大や快適性の損失、睡眠効率の低下による睡眠阻害など、都市生活における及ぼす影響は大きく、経済損失も大きい。	●	●	

¹³ 本項では、都市における熱ストレス・睡眠阻害、暑さによる不快感等を主に扱い、健康分野の「暑熱」では死亡リスクや熱中症等に関する影響を主に扱う。

18 (参考) 気候予測に用いられている各シナリオの概要

19

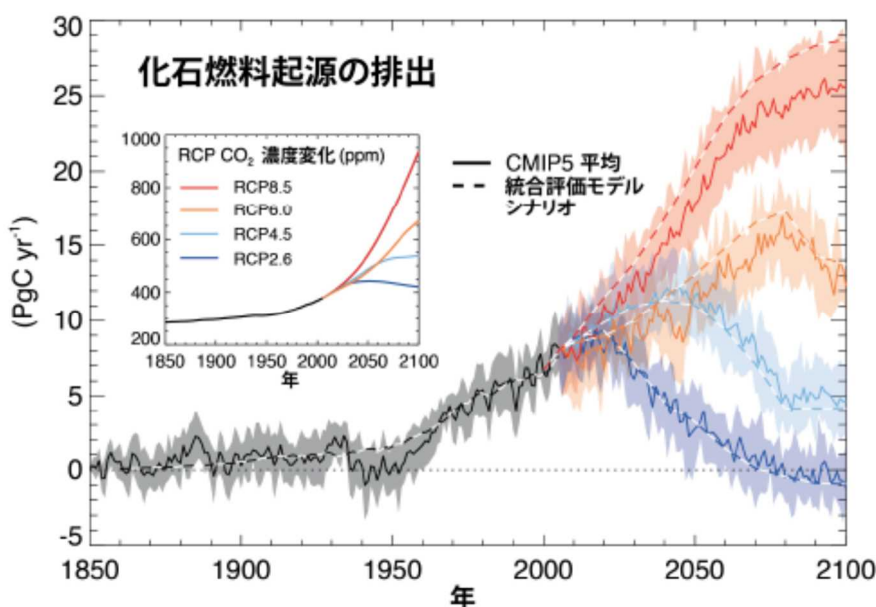
20 1. RCP シナリオ

21 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
 22 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
 23 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
 24 リオが作られた。このシナリオを RCP (Representative Concentration Pathways) シナリ
 25 オという。⁷⁶

26 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
 27 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
 28 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
 29 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/m²、6.0W/m²、
 30 4.5W/m²、2.6W/m² となるシナリオに対応している (下表)。⁷⁷

31 RCP シナリオの概要 出典：IPCC、2007b 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



61 図 RCPシナリオに基づく放射強制力(図外側;RCP シナリオで定める4つの放射強制力の経路を実線で
 62 示す。比較のためSRES シナリオに基づいて求めた放射強制力を破線で示す。)とRCPシナリオに対応す
 63 る化石燃料からの二酸化炭素排出量(図内側;地球システムモデルによる逆算の結果。細線:個々のモデ
 64 ルの結果、太線:複数のモデルの平均)

76 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第5次評価報告書第2作業部会報告書 (影響・適応・脆弱性) の公表について (文部科学省 経済産業省 気象庁 環境省、2014年)

77 本文及び図は「気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート『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年)より抜粋。

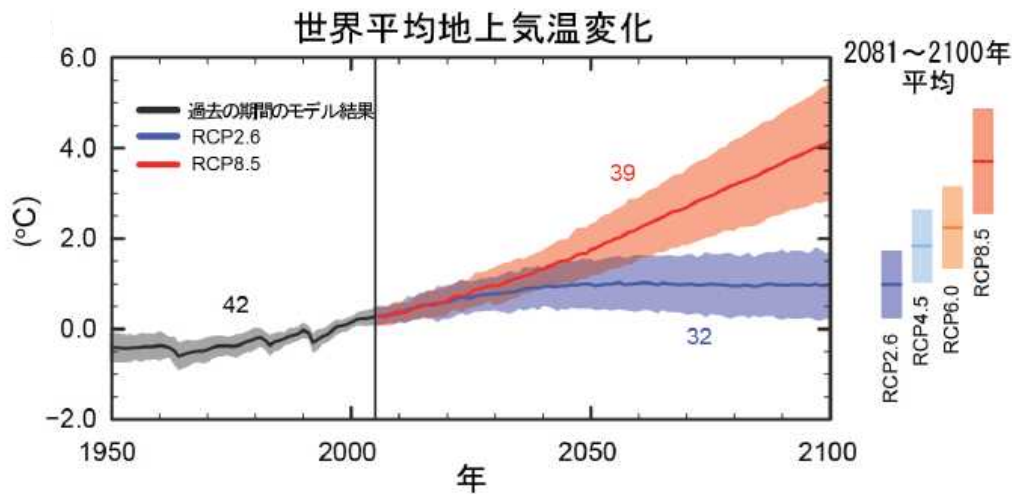


図 CMIP5 の複数のモデルによりシミュレーションされた時系列(1950年から2100年)。1986～2005年平均に対する世界平均地上気温の変化。予測と不確実性の幅(陰影)の時系列を、RCP2.6(青)とRCP8.5(赤)のシナリオについて示した。黒(と灰色の陰影)は、復元された過去の強制力を用いてモデルにより再現した過去の推移である。全てのRCPシナリオに対し、2081～2100年の平均値と不確実性の幅を彩色した縦帯で示している。数値は、複数モデルの平均を算出するために使用したCMIP5のモデルの数を示している。
(出典:IPCC 第5次評価報告書第1作業部会報告書政策決定者向け要約 図SPM.7(a))

表 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

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。

以下の出典より事務局作成。

IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

注)

- ・ SRESシナリオに基づく気候予測は第4次評価報告書での評価結果、RCPシナリオに基づく気候予測は第5次評価報告書での評価結果であり、排出シナリオだけでなく気候予測の手法についても違いがある。

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

2. 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 2.2.2 SRES シナリオにおける4つの世界像
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。
出典：国立環境研究所、2001より作成

出典：「気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート『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年）

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

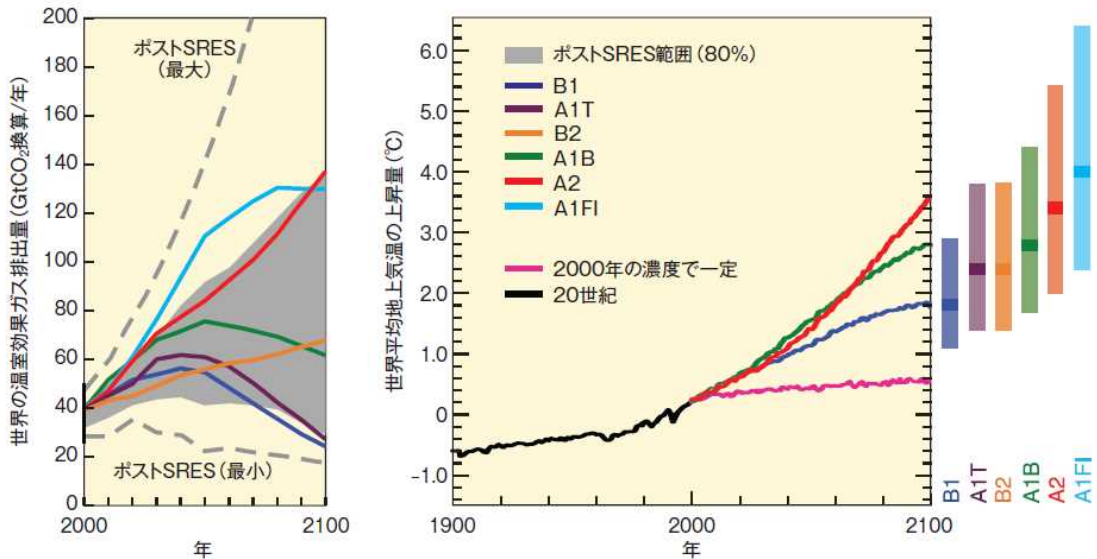


図 左の図：追加的な気候政策を含まない場合の世界の温室効果ガス排出量(CO₂換算)：6つのSRESマーカーシナリオ（彩色した線）、SRES以降に公表された最近のシナリオ（ポストSRES）の80パーセント（灰色の彩色範囲）。点線はポストSRESシナリオ結果のすべての範囲を示す。排出量にはCO₂、CH₄、N₂O及びフロンガスが含まれる。

右の図：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）

1

表 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

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。

2

3

4

5

<補足> SRES シナリオと RCP シナリオの対応関係

SRES と RCP 及び SSP の各シナリオの関係について、SRES と SSP の社会経済発展のシナリオの比較、SRES と RCP の放射強制力・気候特性の比較を行い、SRES シナリオが当てはまる RCP シナリオと SSP シナリオの最適な組み合わせを示した研究がある。これによれば、概略の傾向としてはあるものの、各シナリオの対応関係は下表のとおりであることが示されている。

6

7

8

9

10

11

12

表 RCP シナリオと SRES シナリオの対応関係

RCP シナリオ	SRES シナリオ
RCP8.5 と SSP5	SRES A1FI
RCP8.5 と SSP3	SRES A2
RCP6.0 と SSP2	SRES B2 及び A1B
RCP4.5 と SSP1	SRES B1
RCP2.6	対応する SRES シナリオは無し

※SSP シナリオは、人口、ガバナンス、公平性、社会経済開発、技術、環境等の共通に社会像の諸条件を示す定量・定性的な要素からなり、気候変動影響評価と緩和・適応政策分析の前提条件を示す。(SSP1:持続可能な発展、SSP2:中間的シナリオ、SSP3:分断シナリオ、SSP5:在来型発展シナリオ)

Detlef P. van Vuuren & Timothy R. Carter (2014) Climate and socio-economic scenarios for climate change research and assessment: reconciling the new with the old. Climate Change 122: pp415-429 DOI 10.1007/s10584-013-0974-2

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

表 RCP 濃度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

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。

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

以下の出典より事務局作成。

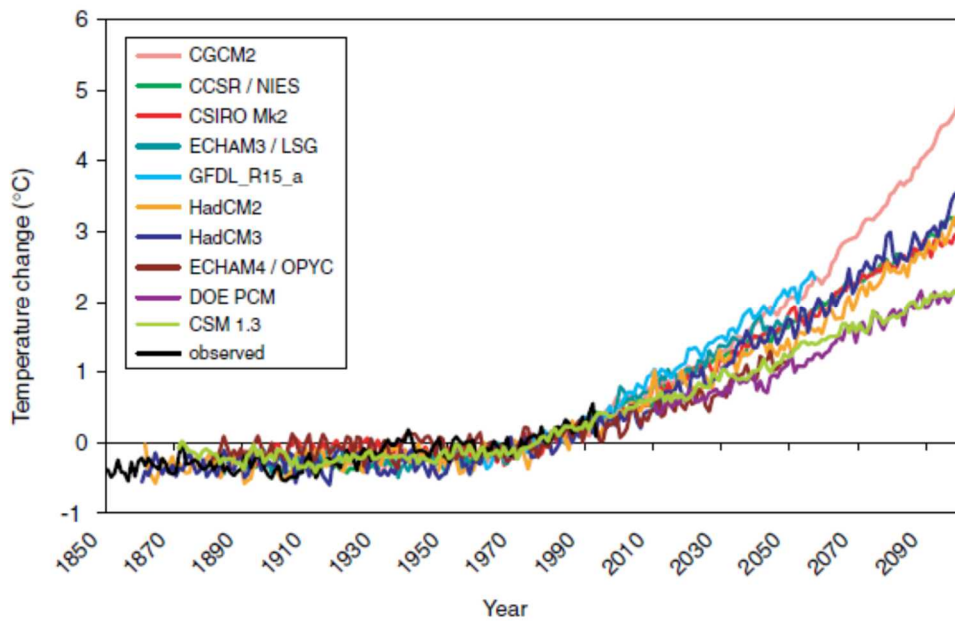
IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

1 **3. IS92a シナリオ**

2 IS92a シナリオは、主に IPCC 第 2 次評価報告書で使用されていた排出シナリオで、
3 当時の気候モデル実験によれば、1961～1990 年を基準とした 2021～2050 年の世界平均
4 地上気温の上昇幅が最良の推定値で 1.3℃（硫酸エアロゾルの放射強制力を見込まない
5 場合は 1.6℃）となるシナリオである。⁷⁸

6 また、IPCC 第 2 次評価報告書第 1 作業部会報告書では、気候感度が中位（2.5℃）の
7 場合、IS92a 排出シナリオでは、1990 年に対して 2100 年に 2.0℃気温が上昇する（エー
8 ロゾルが 1990 年レベルと変わらない場合には 2.4℃）ことが示されている。⁷⁹



32 本図は硫酸エアロゾルの影響も考慮している。黒線は観測された気温変化を示し、他の線はデータセンターの各
33 モデルのシミュレーションによる予測を示す。

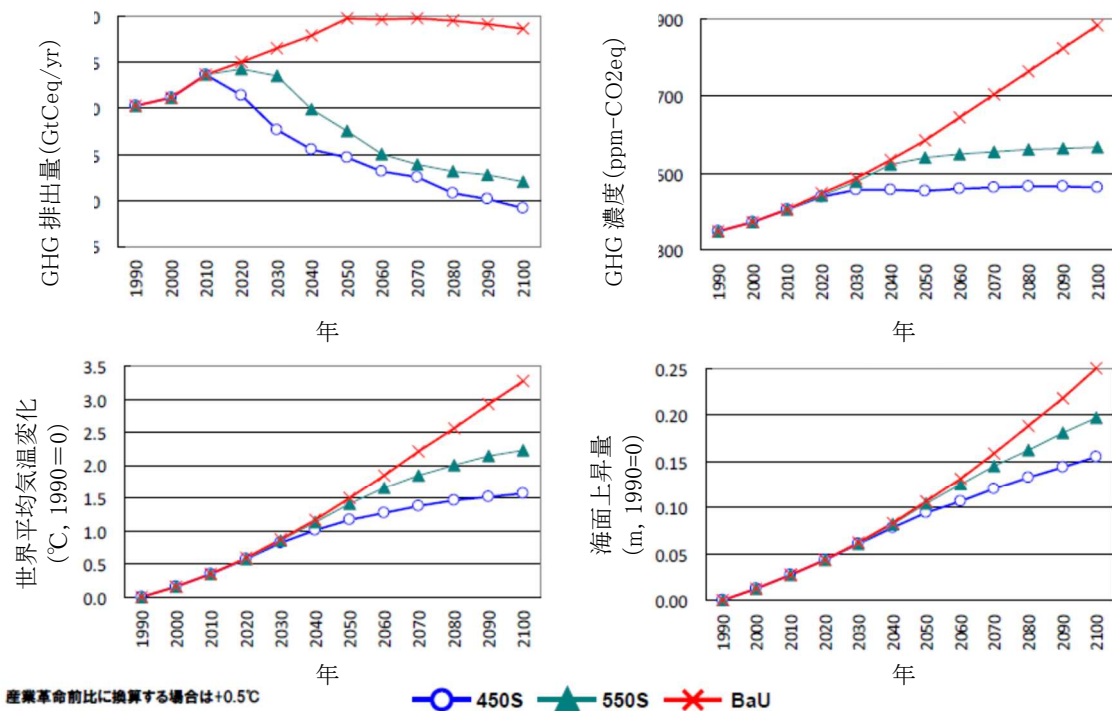
78 IPCC 第 3 次評価報告書第 1 作業部会報告書「9.3.1.2 Projection of future climate from forcing scenario experiments (IS92a)」に基づく。図は同報告書より抜粋。

79 IPCC 第 2 次評価報告書第 1 作業部会報告書「6.3.3 Temperature Projections」に基づく。

1 **4. S-4 研究プロジェクトの安定化シナリオ（BaU、450s、550s）**

2 我が国において2005～2009年度に実施された「環境省地球環境研究総合推進費戦略
3 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
4 のための温暖化影響の総合的評価に関する研究」では、BaU シナリオ（なりゆきシナ
5 リオ）と450s シナリオ、550s シナリオの2つの温室効果ガス濃度安定化シナリオが設
6 定された。これらは、①平衡気候感度は3℃、②炭素フィードバック効果は考慮しない、
7 ③全球平均気温変化から地域別の気候シナリオ作成（パターンスケリング）に使用し
8 た GCM は MIROC3.2-hires、④温室効果ガス濃度には温室効果ガス及びエアロゾルの
9 冷却効果も含む、という条件に基づき設定されている。⁸⁰

10
11 **図 シナリオ別世界全体の GHG 排出量・GHG 濃度・世界平均気温変化・海面上昇量**



41
42 **表 シナリオ別の温室効果ガス濃度（二酸化炭素等価濃度）と平均気温上昇**

名称	2100年における 温室効果ガス濃度 (二酸化炭素等価濃度)	2100年における 平均気温上昇 (産業革命前比 [※])	備考
BaU シナリオ		約 3.8℃	SRES B2 の想定に基づく
450s シナリオ	450ppm	約 2.1℃	オーバーシュートあり
550s シナリオ	550ppm	約 2.9℃	オーバーシュートあり

43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

※1990年比の気温上昇量は産業革命前比-0.5℃。

80 本文及び表は「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第2回報告書 地球温暖化「日本への影響」－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年）に基づき作成。図は同報告書より抜粋。

5. 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では、高解像度全球大気モデルおよ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