参考資料２

日本における気候変動による影響に関する評価報告書（案）

平成 27 年〇月

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

目次

１．本報告の目的 5
１．１ 背景 5
１．２ 目的 6
１．３ 検討の進め方 6
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 7
２．１ 評価の目的 7
２．２ 評価の手法 7
＜重大性の評価の考え方＞ 11
＜緊急性の評価の考え方＞ 13
＜確信度の評価の考え方＞ 14
＜取りまとめのイメージ＞ 16
３ 日本における気候変動による影響の評価結果 17
３．１ 農業・林業・水産業 18
【農業】 18
（１）水稲 18
（２）野菜 29
（３）果樹 33
（４）麦、大豆、飼料作物等 40
（５）畜産 46
（６）病害虫・雑草 50
（７）農業生産基盤 55
【林業】 63
（１）木材生産（人工林等） 63
（２）特用林産物（きのこ類等） 70
【水産業】 73
（１）回遊性魚介類（魚類等の生態） 73
（２）増養殖等 79
３．２ 水環境・水資源 85
【水環境】 85
（１）湖沼・ダム湖 85
（２）河川 92
（３）沿岸域及び閉鎖性海域 97
【水資源】 100
（１）水供給（地表水） 100
（２）水供給(地下水) 107
（３）水需要 112
３．３ 自然生態系 115
【陸域生態系】 115

（１）高山帯・亜高山帯 115
（２）自然林・二次林 125
（３）里地・里山生態系 138
（４）人工林 142
（５）野生鳥獣による影響 148
（６）物質収支 154
【淡水生態系】 159
（１）湖沼 159
（２）河川 164
（３）湿原 170
【沿岸生態系】 175
（１）亜熱帯 175
（２）温帯・亜寒帯 181
【海洋生態系】 189
（１）海洋生態系 189
【生物季節】 194
（１）生物季節 194
【分布・個体群の変動】 202
（１）分布・個体群の変動 202
３．４自然災害・沿岸域 213
【河川】 213
（１）洪水 213
（２）内水 227
【沿岸】 233
（１）海面上昇 233
（２）高潮・高波 242
（３）海岸侵食 254
【山地】 260
（１）土石流・地すべり等 260
【その他】 273
（１）強風等 273
３．５ 健康 277
【冬季の温暖化】 277
（１）冬季死亡率 277
【暑熱】 280
（１）死亡リスク 280
（２）熱中症 284
【感染症】 289
（１）水系・食品媒介性感染症 289

（２）節足動物媒介感染症 293
（３）その他の感染症 300
【その他】 303
（１）その他 303
３．６ 産業・経済活動 310
【製造業】 310
（１）製造業 310
【エネルギー】 314
（１）エネルギー需給 314
【商業】 321
（１）商業 321
【金融・保険】 324
（１）金融・保険 324
【観光業】 331
（１）レジャー 331
【建設業】 339
（１）建設業 339
【医療】 341
（１）医療 341
【その他】 343
（１）その他（海外影響等） 343
３．７ 国民生活・都市生活 349
【都市インフラ、ライフライン等】 349
（１）水道、交通等 349
【文化・歴史などを感じる暮らし】 357
（１）生物季節、伝統行事・地場産業等 357
【その他】 363
（１）暑熱による生活への影響 363
４ 気候変動による影響の評価（一覧表） 374
（参考）気候予測に用いられている各シナリオの概要 390
参考文献一覧 395
検討体制 429
（１）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 429
（２）気候変動の影響に関する分野別ワーキンググループ（環境省請負検討会） 430

１．本報告の目的

１.１ 背景

平成 25 年（2013 年）9 月から平成 26 年（2014 年）11 月にかけて、IPCC[1]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、2012 年 11 月にドーハで開催された COP18 における国際的な合意[3]に基づき、世界平均気温の上昇を産業革命前に比べて 2℃以内にとどめられたとしても、我が国において気温の上昇、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 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。また、英国においても、2012 年に影響評価報告書、2013 年に適応計画を公表している。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を示した大統領令を公布し、2014 年には影響評価報告書の改訂を実施している。アジアにおいても韓国が 2010 年に影響評価報告書とともに適応計画を公表している。このように諸外国においては、既に気候変動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。

こうした中、我が国においても、その影響への対処（適応）の観点から平成 27 年夏を目途に政府全体の取組を「適応計画」として取りまとめることとしている。

---

[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。

[3] 世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて 2℃以内に抑えるために必要とされる温室効果ガスの大幅な排出削減に早急に取り組むというもの。

1.2 目的

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予測や、気候変動が日本の自然や人間社会に与える影響（以下、「影響」という。）の評価等について整理し、気候変動が日本に与える影響の評価について審議を進めてきた。審議の結果は、「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（意見具申）」として取りまとめることとしている。

本報告は、「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（意見具申）」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。

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。そうすることで、政府全体の「適応計画」を策定する際に、どのような分野や項目で影響が現れるのか、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。

1.3 検討の進め方

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、平成 25 年７月に中央環境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。平成 25 年度は、第１回小委員会を８月に開催し、以後、３月までに計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、将来影響を整理するにあたっての分野－項目、必要となる情報について整理を行い、第４回小委員会において、その成果として「日本における気候変動による将来影響の報告と今後の課題について（中間報告）」（以下、「中間報告」という。）を取りまとめた。

平成 26 年度は、中間報告をもととしたパブリックコメントや、地方公共団体や学会などへの照会を通じて、引き続き気候変動による影響を取り扱った文献を中心に収集し、収集した文献をもとに科学的な観点から気候変動による影響を「現在の状況」と「将来予測される影響」として取りまとめるとともに、重大性、緊急性、確信度の評価を進めた。本報告を取りまとめるにあたり、査読付き論文などの文献を収集し、本小委員会等における審議の末、最終的に本報告に 533 点の文献数を活用した。

評価にあたっては、まず、重大性・緊急性・確信度の評価方法について第６回小委員会において審議し、基本方針を決定した。そして、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。具体的には、小委員会の委員にさらに検討委員を加え、合計 57 人の体制とし、「農業・林業・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」、「産業・経済活動、国民生活・都市生活WG」の５つのWGをそ

れぞれ３回開催した。

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、56 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、将来予測される影響について検討した。

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・ジャッジ）により評価を行った。（評価手法の詳細については、「３.２我が国における気候変動による影響の取りまとめ手法」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。

各ワーキンググループ（ＷＧ）における検討結果は、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。

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

２.１ 評価の目的

政府全体の適応計画策定に向けて、我が国において重要な影響を抽出することを目的とする。

２.２ 評価の手法

IPCC 第 5 次評価報告書の主要なリスクの特定の考え方、諸外国の事例（例：英国の気候変動リスク評価（CCRA: Climate Change 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し、以下の通りとした。

ｉ）基本的な考え方

「重大性」「緊急性」「確信度」の３つについて、表１の小項目の単位ごとに評価する。分野ごとの特性もあり、一律機械的・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）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）により行う。

また、分野ごとの検討結果をもとに、気候変動影響評価等小委員会において議論を行う。

ⅱ）評価の観点

- 重大性：社会、経済、環境の３つの観点で評価する。詳細は 11 ページを参照。
- 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つの観点で評価する。詳細は 13 ページを参照。
- 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

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、その内容が合理的なものであるかどうかにより判断。詳細は 14 ページを参照。

iii）取りまとめ様式

各分野・小項目ごとに「重大性」「緊急性」「確信度」の評価結果を表形式で取りまとめる。詳細は 16 ページを参照。

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	水稲	農業・林業・水産業 WG
		野菜	
		果樹	
		麦、大豆、飼料作物等	
		畜産	
		病害虫・雑草	
		農業生産基盤	
	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		
	生物季節		
	分布・個体群の変動		
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	
健康	冬季の温暖化	冬季死亡率	健康 WG
	暑熱	死亡リスク	
		熱中症	

分野	大項目	小項目	関連 WG
健康	感染症	水系・食品媒介性感染症	健康 WG
		節足動物媒介感染症	
		その他の感染症	
	その他		
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	その他（海外影響）	
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	

＜重大性の評価の考え方＞

・ 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が加わる「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 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う。

・ 評価に当たっては、研究論文等の内容を踏まえるなど科学に基づいて行うことを原則としつつ、表２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、「特に大きい」または「『特に大きい』とは言えない」の評価を行う。

・ 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」とする。

・ 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する。

○ 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

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

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
	特に大きい	「特に大きい」とは言えない	
	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 ● 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「特に大きい」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 ● 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	「特に大きい」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 ● 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	「特に大きい」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 ● 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	「特に大きい」の判断に当てはまらない。	

＜緊急性の評価の考え方＞

・ 緊急性に相当する要素として、IPCC 第 5 次評価報告書では「影響の発現時期」に、英国 CCRA 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する。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。

・ 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」とする。

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。	2030 年頃までに影響が生じる可能性が高い。	影響が生じるのは 2030 年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	2030 年頃より前に重大な意思決定が必要である。	2030 年頃より前に重大な意思決定を行う必要性は低い。	

＜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。

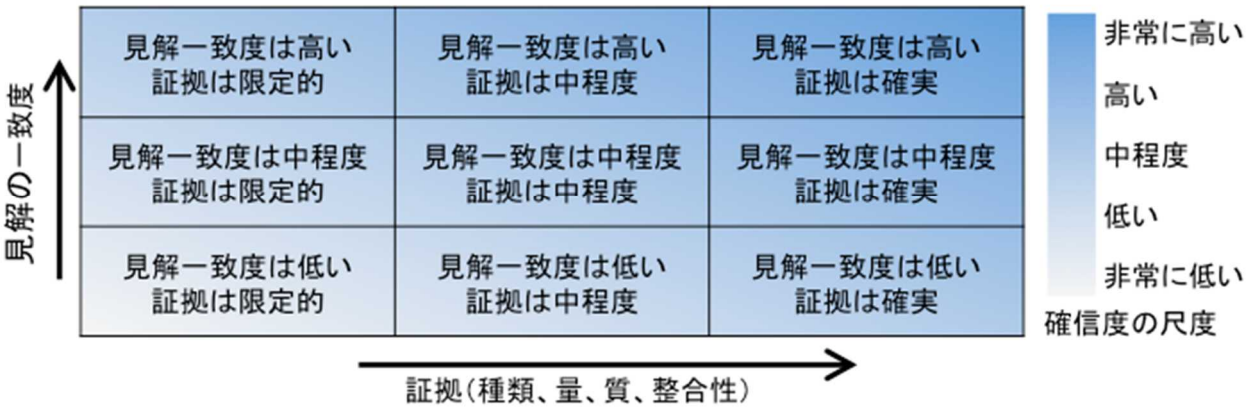
証拠の種類：現在までの観測・観察、モデル、実験、古気候からの類推などの種類

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



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）

・ 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つの観点を用いる。「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段階の評価とする。

・ 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る。

・ 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」とする。

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。

＜取りまとめのイメージ＞

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

表５　気候変動による影響の評価（一覧表）（例）

食料分野での取りまとめイメージ（色はあくまで仮の例示）

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	コメ				社会,経済,環境				
	穀物（コメ以外）				社会,経済				
	野菜				社会,経済				
	果樹				社会,経済				
畜産業	畜産								
	飼料作物								
水産業	回遊魚等				社会,環境				
その他									

※表５の内容はあくまでも例示であり、分野・項目の体系や評価は実際のものではない。

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、そのようなことであることを明確にした上で記載する。

重大性を判断した判断理由を記載する

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記述する。

気候変動による影響についての意見具申への記述案を本欄に記載する。
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。

「重大性が特に大きい」とした場合に、その観点を記載する。

重大性の凡例

■赤色：特に大きい　■黄緑色：「特に大きい」とは言えない　－：現状では評価できない

緊急性の凡例

■赤色：高い　■黄色：中程度　■青色：低い　－：現状では評価できない

確信度の凡例

■赤色：高い　■黄色：中程度　■青色：低い　－：現状では評価できない

3 日本における気候変動による影響の評価結果

気候変動の影響については、すでに気候変動により生じている可能性がある影響が農業、生態系などの分野に見られているほか、極端な高温による熱中症の多発や、短時間での強雨による洪水、土砂災害の被害などと気候変動の関係性が指摘されている。ここでは、各ワーキンググループ（WG）及び本小委員会において検討、取りまとめを行った。

なお、気候変動による影響は、ここに挙げたものが全てではなく、ここに挙げられていないものは重要ではないということでもない。今後も継続的に更なる情報の収集と長期傾向の分析が必要である。

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

① 本報告は、科学的知見に基づき実施していること。具体的には、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・ジャッジ）により評価を行った。
② 現在の状況に記載されている内容については、必ずしも気候変動との関連性が明確になっているとは限らず、気候変動の影響の可能性も指摘されている事例についても取り上げていること。
③ 気温上昇や降水量の変化といった気候変動の予測は、想定する温室効果ガス排出シナリオや使用する気候モデルによって変化の大きさに幅があり、予測に不確実性を伴うこと。気候予測の条件の違いによって影響予測にも差が出る。また、短時間強雨などの極端な現象については、どこで発生するかといった空間的な不確実性も大きい。
④ 各分野における影響は必ずしも気候変動のみによって引き起こされるものではないこと。ほとんど全ての現象は気候変動以外にも様々な要因により変化する。
⑤ 気候変動の影響と関わりのあるもので、人間社会に影響が既に現れているもしくは今後現れることが想定される事象について、気候変動の影響の寄与については研究が難しい部分もあり、それも踏まえて留意する必要があること。
⑥ 一方、気候変動がなければ自然災害やその他の悪影響が全てなくなるというわけではないこと。
⑦ 影響の現れ方は、外力を受ける側の特性によって大きく異なること。災害のリスクは生じる気象現象の激しさだけではなく、影響を受ける分野の曝露[1]や脆弱性[2]にも依存する。よって、今後、社会をどのようにしていくかによっても影響の現れ方は異なってくる。

---

[1] 曝露：悪影響を受ける可能性がある場所に、人々、生計、環境サービス及び資源、インフラ、あるいは経済的、社会的、文化的資産が存在すること。例えば、洪水被害を受ける場所に人口が集中している場合、曝露の度合いは大きくなる。

[2] 脆弱性：悪影響を受けてしまう傾向あるいは素因。そのような素因は影響を受ける要素の内的特性からなっており、災害リスクの分野では、自然現象による悪影響を予測し、悪影響に対処、抵抗し、悪影響から立ち直る能力に影響する個人／集団の特性およびその人たちが置かれている状況の特性のことを言う。例えば地盤が弱い場所ほど、大雨に対する脆弱性が高いと言える。

３.１ 農業・林業・水産業

※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。

【農業】

（１）水稲

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 6 件。

文献	地域	現在の状況
01001	全国	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℃以上の条件で発生が増加するなど、登熟期間の気温によって大きな影響を受けることが知られている。記録的な高温となった 2010 年は、登熟期間の平均気温は各地とも平年値を上回り、28～29℃に達した地域が多かった。米の内部が白く濁る白未熟粒の発生が多発し、一等米比率の著しい低下が各地で見られた。また、北海道を除いて全国的に品質低下が著しく、特に北陸や北関東の一部の県での影響が大きかった。品種別に見ると、高温耐性品種（水稲では登熟期の高温に対する耐性を有する品種）が、従来品種と比較し品質低下の割合が小さかったことが報告されている。
12003	全国	品種および作期の変化により関東以西で出穂盛期が 1～2 週間早期化したが、それにより出穂前の気温は低下し、出穂後の気温と日射量は増加する傾向がみられた。これらによる水稲生産性の増加率は地方によって異なるが、二酸化炭素の増加によるものが 2.5 % 、気候変化によるものが－6.0～3.1 %、早期化によるものが－0.5～6.8%であると見積もられた。このうち気候変化については、関西以西において日射量の増加によるプラスの影響が、気温の上昇により打ち消されていたことがわかった。分散分析と重回帰式を用いた分析により、出穂盛期後 10 から 30 日までの平均最低気温が 1℃上昇することにともない一等米比率は平均で 3.57%低下し、同期間の日射量が 1MJ 増加することにより 2.59%増加することが示された。
12054	全国	これまでの試験等から、出穂後約 20 日間の平均気温が 26～27℃以上で白未熟粒の発生割合が増加し、出穂後 10 日間の最高気温が 32℃以上で胴割粒の発生割合が増加するなどの影響を受けることが知られている。 出穂後約 20 日間の平均気温の都道府県別分布割合では、平成 25 年は前年よりも高い温度帯での都道府県割合が大きくなっているものの、一等米比率が大きく低下した 22 年は更に高い温度帯に分布する都道府県割合が大きくなっている。
12057	西日本	継続的な気候変動は西日本（特に九州地方）における 1990 年代から観測されているコメの品質低下を加速させている可能性がある。したがって、広域的な地理的領域でのさまざまな環境に対するコメの品質変化について観察することが重要である。これを受けて、登熟期の気温と日射量の合計値とこれらの複合的な影響に基づいたコメの品質を予測する統計モデルの提案と予測の不確実性や妥当性の評価を行った。九州の全ての県において観測されたコメの品質の経年変動や不規則変動を捉えており、このモデルはよく機能したことが示された。またモデルのキャリブレーションデータからは除外した極端に暑かった 2010 年のコメの品質の予測実験を行った。その結果、統計モデルの予測能力はキャリブレーションデータに依存しているが、この依存性は必ずしも有用な気候予測が不可能であることを意味しない。
12074	全国	熊谷や多治見で 40℃を超える異常高温となった 2007 年夏期に、関東地方と東海地方の 5 県 132 地点で水稲を調査したところ、出穂・開花の時期に高温に遭遇した水田では、通常よりも高い割合で不稔が発生する傾向が見られた。ただし、その割合は、室内実験での温度反応から推定されるより低く、また出穂・開花の時期に高温に遭遇した水稲が少なかったこともあり、作況に影響するような大きな被害には至らなかった。
12131	全国	平成 22 年産は記録的な高温に見舞われ、米の内部が白く濁る白未熟粒の発生が多発し、１等比率の著しい低下が各地で見受けられ、平成 23 年 1 月 31 日現在の全国平均の 1 等比率は 61.7%（前年同時期 85.2%）となった。また、北関東の一部地域では、収量の著しい低下も見受けられた。実施状況調査においても、高温障害が報告された普及指導センターの割合は全国で 85%に上り、その全ての普及指導センターから白未熟粒の発生が報告された。 ブロック別に見ると、北海道を除いて全国的に品質低下が著しく、北陸や北関東の一部の県においては、品質低下が特に大きかった。

文献	地域	現在の状況
		品種別に見ると、高温耐性品種（水稲では登熟期の高温に対する耐性を有する品種をいう。以下同じ。）が、従来品種と比較し品質低下の割合が小さかったことが認められるが、高温耐性を有するとされる品種の中にはその効果が十分発揮されなかったものも見受けられた。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 21 件。

【】 内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
01001	現在より約 200 ppm 高い二酸化炭素濃度下（平均 584 ppm）の実験区と、現在の二酸化炭素濃度の対照区において水稲を栽培実験してコメの成長、品質具合を調査。 気候モデル： 記載なし 排出シナリオ： 記載なし	－	全国	*【(コメ)* *高温条件ではコメの外観品質の低下だけでなく、高二酸化炭素濃度条件が高温障害を悪化させる。寒冷地の稲作については、品種や作期を変更しない条件では、春の昇温により発育ステージが前進し、障害型冷害のリスクが高まる。】*
11001	広域コメ収量予測機構モデル（Process-based Regional-scale Rice Yield Simulator with Bayesian Inference: PRYSBI）を用い、2つGHG 排出シナリオに対して約10 種類の気候モデルによる気候変化シナリオに基づいて、それぞれ2 期間（2046～2065年、2081～2100年）における収量変化（全部で34 ケース）を推計した。 ・モデルとシナリオ： SRES A1B（9 気候モデル） SRES A2 （8 気候モデル）	2046～2065 年 2081～2100 年	全国	3℃程度の気温上昇までは、全国平均のコメ収量は現在と同程度かあるいはやや増加するが、それ以上になると北海道・東北地域を除いてコメ収量は減少すると推計された。収量の年々変動は、すべての地域で気温上昇（気候変化）とともに増大する傾向が見られた。
11002	コメ成長モデル（Rice Development Model）により収量変化を予測した研究 ・モデル： MIROC-hires ・シナリオ： SRES A1B	2001～2100 年	全国	現在の栽培スケジュールのもとでは、全収穫量はわずかに増加するが、品質低下リスクのあるコメの収穫量が全収穫量に占める割合も、気温上昇に伴って増加する。適応策として、早期の登熟期間における高温を避ける最適な移植日を選んだ場合には、いくつかの地域で収穫量の大きな減少がみられるが、全生産量は維持することができる。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
11003	過去 70 年間の気温データより、季節ごとの昇温傾向（夏の昇温程度が他の季節に比べ低い）を示した。それを踏まえ、以下二つのシナリオにおける冷害危険度をシミュレーションした。 シナリオ 1 …全生育期間（春と夏）を通じて、過去 17 年間（1991～2007 年）の日平均気温比で 1～3℃ 昇温する。 シナリオ 2…過去 17 年間（1991～2007 年）の日平均気温比で、春（5～6 月） は 1～3℃ 昇温するが、夏（7～8 月）は昇温しない。 発育予測は、神田 ら（2000. 2002）の主稈葉齢予測モデルを用い、モデル構造は有効積算気温の形をとった。	比較的近い将来（1～3℃の昇温）を想定。（全生育期間昇温させた条件と、春は昇温するが夏は昇温しない条件を想定。）	北日本	イネが幼穂形成期間中に受ける低温程度の指標として冷却量を算出した。「夏も春と同程度に昇温する」条件では既存の予測と同様に温暖化により冷却量を低下させたが、観測された気温傾向を反映させた「春は昇温するが夏は昇温しない」 条件では 1℃の昇温で冷害危険度を 16%増加させることが予測された。以上、現在徐々に進行している春の昇温傾向は、冷害危険度の上昇を介し北日本の収量変動を高める可能性を示した。
12001	Tatsumi et al.（2011）の全球作物収量算定モデルを地域規模で推計できるように発展させ、水稲収量および灌漑必要水量をモデル推計。 ・モデル：CGM ・シナリオ：20C3M（20 世紀再現実験下の現在気候値），SRES A1B	現在（2007～2011 年）、将来（2071～2100 年）	愛媛県松山市松前町の一圃場（実験）	1）将来の夏季における降水量の大幅な減少に伴い、灌漑に必要な水量が増加する。2）将来、水ストレスの増加に伴い気孔開度が低下し、葉面からの蒸散量が減少するが、CO2 濃度の増加に伴い光合成が促進され、水生産性が増加し、その結果、熱・水ストレスによる減収効果を増収効果が上回る。3）将来気候下で移植日を現在より約 1 か月程度早めると、収量を維持しながら水資源を有効に利用することができる。
12002	播種から収穫までの長期間の高温が米の成育収量および乾物生産に与える影響を調べるために、温度勾配チャンバーを用いた実験を、2002 年から 2006 年にかけて行った。実験区域は、温度の低い方から順に TG1、TG2、TG3、TG4 の四つに分けた。TG４における温度は、TG1 よりも平均値で 2～3.6℃、最高値で 4～7℃高い。	記載なし	岡山市	実験により設置した三つの高温区域（温度が高い順に、TG4、TG3、TG2）のほうが、ひとつの対照区（TG1、四区域のうち最も温度が低い）よりも苗が高く成育し、また分けつ期はより早かった。また、TG4 が登熟期における乾燥穂重の増加が最も小さく、成熟期 における作物乾燥重量は TG1 よりも 11～16%重かった。登熟期における乾物生産の増加は、TG4 において最も小さかった。登熟期間中の茎葉の乾燥重量の減少は、同化産物の穂への転流の量を反映しているが、TG2～4 のほうが TG1 より大きい。成熟期における TG2～4 の茎の乾物重の増加は、TG1 よりも大きい。TG2～4 の光合成比率は TG1 よりも 35.6 パーセントまで低いが、それは茎の細胞老化が加速したためである。TG4 の玄米種は TG1 よりも 6.6～39.1%低い。この収穫減少は登熟歩合の減少と不稔率の増加による。出穂から 20 日間における玄米種と平均気温の関係は、平均気温が 28℃を超えると玄米種が減少することを示した。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
12003	気象変化が水稲生産に及ぼした影響を解析するために、一等米比率を被説明変数とした重回帰分析を行った。	記載なし（これまでの気象データを基に気候の変化と生産性の関係を定量的に分析しているのみで、将来予測はしていない）	全国	一等米比率は、出穂盛期後 10 日 から 30 日までの平均最低気温が 1℃上昇することで平均 3.57 % 低下し、また同期間の日射量が 1MJ 増加することで 2.59 % 増加することが示された。
12005	2 段階の CO2 濃度と 4 段階の温度条件とを組み合わせて生育させた水稲（アキヒカリ）個体群の収量およびその構成要素器官の生長反応を 1991 年と 1992 年の 2 作期について検討した。 CO2 濃度：350 μ LL^{-1}，690 μ LL^{-1} 気温： 1991 年の 350 μ LL^{-1} の条件下では 27.3℃、28.3℃、29.2℃、30.6℃。 1991 年の 690 μ LL^{-1} の条件下では 27.6℃、28.3℃、29.4℃、31.1℃。 1992 年の 350 μ LL^{-1}，の条件下では 26.0℃、27.0℃、28.0℃、29.2℃。 1992 年 690 μ LL^{-1} の条件下では 26.1℃、26.9℃、27.8℃、29.3℃。	なし	なし（実験）	温度傾斜型 CO2 濃度制御チャンバー（TGC ）を用い、2 段階の CO2 濃度（≒350μLL−1，690 μ LL−1）と 4 段階の温度条件とを組み合わせて生育させた水稲（アキヒカリ） 個体群の収量およびその構成要素器官の生長反応を 1991 年と 1992 年の 2 作期について検討した。実験に供した温度範囲は、全生育期間の平均気温として 1991 年は 27.2～31.1℃、1992 年は 26.0～29.3℃であった。約 2 倍増の CO2 濃度（690μ LL−1）処理による水稲の最大増収率は最も低温、すなわち現行の外気温もしくはそれに近い温度条件下で得られ、1991 年と 1992 年にそれぞれ 40% と 22 % であった。この収量増加は、主として CO2 濃度倍増処理による単位面積当たりの穎花数の増加に帰せられ、 登熟歩合や粒重に対する CO2 濃度の効巣は相対的に小さかった。CO2 濃度倍増処理による穎花数の増加率、ひいては増収率の年次間差異は、N 施肥量の年次間の違い（1991 年：24gNm-2、1992 年：12gNm-2）を反映した結果と考えられる。一方、現行の気温より高温条件下における収量は、CO2 濃度にかかわらず、気温上昇に伴って急激に低下した。気温上昇にともなう減収程度は CO2 濃度倍増区で大きい傾向にあり、高温条件下では収量に対する CO2 濃度の効果がみられなくなった。高温条件下での収量低下の原因はまず高温による不稔穎花の増加に求められ、次に不完全登熟籾の増加にあった。不稔穎花の発生は開花期の日最高気温の平均値と最も密接に関係していることが認められた。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
12006	1963 年には5 万分の 1 ポットに栽培した高温に対する適応性の異なると思われるササシグレ・藤坂 5 号・豊年早生・コシヒカリ・Cody ・農林 6 号・Tadukan の 7 品種について，出穂後の初中後各期に 10 日間ずつおよび全期 30 日間 23℃あるいは 30℃に処理した。64 年には同じく 5 万分の 1 ポットに栽培したコシヒカリ・豊年早生の 2 品種について登熟期間中（30 日間）昼夜 30℃， 夜間のみ 30℃，昼夜 23℃ および戸外の自然温の 4 区を設けた。 気温： 1963 年では出穂後の初中後各期に 10 日間ずつおよび全期 30 日間 23℃あるいは 30℃に設定。 1964 年には登熟期間中（30 日間）昼夜 30℃、夜間のみ 30℃、昼夜 23℃、戸外の自然温の 4 区を設けて処理。	なし	なし （実験）	登熟期の高温特に登熟初中期の高温によって米粒の生長養分の集積が乱され品質が低下するが，、その程度は品種により異なり，高温による背腹比の変異の著しい品種が登熟期の高温に対する適応性が小さいと考えられ，背白米・基白米の発生が著しく乳白米の発生も概して多い。
12009	高温化での外観品質低下の要因を明らかにするために、窒素施肥量の変化による、背白米発生と玄米窒素量との関係を以下三つの試験によって検討した。1）基肥と穂肥の窒素施肥量を変えて、玄米窒素量と背白米発生割合との関係について検討。2）移植時期と窒素施肥量を変えて、登熟期の気温の違いが玄米窒素量と背白米発生割合との関係に及ぼす影響を検討。3）追肥量を変えて、玄米窒素量と背白米発生割合との関係における品種間差異を検討。 気温： 登熟期を高温期に遭遇させるために，ポット当たり 4 株（3 本／株)を 5 月 19 日に移植し、気温が高くなる 7 月中旬に出穂させた。	なし	鹿児島県農業試験場内 （実験）	暖地水稲において窒素施肥量が背白米の発生に及ぼす影響について検討した結果，背白米は，登熟温度（出穂後 20 日間の平均気温）27℃以上で発生がみられ，28℃ 以上で多発した. 登熟温度 28 ℃ 以下においては，窒素施肥量の増加により，背白米の減少傾向がみられ. 玄米タンパク質含有率（玄米窒素量） と背白米発生割合との間に負の相関関係が認められた. 玄米タンパク質含有率 6 . 0% を下回ると背自米の発生割合が増加し，7.0% を超えると食味が低下したことから、食味を考慮した玄米タンパク質含有率は 6.0～7.0% の間が望ましいと考えられた。登熟温度 28℃ を超える条件下においては、初星、ヒノヒカリといった高温登熟性「弱」品種では背白米が多発し、玄米窒素量の増大による背白米発生軽減効果が小さかった。
12010	地球温暖化が道内の水稲の生育・収量、品質や冷害発生に及ぼす影響を統計的に予測。 ・モデル：CCSR、CGCM1 ・シナリオ：IS92a	2030 年代	北海道	水稲に対する影響　安全出穂期間が大幅に拡大し遅延型冷害の発生は減少するが、障害型冷害のリスクは依然として大きい。登熟環境から見た収量性は現在並かやや増加する。登熟期間の昇温で産米のアミロース含有率が低下し良食味化する。たんぱく質含有率はわずかに低下する。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
12011	地球温暖化が道内の水稲の生育・収量、品質や冷害発生に及ぼす影響を統計的に予測。 ・モデル：CCSR,、CGCM1 ・シナリオ：IS92a	2030 年代	北海道	水稲に対する影響　安全出穂期間が大幅に拡大し遅延型冷害の発生は減少するが、障害型冷害のリスクは依然として大きい。登熟環境から見た収量性は現在波かやや増加する。登熟期間の昇温で産米のアミロース含有率が低下し良食味化する。たんぱく質含有率はわずかに低下する。
12012	①CCSR 気候モデルによる気象の予測 月平均気温は 2.0℃上昇。作物の生育期間である 5～9 月は平均 1.8℃とやや小さい。 降水量は現在比 0.8～1.8 倍と変化幅が大きい。 日射量は年間を通して現在比 0.7～1.1 倍である。 ②CGCM1 気候モデルによる予測地 月平均気温は 2.2℃上昇する。 降水量は 0.6～1.7 倍と変化幅が大きい。 射量は 0.8～1.1 倍になる。 ・モデル：Yokozawa et al.（2003）による「気候変化メッシュデータ日本（Mesh Climate Data of Japan）」のうち CCSR と CGCM1 ・シナリオ：IS92a	2030 年代	北海道	（1）生育 融雪期の前進と春季の気温上昇によって移植可能日や播種期（あるいは起生期や萌芽期）が現在よりも前進し、開花期や成熟期なども全般に早まる傾向にある。しかし、登熟期間や生育期間は現在と大差ない場合が多く、生育期節全体が現在よりも早い時期へシフトすると予想される。 （2）収量性 登熟期間の気温上昇と日射量低下が相殺して現在並～やや増収する。冷害リスクについては、遅延型冷害の発生は減少するが、生育ステージの前進により冷害危険期の気温は現在よりもわずかに高まるに過ぎないため、地域によっては障害型冷房（不稔発生）による収量・品質の低下リスクは依然として残る。 （3）品質 アミロース含有率の低下による良食味化が期待される。
12013	算定手法に関しては情報なし	現在から 2030 年頃、21 世紀末まで	北海道	・生育初期の気温上昇に伴って生育ステージが前進するため，冷害危険期の気温はわずかに高まるに過ぎず，気温の変動が現在並とすると，不稔発生のリスクは現在と変わらない。 ・直播栽培の作期が長くなり，早生だけでなく中生品種の直播が可能となる。 ・登熟環境からみた収量性は現在並かやや増加，品質は登熟期間の昇温で精米中のアミロース含量が低下し，良食味化が期待される。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
12047	食糧供給に重要と考えられる米、小麦（冬播、春播）、トウモロコシ（熱帯性、温帯性）など 12 作物を高解像度（緯度経度 5 分メッシュ）のグリッドごとの推計。また、米国 Purdue 大学で開発された GTAP モデルをもとに、30 地域 8 産物を取り扱うよう農作物を中心に集計した一般均衡モデルを用いて推計。 ・モデル：社会経済発展や人口シナリオと GCM(大循環モデル）による二酸化炭素能動倍増時の気候分布を入力として将来の気温分布、降水量分布、大気中二酸化炭素濃度を生成 ・シナリオ：IS92a	21 世紀末	日本、中国、インド、カナダ、USA、EU	地球温暖化が作物生産に及ぼす問題を定量的に評価するために、地球温暖化によって引き起こされる経済的影響を推計するためのモデルフレームを構築した。このフレームワークは、潜在生産性算定モデルと世界農業経済モデルを統合している。大気中の CO2 濃度上昇による直接的な影響（二酸化炭素施肥効果）を考慮しない場合、冬小麦の潜在的生産性は次世紀末までにインドで 45%減少し、カナダで 25%増加するだろう。一方どの地域においても米とトウモロコシの潜在的生産性はそれほど申告には減少しないだろう。これらの潜在的生産性についての地域的な変化を世界農業経済モデルにおける生産関数の技術的変化として捉えると、インドにおける社会的厚生は 4.89%とかなり減少するが、一方カナダと日本ではそれぞれ 0.34%、0.02%と増加する。地球規模でみれば、社会的厚生は 0.046%減少するだろうが、これは 9.5 ドルの損失に換算される。
12056	経験的統計モデルにより ・モデル：CMIP-3 の 9GCMs ・シナリオ：SRES A1B、SRES A2	2046～2065 年 2081～2100 年	九州	*【九州地方の一等米比率は、2046 年から 2065 年までに 28%（A1B で 29%、A2 で 27%）、2081 年から 2100 年までに 41%（A1B で 39%、A2 で 44%）減少する】*
12068	過去の事例より春季の融雪流出を推計し、水田への影響を調査。	2046 年 2086 年	石川県手取川流域	*【年間もしくは冬季の総降水量の減少が無い場合でも，温暖化に伴い，冬季の降水の多くが積雪貯留ではなく河川流出となり，結果として春季の融雪流出が減少し水田に影響を与える。】*
12069	過去の用排水路の水温，流量の事例より下流域の農地（水田）への影響を調査。	記載なし	石川県手取川流域	*【かけ流し灌漑による温暖化適応が検討されているが，かけ流し灌漑によって用排水系の水温が上昇し，下流域の農地(水田)に大きな影響を与える可能性がある。】*
12088	生育環境が異なる岩手県と茨城県の実際の水田で、大気 CO_2 濃度を現在よりも約 200ppm 高めた FACE（開放系大気 CO_2 増加）実験を実施し、CO_2 濃度の増加と気温がイネの収量に及ぼす影響を調査した。	大気 CO_2 濃度が現在よりも約 200ppm 増加時	東北地方 関東地方	同一品種を用いた栽培実験では、高 CO_2 濃度処理区の収量は無処理区に比べて、平均で 13%増加した。しかし、増収効果は年次・地点によって異なり、冷害年を除くと、生育期間の平均気温が高くなるとともに低下し、温暖化条件では、高 CO_2 濃度による増収が、予測されるほどには大きくならない可能性が示された。 高 CO_2 濃度による増収効果は、品種によっても異なった。特に、つくばみらい（茨城県）FACE 実験で使用した 8 品種の増収率には、3%から 36%まで大きな違いがあり、新品種開発を通じて高 CO_2 濃度による増収効果を高める可能性が示された。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
13001	放射理論に基づく水田水温モデルを使用して、現在の水温の地理上の配分と農業気候資源の現状を分析した。 ・モデル：地域モデルである RCM20 に対して、全球モデルである CGCM2 が境界条件を与える。 ・シナリオ：SRES A2	2081～2100 年	全国	1) 気温が 2.2～2.8 度上昇するのに対し、成長期の灌漑用水温度は約 1.6～2.0 度上昇する。これによって苗を安全に植え替えできる時期を示す等時線が北方へ約 100～200km 移動する。 2) 稲作期間が約 25～30 日間延長し、北方地域の稲作のスケジューリングが現在よりも柔軟になる。また、冷害が減少する。 3) 安全な作付可能面積が現在よりも約 12%増加する。
13002	合計 49 のシナリオを想定して、穀物モデル（M-GAEZ モデル）に組みこみ、生産変化量平均、生産変化量の標準偏差、および生産減少の確率を、それぞれのシナリオについて求めた。 ・モデル : CMIP-3 の 19GCMs ・シナリオ : SRES A1B、SRES A2、SRES B1	1990s, 2020s, 2050s, 2080s	東アジア、南アジア諸国（日本含む）	2020 年代では、生産減少の確率はすべてのシナリオについて高かった。これは、ほぼ全てのシナリオについて近い将来では温暖化による負の影響が CO_2 施肥効果による正の影響を上回るためである。2080 年代には、生産変化量平均、生産変化量の標準偏差、生産減少の確率について、各シナリオ間で大きな差が見られた。CO2 濃度が最も高い A2 シナリオでは、そのほかのシナリオに比べて、CO2 施肥効果による大きな正の影響にもかかわらず、際だった生産量減少および高い生産減少確率がみられた。また、A2 シナリオでは、各モデル間における生産変化量の標準偏差が最も大きかった。一方、最も大気 CO2 濃度が低い B1 シナリオでは、生産減少幅が小さく、また A2 シナリオと比べて生産変化量の標準偏差が非常に小さく、生産減少の確率も低かった。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：登熟期にあたる 7～9 月の気温がもっとも影響する。
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会： 経済：*【経済的損失】* 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状：既に収量の低下、品質の低下等が生じている 将来：2030 年代（12010, 12011, 12012）、2046～2065 年（11001）、2001～2100 年（11002）、2071～2100 年（12001）、2081～2100 年（11001）
	適応の着手等が必要な時期	*【既に収量・品質の低下が生じており、現場で適応策が進められている】*
確信度	研究・報告の量	25 件 現在の状況：6 件（01001, 12003, 12054, 12057, 12074, 12131） 将来予測される影響：21 件（01001, 11001, 11002, 11003, 12001, 12002, 12003, 12005, 12006, 12009, 12010, 12011, 12012, 12013, 12047, 12056, 12068, 12069, 12088, 13001, 13002）
	研究・報告の種類	モデル予測（13 件:11001, 11002, 11003, 12001, 12003, 12005, 12010, 12011, 12012, 12013, 12047, 13001, 13002）， 実験（4 件：12002, 12006, 12009, 12088）
	研究・報告の整合性	・モデル、シナリオにより収穫量は増加または減少、収量の年々変動増大（1 件：11001）

評価の視点等		文献から得られた情報
		・冷害リスクの増加、品質低下（3 件：11002, 12006, 12009） ・1 等米比率上昇（1 件：12003） ・1 等米比率低下（1 件：12003） ・良食味化（4 件：12010, 12011, 12012, 12013） ・病害発生（2 件：12010, 12011, 12012）
適応の可能性		・移植日の移動、高温耐性品種の開発、施肥・水管理
他の分野・項目との関係		*【将来の降水量変動にともなう農業水資源の変化、特に降積雪量の大幅な減少に伴う灌漑可能水量の減少】【水環境・水資源分野】*

（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[3]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。

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℃以上の条件で発生が増加するなど、コメの品質は登熟期間の気温によって大きな影響を受けることが知られている。[12003)]

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。[01001)] 白未熟粒や胴割粒の発生には出穂後 20 日間程度の登熟期前半の気温が大きく影響し、この期間の気温が特に高かった 2010 年（平成 22 年）は、北海道を除き品質低下が著しく、北陸や北関東の一部で特に大きかった。[12131)] 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。[12054)]

品種別に見ると、高温耐性品種[4]が、従来品種と比較し品質低下の割合が小さかったことが認められるが、高温耐性を有するとされる品種の中にはその効果が十分発揮されなかったものも見受けられた。[12131)]

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 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いる。[12003)] ほか、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。[12057)]

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・開花した水稲において、通常より高い割合で高温不稔[5]が発生した。高温不稔の発生には、気温よりも

3 白未熟粒：高温等の障害により、デンプンが十分に詰まらず白く濁ること。
4 高温耐性品種（こうおんたいせいひんしゅ）：登熟期の高温に対する耐性を有する品種をいう。
5 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。

イネの穂温との関係が深い[12074]ほか、品種や肥培管理とも関係しているとされる。

（将来予測される影響）

〔概　要〕

- 全国のコメの収量は今世紀半ばまで、A1B シナリオ[6]もしくは現在より 3℃までの気温上昇では収量が増加し、それ以上の高温では北日本を除き減収に転じると予測されている等、北海道では増収、九州南部などの比較的温暖な地域では現状と変わらないか、減少するという点で、ほぼ一致した予測となっている。
- コメの品質について、一等米の比率は、登熟期間の気温が上昇することにより全国的に減少することが予測されている。特に、九州地方の一等米比率は A1B、A2 シナリオ[6]の場合、今世紀半ばに 30%弱、今世紀末に約 40%減少することを示す事例がある。
- CO_2 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 CO_2 増加）実験により実証されているが、気温上昇との相互作用による不確実性も存在する。

様々なコメ収量モデルにより、多数の気候モデルと温室効果ガス排出シナリオ（A1B、A2 シナリオ）を用いたわが国のコメ収量予測に関する研究によれば、全国では今世紀中頃（～2050 年代、MIROC-hires・A1B シナリオを使用）までは増加する[11002]、もしくは 3℃までの気温上昇では増加しそれ以上の高温では北日本を除き減収に転じる[11001]等、北海道では増収し、西南暖地（九州南部などの比較的温暖な地域）では現状と変わらないか、減少するという点で、ほぼ一致した予測となっている。

地域別に見た場合、少なくとも 2030 年代までの北海道では、登熟期間の適温化と移植の早期化による遅延型冷害の発生減少により増収が見込まれる一方で、生育期間も前進するため日射量の減少や低温による不稔等、障害型冷害のリスクは依然として残る（IS92a シナリオ[6]を前提とした CCSR・CGCM1 両気候モデルによる気候予測情報を使用）[12010]ほか、2010 年の高温によりむしろ収量が低下した地域も見られている[12013]等の不確実性が存在する。

CO_2 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、将来におけるコメ増収には、冷害減少のほか、CO_2 濃度の上昇が大きく関わっている。実際の水田で CO_2 を現在よりも約 200ppm 高めた東北と関東での FACE（開放系大気 CO_2 増加）実験[7]によると、コメ収量は最大約 36%の増収となったが、その増収率は品種により異なるほか、一般に生育期間の平均気温が高くなるほど低下するため、CO_2 の施肥効果の評価にも不確実性が存在する。[12088]

経験的統計モデルを用いた全国のコメ品質の予測（A1B, A2 シナリオを前提とした 9 つの

6 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。

7 FACE 実験：高 CO_2 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 CO_2 濃度を高める実験

GCM による気候予測情報を使用）によれば、九州地方の一等米比率は今世紀半ばでは 30%弱（A1B シナリオで 29%、A2 シナリオで 27%)、今世紀末では約 40%（A1B シナリオで 39%、A2 シナリオで 44%）も減少すること [12056)]、またコメ生育・収量モデルを用いた現行移植日での計算では、登熟期の気温上昇に伴い、高温による品質低下のリスクが上昇すること [11002)]、などが予測されている。このほか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、現行よりも大幅に北上すること（A2 シナリオを前提とした 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）[13001)]、およびアジア各国との同時比較においても、日本のコメ収量には負の影響が現れること（A1B, A2, B1[8]シナリオを前提とした 19 の GCM による気候予測情報を使用）[13002)] が示されている。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい

  【観点】社会／経済

  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及び農業従事者の収入の増減に直接影響する。

- 緊急性：【評価】高い

  既にコメの品質の低下等の影響が生じており、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および農業従事者の収入等、経済的側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術開発に、早期に着手する必要がある。

- 確信度：【評価】高い

  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影響は高い確信度を持つ。

[8] 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。

（２）野菜

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 5 件。

文献	地域	現在の状況
12103	全国	2003 年と 2005 年に近年の温暖化の日本の農産物に対する影響を究明するために都道府県立の農業研究機関に調査を実施した。その結果日本のほとんど全て種類の農畜産物がすでに大きな影響を受けていることが示された。全 47 都道府県が果樹の栽培に対する影響があるとしており、70%以上の都道府県がコメ、野菜、花の栽培に対する影響を認識していると報告している。 野菜では 19 の都道府県が露地野菜の栽培期間の長さが変化した。また、いくつかの都道府県では露地野菜でさらに他の影響があった（例えば、生育障害や夏の生育停滞、栽培期間の短期化など)。 果樹は発芽と開花はほとんどの全ての樹種で早まっていた。収穫時期の変化は早まっただけでなく遅くなったものもあった。
12054	北日本～西日本	（トマト）品質・収量の低下（着果不良（受精障害等)、不良果（裂果・着色不良等)、尻腐れ果、日焼け果） （いちご）収量・品質の低下（花芽分化の遅れ)、収量の低下（病害の多発（炭そ病))、苗不足による収量の低下（採苗数の減少)、品質の低下（奇形果の発生）
12110	全国	野菜・花き関係公立研究機関を対象に、温暖化が野菜・花きに及ぼしている影響の現状に関する調査票を送付し、近年の温暖化の進行に伴って各都道府県の生産現場において生じている各種現象や問題点、メリット等についての情報を収集した。野菜・花き栽培に関し、近年の温暖化により、発生・増加傾向があるとした項目がひとつでもあった都道府県は 44 で、すでに全国的に影響を受けていると考えられた。このうち生育・収量・品質に関する影響をあげた都道府県は 40、病害虫の影響をあげた都道府県は 30 であった。より詳細には以下の結果が得られた。 ・露地野菜：多くの都道府県が、温暖化が原因で収穫期が変動していると回答した。その内容は、収穫期が前進しているというものがほとんどで、葉菜類（キャベツ、レタス、ハクサイ、ホウレンソウ、ブロッコリー、ネギ)、根菜類（ダイコン、ニンジン、ショウガ、サツマイモ、ジャガイモ、サトイモ)、果菜類（スイカ、イチゴ）等、多種の品目があげられた。多くの地域、多くの作目で収穫期が変動していると考えられ、温暖化が、計画的な出荷を困難にし、作型・作期の見直しを迫る可能性がうかがわれた。また、温暖化が原因で露地野菜の生育障害が増加してしいるとの回答もあり、原因が不明確とした都道府県とあわせると、半分以上に及んだ。内容としては、抽だい（レタス、キャベツ、タマネギなど）の増加等、多種多様であった。夏季の生育停滞による生産性低下の発生増加については、ホウレンソウとダイコンが比較的多く、各 3 県で、その他、種々の葉菜、根菜、果菜類があげられた。生育期間が短縮し、その結果、生産性が低下しているものもあり、該当する品目は、ホウレンソウ、ダイコン、ソラマメ、エンドウであった。また、キュウリ、イチゴでは収穫終期の早期化、レタス、ハクサイでは生育期間の短縮による結球不良等の障害が指摘された。 ・施設野菜・花き：ほとんどの都道府県が、高温対策を行う必要性や夏季の栽培休止期間を延長する必要性が増大していると回答し、うち約半数が、温暖化が原因と認識していた。施設における夏季の高温対策は従来からの懸案であり、多くの作目に及ぶ。一方、冬季の施設生産については、暖房費の減少、または燃料の単価の変動等で暖房費が減少していなくても燃料使用量は減少しているという温暖化のメリットを指摘した都道府県が多かった。 ・野菜・花きの病虫害：害虫の変化ではハスモンヨトウの増加、早期化、終息遅延が多く、その他、コナジラミ類、タバコガ類、アザミウマ類、スリップス類、ハダニ類の発生増加などが多かった。病害についても多くの指摘があり、アブラナ科野菜のウイルス病、イチゴ炭疽病、キュウリ褐斑病等の増加があげられた。
82002	中国・四国地方	（トマト等果菜類） 気温の上昇による夏季の高温により、着果（花）不良・落花、日焼け果、尻腐れ果、奇形果等による影響に伴って、品質の低下、収量の減少が生じている。果菜類のうちイチゴについては、気温の上昇による夏季から秋季の高温により、花芽分化の遅延による影響に伴って、収穫期の後退、収量の減少が生じている。
82005	福井県	ミディトマト「越のルビー」は、大玉トマトに比較して 3～4 度糖度が高く甘みがあり

文献	地域	現在の状況
		ビタミン C が約 2 倍豊富なトマトであり、野菜経営の高度化や新規産地の育成に大きく貢献している福井県独自のブランド品である。 しかし、高温（35℃以上）が続くことによって、収穫適期に達する前に果実が軟化する“軟化果”が発生するなど、近年の気温上昇による品質への影響が懸念されている。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 0 件。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会： 経済： 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状：【*既に収量や品質の低下等が生じている*】 将来：
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	5 件 現在の状況：5 件（12013, 12054, 12110, 82002, 82005） 将来予測される影響：1 件（12110）
	研究・報告の種類	農業に関係する組織または現場からの情報・データに基づく報告：5 件（12013, 12054, 12110, 82002, 82005）
	研究・報告の整合性	
適応の可能性		記載なし
他の分野・項目との関係		記載なし

（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[9]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。
- 施設野菜では、トマトの着果不良などが多発し、高温対策等の必要性が増している。一方、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。

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いてすで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

[9] 気候変動の影響に関して、品種改良などで長期間の影響を継続的に把握することが困難な場合は、短期的な気候の影響で判断していることがあることに注意が必要。

ることは明らかである。[12103, 12110)] 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、ホウレンソウ、ブロッコリー、ネギ)、根菜類（ダイコン、ニンジン、ショウガ、サツマイモ、ジャガイモ、サトイモ)、果菜類（スイカ、イチゴ）等、多種の品目で、気候変動による気温の上昇により、その収穫期が前進傾向である。[12103, 12110)] また、露地野菜では、抽だい（レタス，キャベツ，タマネギなど）などの生育障害の発生頻度が増加しているとともに、夏季の生育停滞や生育期間の短縮による生産性低下が葉根菜類（ホウレンソウ、ダイコン、ネギ)、果菜類（キュウリ、イチゴ）等で認められる。[12103, 12110)] 施設野菜では トマトの着果不良、不良果、尻腐果、日焼け果や[12054, 82002, 82005)]、イチゴの花芽分化の遅れ[12054)]などが多発し、多くの品目で、高温対策を行う必要性や夏季の栽培休止期間を延長する必要性が増大している。[12103, 12110)] 一方、施設生産については、冬季の気温の上昇により、燃料消費の減少という温暖化のメリットもみられる。[12103, 12110)]

（将来予測される影響）

〔概　要〕

- 野菜は、生育期間が短いものが多く、栽培時期の調整や適正な品種選択を行うことで、栽培そのものが不可能になる可能性は低いと想定される。
- 現時点では、具体的な研究事例が限定的である。
- ただし、今後さらなる気候変動が、野菜の計画的な出荷を困難にする可能性がある。

野菜の場合、生育期間が短いものが多く、栽培時期の調整や適正な品種選択を行うことで、栽培そのものが不可能になる可能性は低い。このこともあり、野菜に関しての将来予測の研究報告は見あたらない。しかし、野菜は産地間連携により周年出荷体制を維持しており、ほとんどの地域、多くの作目で収穫期が変動している現状を考えると、今後さらなる温暖化が、計画的な出荷を困難にするだけでなく、全国的な作型・作期の見直しを迫る可能性がうかがわれる。[12110)]

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】現状では評価できない

  既に影響が現れているが、将来の影響が必ずしも明確ではないので、重大性の評価は困難である。

- 緊急性：【評価】中程度

  作期の調整や品種変更には限界があり、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。

- 確信度：【評価】中程度

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、他の品目と比べると不十分な状況である。

（3）果樹

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 6 件。

文献	地域	現在の状況
01001	全国	夏季の高温・少雨が果樹生産に及ぼす具体的な影響として、強い日射と高温による日焼け果の発生、高温が続くことによる着色不良等が知られている。全国的に記録的な猛暑となった 2010 年の夏は、高温・少雨により、各地でこれらの影響が平年より多く発生した。うんしゅうみかんの主産県の多くで日焼け果の多発、うんしゅうみかんと中晩かん類で梅雨前後の乾燥による生理落果や肥大・減酸の抑制がみられた。りんごでは、主産県の多くで日焼け果の発生や着色不良、ぶどうでも着色不良、果粒の軟化・萎れがみられた。 また、モモ等の落葉果樹は、比較的温かい地域でも凍害発生が報告されている。果樹が冬に向かう際に（低順化期）気温が高めに推移すると、耐凍性が発揮できず強い冷え込みに被害を受けたり、脱順化期に気温が高く推移すると、成長を開始し耐凍性が弱まり、その後の寒気による凍害発生の危険性が増大するとの報告がある。
12103	全国	2003 年と 2005 年に近年の温暖化の日本の農産物に対する影響を究明するために都道府県立の農業研究機関に調査を実施した。その結果日本のほとんど全て種類の農畜産物がすでに大きな影響を受けていることが示された。全 47 都道府県が果樹の栽培に対する影響があるとしており、70%以上の都道府県がコメ、野菜、花の栽培に対する影響を認識していると報告している。 野菜では 19 の都道府県が露地野菜の栽培期間の長さが変化した。また、いくつかの都道府県では露地野菜でさらに他の影響があった（例えば、生育障害や夏の生育停滞、栽培期間の短期化など）。 果樹は発芽と開花はほとんどの全ての樹種で早まっていた。収穫時期の変化は早まっただけでなく遅くなったものもあった。
12104	全国	温暖化に伴い、ほぼ全ての樹種で発芽・開花期は早期化している。リンゴ、ブドウ、カキ、カンキツ等では着色不良となり、さらに、果肉軟化や貯蔵性低下といった問題を併発している。ナシやモモでは全国的に収穫期の集中がみられ、リレー出荷を困難にしている。施設栽培では、低温不足による不発芽や花芽形成不良がみられる。また、産地に壊滅的な打撃を与える熱帯性の病害カンキツグリーニング病の北上は続いている。 （リンゴ） 春期の温度上昇で、発芽期および開花期が早まっていることが、ほとんどの産地から報告されている。このことにより、晩霜害が増加している。また、品種間で開花期にズレが生じることから、受粉不良が起きている地域もある。温暖化は、落葉期の遅延を引き起こし、雪害や凍害を増加させている。花芽の不充実、花芽率の低下などもみられる。産地全域で着色不良、果実軟化、粉質化および貯蔵性の低下が起きている。また、夏期の最高気温の上昇によって、各地で、日焼け果や早生品種のみつ症、成熟不良果など、果実の障害が増えた。夏から秋にかけての気温上昇によって、収穫前落果が増加した。 温暖化のメリットとしては、温暖化により積雪量が減少傾向にあり、わい化栽培での雪害が減少している、果実肥大が向上していることなどがある。
12106	北日本・東日本	長野県や青森県における、過去 30～40 年にわたるリンゴの品質データを分析し、温暖化に伴ってリンゴの食味が変化していることが明らかにされた。酸含量は徐々に減る一方、糖含量はやや増加しており、その結果、リンゴが甘く感じられるようになってきている。このような変化が起きた原因は、春先の温暖化で発芽や開花が早期化し、果実の生育期間が長くなる傾向にあることと、果実の成熟期の温度が高くなり酸含量の減少が進みやすくなることにあることが示された。
12108	全国	・発芽・開花期の前進については 29 と多くの都道府県から指摘があった。指摘した都道府県は、北日本から南日本まで分布し、地域的な偏りはなかった。 ・果実の成熟期は前進と遅延の両方があった。このうち前進が顕著なのはニホンナシとモモであり、比較的遅延が多かったのはカキである。 ・果実着色の遅延・不良について指摘は、47 都道府県のうち 32 と最も多く、やはり北日本から南日本まで分布し、地域的な偏りはなかった。果実着色の遅延・不良は、リンゴ、ブドウ、カキ、ウンシュウミカンのように顕著な樹種と、ニホンナシ、モモ、ウメのように全く指摘のない樹種に分かれた。 ・自発休眠覚醒の遅延など低温要求性の問題は露地栽培についての指摘はなかったが、施設栽培ではブドウやニホンナシなどでみられた。常緑果樹でも、施設栽培ではウンシュウミカンにおいて花芽分化の遅延が指摘された。 ・複数の樹種にわたって記述がみられたのは、大玉化、低酸化・脱渋促進、果肉軟化、貯蔵性低下および日焼け果の増加であった。これらのうち、日焼けの増加を除いた事項は、リンゴ、カキ、ウンシュウミカンなど果実着色の遅延・不良が指摘されたグループで多かった。
12109	全国	・果樹でもっとも深刻かつ多種多様な影響がみられた理由のひとつは、果樹は気候に対す

文献	地域	現在の状況
		る適応性の幅が狭いことがあげられる。 ・果樹ではなかなか品種が変わらないどころか 1990 年以前から同じ樹で栽培を続けているケースも多く、栽培法の再検討を行なう機会が少なくなっており、このことが温暖化の影響を顕著にしていると考えられる。 ・カンキツで晩夏からの高温により早生種で着色遅延・不良が全国的に起きている。また、秋季の高温傾向により、浮皮、水腐れ症、腐敗果などの生理障害が増加し、貯蔵性の低下が問題となっている。さらに、6 月ごろまでの高温により、生理落果が増える傾向がみられ、隔年結果につながっている可能性がある。 ・リンゴで産地全域で着色不良、果実軟化、粉質化および貯蔵性の低下が起きている。また、夏季の最高気温の上昇によって、各地で、日焼け果、早生品種でみつ症や成熟不良果の発生など、果実の障害が増えた。夏から秋にかけての気温上昇によって、収穫前落果が増加した。 ・ニホンナシで果実では着皮色の遅延や日焼け果が増加している。‘豊水’では果肉先熟によるみつ症・褐変みつ症、‘新高’では果肉の水浸、す入り症、硬化障害、やけ症、‘幸水’では心腐れ果などの生理障害が各地で多発している。 ・ウメで果肉中に水浸症状、しこり症状、樹皮脂の発生が多くなっている地域がある。 ・オウトウで果実 6 月が高温で推移すると、雨よけ栽培においてうるみ果が多くなる傾向がみられる。着色期に昼夜温が高温で推移する年には、着色不良果がみられる。また、夏季の花芽分化期における高温などにより、次年に双子果が多発している。 ・ブドウで黒色・赤色品種において、着色期から収穫期にかけての高温により、着色不良が多発している。また、地域によっては、果実肥大期の高温による縮果症、袋かけ直後に強日射を受けることによる果房上部の果粒表面の白色化、肩やけ、成熟期の高温による穂軸褐変枯死、袋内脱粒などが多発している。 ・カキで夏季の高温による日焼け果、着色期における温暖化による着色遅延果が増加している。また、果実軟化や貯蔵性の低下が増加している。着色しないまま 12 月の降霜期を迎え、初霜害の発生が増えている地域もある。

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献は 8 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
11004	3 次メッシュ（ほぼ 1km 四方）を用いてタンカン栽培適地の北上を予測 ・モデル : MIROC3・HiRes ・シナリオ : SRES A1B	2020～2029 年 2040～2049 年 2060～2069 年	全国	（タンカン） タンカンの栽培適地は 2020 年代には四国南部や和歌山県の沿岸部、2020 年代には四国南部や和歌山県の沿岸部、2040 年代には南関東や東海の沿岸部まで拡大したが、山間部は鹿児島県内であっても、寒害発生の頻度が高いと判定された。 以上のことから、将来的に現在のカンキツ地帯のうちほとんどでタンカンの栽培が可能になるものの、内陸部では寒害の発生頻度が高くなる可能性が示された。
11005	約 10×10km グリッドを用いてリンゴ、ウンシュウミカンの栽培適地の北上を予測 ・モデル :「気候変化メッシュデータ（日本)」 CCSR/NIES、CGCM1、CSIRO-Mk2、ECHAM4/OPYC3 ・シナリオ : IS92a	2020～2029 年 2040～2049 年 2060～2069 年	全国	（リンゴ、ウンシュウミカン） リンゴ、ウンシュウミカンとも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想された。リンゴでは、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る可能性が示唆され、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。一方、北海道はほとんどの地域で栽培しやすくなる可能性が示唆された。ウンシュウミカンでも 2060 年代には現在の主力産地の多くが現在よりも栽培しにくい気候となる可能性が示唆されるとともに西南暖地（九州南部などの比較的温暖な地域）の内陸部、日本海および南東北の沿岸部など現在、栽培に不向きな地域で栽培が可能になることが予想された。以上のように地球温暖化は今世紀半ばまでにわが国のリンゴおよびウンシュウミカンの栽培環境を大きく変化させる規模のものである可能性が示された。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
12023	記載なし	30 年後	山梨県	（ブドウ、モモ、オウトウ） 平年値と過去の気温推移をもとにした 30 年後の気温上昇値を用いて、夏期の気温をシミュレーションすると、平年値に比べ30℃以上になる時間が倍増するため、高温による生育障害の発生が予想される。同様な手法で、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の推移を比較すると、ブドウ、モモ、オウトウなどの加温開始時期が 7～10 日遅れると予想される。
12025	記載なし	2030 年	山梨県	（ブドウ、モモ） 冬期の温度上昇にともなって、自発休眠の覚醒は遅れるが、その後の高温によってブドウの発芽期やモモの開花期に大きな差はない。ブドウ「デラウェア」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。モモ「白鳳」では気温が上昇しても成熟期には大きな差はないと推定できる。
12031	記載なし		山梨県	（オウトウ） オウトウでは開花期が高温になると結実不良になる。開花直前の花を 22～31℃の温度で 5 時間処理したところ、全ての品種に共通して、温度が高いほど健全な胚珠の割合（正常率）は低下する。また、開花期の高温に対する感受性は品種により異なる。高温処理日当日の胚珠の正常率は、「佐藤錦」では温度の上昇に伴って低下する傾向がみられる。「高砂」および「紅秀峰」は 28℃以上、「富士あかね」は 31℃以上の高温で胚珠の正常率の低下が顕著である。その後は、「佐藤錦」で全ての温度域において正常率が急激に低下する傾向がみられる。これに対し、「紅秀峰」では日数の経過の伴う正常率の低下は緩やかである。
12032	記載なし		山梨県	（オウトウ） オウトウ栽培では、開花期が高温になると結実不良になる。開花期に高温処理を行った「佐藤錦」において、それぞれ処理当日と 1 日後に受粉して結実率を比較すると、胚珠の退化と同様に結実率も低下する。熱線を遮断する効果のある寒冷紗や遮光剤の処理により、雨除けハウス内にある樹体の表面温度は対照の無処理区より約 3℃低下する。また、結実率は無処理に比べて向上する。
12105	3 次メッシュ（ほぼ 1km 四方）を用いて栽培適地の北上を予測 ・モデル : MIROC3・HiRes ・シナリオ：SRES A1B	1981～2000 年 2011～2030 年 2031～2050 年 2051～2070 年	関東以西（亜熱帯果樹のタンカン栽培地域）	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ンカンについて、将来的に現在のカンキツ地帯のうちほとんどでタンカンの栽培が可能になるものの、内陸部では寒害の発生頻度が高くなる可能性がある。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
12200	MRI-NHRCM20 の将来気候 18 ケースの結果に対し、観測値を用いたバイアス補正を行ったデータを使用。年平均気温および年最低気温を入力条件として解析。 モデル： MRI-AGCM60（MRI-NHRCM20） シナリオ： RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5 スキーム： Yoshimura Scheme, Arakawa-Schubert Scheme （RCP8.5 のみ)、Kain-Fritsch Scheme （RCP8.5 のみ) 将来の海面水温パターン： SST1、SST2、SST3	2080～2099 年	全国	（ウンシュウミカン） ・いずれのシナリオでも、栽培適地は北上し、沿岸部から内陸部に移動する傾向 ・現在に比べて将来は栽培適地の面積は大きくなる（RCP2.6 の場合､栽培適地は現状の 1.6 倍程度､RCP8.5 の場合は現状の 2.0 倍程度） ・RCP8.5 の場合、現在の適地が将来も適地のままとなる地域はほとんどなくなる（RCP2.6 の場合は 9 割以上がそのまま適地） （タンカン） ・いずれのシナリオでも、栽培適地は北上し、沿岸部から内陸部に移動する傾向 ・現在に比べて将来は栽培適地の面積は大きくなる（RCP2.6 の場合､栽培適地は現状の 1.7 倍程度､RCP8.5 の場合は現状の 10 倍以上） ・現在のミカンの産地の多くでも、タンカンを栽培することができるようになる

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会： 経済：*【経済的損失】* 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状：既に収量や品質の低下等が生じている 将来：予測年次 2020～2029 年、2040～2049 年、2060～2069 年（11004） 2030 年（12025)、2080～2099 年（12200）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	14 件 現在の状況：6 件（01001, 12103, 12104, 12106, 12108, 12109） 将来予測される影響：8 件（11004, 11005, 12023, 12025, 12031, 12032, 12105,12200）
	研究・報告の種類	現在までの観測・観察 （7 件：01001, 12031, 12032, 12103, 12104, 12108, 12109） モデル予測（4 件：11004, 11005, 12105, 12200）
	研究・報告の整合性	生産品目、影響内容がそれぞれ異なる ・タンカン 2 件、リンゴ 2 件、ウンシュウミカン 2 件、ブドウ・モモ 2 件、オウトウ 3 件 ・栽培適地の北上 3 件、生育障害・加温開始時期 1 件、開花期・成熟期 1 件、結実不良 2 件 ・11004：タンカン、栽培適地の北上 ・11005：リンゴ・ウンシュウミカン、栽培適地の北上 ・12023：ブドウ・モモ・オウトウ、高温による生育障害・加温開始時期の遅れ ・12025：ブドウ・モモ、開花期・成熟期への影響

評価の視点等	文献から得られた情報
	・12031：オウトウ、結実不良 ・12032：オウトウ、結実不良 ・12105：亜熱帯果樹・タンカン、適地拡大 ・12200：ウンシュウミカン、栽培適地北上、内陸部へ移動 タンカン、栽培適地北上、内陸部へ移動
適応の可能性	記載なし
他の分野・項目との関係	記載なし

(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[10]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。
- 果実品質について、たとえば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、貯蔵性の低下につながっている。

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。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、すでに温暖化の影響が現れていると報告されており、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。[12103)] 北海道から沖縄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。[12109)] しかも、気温の低かった 1980 年代から同じ樹で栽培されていることも多いなど、品種や栽培法の変遷も少なく、1990 年以降の気温上昇に適応できていない。[12109)] このため、カンキツでは浮皮、水腐れ症、生理落果、リンゴでは着色不良、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ほとんどの樹種、ほとんどの地域に及んでいる。[01001, 12104. 12106, 12108. 12109)] 一方、果実品質については、リンゴを例にとると、食味は改善される方向にあるものの、果実が軟化傾向にあり、貯蔵性の低下につながっている。[12106)] リンゴは 9～11 月の 3 か月間に収穫され、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

10 気候変動の影響に関して、品種改良などで長期間の影響を継続的に把握することが困難な場合は、短期的な気候の影響で判断していることがあることに注意が必要。

な問題である。[12104)]

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- ウンシュウミカン、リンゴについて、IS92a シナリオ[11]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し、以下の通り予測されている。
  - ウンシュウミカンでは、2060 年代には現在の主力産地の多くが現在よりも栽培しにくい気候となるとともに、西南暖地（九州南部などの比較的温暖な地域）の内陸部、日本海および南東北の沿岸部など現在、栽培に不向きな地域で栽培が可能となる。
  - リンゴでは 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。

日本の果樹生産面積で 1 位、2 位を占めるウンシュウミカン、リンゴについて、約 10×10km グリッドを用いて栽培適地の北上を予測した結果によれば、ウンシュウミカン、リンゴとも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を使用)。ウンシュウミカンでは、2060 年代には現在の主力産地の多くが現在よりも栽培しにくい気候となるとともに、西南暖地（九州南部などの比較的温暖な地域）の内陸部、日本海および南東北の沿岸部など現在、栽培に不向きな地域で栽培が可能となる。リンゴでは 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。一方、北海道ではほとんどの地域で栽培しやすくなる。[11005)]

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[11]を前提とした MIROC3.2-hires モデルによる気候予測情報を使用）によれば、将来的に現在のカンキツ地帯のうちほとんどでタンカンの栽培が可能になるものの、内陸部では寒害の発生頻度が高くなる可能性が示された。[12105)]

果樹の主産県のひとつ山梨県において、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。[12023)] ブドウ「デラウェア」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る。さ

11 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。

らに気温上昇が著しくなると、この傾向は顕著になる。モモ「白鳳」では気温が上昇しても成熟期には大きな差はないと推定できる。[12025)]

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい
  【観点】社会／経済

  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。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。

- 緊急性：【評価】高い

  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（2060～2069 年）の影響が予測されているが、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、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。

- 確信度：【評価】高い

  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信度は極めて高い。

（4）麦、大豆、飼料作物等

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 7 件。

文献	地域	現在の状況
12037	群馬県	2011 年から 2012 年までの飼料用トウモロコシ栽培試験成績と気象との関係について調査した。近年発生が確認された病害は「縞枯病」と「根腐病」であり、「縞枯病」は「少ない」から「中程度」に増加し、「根腐病」の発生率は 2004 年から 2008 年の 5 年平均は 1.7%であったが、2009 年から 2012 年の平均は 6.2%に増加した。
12143	全国	作期には全国的に播種期の遅れと出穂期の前進傾向が見られ、その結果生育期間（播種～出穂）が短縮している。播種期の遅れについては品種の変化、播種期の天候不良による播種作業の遅延などの理由が考えられる。また、出穂期の前進には、品種の変化という要因も考えられる。特に北海道、九州では早生品種の導入による出穂前進効果が 3～4 日と見積もられる（1983 年に対する 2005 年の比）。しかし播種期の遅れ、品種の変化による影響を差し引いても生育期間は短縮しており、地域により異なるが、平均すると気温の上昇により約 5 日の短縮が生じている。一方、出穂から収穫までの期間については短縮している産地はなく、逆に関東を中心に登熟日数が増加している産地もある。これは気温の上昇により出穂期が前進したことによるものであると推察される。温暖化の影響の一つとして予想されている登熟期間の短縮は現在のところ認められない。
12144	埼玉県	埼玉県において、コムギ「農林 61 号」は、播種から出穂までの平均気温が上がるほど減収する傾向にあること及び出穂期以降の降水量が増加することにより減収する傾向にあることがわかった。
12145	北部九州	収量、百粒重および m^2 当たり整粒数は開花期～子実肥大初期の気温との間にそれぞれ有意な二次曲線の関係が認められ、m^2 当たり整粒数・百粒重ともに最適温度は 25℃前後であった。
12146	東北地域	（大豆について）異常高温による減収要因を解析した結果、夏季の真夏日日数が多かった地域では、平年に比べ百粒重が減少する傾向がみられ、特に、少雨、高温、多照、を伴う条件化で百粒重は平年よりも著しく減少した。そして、このような高温乾燥条件に遭遇した期間が長かった地域では、結実期間は平年よりも短縮され、莢数も平年より減少する傾向がみられた。
12147	山形県庄内地域	登熟期間（開花期~成熟期）の気温と百粒重には有意な負の相関が認められた。気温と粒重に負の相関がある理由として、気温日較差（8 月 1 日～9 月 1 日）が小さいと乾物重増加量（8 月 1 日～9 月 1 日）が少なく、そのことが莢当たり乾物重増加量の減少に繋がり百粒重に負の影響（r= －0.435）を与えると考えられた。以上のことから、寒冷地である山形県庄内地域において、登熟期の高温が百粒震を低下させていることが明らかになった。
12152	北海道	22 年の春まき小麦の収量と品質は、秋まき小麦と同様に出穂から成熟期までの天候に影響された部分が大きい。4 月中旬～6 月上旬にかけての低温傾向により平年を下回る生育量であったものが、6 月中旬以降の異常高温で急激な生育の進展がおこり、根張りが不十分な状態で、養水分の吸収が不足し、登熟が不良で細麦となったと思われる。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 3 件。

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
12011	気象要因と生育・収量に関する主要項目の関係を解析し、温暖化による影響を予測した研究。 ・モデル：「気候変化メッシュデータ日本」（CCSR、CGCM1） ・シナリオ：IS92a	2030 年代	北海道	（牧草） 1 番草の出穂期は 13 日早まるが、生育日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。 （飼料用とうもろこし）

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
				現状の作付面積で試算すると、気温の昇温程度にあわせた熟期の遅い品種への変更により、全道では 10～14%増収する。
	地球温暖化による気候変動が秋まき小麦の生育や収量性等に及ぼす影響を、重回帰分析、作物モデル「WOFOST」、播種適期条件等により推計。 ・モデル：Yokozawa et al.（2003）による「気候変化メッシュデータ日本（Mesh Climate Data of Japan）」のうち CCSR と CGCM1 を使用。 ・シナリオ：IS92a	2030 年代	北海道	（秋まき小麦に対する影響） 融雪期の早まりと春季以降の昇温で起生期と成熟期は前進するが、登熟日数は現在と大差ない。収量は 5 月以降の日射量の減少で現在より 8～18%低下する。開花期～成熟期の降水量の増大により、水分ストレスが緩和される一方で倒伏や穂発芽の増加が懸念される。播種適期は 6～10 日遅くなる。
	気象要因と収量（根重）・品質（根中糖分）の関係を解析、作物モデル「WOFOST」、過去のデータを活用して推計。 ・モデル：Yokozawa et al.（2003）による「気候変化メッシュデータ日本（Mesh Climate Data of Japan）」のうち CCSR と CGCM1 を使用。 ・シナリオ：IS92a	2030 年代	北海道	（てんさい） 生育期間が現在並であれば、気温上昇により収量(根重）は増大する（現在平均 56 t/ha→62 t/ha）が、根中糖分は低下する（同 17%→16%）。高温病害の初発が早まり発生量も多くなる。
	気象条件(主に平均気温）と収量・でん粉価、でん粉価収量の関係を解析するとともに、温暖化がこれらに及ぼす影響を予測。アメダス、作物モデル「WOFOST」を用いて推計。 ・モデル：Yokozawa et al.（2003）による「気候変化メッシュデータ日本（Mesh Climate Data of Japan）」のうち CCSR と CGCM1 を使用。 ・シナリオ：IS92a	2030 年代	北海道	（ばれいしょ） 収量は現在より約 15%減少し、減収要因は気温の上昇よりも日射量の減少にある。気温上昇に伴って植付期を前進させても収量の変化は小さいが、紅丸相当の熟期でも収穫期は 9 月中旬まで早まる。
	生育・収量・収量構成要素と気象要因）の関係解析、気温による生育期節の推定、収量予測回帰式等を用いて推計。 ・モデル：Yokozawa et al.（2003）による「気候変化メッシュデータ日本（Mesh Climate Data of Japan）」のうち CCSR と CGCM1 を使用。 ・シナリオ：IS92a	2030 年代	北海道	（大豆） 播種期を現在並とすると開花期、成熟期は 6～9 日程度早まる。「道産豆類地帯別栽培可能指針」での地帯区分は現在よりも熟期の遅い品種が栽培可能となる方向へ 1～2 ランクシフトし、安定栽培可能地域が拡大する。熟期がやや早の「ユキホマレ」の収量は現在の 6～8 月平均気温が 18℃以下の地域では増収するが、それ以上では減少するため、気温上昇で増収が期待できる中生品種の選定が必要となる。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	温暖化に伴う生育期節の変動と 2030 年代における北海道の小豆の生産量を、生育期節、収量、主茎長、収量構成要素と気象データ、DVR 法、回帰より推計。 ・モデル : Yokozawa et al.（2003）による「気候変化メッシュデータ日本（Mesh Climate Data of Japan)」のうち CCSR と CGCM1 を使用。 ・シナリオ : IS92a	2030 年代	北海道	（小豆） 開花期と成熟期は 7～10 日早まり、栽培可能地域が根室管内まで拡大する。主産地の十勝・オホーツクで増収、後志・渡島で微増、上川・空知で減収となり、現在の作付面積で試算すると道内全体では 12%の増収となる。登熟期間の昇温で百粒粒が低下し、道南、道央の一部で規格内歩留の低下が懸念される。
12132	牧草生産に関連する地球温暖化の変動を把握するために、農業環境技術研究所が作成した局地気候シナリオを用いた研究	2100 年	全国	寒地型牧草地帯のほとんどは北海道に分布しており 100 年後にはほとんどが増収になる。都府県での寒地型牧草は東北地方に分布しており、その 63%で増収、16%が夏枯れ、21%が暖地型牧草地帯になる。現在、夏枯れ地帯は関東地方に分布しているが、100 年後は東北地方に多く分布するようになり、夏枯れ地域の面積は 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 1.5 倍になる。
12148	外気温に比べて気温を高く設定したチャンバー内で大豆の生育試験を行い、気温上昇が大豆の生長に及ぼす影響を調査した。	なし	日本	高 CO_2 条件下では、気温が最適温度付近か少し上の場合、子実（果実や種子）の窒素濃度は低下せずに収量が増加した。一方、最適気温以上の範囲では乾物重、子実重、 収穫指数は減少した。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア： 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会： 経済：*【経済的損失】* 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状：既に小麦の減収、ダイズ等の収量や品質の低下などが生じている。 将来：予測年次（2030 年代の予測が中心）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	10 件 現在の状況：7 件（12037, 12143, 12144, 12145, 12146, 12147, 12152） 将来予測される影響：3 件（12011, 12132, 12148）
	研究・報告の種類	モデル予測（2 件：12011, 12132）、 ムギ（長期統計データ 2 件：12143, 12144）、大豆（モデル 1 件：12011、実験 1 件：12148、統計データ 3 件：12145, 12146, 12147）、牧草（モデル 2 件：12011, 12132）
	研究・報告の整合性	小麦の減収傾向、大豆の最適気温以上での収量低下の傾向。牧草は気温からは増収傾向。
適応の可能性		播種時期の前進。品種対応、水管理。
他の分野・項目との関係		*【水環境・水資源】、【病害虫・雑草】*

（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、全国的に種をまく時期の遅れと穂が出る時期の早まりがみられ、生育期間が短縮する傾向が確認されている。
- 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。

小麦では、冬季およ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、その結果生育期間が短縮している。一方、出穂期から収穫までの期間は短縮していない。[12143)] 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、出穂期以降の降水量増加により減収する傾向がある。[12144)] 北海道では 2010 年に、春季の低温（穂数やサイズの増加）と夏季の高温（登熟期間の短縮）による大幅な減収が生じた。[12152)]

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とさや数も減少した。[12147)] 寒冷地における作況試験では登熟期の高温は百粒重を低下させた。[12146)] 温暖地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係があり最適温度は 25℃前後である。[12145)]

飼料作物では関東地域における飼料用トウモロコシ栽培試験成績（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。また 2009 年以降、病害（「紋枯病[12]」 と「根腐病[13]」）の発生率が増加していた。[12037)]

12 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。
13 根腐病（ねぐされびょう）：細菌によって根が腐敗する病気

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 小麦では、種をまいた後の高温に伴う生育促進による凍霜害リスクの増加、高 CO_2 濃度によるタンパク質含量の低下等が予測されている。
- 大豆では、高 CO_2 濃度条件下では（気温が最適温度付近か少し上では)、収量の増加、最適気温以上の範囲では、乾物重[14]、子実重、収穫指数[15]の減少が予測されている。
- 北海道では、IS92a シナリオ[16]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。
- 牧草の生産量等について予測した研究があるが、増収・減収等の傾向については一定の傾向が予測されていない。

小麦では、播種[17]後の高温による生育促進で幼穂形成[18]および茎立ち[19]が早まると凍霜害[20]リスクが高まる。また高 CO_2 はタンパク質含量を低下させ、高温下の登熟は穂発芽のリスクを高める可能性が指摘されている。

大豆では、高 CO_2 条件下では（気温が最適温度付近か少し上では）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。[12148)] 最適気温以上の範囲では乾物重、子実重、収穫指数は、減少する。[12148)] 温暖地で 3℃の気温上昇は種子サイズを小さくする。

モデルに CCSR および 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、ばれいしょでは減収、品質低下が予測された。[12011)]

気候変化メッシュデータ（日本）2003[21]を用いて、気象要因と生育・収量に関する主要項目の関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。[12011)]

「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、

14 乾物重(かんぶつじゅう):乾燥して水を除いた後の重さであり、植物が実際に生産、蓄積した物質の重さ。
15 収穫指数(しゅうかくしすう):全乾物重に対する収穫部位の乾物重の割合。
16 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。
17 播種(はしゅ):種子をまくこと。
18 幼穂形成(ようすいけいせい):穂の元が形成されること。
19 茎立ち（くきだち）:茎の節と節の間が伸びはじめること。
20 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。
21 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。

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 1.5 倍になる。[12132)]

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい
  【観点】社会／経済

  穀物の収量・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。

- 緊急性：【評価】中程度

  既に収量の低下や品質の低下が発生しているほか、2030 年代に影響を予測する報告もある。

- 確信度：【評価】中程度

  研究・報告は一定程度ある。現在までに収集した文献における影響の範囲は限定的であるが、統計データ、モデルや実験に基づく定量的な予測である。

（５）畜産

(現在の状況の概要情報)

収集文献は 3 件。

文献	地域	影響の内容
01001	全国	家畜生産の適温域はおおよそ、乳用牛（搾乳牛・ホルスタイン種）0～20℃、肥育牛（去勢）10～15℃、成豚 5～20℃、採卵鶏（白色レグホン）13～28℃、肉用鶏（ブロイラー）19～23℃である。記録的暑夏であった 2010 年夏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。暑熱環境下では、牛乳生産量の低下や人工授精による受胎率の低下がおこり、酸化ストレスの進行が要因の一つとされている。
12054	東日本～西日本	（乳用牛） 生産量・品質の低下（乳量・乳成分の低下）、品質の低下（繁殖成績の低下、疾病の発生）、生産量の低下（斃死）
		（肉用牛） 生産量・品質の低下（増体・肉質の低下）、生産量の低下（斃死、繁殖成績の低下）
		（豚） 生産量・品質の低下（増体・肉質の低下）、生産量の低下（繁殖成績の低下、斃死）
		（採卵鶏） 生産量の低下（斃死、産卵率・卵重の低下）
		（肉用鶏） 生産量の低下（増体の低下、斃死）
82053	九州・沖縄地方	畜産については暑さで牛などが死ぬ、牛乳の品質が低下するといった影響が懸念されている。（九州・沖縄地方）

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献 3 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測の概要	時期	地域	影響の内容
11006	将来の気候予測データとして 4 モデルに基づく気候変化メッシュデータを用い、10km ×10km 単位のメッシュで各地域の将来気温の解析を行った。また、環境制御室を用いて気温がブロイラーの産肉量に及ぼす影響を検討し、将来の平均気温の予測値から影響を予測した研究 ・モデル：気候変化メッシュデータ（日本）2003（CCSR/NIES、CGCM1、CSIRO-Mk2、ECHAM4/OPYC3） ・シナリオ：1S92a ・気温上昇：2060 年の 7～9 月における気温の上昇は、九州の宮崎市および鹿児島市において 1.8～2.5℃、東北の青森市および盛岡市において 3.0～4.5℃と推定。	2020～2029 年 2040～2049 年 2060～2069 年	全国	家禽について、現在と比べて 2020 年、2040 年、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、産肉量が比較的大幅に低下する地域の拡大が懸念された。また、現在は産肉量の低下する気温ではない東北地方においても、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た。
11007	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、将来の	2020～2029 年 2040～2049 年 2060～2069 年	全国	肥育豚は家禽と比較して生産性が低下し始める環境温度は低く、鶏よりも暑熱に弱い。現在と比べて 2030 年、2060 年と年

文献	予測の概要	時期	地域	影響の内容
	平均気温の予測値から影響を予測した研究 ・モデル：気候変化メッシュデータ（日本）2003（CCSR/NIES、CGCM1, CSIRO-Mk2、ECHAM4/OPYC3）・シナリオ：1S92a 気温条件： 23℃（適温区）、28（中高温区）、30（中高温区）、33（高温区）の 4 つの区域。			代の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くなる。増体日量の低下は 2007 年 8 月時点で西日本の沿岸部を中心にみられるが、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増体日量が低下する。
12134	ホルスタイン種育成牛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、将来の平均気温の予測値から影響を予測した研究 ・モデル：気候変化メッシュデータ（日本）2003（CCSR/NIES、CGCM1、CSIRO-Mk2、ECHAM4/OPYC3） ・シナリオ：1S92a 気温条件：20、28、33℃	2020～2029 年 2040～2049 年 2060～2069 年	全国	気温上昇に伴い育成雌牛の増体量が気温 20℃の時よりも 5 および 15%低下する平均気温は、それぞれ 26.4℃および 28.8℃（相対湿度 60%の場合）と試算された。わが国の育成雌牛の夏季増体量は温暖化の影響を受け、2020、2040、2060 年と年代の経過に伴い増体量の低下する地域は拡大することが示された。育成前期雌牛を用いて気温のほかに湿度の影響も加味したところ、2060 年代において、南九州地域では相対湿度が現在と同じ場合でも増体量が 21%低下する一方、北海道中東部地域では相対湿度が 5%上昇してもほとんど変化しないと予測された。今後、温暖化の進行により育成雌牛の増体量が低下すること、また、その低下量は地域により異なり、湿度の変動によって大きく変わることが示された。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】 内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：特に西日本において影響が大きく、年代の経過とともに影響を受ける地域が拡大。 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会： 経済：*【生産性低下・食料価格高騰】* 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状：既に発現している（特に西日本） 将来：現在から 2060 年代まで
	適応の着手等が必要な時期	*【既に西日本の沿岸部を中心に増体日量の低下がみられるため、着手を始める必要がある。】*
確信度	研究・報告の量	6 件 現在の状況：3 件（01001, 12054, 82053） 将来予測される影響：3 件（11006, 11007, 12134）
	研究・報告の種類	モデル予測（3 件：11006, 11007, 12134）
	研究・報告の整合性	生産性低下（3 件：11006, 11007, 12134）
適応の可能性		気候変動を考慮した飼養法の改善

評価の視点等	文献から得られた情報
他の分野・項目との関係	記載なし

(現在の状況)

〔概　要〕

- 家畜の生産能力の推移から判断して、現時点で気候変動の家畜への影響は明確ではない。
- 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。

家畜の生産能力の推移から判断して、現時点において気候変動の影響は明確にはできないが、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、肉用牛と豚について増体・肉質および繁殖成績の低下とへい死[22]の発生、採卵鶏について産卵率・卵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。[12054)] また、別の報告では、記録的暑夏であった 2010 年夏の暑熱による家畜の死亡・廃用[23] 頭羽数被害が、畜種の種類・地域を問わず前年より多かったと報告されている。[01001)]

(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、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。

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（日本）2003[24] 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 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

22 へい死：動物が死ぬこと。

23 廃用：家畜としての用をなさなくなること。

24 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。

年、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。[11006)]

また、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増体日量が低下するとされている。[11007)]

ホルスタイン種育成牛[25] 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、湿度によって大きく変化するとされている。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい
  【観点】社会／経済

  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。

- 緊急性：【評価】中程度

  気候変動との関係は明瞭ではないが、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る。将来影響に関する報告では、影響の範囲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、ケースに応じた対応が必要である。

- 確信度：【評価】中程度

  環境制御室におけるモデル予測に基づく定量的な研究・報告が少数あるのみであり、フィールド実験を組み込んだものではなく限定的である。そのため、これらの評価に用いた情報等は限られたものであり、継続的な情報の収集やそれらの分析が不可欠である。

[25] ホルスタイン種の子畜を成畜まで育てる期間の牛

（６）病害虫・雑草

(現在の状況の概要情報)

収集文献は 4 件。

文献	地域	現在の状況
01001	全国	気候変動は、害虫の分布域の変化を通しても農業に影響を与える。ミナミアオカメムシは、イネ、ムギ、ダイズなど 32 科 145 種の植物を寄主とする害虫であり、1960 年代の分布域は、西南暖地の太平洋岸に限られていた。しかし、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ていることが明らかとなってきた。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、気温上昇によりその北限が北上している。気候変動が水田動物群集に与える影響を、世代数の増加（気温上昇により世代更新が早まること）に着目して検討を行った研究例がある。年平均気温 15℃の関東地方で月平均気温が 2℃上昇したと仮定して、年間世代の増加を推定式によって求めた結果、クモ類は温度上昇への反応が鈍く世代数の増加は起こらない一方、寄生性の天敵や捕食者昆虫は、1～3 世代の増加が予想された。また、害虫のヨコバイ類、カメムシ類等は、0.5～1 世代の増加が見込まれるだけで、天敵類に比べ増加世代数は少ない結果が得られた。これに対して、斑点米カメムシ類の一部（カスミカメムシ類）及び海外から飛来するウンカ類は、世代増加の可能性が 2 世代弱と大きく、気候変動による発生量増加が懸念される。近年、イネ縞葉枯病ウイルスを媒介するヒメトビウンカの海外飛来も確認されており、ウンカ類の発生動向には注意する必要がある。
12141	九州地方	10%以下の含水比で－5℃で凍結処理したコヒメビエの種子は 80%以上の発芽率を示したが、含水比 50%で 1 日 3 時間および 6 時間処理すると種子はほとんど発芽しなかった。すなわち、湿潤土壌中で－5℃の条件が 1 日 6 時間続くとコヒメビエの種子はほぼ死滅し、この条件が 3 日から 4 日間連続すると完全に死滅すると認められた。 11 月から翌年 3 月までの冬の期間に－5℃以下の最低気温の総日数が 1988 年から 1992 年までの 5 年間で 4 日以上となる場合をコヒメビエの定着の不可能な越冬条件として、九州地方の 114 地点での気温データを調べた。九州山地や筑紫山地やその周辺などの 32 地点では定着不可能と推定された。最低気温が 1℃ 上昇したと仮定すると、32 地点のうち 7 地点では定着可能になると推定された。 コヒメビエの発生は熊本県の休耕田で 1991 年に、また、宮崎県総合農業試験場の構内で 1993 年に確認された。
12150	九州地方、本州	九州および本州におけるミナミアオカメムシ、アオクサカメムシのフィールド調査より、1960 年代以降、ミナミアオカメムシはその分布域を北上させていることが示された。現在の九州におけるミナミアオカメムシの分布域は月の最低気温が 5℃を超える地域と非常によく一致しており、温暖化により、ミナミアオカメムシの越冬を可能にしていることを示している。
12151	四国地方、中国地方	四国地方、中国地方におけるミナミアオカメムシ、アオクサカメムシのフィールドおよび捕獲調査より、ミナミアオカメムシは四国の北側の海岸、山口県、島根県の北側の海岸、出雲の南側に沿って分布していることがわかった。今回のデータおよび前回調査より、このミナミアオカメムシの北側への分布拡大は地球温暖化による影響の可能性が高く、具体的には 1 月の月の平均気温が 5℃を超えたことが原因である可能性が示された。

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献は 8 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
11014	（ヨコバイ、カメムシ他） 地球温暖化が水田動物群集に与える影響を、世代数の増加で推測。分類群によって、その反応の異なることが予想される年平均気温 15℃の関東地方で各月の平均気温が 2℃ずつ上昇したと仮定して、年間世代数にどのような変化が起きるかを Yamamura and Kiritani（1998）によって提案された推定式を用いて予測。	なし	関東平野	（ヨコバイ、カメムシ他） 年平均気温 15℃の関東地方で月平均気温が 2℃上昇したと仮定して、年間世代（卵から親までを繰り返す回数）の水田動物群集の増加を推定式で求めると、クモ類は世代数の増加は起こらないが、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代数が増加することから、気温上昇は水田内の害虫・天敵相の構成が変化することが予想された。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
12133	全球気候モデルから予測した 2060 年の予測気温等を用いて病害虫の世代数の変化等を予測。 ・モデル：全球気候モデル ・シナリオ：局地気候変化シナリオ（日本）（IS92a を使用）	2060 年代	全国	気温上昇による作物病害の発生動態への影響が水稲、野菜、果樹、茶のそれぞれ 3 病害でこれまでの発生生態の知見に基づいて検討され、分布域の拡大・北上、発生期間の拡大などによる被害の増大が指摘されている。また、昆虫の発育速度は、ある温度範囲内では温度上昇に従って直線的に増大するため、温暖化のもとでは年間の発生世代数が増加し、作物の被害量も増大すると予想される。一方、クモ類以外の天敵類は害虫よりも一般に温度上昇に伴う増加世代数が多くなるため、温暖化のもとでは天敵類がより有効に働く場合もあり得る。
12137	GCM を用いてどのような地域が地球温暖化によりイネ縞葉枯ウイルスが広がる可能性があるかを予測。 ・モデル：the Global Climatre Model（GCM）のうち ECHAM4/OPYC3 と CCSR/NIES ・シナリオ：IS92 シナリオをベースにした予測結果	2060 年代	全国	温暖化により播種の時期が5月から6月に移ると予測される東北や北陸では害虫であるヒメトビウンカがこの時期成虫になるため、被害を受けやすいと判断された。
12138	日本の水田に生息している 3 種類の害虫を 50 年間毎年で採取し、response surface analysis と回帰分析を基に状態空間モデルを用いて害虫の生息数予測モデルを構築した。	なし	全国	構築した状態空間モデルによると、前年の冬の気温の上昇が次の年の害虫の増加となることが観測された。また、その年の温度上昇の影響は次の年には引き継がれないことも観測された。
12139	雑草の生活環と温度の関係及び近年の雑草の分布変化に関する研究例より、雑草に対する温暖化の影響を考察した。	なし	全国	温暖化は、種子の休眠覚醒と発芽のタイミングを周囲の温度変化によって決定している雑草や、低温にさらされることによって花芽形成が誘導される雑草の発生や分布に大きな影響を与えている。また、特に冬季の最低気温の上昇は、熱帯や亜熱帯原産の雑草が日本へ定着することを容易にしている。
12141	11 月から翌年 3 月までの冬の期間に－5℃以下の最低気温の総日数が 1988 年から 1992 年までの 5 年間で 4 日以上となる場合をコヒメビエの定着の不可能な越冬条件として、九州地方の 114 地点での気温データを調べ、それを基にコヒメビエの定着を予測した。	なし	九州	11 月から翌年 3 月までの冬の期間に－5℃以下の最低気温の総日数が 1988 年から 1992 年までの 5 年間で 4 日以上となる場合をコヒメビエの定着の不可能な越冬条件として、九州地方の 114 地点での気温データを調べた。その結果、九州山地、筑紫山地、またその周辺などの 32 地点では定着不可能と推定されたが、最低気温が 1℃上昇したと仮定すると、32 地点のうち 7 地点では定着可能になると推定された。
12142	FACE （With free-air CO2 enrichment）の状況下で、CO_2 濃度を 200 から 280 μmol mol^{-1} まで上昇させ、人工的にイネいもち病菌を散布し、イネを成長させた。	なし	北日本	葉ねもち病および紋枯病の伝染のリスクの可能性は高 CO_2 濃度下でイネが成長した場合は高くなりうる。
12158	昆虫の発育の気温反応から、気温上昇による世代数の推定式を作成し、1～3℃上昇時の分類群別世代増加数を予測した。	なし	全国	1℃上昇では、ダニ類、アザミウマ類、膜翅類などの小さなサイズの節足動物のみ世代数が増加し、2℃上昇では、貯蔵食品害虫を含む、ほとんどの節足動物が増加すると予想されている。

(重大性・緊急性・確信度等の情報)

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度(エリア・期間)	エリア： 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会： 経済：*【経済的損失】* 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状：ミナミアオカメムシの分布域の拡大などが確認されている。 将来：予測年次なし（気温上昇程度に応じた予測）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	10 件 現在の状況：4 件（01001, 12141, 12150, 12151） 将来予測される影響:8 件 (11014, 12133, 12137, 12138, 12139, 12141, 12142, 12158)
	研究・報告の種類	害虫は現状報告 3 件 (01001, 12150, 12151)、モデル予測 5 件 (11014, 12133, 12137, 12138, 12158)、病害野外実験 1 件 (12142)、雑草 2 件 (12139, 12141)
	研究・報告の整合性	害虫はモデル予測 5 件のみ（11014, 12133, 12137, 12138, 12158）だが、発育パラメータや休眠機構※などの知見は多くの農業害虫で蓄積がある。病害、雑草は知見が少ない。 ※休眠機構：休眠導入、覚醒の条件（日長や温度）
適応の可能性		記載なし
他の分野・項目との関係		記載なし

(現在の状況)

〔概　要〕

- 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。
- 現時点で、明確に気候変動の影響により病害が増加したとされる事例は見当たらない。
- 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。

(害虫)

ミナミアオカメムシは、1960 年代の分布域は西南暖地（九州南部な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にまで分布域が拡大していることが明らかとなってきた。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、気温上昇によりその北限が北上している。[01001, 12150, 12151)]

(病害)

現時点で、明確に温暖化の影響により病害が増加したとされるものは見当たらない。

(雑草)

水稲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コヒメビエが、種子が死滅するとされる、最低気温が－5℃以下となる日の総日数の減少により越冬し、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。[12141)]

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 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想されている。
- 水稲害虫以外でも、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の可能性が指摘されている。
- 病害については、高 CO_2 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。
- 雑草については、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。

(害虫)

年平均気温 15℃の関東地方で各月の平均気温が 2℃ずつ上昇したと仮定して、年間世代数（1 年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、クモ類は世代数の増加は起こらないが、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された。[11014,12158)]

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、気温変動による発生世代数の推定が可能である。[11014)]

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[26]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）。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想された。[12137)] 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 年の動態を予測（A2 シナリオを前提とした MRI-CGCM2 モデルによる気候予測情報を使用）すると、ニカメイガでは 1.6 倍、ツマグロヨコバイは 3 倍程度に増加するとされた。[12138)]

水稲害虫以外では野菜、果樹、茶のチョウ目、カメムシ類、アザミウマ、カイガラムシ、ハダニ類などで、越冬可能地域の北上・拡大や、発生世代数の増加による被害の増大が指摘されている。[12133)]

26 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。

（病害）

野外水田において CO_2 を人為的に増加させる FACE（Free-Air CO_2 Enrichment）実験水田での発病調査により、高 CO_2 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。[12142)]

気温上昇による作物病害の発生動態への影響が水稲、野菜、果樹、茶のそれぞれ 3 病害でこれまでの発生生態の知見に基づいて検討され、分布域の拡大・北上、発生期間の拡大などによる被害の増大が指摘されている。[12133)]

（雑草）

コヒメビエは日長に対する出穂反応や、種子の低温耐性などから気温上昇による定着可能域の拡大が予想されている。[12141)] チガヤの 3 気候生態型の特性から、気温上昇により普通型や亜熱帯型の北上の可能性が指摘されている。[12139)]

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい

  【観点】社会／経済

  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、かつ農薬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。

- 緊急性：【評価】高い

  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。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・難防除病害虫・雑草は増加しており、侵入警戒・防除対策は重要である。

- 確信度：【評価】高い

  害虫ではモデル予測にもとづく研究は少数であるが、害虫の発生動態の変化、分布拡大は、発育パラメータ（発育ゼロ点、有効積算温度）や休眠機構（温度、日長反応性）などが関与しており、これらの知見は多くの農業害虫で蓄積があることから、分布域の拡大予測はある程度可能である。雑草では、分布域の拡大を扱っているのは 1 件であり、研究・報告は限定的であるが、雑草の分布拡大要因は、休眠覚醒・花芽形成[27]への温度影響、日長反応性、などが関与しており、このような生態的調査が進んでいる種については、分布域の拡大予測はある程度可能である。

[27] 花芽形成（かがけいせい）：植物の成長過程で、花芽（発達して花になる芽）ができる一連の過程。

（7）農業生産基盤

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

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 7 件。

文献	地域	現在の状況
72018	埼玉県神流川流域	水稲の高温障害対策として、用水時期を 9 月第 2 半旬に増量し、9 月第 6 版旬から 10 月第 1 半旬のよう水量を減じる対策とした。
72019	兵庫県	1998 年以降平均気温上昇のため、出穂、成熟期の早期化が顕著となっている。水稲の高温障害対策として、掛け流し灌漑を行う。
72020	静岡、愛媛	気温、地温の上昇により、ミカンの品質が低下している。その対策としてマルドリ方式が有効である。
72021	手取川七ヶ用水地区	広域における高温障害対策水管理を考える際には、取水可能用水量はもちろんであるが、水源での水温のほかに用水路内の水温形成現象にも注視する必要がある。
72022	小貝川流域	水田地域を含む流域を対象に流量・水温を観測し、河川ならびに水田地域での水温変化の状況を時間的、面的に把握した。その結果以下のことがわかった。用水路の流下過程の水温変化は日射量か気温、もしくは、その両方の影響を受けている可能性が示唆された。水田もしくは排水路を通過する過程では水温はむしろ低下した。つまり、河川や用水路の流下過程では水温は上昇するものの、水田や排水路を通過することによって冷却され、その結果、流域内での水温上昇が抑えられている。
72042	全国	年降水量の回帰係数は全国的に負の値となる地点、すなわち降雨が年々減少傾向を示す地点が多い。逆に年最大 3 日連続降水量および年最大日降水量では、回帰係数が正の値を示す地点が多く、強雨の増加傾向がみられる。わが国全体でみると、渇水年の降雨が減少する一方、短期間にまとめて強く降ることが多くなる傾向にある。 年間の水資源賦存量は、年降水量と蒸発散量がともに増大することに伴って全国的には大きな変動はみられないが、北日本・東日本の日本海側、南関東・四国・南九州の太平洋側では現状に比べ同程度か減少傾向となる。これらの地域的偏りに加え、農業用水の需要量が多い 4～5 月の田植期における水資源賦存量はほとんどの地域で減少し（図-3）、地域的・時間的な偏りへの対応が必要になるものと推測される。
72050	全国	わが国の年降水量は長期的に増加傾向にあり、変動係数も増加している。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 19 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
21006	関川流域における分布型水循環モデルを構築し、積雪・融雪モデル、およびダム管理モデルを組み込むとともに、水利用に関しては農業水利用サブモデルを構築した。この解析モデルに気候変動予測値をバイアス補正し、統計的ダウンスケーリングを行入力値を用いて変化を予測した研究。 ・モデル：MIROC3.2-hires ・シナリオ：SRES A1B	近未来（2046～2065 年） 21 世紀末（2081～2100 年）	関川流域	気候モデルに対するバイアス補正を実施し、分布型水循環モデルを用いて気候変動が灌漑に与える影響を評価した。その結果、気温上昇により融雪流出量が減少し、頭首工における取水に影響を与えることが予測された。さらに、高田流量観測地点における確率日流量を Gumbel 分布で推定した結果、近未来、21 世紀末とも上昇している。
32010	近将来の雨量（実測値と RCM20 予測値の補間値）から、(1) 排水雨量に関しては流量・水位の変化、(2) 土壌侵食に関しては、汎用土壌流亡予測式から、(3) 乾燥化に関しては、ペンマン法により畑地灌漑諸元を求め用水量の変化を算定した研究。 ・モデル：RCM20 ・シナリオ：SRES A2	近将来（2010～2030 年）	東北、関東、北陸、東海、近畿、中国四国、九州、沖縄	RCM20 の予測値と現況実測値から 2010～2030 年の近将来の雨量を算定して確率雨量の変化を検討した。雨量の変化から、排水不良に対する影響、土壌侵食に対する影響、及び乾燥化に対する影響を評価した。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
71004	日本全域の温暖化シミュレーション結果から日流量を算定し、渇水流量に着目して渇水リスクの変化を分析した研究。 ・モデル：AGCM20 ・シナリオ：SRES A1B	近未来（2015～2039 年） 21 世紀末（2075～2099 年）	全国	無降雨日数の増加や積雪量の減少により渇水が増加する。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。また、河川の源流域に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。
71005	気候変動に適応した治水対策検討小委員会（平成 20 年 2 月 25 日）資料3 我が国の水利用の現状と気候変動リスクの認識における記載。	記載なし	記載なし	代かき期など水の需要期に流量が減少。 従来の水利用パターンとはミスマッチが発生。 *【図で、温暖化後の河川流出量の状況が示されている】*
71006	地球温暖化に伴う海面上昇が、ゼロメートル地帯の地下水環境に与える影響を調べるため、平均流粒径 0.6mm のガラスビーズを充填した水槽を用いて塩水浸入実験を行った研究。	記載なし	記載なし（ゼロメートル地帯）	海面上昇に伴う島嶼や沿岸での地下水への塩水侵入は、土地利用の変化など他の要因と合わせて起こることが指摘されているが、離島などで地下水を飲料水や農業用水などに利用している地域では、利用可能な水量が減少する。また、河川への塩水の遡上により、勾配が緩やかな河川においては、河川水の利用が困難となる。
72004	気候モデルの将来予測を用い、分布型水循環モデルを用いて流量変化、農業水利用への影響を予測した研究。 ・モデル：MIROC3.2 ・シナリオ：SRES A1B	近未来（2046～2065 年） 21 世紀末（2081～2100 年）	関川流域	灌漑用水を供給している笹ヶ峰ダムでは、冬季貯水量の増加が予測され、反対にダム流入量となる融雪流出量の現象から春先の貯水量の減少が見られた。また、少雪年において 5 月、6 月の取水量が現在よりも減少すると予測され、その結果、代掻き期に水田域への供給水量が減少し、特に灌漑地区下流部での用水の不均衡が起きやすくなることが示された。
72005	気候モデル RCM20 の出力結果を現在気候と実測値の気温変化量と降水量補正率を算定して将来気候を補正した。その結果をタンクモデルを用いて積雪水資源量の変化を予測した研究。 ・モデル：RCM20 ・シナリオ：SRES A2	21 世紀末（2081～2100 年）	手取川流域	金沢の将来予測では年平均気温は 2.71℃上昇する。特に、12～2 月の積雪期においては、降水量 13.2%の減少となり積雪水資源量に与える影響が大きい。その結果、平均気温 2.92℃上昇し、積雪水資源量 2081 年から 2100 年の平均値は 1/5 に減少する結果となった。
72010	手取川流域の 1976 年から 1979 年の水文資料を収集整理しタンクモデルを用いて再現計算モデルを構築した。構築されたタンクモデルを用いて無降雪時の流量変化を算定した。 ・モデル：信濃川、利根川については記載なし。 ・シナリオ：信濃川、利根川については記載なし。	特定していない。	手取川流域	無積雪仮想流量（積雪がないとした場合の積雪・融雪機における河川流量）と実測流量の差異により、流域の積雪水資源量を評価した結果、積雪水資源量が 462～1,179mm と推定された。無積雪仮想流量下では、現在の農業用水の水利権水量を下回る日数が大幅に出現した。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
72026	気候モデル RCM20 の出力結果を現在気候と実測値の気温変化量と降水量補正率を算定して将来気候を補正した。その結果から積雪・融雪の変化、農業用水に与える影響を検討した研究。 ・モデル：RCM20 ・シナリオ：SRES A2	21 世紀末（2081～2100 年）	全国	RCM20 の積雪メッシュデータの現在と将来の比較を行い、日本全国では 50%減少することが明らかとなった。さらに、積雪による影響が大きいと考えられる積雪地区（福島県隈戸川地区）では、降水量が増加は河川流量が増加することによるダム依存量が減少するが、ダム流域における融雪流入量の減少により、将来における融雪の早期化や融雪水の減少が農業用水に大きな影響を与える可能性がある。
72042	気候モデル出力結果を現在気候と実測値の気温変化量と降水量補正率を算定して将来の気候を補正した。その結果から水資源賦存量の変化を算定した研究。 ・モデル：RCM20 ・シナリオ：SRES A2	21 世紀末（2081～2100 年）	全国	年間の水資源賦存量は、年降水量と蒸発散量がともに増大するため、全国的には大きな変動傾向は見られないが、農業用水の需要が大きい 4～5 月ではほとんどの地域で減少する傾向にあり、地域的、時間的偏りへの対応が必要になると推測される。 年降水量の年々偏差は RCM20 の再現値は観測値に対してやや大きく、将来の年々変動は現在気候に比べて大きくなる。
72062	RCM20 の将来気候の出力値をバイアス補正、ダウンスケールを行った。気温に関しては標高補正を考慮した。流出計算により流量変化、貯水位に与える影響を予測し、ダム運用方法を検討した研究。 ・モデル：RCM20 ・シナリオ：SRES A2	21 世紀末（2081～2100 年）	豊平川流域	気候変動を考慮した将来予測計算を行い、積雪深の減少や融雪期の早期化、融雪出水の減少により 5 月の流出量が大きく減少し、融雪のピークが 4 月に早まった。さらに、現況と将来の平均的なダム貯水位と放流量を推定し、豊平峡ダムでは 6 月中旬から 8 月中旬に貯水位が大幅に低下し、利水放流を行えない日が出現した。
72073	河川や水田の水位を推定できる排水モデルによるシミュレーションを実施。現在と将来の雨量をそれぞれの雨量で異なる降り方の豪雨データを 300 パターン作成しそれらすべてについて排水シミュレーション行い結果の比較を行った研究。 ・モデル：東京大学・気象庁の開発モデル ・シナリオ：記載なし	近未来（2046～2065 年） 21 世紀末（2081～2100 年）	石川県加賀三湖周辺地区	最高水位が 1.5m を超える割合が現在の 17%に対して将来は 32%となり、リスクが約 15%増加すると予測される。さらに、最悪のシナリオとして、雨量の増加に加えて 59cm の海面上昇があると仮定すると海への排水が困難になる。農地への被害について、地区内の水田域を複数の水田ブロックに分割し、排水の解析結果から各ブロックで湛水深が 30cm 以上となった結果を現在と将来で比較した結果、将来的に農地への被害が起きやすい脆弱な水田地区が推定でき、二つの潟の周辺に広がる低標高の水田では湛水時間が長くなり、農地被害のリスクが増加すると予測される。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
72074	様々な雨量、降雨波形を持つ豪雨の模擬発生を行い、現在と将来を想定した気候変動影響評価の入力用豪雨データを作成した。 排水解析モデルは、非氾濫域からの流出を解析するキネマティック流出モデルと氾濫域（低平農地域）での解析を行う低平地タンクモデルから成るモデルとして変化を予測した研究。 ・モデル： MIROC3.2-hires、MRI-RCM20 ・シナリオ：SRES A1B、SRES A2	MIROC3.2-hires：近未来（2046～2065 年） 21 世紀末（2081～2100 年） MRI-RCM20：近未来（2031～2050 年） 21 世紀末（2081～2100 年）	石川県加賀三湖周辺地区	気候予測モデルによると将来的に豪雨規模は増大する傾向にあり、10 年確率 3 日雨量では最大で、50～60mm 程度の増加が予測された。排水解析モデルによる結果では、将来は柴山潟の最高水位が同地点の氾濫危険水位を超えるリスクが現在と比較して約 15%上昇すると推定された。低標高の水田では、湛水時間の増加が予想され、将来的に排水能力の強化といった対応が必要となる可能性がある。
72075	気候モデル出力値はバイアス補正を実施した。その結果を用いて様々な雨量、降雨波形を持つ豪雨の模擬発生を行い、現在と将来を想定した気候変動影響評価の入力用豪雨データを作成した。 排水解析モデルは、非氾濫域からの流出を解析するキネマティック流出モデルと氾濫域(低平農地域)での解析を行う低平地タンクモデルから成るモデルとした研究。 ・モデル：MIROC3.2-hires ・シナリオ：SRES A1B	近未来（2046～2065 年） 21 世紀末（2081～2100 年）	石川県加賀三湖周辺地区	気候予測モデルによると将来的に豪雨規模は増大する傾向にあり、10 年確率 3 日雨量では最大で、1.23 倍程度の増加が予測された。排水解析モデルによる結果では、将来は柴山潟の最高水位が同地点の氾濫危険水位を超えるリスクが現在と比較して約 15%上昇すると推定された。低標高の水田では、湛水時間の増加が予想され、将来的に排水能力の強化といった対応が必要となる可能性がある。
72076	関川流域における分布型水循環モデルを構築し、積雪・融雪モデル、およびダム管理モデルを組み込んだ。水利用に関しては農業水利用サブモデルを構築した。この解析モデルに気候変動予測値を与えて検討した。 ・モデル：MIROC3.2-hires ・シナリオ：記載なし	近未来（2046～2065 年） 21 世紀末（2081～2100 年）	関川流域	関川流域の板倉頭首工における年間の流況変化に関しては、将来の気温上昇にともない、4～5 月の融雪流出量が大きく減少した。また、降水量の増加により、6 月以降に流量の増加がみられた。さらに、水利権水量を下回る流量が現在にはない 5、6 月にも発生することが予測された。灌漑用水を供給する笹ヶ峰ダムでは、冬季貯水量の増加が予測され、反対にダム流入量となる融雪流出量の減少から春先の貯水量の減少がみられる。
72078	カンボジアの 2 地域について、1999～2001 年の洪水時の最大氾濫水深と土地利用メッシュを重ね合わせ、氾濫した水田面積と水田上の氾濫量を算定。	なし	カンボジア	水田が受け持った氾濫量は 20%と推定され、水田が洪水被害を緩和する機能を果たしていると考察している。
72079	東広島地点の観測値とバイアス補正を行ったうえで、将来の確率雨量の算定を行った。その結果から、ピーク流量を算定し護岸天端高相当の確率念を算定した。 ・モデル：RCM20 ・シナリオ：記載なし	近未来（2031～2050 年） 21 世紀末（2081～2100 年）	広島県椋梨川上流域	基準点においてピーク水位が堤防護岸天端に達する降雨強度は現状で 29 年確率（中央集中型）、15 年確率（後方集中型）であるのに対し、将来は 8 年と 5 年確率となり、さらにため池が潰廃された場合は 5 年 3 年になる。
72080	農地水利用を考慮した水循環モデルは 4 つのサブシステム（基準蒸発散量推定モデル、作付時期・面積推定モデル、水田水利用モデル、流出モデル）から構築し気候変動予測値を入力して評価した研究。 ・モデル：MIROC3.2 ・シナリオ：SRES A1B	2046～2065 年	全国	水利システムにおける代掻き期（取水開始日から 10 日間とした）の用水充足率（取水量/必要取水量）を比較したところ、現在では不足水量がほとんど発生していないが将来の充足率が大きく低下している地域がみられる。特に、北海道、東北、北陸、北関東などで低下している。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
72081	CMIP5 から 5 つの気候変化実験結果を入手し、逆距離内挿法で 5km メッシュ化し、アメダスデータを 5km メッシュ化した実測値とバイアス補正を行った。積雪融雪モデルには簡易熱収支モデルを用い降雪量の変化率を算定した研究。 ・モデル： MIROC4h、MIROCC5、 MRI-CGCM3、CSIRO-Mk3-6-0、 CNRM-CM5 ・シナリオ：RCP4.5	近未来（2015～2035 年）	全国	日本全体的に標高に対する降雪量の変化率は大きな変化がみられない。東北、北陸、中部地方では降雪量の標高依存性がみられる。一方、西日本では北海道と同様に明瞭な標高依存性は見られない。また、GCM モデルによる予測のばらつきは西日本が大きい。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	*【大量に水を使用する農作物栽培地域】【洪水による農地被害】*
	社会／経済／環境	社会：*【農業用水】* 経済：*【排水不良、土壌侵食、乾燥化】* 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状：短時間降雨強度の変化、気温による積雪の変化は現れている。水資源の利用方法に影響が生じている。 将来：予測年次 2010～2030 年（32010）、2015～2035 年（72081）、2015～2039 年（71004）、2031～2050 年（72074, 72079）、2046～2065 年（21006, 72004, 72073, 72074, 72075, 72076, 72080）、2081～2100 年（21006, 72004, 72005, 72026, 72042, 72062, 72073, 72074, 72075, 72076, 72079）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	25 件 現在の状況：7 件（72018, 72019 72020, 72021, 72022, 72042, 72050） 将来予測される影響：19 件（21006, 32010, 71004, 71005, 71006, 72004, 72005, 72010, 72023, 72026, 72042, 72062, 72074, 72075, 72076, 72078, 72079, 72080, 72081）
	研究・報告の種類	モデル予測：15 件（21006, 32010, 71004, 72004, 72005, 72026, 72042, 72062, 72073, 72074, 72075, 72076, 72079, 72080, 72081）
	研究・報告の整合性	洪水面、渇水面での影響は結果の整合性が高い。
適応の可能性		ダム運用変更などの検討あり（72064, 73001）
他の分野・項目との関係		*【洪水災害、水資源への影響】*

（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。
- 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。

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は、1901～2000 年の気象庁における日単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されている。[72042] 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 地域に分け、年降水量の 10 年移動変動係数をとると、移動平均は年々大きくなり、南に向かうほど増加傾向は大きくなっている。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味している。[72050]

また、コメの品質低下 [72020] 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 [72016,72018]、掛け流し灌漑 [72011,72019] が、実施されるなど、水資源の利用方法に影響が生じている。また、水温に関する影響の調査 [72022] も行われている。

(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、A2 シナリオ[28]の場合、農業用水の需要が大きい 4～5 月ではほとんどの地域で減少する傾向にあり、地域的、時間的偏りへの対応が必要になると推測される。
- 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予測されている。

年間の水資源賦存量は、年降水量と蒸発散量がともに増大するため、全国的には大きな変動傾向は見られないが、農業用水の需要が大きい 4～5 月ではほとんどの地域で減少する傾向にあり、地域的、時間的偏りへの対応が必要になると推測される（A2 シナリオを前提とした 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）。[72042] また、RCM20 による積雪メッ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。[72026] 加えて、代かき期など水の需要期に河川流量が減少し、従来の水利用パターンとのミスマッチが発生するとの報告もある。[71005]

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（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

[28] 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。

り融雪流出量が減少し、頭首工[29]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21006 は A1B シナリオ[30] を前提とした MIROC3.2-hires モデルによる気候予測情報を使用。）。21006,72076)

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 程度増加するとの予測 72073) 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）から 8 年確率相当に変化するとの予測 72079) もある。このような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、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72074 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、及び A2 シナリオを前提とした 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。文献 72075 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)。72073,72074,72075)

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。72076, 72078)

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい
  【観点】社会／経済

  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、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。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。

- 緊急性：【評価】高い

  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、短時間降水量では、生起する多雨と少雨の幅が広がっている。また、高温障害によるコメなどの品質の低下への対応等により、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。

- 確信度：【評価】中程度

  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的多くあり、それ以外にも定性的な予測等も含めると多数ある。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ほぼ整合している。ただし、信頼性の高くない文献や報告等も含まれており、将来予測では降雨分布等の不確実性もふまえ

[29] 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。
[30] 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。

たリスク評価がさらに必要であり、現時点で得られている情報の下での確信度は中程度である。

【林業】

（１）木材生産（人工林等）

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 9 件。

文献	地域	現在の状況
42502	全国	森林気象害の発生状況を全国規模（都道府県別）で取りまとめたところ、1954 年度から 2003 年度の間では、風害が増加している傾向は、全国の被害面積合計値からは読み取れなかった。
42503	調査地は静岡県と山梨県だが、適用範囲は全国	1959 年の台風 7 号による針葉樹人工林の被害を調査したところ、スギ、ヒノキを主とする針葉樹人工林の林齢（10 年ごと）と被害度（総林分数に対する 10%以上の本数の林木が被害を受けた林分数）の関係を調べると、1～10 年生、11～20 年生の林分の被害度が低く、林齢が増えると被害度が増加し、51～60 年生で最大となった。
42504.	調査地は大分県だが、適用範囲は全国	大分県の九州電力社有林（4,040ha）のスギを主とする人工林において、1991 年から 2007 年までの台風のデータと林分の環境や管理状況のデータから、風害の発生要因を調べたところ、風速と強風を受ける時間の長さから統計的に推定した被害確率は、1991 年から 2007 年の間に上昇傾向にあった。
42505	調査地は富山県だが、適用範囲は全国	富山県氷見市のスギ人工林 42 林分において、2004 年の台風 23 号による被害の状況と林分の性質（胸高直径、樹高、密度など）との関連を調べたところ、樹高が高い林分ほど被害が発生しやすい傾向にあった。
42529	関東平野	関東平野におけるスギ林衰退の原因を解明するため，34 地点の固定調査地でスギ林衰退度と土壌条件（母材、堆積様式、土性、表層 0～8cm・次表層 8～16cm の容積重、表層土壌孔隙率、有効土層深）との関係を検討した。衰退度は砂土が卓越する低地で高く、火山灰や堆積岩を母材とする埴壌上が卓越する台地および丘陵地で低い。容積重および孔隙率は衰退度と相関が認められ、表層土壌の物理的特性がスギ林衰退に影響を与えていた。また、表層土壌の堅密化の影響が有効土層深の深さによって緩和されることが示唆された。これらの検討の結果、強度のスギ林衰退は、土層厚が浅く、堅密な土壌で発生していることが明らかにされた。また，寺社境内では踏圧のため、表層が局所的に堅密化しており、そのような場所では極度の衰退が単木的に認められた。人為による土壌の物理性の悪化が、スギの衰退を助長していると考えられた。
42530	関東地方	関東地方の丘陵部を含む平野部全域を対象として、スギなどの樹木について衰退の現状を，目視による樹木衰退度判定法によって調査した。その結果、スギの衰退が最も顕著であり、ヒノキなどの常緑針葉樹類、イチョウ、ケヤキなどにも衰退が認められた。 スギの衰退は、関東平野のほぼ全域で認められ、関東平野の北西部に位置する前橋市周辺や熊谷市周辺および久喜市周辺、これらに隣接する群馬県下および埼玉県丁の利根川沿いの地域で特に著しかった。次いで、水戸市北方面の那珂川や久慈川沿いの地域および銚子市周辺の太平洋に面した地域で衰退度が高く、千葉市周辺および町田市周辺でも比較的衰退度が高かった。
42531	関東地方	関東平野に生育する主要樹種のうち、スギは最も水蒸気拡散コンダクタンスが大きいこと、および土壌–植物–大気連続系（SPAC: Soil-Plant-Atmosphere-Continuum System,. SPAC system）における水分通導抵抗が最も大きいことから、水バランスを崩しやすい性質があることがわかった。また、日中に気孔閉鎖が原因で、光合成の日中低下を起こしていること、高い位置にある枝葉は、低い位置にくらべ乾燥適応していることを確かめた。さらに関東平野では衰退の発生開始時期である 1960 年代に先立ち 1950 年代から大気の乾燥化が進行していることを指摘した。これらの事実から、関東平野におけるスギの衰退原因は、水分生理的に水バランスを崩しやすい性質と乾燥化の進んだ気象環境のためである可能性が大きいと推論した。
42532	全国	材線虫病の蔓延が自然に抑制される地域とそうでない地域の境界域に対応する MB 値(月平均気温の 15℃を超えた部分の年積算値）の範囲を現地調査により経験的に決定し、この値を基準に、メッシュ気候値を用いて材線虫病の潜在的な発生可能域を全国的に推定した。

42533	関東甲信地方、関西瀬戸内地方	広域的なスギの衰退現象がみられる関東・甲信地方と関西・瀬戸内地方において、胸高直径 90cm 以上のスギ大径木の分布・生育状況、スギ被害度と裸地率との関係について明らかにし、あわせてそれらに関連する要因について検討した 。 関東・甲信地方におけるスギ大径木の分布は、大気二次汚染物質の高濃度分布域である衰退地帯のうち、激害地区ではほとんどみられず、中害地区、軽害地区、微害・無害地区へ移るにしたがって健全な大径木が増加することが明らかとなった 。また、関西・瀬戸内地方でも、大気二次汚染物質濃度の高いスギの衰退地帯では大径木が少なく、健全地帯で多いことが明らかになった。これらのことから、両地方におけるスギ大径木の減少・消失は大気二次汚染物質の影響の可能性が高いことを指摘した。スギ生育地の土壌表面の裸地化（踏圧を受けたり、落葉からの交換性塩基の供給が絶たたれることなどによる土壌条件の悪化）について、樹冠下の裸地率を一つの指標としてスギ被害度との関係を検討した結果、そのような土壌条件の悪化は現段階で生じている梢の枯死をもたらす広域的なスギ衰退現象の直接的な原因ではないと考えられた。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 6 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
01002	3 次メッシュ植生データ（「環境省第 5 回自然環境保全基礎調査植生調査による」とされている、出典不明）より推定した潜在マツ林域について、1971～2000 年の気象データ（メッシュ気候値 2000、出典不明）の気温データを用いて月平均気温が 1℃上昇した場合の気温環境を推定し、マツ枯れ危険度を推定した。 ・モデル：MIROC3.2-hires ・シナリオ：BAU: SRES B2, 450s シナリオ, 550s シナリオ	2020s（2011～2030 年、以下同様） 2030s 2040s 2050s 2060s 2070s 2080s 2090s	全国	*【竹谷ら（1975、日林誌 57：163-175）の MB 指数(月平均気温 15℃以上の値の 15 を減じた数を年積算した値）を用いて、MB 指数 22 以上のメッシュをマツ枯れ危険域として（中村・野口、2006、第 11 回日本森林学会講演要旨集 PF16)、その危険域の面積変化（1990 年にマツ枯れ危険域ではない潜在マ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 CO_2 濃度変化シナリオでも、マツ枯れ危険域が拡大すると推定された。マツ枯れ危険域の割合は、2090s（2081～2100 年）には、約 27%（450s)、約 37%（550s)、約 51%（BaU）とシナリオによって大きく異なると推定された。】*
42022	1971～2000 年の気象データ（月平均気温、日最高気温、日最低気温、降水量等）より、5‘N×7.5’E のグリッドごとに仮想スギ人工林（葉量：2×10^4 kg ha^{-1}）の蒸散量を推定し、年平均気温の 3℃の上昇時の蒸散量の変化を推定した。	記載なし（年平均気温の 3℃の上昇時）	全国（北海道を除く）	*【現気候下では、葉量：2×10^4 kg ha^{-1} の仮想スギ林の蒸散量が北日本で 450 mm y^{-1}、南日本で 850 mm y^{-1} と推定された。3℃の気温上昇下では、蒸散量が 65 mm y^{-1}～100 mm y^{-1} 増加すると推定された。降雨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 3℃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せる懸念がある。】*
42023	有効保水容量含水率（土壌保水力）および、年蒸散量と年降水量の比（蒸散降水比）を水分環境の指標として、それぞれの全国マップを作成し、現在のスギ林の衰退との関連を示唆した。蒸散降水量比に対して温暖化シナリオ（2081～2100 年）を適用し、スギ人工林の脆弱性を予測した。 ・シナリオ：SRES A2（気候統一シナリオ第 2 版）	2081～2100 年	全国（北海道を除く）	*【スギの衰退現象が報告されている地域（三河、瀬戸内）には土壌保水力が低い土壌が分布している。しかし、スギの衰退が報告されている関東地方の土壌保水力は高かった。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。2081～2100 年の蒸散降水比の分布を温暖化シナリオに基づいて作成すると、地域により蒸散降水比の上昇や下降が見られた。関東地方では概して蒸散降水比が上昇し、スギ衰退が懸念される。】*

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
42024	森林炭素動態シミュレーションシステムを用いてスギ人工林の気候変動リスク評価を試行した。森林炭素動態シミュレーションシステムは森林データベースと林分成長モデルから構成される。このシミュレーションシステムを用いて、日本全国のスギ林を対象として 2050 年までの炭素動態シミュレーションを行った。 ・シナリオ：SRES A1B	2005～2050年	全国（北海道を除く）	【林業活動について、現状と同じ傾向が続くと仮定して県別に間伐量、伐採量を推定し、再造林率は50％で全国一律としてシミュレーションを行った結果、気候シナリオデータを用いた場合（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量および炭素吸収量が低くなった。】
42055	外気温と同じ室温および、外気温に追随してそれぞれ1.0℃、2.0℃、3.0℃高い室温に設定した自然光型の人工気象室内で、ヒノキの2年生苗を4月から1成長期間栽培し、成長を調べた。	記載なし（年平均気温の 1℃、2.0℃、3.0℃の上昇時）	全国	【外気温に対し+1.0℃、+2.0℃、+3.0℃の室内では、ヒノキの成長開始時期が早くなり、成長停止時期が遅くなった（図ではそうなっていないが、図の縦軸の記載ミスだろうと思われる）。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。】
42501	北海道のトウヒ類(エゾマツ、アカエゾマツ）を加害するヤツバキクイムシについて、発育と温度の関係をもとに、季節消長や世代数を推定するフェノロジー・モデル：を作成し、気候変化・シナリオ：による温暖化後の気温データを用いて、北海道における将来の世代数を予測した。 ・モデル：MIROC3.2-HIRES（K-1 model developers 2004） ・シナリオ：SRES A1B	2041～2050年 2091～2100年	北海道	【ヤツバキクイムシの平均世代数（卵から親までを繰り返す回数）は、2001～2010年には1.8であったものが2041～2050年には2.0に、2091～2100年には2.4に増加するという予測結果であった。温暖化後の世代数予測はまだ試行段階であるが、2090年代には年3世代の地域が出現するという予測結果が得られており、温暖化による本種によるトウヒ類の枯損被害の拡大が懸念される。】

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国（スギ人工林の場合、分布しない北海道を除く） 期間：【影響の内容により異なる。個別には温暖化による影響であるかどうかは確証がないものも見られるが、被害そのものは発生しており、影響は原理的にはすでに発生している。】
	影響が発生する可能性	【気温上昇、降水量減少、台風の強度の増加等による蒸散量、光合成量、成長、マツ材線虫病害、虫害、風害が対象であり、影響の内容により温暖化による影響であるかどうかについては明確でないものもあるが、温暖化の影響であるとすればその影響は原理的にはすでに発生している。】
	影響の不可逆性	【蒸散や光合成や成長への影響については、枯死や大きな傷害にならない程度であれば可逆的であるが、枯死や大きな障害が起これば不可逆的である。マツ枯れ、虫害、風害については不可逆的である。】
	持続的な脆弱性・曝露	－
	社会／経済／環境	社会：【森林の生態系サービスの低下による山地、中山間地の住民生活への影響】 経済：【林業への影響、観光業への影響】 環境：【森林の生態系サービスの低下（水源涵養（洪水調節）、土砂流出防備、水害防備、生物多様性保全、二酸化炭素吸収、風致・景観等）】
緊急性	影響の発現時期	【二酸化炭素濃度、気温、降水量による蒸散量、光合成量、成長量への影響は、環境に対する樹木の成長応答そのものであり、原理的にはすでに発生している。】 現状： ・乾燥化によりスギの衰退が発生している（42023）。 ・全国の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

評価の視点等		文献から得られた情報
		えない（42502)。 ・台風の被害確率は、1991 年から 2007 年の間に上昇傾向にあった(42504)。 将来： ・乾燥化によるスギの衰退が拡大する可能性がある（42023)。 ・マツ枯れ危険域が拡大する可能性がある（01002)。 ・ヤツバキクイムシによるトウヒ類の被害地域が拡大する可能性がある（42501)。 *【・若齢林よりも高齢林で台風の風害が発生しやすく（42503)、樹高の高い林分ほど風害が発生しやすいため（42505)、温暖化による強い台風の増加が予測されていることを合わせて考えれば、高齢林化が進んでいるスギ人工林の風害の増加が懸念される。】*
	適応の着手等が必要な時期	*【育種や森林管理等による適応策が考えられるが、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	研究・報告の量	15 件 現在の状況：9 件（42502, 42503, 42504, 42505, 42529, 42530, 42531, 42532, 42533） 将来予測される影響 6 件（01002, 42022, 42023, 42024, 42055, 42501）
	研究・報告の種類	モデル予測（4 件：01002, 42023,42024, 42501）
	研究・報告の整合性	*【整合性を評価するほどの研究の蓄積がない。】*
適応の可能性		*【育種や森林管理等による適応策が考えられる。風害への適応については、育種と合わせ、間伐の推進や風害発生を考慮した森林管理・森林計画等が考えられる】*
他の分野・項目との関係		*【全般的に自然生態系分野の森林関連の項目と関連が深い。台風による風害については水環境・水資源、自然災害・沿岸域分野との関連が深い。】*

(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、その要因に大気の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。スギの衰退と土壌の乾燥しやすさとの関連も明らかではない。
- 現時点で、台風強度の増加によって、人工林における風害が増加しているかについては、研究事例が限定的であり、明らかでない。

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[42533,42530,42529)]、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。[42531)] 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するかもしれない。[42023)] 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。また、スギの衰退現象が報告されている地域（三河、瀬戸内）には土壌保水力が低い土壌が分布していたが、一方で、スギの衰退が報告されている関東地方の土壌保水力は高かった。[42023)] そのため、スギの衰退と土壌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壌物理性等の乾燥化以外の要因であるとする論文があり[42533,42529)]、慎重な検証が必要である。

気温が高いとマツ枯れ被害の危域度が高いという報告がある。[42532)] 気温以外の要因もマツ枯

れ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[42502)]とする論文と、大分県のある地域では台風の被害確率は1991年から2007年の間に上昇傾向にあった[42504)]とする論文があり、現状での（温暖化による）台風の強度の増加による人工林の風害の増加は明らかでない。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 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。
- 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、マツ枯れ危険域が拡大するとの研究事例、ヤツバキクイムシの世代数増加によりトウヒ類の枯損被害が増加するとの研究事例がある。
- 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。

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℃上昇し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。[42022)] 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3℃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せる懸念があるとする論文がある。[42022)] 2081～2100年の蒸散降水比の分布を温暖化シナリオ（気象庁・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、この地域でのスギ衰退が懸念されるとする論文がある。[42023)] ただし、これらについては、大気CO_2濃度の上昇の影響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後さらに研究を進めていく必要がある。

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、気候シナリオデータ（A1B シナリオ[31]を前提としたMIROC3.2-hiresモデルによる気候予測情報を使用）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量および炭素吸収量が低くなったという論文がある。[42024)] ただし、これについては、大気CO_2濃度の上昇の影響が考慮されておらず、また、用いた林分成長モデルに改善すべき点が残っているため、温暖化によるスギ人工林の生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。

31 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。

外気温に追随させて+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。[42055] ただし、これについては予備的な結果であると思われるので、温度上昇に対するヒノキの成長応答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。

B2 シナリオ、450s シナリオ、550s シナリオを前提として気候感度 3℃想定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て作成した気候シナリオを使用して､マツ枯れの危険域の面積変化（1990 年にマツ枯れ危険域ではない潜在マ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 CO_2 濃度変化シナリオでも､マツ枯れ危険域が拡大すると推定された。[01002] ただし、これについては、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、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いく必要がある。

ヤツバキクイムシの平均世代数[32] が、2001～2010 年には 1.8 であったものが 2041～2050 年には 2.0 に、2091～2100 年には 2.4 に増加するという予測結果を得たとする論文があり（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）[42501] 、温暖化による本種による北海道のトウヒ類（エゾマツ、アカエゾマツ）の枯損被害の拡大が懸念される。ただし、温暖化は世代数以外にも天敵，餌，木の抵抗性などに影響を及ぼすことが考えられ、ヤツバキクイムシの被害の正確な予測のためにはこれらの要因を含め､今後さらに研究を進めていく必要がある。

若齢林よりも高齢林で台風の風害が発生しやすく [42503] 、樹高の高い林分ほど風害が発生しやすい [42505] という研究があり、温暖化により強い台風が増加する可能性があるという中長期の予測と合わせて考えると、高齢林化が進んでいるスギ・ヒノキ人工林の風害の増加が懸念される。ただし、台風による風害の発生についてのデータの蓄積が十分でなく、林分の過密化による形状比の増加の影響等の森林管理の有り様も踏まえた上で､人工林の風害リスクを正確に予測するため今後さらに研究を進めていく必要がある。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい
  【観点】社会／経済／環境

  スギ、アカマツ、クロマツ、ヒノキ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の範囲は（北海道を除く）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、森林の生態系サービスの低下による山地、中山間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、森林の生態系サービスの低下（水源涵養（洪水調節）、土砂流出防備、水害防備、生物多様性保全、二酸化炭素吸収、風致・景

[32] 平均世代数：1 年間に卵から親までを繰り返す回数

観等）が挙げられる。

- 緊急性：【評価】高い

  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、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】低い

  研究・報告の数が少なく、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。

（2）特用林産物（きのこ類等）

(現在の状況の概要情報)

収集文献は 2 件。

文献	地域	現在の状況
11013	全国 （試験地は、沖縄県、鹿児島県、大分県、長野県、群馬県、岩手県、北海道）	（シイタケ） 沖縄県名護市から北海道札幌市の 7 ヶ所でシイタケの原木栽培試験を行い、病原菌の候補を分離したところ、シイタケ栽培において発生頻度の高い病原体の一種である *Trichoderma* 属菌が 7 ヶ所の試験地から分離された。分離頻度が高かったのは、*T. harzianum* と *T. otroviride* の 2 種であった。うち、シイタケほだ場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 *T. harzianum* は、夏場の気温が高い沖縄県、群馬県で分離頻度が高く、夏場も気温があまり上がらない岩手県、北海道で分離頻度が低かった。しかし、夏場の気温が高くない長野県での分離頻度が比較的高く、温度環境との関連は明瞭ではなかった。
42509	試験地は、熊本県、宮崎県だが適用範囲は全国	（シイタケ） 【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の発生量の顕著な減少が見られた。宮崎県の生産現場でのヒポクレア属菌による被害発生率は、2012 年が 2～3 割、2013 年が 4 割であった。夏場（6～9 月）の平均気温は 2013 年の方が 1℃高く、真夏日の日数も多かったことから、夏場の高温がヒポクレア属菌による被害を大きくしている可能性がある。】

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献は 2 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
42510	（シイタケ） 温湿度制御環境下で、暖冬条件にした場合のシイタケ子実体の発生量への影響を調べた。(1 月が+3℃、2 月が+3℃、1,2 月とも+3℃、1 月下旬に 15℃3 日、1 月下旬に 15℃7 日の各処理)(1 月中旬に 15℃3 日、1 月下旬に 15℃3 日、2 月上旬に 15℃3 日の各処理)	記載なし（暖冬条件が生じる時期）	試験は大分市の月平均気温を対照として行っているが、適用範囲は全国	（シイタケ） *【1 月が+3℃、2 月が+3℃、1,2 月とも+3℃、1 月下旬に 15℃3 日、1 月下旬に 15℃7 日の各処理では、シイタケ(品種：明治 908）の子実体発生量の減少が見られた。1 月中旬に 15℃3 日、1 月下旬に 15℃3 日、2 月上旬に 15℃3 日の各処理のシイタケ（品種：森 121 号、菌興 115 号）の子実体発生量に対照との明瞭な違いはなかった。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でない。】*
42511	（シイタケ） 温湿度制御環境下で、暖冬条件にした場合のシイタケ子実体の発生量への影響の品種間差（9 種）を調べた。(1 月が+3℃の処理)	記載なし（暖冬条件が生じる時期）	試験は大分市の月平均気温を対照として行っているが、適用範囲は全国	（シイタケ） *【シイタケの品種により、1 月が+3℃、の処理による子実体の発生量への影響はまちまちであった。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でない。】*

(重大性・緊急性・確信度等の情報)

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：*【文献に直接の記載はないが、温暖化の影響があるとすればその影響は原理的にはすでに発生している。】*
	影響が発生する可能性	*【夏場の気温とシイタケの病害菌の発生に関連があるとすれば、その影響は原理的にはすでに発生している。夏場の気温の上昇がシイタケの子実体発生量の減少を引き起こす可能性がある。冬場の気温の上昇が子実*

評価の視点等		文献から得られた情報
		体発生量の減少をもたらす可能性については明らかでない。】
	影響の不可逆性	*【シイタケ原木栽培への被害は不可逆的である。】*
	持続的な脆弱性・曝露	－
	社会／経済／環境	社会：*【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のへの影響】* 経済：*【シイタケ原木栽培の生産力の低下による経済的損失】* 環境：*【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】*
緊急性	影響の発現時期	現状：【夏場の気温とシイタケ病害菌の発生に関連があるとすれば、その影響は原理的にはすでに発生している。夏場の気温の上昇がシイタケの子実体発生量の減少を引き起こしているとすれば、その影響は原理的にはすでに発生している。】 将来：【夏場の気温の上昇によるシイタケの生産量の減少が懸念される。】
	適応の着手等が必要な時期	*【育種等による適応策が考えられるが、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	研究・報告の量	4 件 現在の状況：2 件（11013, 42509） 将来予測される影響：2 件（42510, 42511）
	研究・報告の種類	実験、観察：11013, 42509, 42510, 42511
	研究・報告の整合性	*【整合性を評価するほどの研究の蓄積がない。】*
適応の可能性		*【育種等による適応策が考えられる。】*
他の分野・項目との関係		

(現在の状況)

〔概　要〕

- シイタケ栽培に影響を及ぼすヒポクレア属菌について、夏場の高温がヒポクレア菌による被害を大きくしている可能性があるとの報告がある。

シイタケほだ場での分離頻度が高くシイタケ菌糸への侵害力が高いことが確認されているシイタケ病原体の *Trichoderma harzianum*（トリコデルマ・ハルチアナム）は、夏場の気温が高い沖縄県、群馬県で分離頻度が高く、夏場も気温があまり上がらない岩手県、北海道で分離頻度が低くなっている。しかし、夏場の気温が高くない長野県での分離頻度が比較的高くなっており、温度環境とこの病原菌による被害との関連は明瞭にはなっていない。[11013)]

また、宮崎県の生産現場でのヒポクレア属病原菌によるシイタケの被害発生率は、2012 年が 2～3 割、2013 年が 4 割であったが、夏場（6～9 月）の平均気温は 2013 年の方が 1℃高く、真夏日の日数も多かったことから、夏場の高温がヒポクレア属菌による被害を大きくしている可能性がある。[42509)] ただし、データの蓄積が十分でなく、温暖化によるシイタケの病害の発生拡大について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。

(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。

夏場に 32℃、15 日間の高温処理を行うと接種 2 年目のシイタケ子実体(きのこの本体の部分)の発生量の顕著な減少が見られた。[42509] シイタケの原木栽培において、夏場の気温と病害菌の発生 [11013]あるいは子実体発生量の減少 [42509]との関連が指摘されているが、その根拠は必ずしも明らかではない。しかし、その指摘が正しければ、温暖化によるシイタケ原木栽培の生産量の低下が懸念される。

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。[42510,42511] また、冬場の気温上昇によるシイタケ原木栽培への影響については、データの蓄積が十分でなく、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。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

- 重大性：【評価】特に大きい
  【観点】社会／経済／環境

  栽培キノコ類の生産額は林業産出額の半数にも及ぶ。栽培キノコの主たるシイタケ原木栽培への影響については、影響があればその影響の範囲は全国に及ぶ。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のへの影響、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

  気候変動との関連は明らかでないものの、すで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】低い

  研究・報告の数が少なく、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。

【水産業】

（１）回遊性魚介類（魚類等の生態）

(現在の状況の概要情報)

収集文献は 3 件。

文献	地域	現在の状況
01001	日本海	日本海の水温上昇は、漁業資源へも影響を与えている。サワラは、体長 1m に達するサバ科の暖海性種で、主に東シナ海や瀬戸内海で漁獲されてきた。ところが、日本海の夏～秋季の水温が上昇した 1990 年代後半以降は、日本海での漁獲量が急増し、2006 年以降では、若狭湾沿岸域の京都府または福井県の漁獲量が日本で最も多くなっている。一方、スルメイカ（秋季発生系群）は、資源水準が高水準を維持しているものの、日本海の水温上昇による分布の北偏化とともに、水温の高い夏～秋季に本州沿岸域では漁場が形成されにくくなった。その結果、夏～秋季の本州日本海沿岸域では、1990 年代後半以降、漁獲量が大きく減少（95%以上）した地域も見られる。
12201	北太平洋	*【太平洋の 10 年スケール振動（PDO）によってさけ類、いわし類をはじめとする漁業資源は大きく変化する。北西太平洋では、PDO が正の値（日本周辺海域が低い時期）には水温が低下し、マイワシの増加、スルメイカの減少が見られている。】*
12202	世界中の各地域	*【MTC（漁獲物の中心生息温度）を指標として各地で漁獲される冷水性種と暖水性種の組成の変化を調べた。その結果、過去 40 年間において、世界の各地で MTC が上昇 (0.19℃／10 年間）していた。このことは温度上昇によって漁獲物中に示す亜熱帯性種（温帯域）または熱帯性種（亜熱帯域）が増加したことを示している。また、熱帯域では漁獲量の減少も示唆され、この海域での社会経済的な影響への対応が必要であると指摘している。】*

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献は 11 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
03001	IPCC AR5 WG2 SPM における各分野のリスクに関する記述。	21 世紀半ばまでとそれ以降	世界	21 世紀半ばまでとそれ以降について予測されている気候変動により、海洋生物種の世界規模の分布の変化や、影響されやすい海域における生物多様性の低減が漁業生産性やその他の生態系サービスの持続的供給にとって課題となるだろうとも指摘されている。
11008	A2 シナリオを使用した AOGCM から得られた海水面温度のデータを NEMURO.FISH（低次生態系・モデル：に基づく魚類の成長・モデル：）に適用。 ・モデル：AOGCM ・シナリオ：SRES A2	2050 年 2099 年	日本周辺（太平洋）	（サンマ） 餌料プランクトンの減少により、2050 年で、2010 年と比較して、サンマの体重が 10g（体長 1cm）減少する。一方、回遊範囲も変化し、産卵回遊が遅れ、産卵期にはより北の海域で過ごす期間が長くなることから、餌条件が良くなり、産卵量が現在より増加する。
11009	COCO.NEMURO を用いて、マイワシの回遊・モデル：を駆動し、温暖化応答メカニズムの解析を実施。 ・モデル： COCO-NEMURO（中規模渦解像度海洋生態系モデル ・シナリオ：大気中二酸化炭素濃度 2 倍（70～80 年目）の状態のシナリオ	二酸化炭素濃度年 1%増加の条件下での炭素濃度 2 倍（70～80 年目）の状態。	日本周辺の亜寒帯・亜熱帯海域	（マイワシ） 温暖化影響下では、マイワシは餌料不足を、緯度で 1～2° 程度北に移動することによって補うことに加え、産卵場も北に移動することで再生産への悪影響を補償すると予測。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
11010	（ブリ） 10 月における水深 100m、水温 7℃の範囲を生物生産構造が異なる指標として、ブリの品質に与える影響を予測。 ・モデル：MIROC3, RIAMOM（日本海渦解像海洋大循環モデル） ・シナリオ：SRES A1B （スルメイカ） 水温と分布密度の関係を調査船調査結果から整理し、水温の変化をもとに日本海におけるスルメイカの分布域の変化を予測 ・モデル：MIROC3, RIAMOM（日本海渦解像海洋大循環モデル） ・シナリオ：SRES A1B	2025 年 2050 年 2075 年 2100 年	日本海	（ブリ） 10 月の水深 100m、水温 7℃以上の範囲を予測した結果、2025 年までは面積がほとんど変化しないが、それ以降は拡大し、2100 年には日本海のほぼ全域に拡大すると予測。これにより、栄養段階の高い（脂質含量が低い）ブリの分布範囲の拡大を示唆。佐渡や富山の既存産地では品質が低下することを懸念。 （スルメイカ） 2050 年には本州北部沿岸域、2100 年には北海道沿岸域でスルメイカの分布密度が低い海域が拡大する。日本沿岸域ばかりでなく、亜寒帯冷水域にあたる日本海の中央部でもスルメイカの分布密度が夏季に低下する。
11012	生息水温等の範囲を既往知見から求め、短期、中期、長期の水温予測を記した地図上に当てはめ、生息域・生産適地の変化をみた。 ・モデル：使用していない。（30 年後に 1.0℃、50 年後に 1.5℃、100 年後に 3.0℃の海水温上昇を想定）	30 年後 50 年後 100 年後	全国	（サンマ等多獲性浮魚類） 海水温の上昇によってサンマをはじめとする多獲性浮魚類の分布・漁場が北上する。 （スケトウダラ） スケトウダラやズワイガニなど底魚類については、水深 100m 以深の水温上昇は僅かなため、影響は現れない。
12039	気象・海洋条件が北海道のシロザケへ与える影響に関するレビュー（自著の将来影響予測に関する論文含む）	2050 年 2095 年	北海道	（シロザケ） シロザケの(1)環境収容力と分布域の減少、(2)強い密度依存効果の発生、(3)オホーツク海への回遊ルートの消失（特に北海道）
12041	生物エネルギー・モデル：を用いて、水温がシロザケの生残率に与える影響を検討している研究 ・シナリオ: IS92a （SRES A2 に相当） ・モデル：CCSR/NIES	2050 年 2095 年	北海道	（シロザケ） 北太平洋東部海域における生息域が顕著に減少する。夏季のシロザケの分布域が北方へ移動する。 北海道系シロザケのオホーツク海への回遊ルートが 2050 年までに消失する可能性がある。シロザケの環境収容力は、2050 年までに顕著に減少し、密度効果が強くなる。
12042	温暖化による餌料環境の変化、およびスルメイカの説示率・代謝率の変化を元に温暖化がスルメイカの成長に与える影響を予測。 ・モデル：Hashioka and Yamanaka（2007）によるシミュレーション結果を使用（CCSR/NIES） ・シナリオ：IS92a	記載なし	日本海	（スルメイカ） 日本海の沿岸域および沖合域ともスルメイカの大きさが小さくなる。
12043	（シロザケ・スケトウダラ） 地球温暖化による海洋生態系への変化を包括的にレビューした論文。50 年	2050 年 2099 年	全国	（シロザケ） オホーツク海、ベーリング海における分布域減少、アラスカ湾におけるアメリカ系シロザケとの間の競争性の顕著化。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	後に海面水温が日本周辺でおよそ 2℃上昇、100 年後にはおよそ 4℃上昇との予測のもとでの海洋生態系への温暖化の影響を検討 ・モデル：地球フロンティア研究センター（河宮ら、2007）の予測データを使用。 ・シナリオ：SRES A1B （スルメイカ） 飼育実験によるスルメイカの成熟・産卵適水温および幼生の生残条件（水温）の知見を用いて、地球温暖化によるスルメイカの産卵期・産卵場の変化を予測 ・モデル：地球フロンティア研究センター（河宮ら、2007）の予測データを使用。 ・シナリオ：SRES A1B	2050 年 2100 年	日本近海	（スケトウダラ） すでに減少傾向にある三陸沖、ならびに日本海北部では 2050 年には資源が激減する。そして 2100 年には北海道太平洋ならびにオホーツク海側の資源以外は絶滅する可能性が高いことが予想される。 （スルメイカ） スルメイカの主産卵期は、現在 10 月から 2 月であるが、2050 年には 11 月から 4 月まで、2100 年には 12 月から 5 月までとなることが予想される。いずれは、秋生まれから春生まれの区別がなくなり産卵場が東シナ海に限られるようになると推察。
13008	・モデル：MIROC 3.2 ・シナリオ：産業化以前の状態と比べて CO_2 濃度が 1%/年増加する（SRES A1B に類似）	2046～2055 年, 2076～2086 年	北太平洋西部	（マイワシ） マイワシが、海面温度が上昇することへの応答として、北方へ移動することが予測されている。
13009	海水温とブリ漁獲量の相関分析より、将来のブリ漁獲量を推計した研究。 ・モデル：MIROC3.2 ・シナリオ：SRES A1B	2025 年 2050 年 2100 年	日本海	（ブリ） 将来の地球温暖化により、冬季のブリの分布域の北への拡大、越冬域の変化がおこり、南方の回遊経路、産卵場にも影響を与えると推測されている。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】 内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会：*【地域社会機能の低下】* 経済：*【経済的損失】【地域的雇用機会の消失】* 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状：既に様々な魚種で漁獲量の増減等の影響が発現している 将来：2025 年、30 年後、50 年後、100 年後までの予測例がある。
	適応の着手等が必要な時期	既に影響が発現している
確信度	研究・報告の量	14 件 現在の状況：3 件（01001, 12201, 12202） 将来予測される影響：11 件（03001, 11008, 11009, 11010, 11012, 12039, 12041, 12042, 12043, 13008, 13009）
	研究・報告の種類	生態系モデル・分布回遊モデルに基づく温暖化影響評価（6 件：11008, 11009, 12039. 12041, 12042, 13008） 生物学的知見と水温予測結果を基にした推察（3 件：11010, 11012,

評価の視点等		文献から得られた情報
		13009) 予測方法も含めたレビュー論文（1 件：12043） レビュー文献（1 件：03001）
	研究・報告の整合性	サケ類 3 件（12039, 12041, 12043）（3 件とも分布域減少） スケトウダラ 2 件（11012, 12043）（影響評価が異なる） ブリ 2 件（11010, 13009）（既存産地での品質低下 1 件、分布域の北方への拡大 1 件） サンマ 2 件（11008, 11012） マイワシ 2 件（11009, 13008）（2 件とも分布域が北方への移動） スルメイカ 3 件（11010, 12042, 12043）（分布密度の低下 1 件、サイズの低下 1 件、産卵期の変化 1 件）
適応の可能性		記載なし
他の分野・項目との関係		記載なし

(現在の状況)

〔概　要〕

- 海水温の変化に伴う海洋生物の分布域の変化が世界中で報告されている。
- 日本周辺域の回遊性魚介類においても、高水温が要因とされる分布・回遊域の変化が日本海を中心にブリ、サワラ、スルメイカで報告され、漁獲量が減少した地域もある。

回遊性魚介類は適水温域を回遊する特性がある。そのため、海水温の上昇によって分布回遊域が変化すると、地域によって漁獲量が増減することになる。

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、それに伴う漁獲量の変化も報告されている。[12202)] 日本周辺域の回遊性魚介類においても、高水温が要因とされる分布・回遊域の変化が日本海を中心にブリ、サワラ、スルメイカで報告され、漁獲量が減少した地域もある。[01001)] ただし、海洋生態系は、地球温暖化による影響の他、10～数十年スケールの周期的な海水温の変化による影響もあり[12201)]、温暖化の影響のみを分離するのは難しい。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 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。
  - シロザケは、IS92a シナリオ[33]の場合、日本周辺での生息域が減少し、オホーツク海でも 2050 年頃に適水温海域が消失する可能性が指摘されている。
  - 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。
  - スルメイカは、A1B シナリオ[33]の場合、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。

33 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。

- 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。
- 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。

● 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。

IPCC 第 5 次評価報告書では、21 世紀半ばまでとそれ以降について予測されている気候変動により、海洋生物種の世界規模の分布の変化や、影響されやすい海域における生物多様性の低減が漁業生産性やその他の生態系サービスの持続的供給にとって課題となるだろうと指摘されている。[03001)]

日本近海においても、シロザケ、ブリ、スルメイカ、サンマおよびマイワシ等、漁獲量の多い種を対象に温暖化に関した影響予測が行われている。シロザケでは IS92a シナリオを前提とした CCSR/NIES による予測情報を用いた場合、日本周辺での生息域が減少し、オホーツク海でも 2050 年頃に適水温海域が消失する可能性が指摘されている。[12039,12041,12043)] 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 [13009)] 他、既存産地における品質低下が危惧されている。[11010)] スルメイカは A1B シナリオを前提とした MIROC3 モデルによる予測情報の場合、2050 年には本州北部沿岸域で、2100 年には北海道沿岸域でスルメイカの分布密度が低い海域が拡大すること [11010)] が予測されている。加えて、日本海におけるサイズの低下 [12042)]、産卵期の変化 [12043)] も予測されている。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。[11008)] 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。[11009,13008)]

以上の様に、回遊性魚介類については、分布回遊範囲および体サイズの変化に関する影響予測が数多く報告されている。しかし、漁獲量の変化およ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。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

● 重大性：【評価】特に大きい

【観点】社会／経済

影響の範囲は全国に及ぶ。漁獲量の増減、分布域及び漁場の変化等は魚種によって異なる。主要水揚港がある地域では、漁獲量の増減による影響が特に大きくなることが懸念される。

● 緊急性：【評価】高い

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いる。

● 確信度：【評価】中程度

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。IPCC の報告では東シナ海～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。ただし、資源量や漁獲量の予測結果は、様々な要因が関係するため、確信度が低いと判断される。

（２）増養殖等

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 15 件。

文献	地域	現在の状況
12113	長崎県小値賀島	【(藻食性魚類) 藻食性魚類（ノトイスズミなど）の摂食行動の活発化と分布域の拡大により藻場が減少し、藻類を餌として利用するアワビの漁獲量の減少が報告されている。】
12116	瀬戸内海、相模湾油壺、沖縄県国頭郡塩屋湾、徳島県、香川県津田町	【(熱帯性有毒プランクトンによる貝類の毒化) 1990 年代後半以降、瀬戸内海でカキなどを毒化する熱帯性有毒プランクトン（渦鞭毛藻：Alexandrium tamiyavanichi アレキサンドリウム タミヤバニッチ）の出現が確認されるようになった。瀬戸内海では、ほぼ毎年、本種の出現が確認されている。 （南方系エイ類ナルトビエイの西日本への分布拡大） アサリなどの二枚貝を大量捕食するナルトビエイが、近年、有明海や瀬戸内海などに大量に来遊しており、さらに伊勢湾や三河湾でも捕獲されるようになった。近年の海水温上昇との関係が疑われている。】
12122	鹿児島湾	【(藻類) 鹿児島湾の藻場では、暖海性藻類の増加が認められ、温帯性藻類の衰退が危惧されている。】
12124	関東、東海、有明海	【・関東・・・秋季の水温下降速度の鈍化が認められ、生産開始時期の遅れによる生産量の減少が懸念されている。 ・東海・・・10 月の水温上昇が著しく、漁期の短縮とそれに伴う年間生産量の減少が懸念されている。 ・有明海・・・ノリ養殖における採苗時期（10 月）の水温上昇が年間生産量に大きな影響を及ぼしている。】
12126	日本の南西沿岸部（特に九州）	【(イセエビ) 藻食性魚類（ノトイスズミなど）の摂食行動の活発化と分布域の拡大により藻場が減少し、イセエビの漁獲量の減少が報告されている。】
12156	瀬戸内海	【(赤潮) シャットネラ赤潮の発生が高水温化に伴い、1990 年代後半以降に約一ヶ月早く発生するようになった。】
12157	西日本	【(赤潮) Karenia mikimotoi（カレニア ミキモトイ）と Heterocapsa circularisquama（ヘテロカプサ サーキュラリスカーマ）による赤潮の発生が、近年、頻発化している原因は、冬期水温の上昇によると考察。】
12203	瀬戸内海	【・(南方系エイ類) ナルトビエイは、近年、瀬戸内海に大量に来遊し、アサリを大量に食害するため、アサリ資源の再生を妨げる一因となりうる存在と考えられる。ただし、本種は、アサリ資源が枯渇状態に陥った数年後に大量来遊が確認されるようなったため、アサリ資源の枯渇を引き起こした主要因ではないと考えられる。 ・(チダイ) 本種は低水温に弱く瀬戸内海での漁獲は少なかった（数～40 トン）が、近年、漁獲量が急増し（40～190 トン）、さらに漁獲される海域が拡大している。】
12204	（実験）	【(海洋酸性化) 実験結果を基に貝類や淡水魚への酸性化の影響が報告されている。しかし、海産魚での報告数は少ない。】
12205	長崎県五島列島	【(ハタ類) 近年、九州北部で産卵しない南方性ハタ科魚類の水揚げ量が数倍以上に増加。特にアカハタは 2008 年に比較し、2013 年は 10 倍以上に増加。高水温化と南方から移送される卵あるいは仔稚魚の生残率・定着率の上昇との関係が考えられる。】
12206	長崎県野母崎沿岸	【(魚類相) 1973 年に採集された魚種に比較して、2006 年から 2008 年にかけての調査で新たに確認された 19 種のうち、17 種は南方系種だった。また、採集された全魚種数のうち、温帯系種と広域分布種の割合が減少した（それぞれ 34.8%→28.7%、15.3→8.3%）のに対し、南方系種の増加（50.0%→63.0%）が認められた。】

文献	地域	現在の状況
12207	筑前海（北九州）	【(魚類相) 2004 年を現在として、10 年前、50 年前の魚類相を比較。南方系種の割合は、それぞれ 49.78%、38.93%、27.38%であり、現在では南方系種が 2 倍近くに増加していることを示した。】
12208	京都府舞鶴（若狭湾）	【(魚類相) 出現魚種数を 2002～2006 年と 1970～1972 年の間で比較し、南方系種の増加と北方系種の減少を報告。冬期水温の上昇に関係すると考察。】
12209	鹿児島県鹿児島湾・青森県大間崎	【・(カジメ科藻類) 鹿児島県が群落の南限だったが、2011 年から 10 年間確認されていない。南限群落が消失し、分布域が北上化したと考えられる。 ・(コンブ漁場) 青森県大間崎では、冬期水温の高温化に影響されやすいマコンブの生産量が減少し、本州日本海側中部に分布中心を示し 1980 年以前に確認されなかったツルアラメの群落が拡大傾向にある。】
82002	広島県	（かき） 高水温かつ少雨傾向の年に斃死率が高い傾向が認められる。 （暖海性エイ類ナルトビエイ） 本種は、近年、大量に来遊し、アサリを大量に食害するため、アサリ資源の再生を妨げる一因となりうる存在と考えられる。ただし、本種は、アサリ資源が枯渇状態に陥った数年後に大量来遊が確認されるようなったため、アサリ資源の枯渇を引き起こした主要因ではないと考えられる。

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献 14 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
03001	IPCC AR5 WG2 SPM における各分野のリスクに関する記述。	2030～2040 年 2080～2100 年	世界	酸性化による影響は現状ではほとんど観察されていない。しかし、実験室レベルでは影響が報告され、長期的には高い確度での影響が指摘されている。
11012	魚などが生息できる水温の範囲を文献や資料などの既往知見から求め、短期、中期、長期の水温予測を記した地図上に当てはめ、生息域の変化をみた（30 年後に 1.0℃、50 年後に 1.5℃、100 年後に 3.0℃の海水温上昇を想定）。	30 年後 50 年度 100 年後	全国	【(主要魚介類) 海水温の上昇によって藻場の種組成が変化し、アワビ等の磯根資源に大きな影響を与える。】
12045	気温、塩分濃度、およびそれらの相互作用が日本の渦鞭毛藻に与える影響を実験により評価した論文。	なし	本邦沿岸域	【(シガテラ) 現在沖縄にて優占している毒性の高い種が、25℃の高温条件下にて活発に増殖するため、地球温暖化により本州沿岸域の水温が上昇すると、本州においてもシガテラ発生のリスクが高まると推察される。】
12111	飼育実験によってマダイ養殖への高水温化の影響を調査。	なし	西日本	【(マダイ) 高水温化により成長や飼料転換効率が鈍化するほか、行動の活発化による個体間干渉による傷つきが起こり、商品価値が低下し、さらに感染症発症リスクが上昇する。】

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
12116	ブリやヒラメ等の養殖適地の変化を水温上昇の程度毎に予測し、地図上に当てはめた。1.0℃、1.4℃、2.9℃の海水温上昇を想定。	なし	主に西日本	【(養殖魚) 多くの養殖魚種の養殖適海域が北上し、高温化により養殖不可になる海域が増加。ただし、養殖適地として必要な地形条件（内湾など）などを考慮せずに水温のみでの予測。】
12120	飼育実験によりブリへの高水温の影響や成長と温度の関係を調査。	なし	西日本	【(ブリ) 31 度で致死、14 度以下で成長停止。22～29 度が成育適温であるため、この温度範囲内で育成されることが重要。】
12121	地球温暖化による影響が著しいとされる伊勢湾におけるイカナゴの水温の影響を解析した論文。	なし	伊勢湾	【(イカナゴ) ふ化後1～2ヶ月に水温が高い年は加入量が減少する傾向が認められる。仔魚期の高水温はイカナゴ漁業に悪影響を及ぼすと推察される。】
12122	鹿児島湾における藻場の構成種調査から、今後のアマモ場の衰退に言及。	なし	鹿児島湾	【(藻場) 1978 年にガラモ場で温帯性藻類が卓越していたが、2006 年で温帯や暖温帯, 亜熱帯性種の混成に変化している。アマモ場では、2006 年も温帯性藻類のみだったが、アマモの南限であることから今後の衰退が危惧される。 】
12135	自治体の水産資源養殖への取組を紹介したホームページ記事。	なし	千葉県	【(高温耐性ノリ) 秋季の水温低下が遅くなっていることを示すと共に、高水温でも従来品種よりも高成長を示す品種の作出に千葉県が成功。全国的な実用化には、千葉県に対する留意が必要。】
12155	過去 30 年間の水温上昇に伴う温帯性藻類から熱帯性藻類への遷移と亜熱帯海域での状況を合わせて、今後の藻場構成種と魚類相への影響を考察。	なし	高知県（土佐湾）	【(藻場) 水温が上昇し続けると、ガラモ場は亜熱帯から熱帯の種類に置き換わる。また、春のみ藻場が形成される春藻場へ移行する。その結果、魚類相が変化する可能性がある。ブリの稚魚（モジャコ）が利用する流れ藻の量への影響も懸念される。】
12156	近年の水温上昇傾向から今後の赤潮発生頻度などの可能性を予測。	なし	瀬戸内海	【(赤潮) 高水温化により、赤潮発生が早期化、頻発化、高緯度化する可能性を示唆。また、南方性赤潮生物の越冬による南方性赤潮の頻発化も考えられる。】
12157	南方性赤潮生物 *Heterocapsa circularisquama* の増殖特性から、近年の本種による赤潮発生要因を考察。	なし	瀬戸内海	【(赤潮) 近年、頻発するようになった *Heterocapsa circularisquama* による赤潮は、冬季の水温上昇が一要因と考察。冬季最低水温が10 度以下になるかどうかが発生の有無に重要。】
12210	湖沼における水温上昇がワカサギ資源に与える影響を予測	なし	諏訪湖	【(ワカサギ) 高水温化すると、ふ化の早期化、仔魚の絶食耐性低下、ふ化期と餌料プランクトンの増殖期との不整合などによりワカサギ資源が減少すると予測。】
12211	マダイ養殖の高水温化克服を検討	なし	西日本	【(マダイ) 高水温化による養殖漁場の北上化は、魚類養殖が内湾構造を必要とするため困難であることを記述。】

(重大性・緊急性・確信度等の情報)

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	既に影響が発現している
	影響の不可逆性	*【資源が激減あるいは消失するならば資源の再生は非常に困難である。】*
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会：*【地域社会の機能の低下】* 経済：*【経済的損失、地域雇用機会の消失】* 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状：既に様々な魚種で漁獲量の増減等の影響が発現している 将来：2025 年、30 年後、50 年後、100 年後までの予測例がある。
	適応の着手等が必要な時期	既に影響が発現している
確信度	研究・報告の量	26 件 現在の状況 : 15 件（12113, 12116, 12122, 12124, 12126,12156, 12157, 12203, 12204, 12205, 12206, 12207, 12208, 12209, 82002） 将来予測される影響：14 件（03001, 11012, 12045, 12111, 12116, 12120, 12121, 12122, 12135, 12155, 12156, 12157, 12210, 12211）
	研究・報告の種類	生物学的知見・実験結果と水温予測結果を基にした推察と、漁業現場における観測
	研究・報告の整合性	分布・種組成の変化 9 件、加入量の減少を示唆 1 件
適応の可能性		*【一部の種で対応中、他は今後の研究開発に依存】*
他の分野・項目との関係		記載なし

(現在の状況)

〔概　要〕

- 各地で南方系魚種数の増加や北方系魚種数の減少などが報告されている。
- 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。
- 藻食性魚類による藻場減少で、イセエビやアワビの漁獲量が減少したことが報告されている。

海水温の上昇によると考えられる、漁獲量や生産量、生息範囲の変化などが各地で報告されている。九州では、南方系種の漁獲量[12205)]や採取魚種数[12206, 12207)]の増加が認められる。若狭湾では南方系魚種の増加と北方系魚種の減少が認められている。[12208)] 瀬戸内海では低水温耐性が低い魚種の漁獲量の増加が著しい。[12203)] 青森県では、高水温によるホタテ貝の大量へい死[34]、広島県では水温上昇と降水量減少によるカキのへい死率の上昇が報告されている。[82002)]

海藻については、九州においてカジメ科藻類の分布南限の北上化が認められる。[12209)] 鹿児島湾の藻場では、暖海性藻類の種数増加が認められ、温帯性種の衰退が危惧されている。[12122)]

34 へい死：動物が死ぬこと

養殖ノリ類では、秋季の高水温により種付け開始時期が遅れ、収穫量が各地で減少している。[12124, 12125)]

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[12156,12157)]による真珠貝(アコヤガイ)の大量へい死[12157)]や熱帯性有毒プランクトンによる貝類の毒化[12116)]が報告されている。また、藻食性魚類(ノトイスズミなど)の摂食行動の活発化と分布域の拡大により藻場が減少し、イセエビ[12126)]やアワビ[12113)]の漁獲量減少が報告されている。さらに、南方系エイ(ナルトビエイ)の瀬戸内海への分布拡大[12116)]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能性[82002)]が報告されている。

なお、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結果に基づいてに予測されている。[03001, 12204)]しかし、二酸化炭素の人為的排出に由来する海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。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 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。
- 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。
- 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。
- 内水面では、湖沼におけるワカサギの高水温による漁獲量減少が予想されている。
- 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。

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、多くの漁獲対象種の分布域が北上すると予測されている。[11012)]また、海水温の上昇によって藻場の種構成や現存量が変化するため、アワビ等の磯根資源への影響も予想されている。[11012)]その他、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も懸念されている。[12045)]

ブリ養殖では、飼育実験による成長と温度の関係[12120)]から高水温による夏季のへい死の懸念と同時に、秋冬季の成長促進が期待される。マダイ養殖では、高水温化による成長鈍化、感染症発症リスクの上昇が飼育実験で示されている。[12111)]また、養殖産地については、ブリ[12116)]、トラフグ[11012)]、ヒラメ[11012,12116)]の産地が北上化し、不適になる海域が出ることが予測されている。特に中部以北には、養殖に適した地形(内湾構造をとり適度な深度がある海域)が少ないため、養殖産地が北上化すると狭域化が懸念される。[12211)]イカナゴでは、高水温時に加入量が減少する傾向が報告されており[12121)]、食用と共に養殖用餌料の確保が懸念される。内水面では、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。[12210)] 他に、高水温化により赤潮発生の頻度が増加し[12156,12157)] 二枚貝等のへい死リスクの上昇も懸念される。

なお、海洋酸性化による海洋生物への影響は実験室レベルで報告されており、今後、貝類養殖業等への影響が懸念されている。[03001)] しかし、二酸化炭素の人為的排出に由来する海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。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい
  【観点】社会／経済

  影響は日本全国に及んでいる。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。
- 緊急性：【評価】高い

  既に、高水温による影響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

  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。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る研究例はない。

３.２ 水環境・水資源

【水環境】

（１）湖沼・ダム湖

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 4 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの

文献	地域	現在の状況
01001	全国	全国の公共用水域（河川・湖沼・海域）の過去約 30 年間（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 3,244 地点（72%）、冬季は 3,654 地点（82%）で水温の上昇傾向が認められた。*【河川・湖沼・海域の各水域で水温上昇が確認された】*水温変化は、様々な自然的・人為的要因が関係するが、気温変化もその一因であると考えられる。
		水温の上昇に伴う水質の変化も指摘されている。例えば、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があることが報告されており、水環境や水資源に悪影響を及ぼすと考えられる。
21001	全国	分析対象地点（4,477 地点）について、最近隣のアメダス気象観測地点（全国 157 地点）の夏季・冬季の 30 年間の気温変化を分析し、気温変化と水温変化の関係について整理した。また、河川における水温変化と人口密度、市街化率の関係を整理した。【その結果、】水温と気温、水温と人口密度、市街化率とも明確な相関関係は見られなかった。水温変化は、気温影響のみならず、流量の増減や温排水の流入、都市排熱等の他の要因の影響を受けるため、その影響度合いは地点により異なることから、特定の要因との相関関係が見られなかったと考えられる。
22001	霞ヶ浦	気温 1℃上昇の場合、水温は約 0.75～0.96℃上がること、COD、SS 等の変化は流入河川河口近傍のほうが、電気伝達度では湖心のほうが大きいことなどがわかる。
72084	全国	水環境・水資源への影響は、まず直接的には、河川水、湖沼・ダム湖、地下水等の水源ごとに、その水量、水温、水質の変化として現れる。この変化が、自然生態系のシステム、および社会の利水システムと水需要構造に影響を与える。気候変動による影響であるかどうか現時点では明確に判断することは難しいが、異常な気象の頻度あるいは降雨・降雪の変動傾向などの変化が記録されており、気候変動が進行すればさらにその変化が増幅される恐れもある。
		水環境・水資源分野において表れる渇水、水温上昇、水質悪化等の事象は、現時点において必ずしも気候変動の影響と断定できるわけではない。しかし、将来、気候変動が進行すれば、これらの事象が頻発する可能性があり、それによって甚大な被害が及ぶことも憂慮されている。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 12 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
21001	MRI-AGCM3.2S のデータのうち、現在気候（1979～2003 年）のモデル値とアメダスとの比較により、気候モデルの近未来気候および将来気候データにバイアス補正を適用。近未来気候との差/比の検討を行い、結果の気候データを入力条件として琵琶湖流域水物質循環モデルにより解析。 モデル：MRI-AGCM3.2S シナリオ：SRES A1B	2030～2039 年	琵琶湖	10 ヵ年平均表層水温を現在気候（1994～2003 年）と近未来気候（2030～2039 年）を比較すると、今津沖中央地点では 15.3℃から 16.6℃（16.3～17℃）まで上昇し、南比良沖中央地点では 15.2℃から 16.4℃（16.1～16.8℃）まで 1.2℃（0.9～1.6℃）上昇する。 今津沖中央地点では、現在気候の 10 年間はいずれの年も冬期全循環が生じるが、近未来気候条件下では、2034～2036 年の 3 年間において、冬季に表層～中層の水温が十分に低下しないことにより、鉛直方向の水温が一様にならない状態が継続する。鉛直方向の水温が一様にならない期間では、下層 DO が徐々に減少し、約 1 年後には低い水準まで低下する。また下層の無酸素層の発達に

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
				伴い、全リン、特にリン酸態リンの低層濃度が増加する。
21002	社会資本整備審議会「水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について（答申）」における定性的記述。	記載なし	記載なし	水質への影響は、流況との関係もあり、予想することは難しい面もあるが、水温の上昇や溶存酸素（DO）消費を伴った微生物による分解反応が進むことにより、溶存酸素濃度の低下による水質の悪化が懸念される。湖沼や貯水池においては、気温・水温の上昇により湖沼等内部での温度成層や植物プランクトンの活動が影響を受ける等、河川以上に厳しい水質変化が予想される。水質の変化によっても生物への影響は考えられる。 気候変化による生態系や水・物質循環系への影響は、現段階において知見やデータも少なく、予測するのは難しい。
21003	琵琶湖研究所らによる2002年の現地観測結果を2002年の気象データ（AMeDAS）を元に再現を試み、琵琶湖全域の温暖化予測を実施。 モデル：MRI-AGCM3.2S シナリオ：SRES A1B	2099年	琵琶湖	現在と比較して将来では、琵琶湖において12月のDO濃度の低下が予測されている。
22001	過去17年間の水質データを用い、流域変化の影響を考慮するために流入河川水質を介在させ、気象の湖沼水質への直接影響と流入河川水質を介した間接影響を推測。年平均値の変化による影響を解析。	記載なし	霞ヶ浦	浅い富栄養湖である霞ヶ浦を対象に降水量が1mm/y増加した場合のTN濃度変化を予測。直接影響としては、降雨量増加による湖内滞留時間の減少、あるいは日照時間の減少により生物に取り込まれ沈殿する割合が減少してTN（全窒素）濃度が上昇する。 気温1℃の上昇に対し、水温は約0.75～0.96℃上昇（現況）
22002	予測計算の際に用いたGCMの出力結果は、MIROC 3.2-hiresの気温と日射量の月別データ。LARS-WGを用いて統計的ダウンスケーリングを行い、日データへの変換。鉛直一次元モデルにより湖内水温への影響を解析。 モデル：MIROC3.2-hires シナリオ：SRES A1B	1980～1999年 2046～2065年 2080～2099年	国内37の多目的ダム	全国的に年平均の表層Chl-a（クロロフィルa）濃度は増加している。1980～1999年では10ダムが富栄養湖に分類されるが、2080～2099年では21ダムまで増加している。 貯水池を東日本にある19と西日本にある18に分類して考察すると、東日本では、富栄養湖に分類されるダムは、1980～1999年では3ダムであるが、2080～2099年では10ダムまで増加しており、西日本の増加数（同7から11）より多い。
22003	水環境改善効果（地域的データに基づく負荷削減量算定、生態系モデル、CVMを適用したアンケート調査と連携）と副次的CO2による地球環境への影響（LCAのインベントリ分析による排出量算定と損害費用の推定結果を用いた経済的評価）の統合的評価。	記載なし	諏訪湖	*【水環境改善のための】*非特定汚染源対策を含む4対策の様々な組み合わせについて経済的評価を行った結果、下水道整備完遂と施肥方法転換を組み合わせた場合の環境改善効果が最大となった。評価対象の対策はいずれも単独で水環境改善効果が、地球温暖化の影響を大きく上回った。
22007	気候変動の水環境・水資源分野における影響について既往文献のレビューを行った報告書の記述（それぞれの記述には元文献がある）	記載なし	記載なし	影響5：気温上昇にともなう河川水温の上昇と降水量減少や降雨パターンの変化に伴う河川流量の減少が相まって湖沼・ダム湖の水質悪化

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
22008	定性的な記述	記載なし	記載なし	夏季の温度成層の形成期間が長期化すると考えられる。また、夏季には浅水層の水温が上昇するため、アオコで代表される植物性プランクトンの増殖速度が大きくなる。光合成の働きにより浅水層の溶存酸素濃度はむしろ上昇するが、その反面深水層では植物プランクトンの遺骸の増加と温度上昇によって、魚類などの生物にとっては望ましくない無酸素の環境が形成されやすくなる。
22009	定性的な記述。	記載なし	記載なし	気温の上昇は、閉鎖性水域の水温上昇を惹起することにより、閉鎖性水域における植物プランクトンの増殖速度の増加、底泥からの栄養塩溶出速度の増加に伴う水質の悪化が懸念される。
22013	定性的な記述	100 年後（既往文献からの引用、基準年は記載なし）	利根川流域	水質面では、貯水池や河川において藻類の増加による異臭味の発生があり、今後も増加していくことが予想される。
22032	気候予測モデルを用いて現在気候(2001～2010年)と将来気候（2061～2070年）を求め、それぞれにおける降水量をもとに流出モデル（YHyM/BTOPMC）を用いて浦山ダムにおける流入量を算定した。水質の予測には、本研究で構築した水質予測モデルを用いた。現在気候及び将来気候は WRF によりダウンスケーリングされている。 ・モデル：GFDL-CM3, WRF ・シナリオ：RCP4.5	2061～2070 年	浦山ダム	・現在、ダムに流入する 9 年間の総土砂量は約 105 千 m3、将来は約 443 千 m3 となった。 ・現在と将来における気象データは WRF、ダムへの流入量は YHyM/BTOPMC を適用して得られた結果にバイアス補正を行った結果、気温は将来に現在より平均 2.9℃上昇し、ダムへの流入量は 0.4m3/s 増加した。さらに、ダム湖内は将来に気温上昇とともに特に表水層の水温が上昇し、水温躍層位置も低下することが予測された。また、流入量の増加による SS の増加が予測されたが、水温上昇と出水頻度の増加により平均 Chl.a は減少することが予測された。
22033	1）領域気象モデルWRFによりダウンスケールされた長期間の将来予測情報を作成し、2)その結果の降水量データを用いて荒川流域の流出予測により浦山ダムへの流入量を算定し、3)予測された気象データと流量データをバイアス補正した上で、濁度や植物プランクトンの指標であるSSやChl。aを含む浦山ダムの水質予測を行い、ダム湖内と下流河川における水質変化を検討した。 ・モデル：GDFL-CM3, WRF ・シナリオ：RCP4.5	2061～2070 年	浦山ダム	WRF によりダウンスケールされた気象予測にバイアス補正を行った結果、9 年間の将来平均気温は現在平均気温より 2.9℃上昇し、また、ダウンスケール結果に【*流出モデル*】YHyM/BTOPMC を適用して得られた浦山ダムへの流入量のバイアス補正結果は現在より 0.4m3/s 程度増加することが予測された。その結果、流入水の水温は 9 年平均で 2.0℃上昇し、DO は 0.7mg/L 低下し、SS は 6.5mg/L 上昇する結果を得た。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：日本の湖沼（予測が実施されているのは琵琶湖、諏訪湖、霞ヶ浦、多目的ダムなど） 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	*【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】*
	持続的な脆弱性・曝露	*【湖沼・ダム湖を水源とする地域】* *【水産業（湖沼）への依存度の高い地域】*
	社会／経済／環境	社会：*【水道への影響】* 経済：*【水道事業、水を大量に消費する産業、水産業への影響】* 環境：生物への影響
緊急性	影響の発現時期	現状：過去 30 年の湖沼の水温の上昇が報告されている。 将来：予測年次 ・2030～2039 年（21001） ・2099 年（21003） ・2046～2065 年、2080～2099 年（22002） ・2061～2070 年（22032, 22033） ・100 年後（既往文献からの引用）（22013）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	14 件 現在の状況：4 件（01001, 21001, 22001, 72084） 将来予測される影響：12 件（21001, 21002, 21003, 22001, 22002, 22003, 22007, 22008, 22009, 22013, 22032, 22033）
	研究・報告の種類	モデル予測：3 件（21001, 21003, 22002）
	研究・報告の整合性	・水温の上昇、鉛直方向の水温が一様にならない状態の継続、DO の低下（21001） ・DO の低下による水質の悪化（21002, 21003, 22033） ・水質の変化による生物への影響（21002） ・リン酸態リンの底層濃度の増加（21001） ・浅い富栄養湖の TN 濃度の上昇（22001） ・富栄養湖の増加（特に東日本）（22002） ・植物プランクトンの増殖速度の増加、底泥からの栄養塩溶出速度の増加に伴う水質悪化（22009） ・水温上昇・降雨の時空間分布の変化・河川流量減少による水質悪化（22007） ・アオコに代表される植物プランクトンの増殖速度の増加、深水層の無酸素の環境形成（22008） ・貯水池における異臭味の発生（22013） ・土砂流入量の増加（22032）
適応の可能性		流入河川対策としての直接浄化、湖内対策（底泥対策、植生利用、流動制御、酸素供給、直接回収、浄化用水の導入等）、流域対策として点源負荷対策および面源負荷対策（22007）
他の分野・項目との関係		生態系*【水産業】【水資源】*

（気候変動による影響の要因）

- 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。
- 湖沼等の水温の上昇は、植物プランクトンの発生確率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、冬季の水温上昇に伴い，冬季循環が抑制されて下層の DO（溶存酸素）低下を招く可能性がある。
- 気候変動による大雨事象の頻度の増加により、ダム湖への土砂流入量の増加に伴う SS（浮遊

物質）濃度の上昇が想定される。

（現在の状況）

〔概　要〕

- 全国の公共用水域（河川・湖沼・海域）の過去約 30 年間（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。
- ただし、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がある。
- 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。

全国の公共用水域（河川・湖沼・海域）の過去約 30 年間（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認められており、各水域で水温上昇が確認されている。[01001)] また、水温の上昇に伴う水質の変化も指摘されている。霞ヶ浦における 17 年間にわたる水質観測資料をもとに、気象が水質に及ぼす影響を解析した結果、気温上昇により水温、COD（化学的酸素要求量）、SS（浮遊物質）の明確な上昇が報告されている [22001)]。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わけではないとの報告もある [72084)]。また、水温変化と気温変化やその他要因との関連性を分析した結果では，水温と気温、水温と人口密度、市街化率とも、明確な相関関係は示されていないとの報告もある [21001)]。この理由として、水温の変化は、気温変化や流量の増減、温排水流入、都市排熱など、様々な要因が複雑に影響した結果であり、それらは対象地域によって大きく異なるため、特定要因との相関関係が抽出できなかった可能性がある。しかしながら、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、豪雪地帯（低温水域）のダム湖が富栄養化により異臭味被害が発生しているなど、水道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 [01001)]。

（将来予測される影響）

〔概　要〕

- A1B シナリオ[1]を用いた予測では、琵琶湖は 2030 年代には水温の上昇に伴う DO（溶存酸素）の低下、水質の悪化が予測されている。
- 同じく A1B シナリオを用いた研究で、国内 37 の多目的ダムのうち、富栄養湖に分類さ

1 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。

れるダムが 2080～2099 年では 21 ダムまで増加し、特に東日本での増加数が多くなるとする予測も確認されている。

- 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・ダム湖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。

琵琶湖を対象に気候予測モデルを使用して影響予測を行った研究（A1B シナリオ前提とした MRI-AGCM3.2S モデルよる気候予測情報を使用）によれば、水温の上昇に伴う DO（溶存酸素）の低下、水質の悪化が予測されており [21001,21003]、水温上昇によって冬季の鉛直方向の循環が抑制されることが、水質が悪化する原因のひとつと考えられている。[21001] 埼玉県の浦山ダムを対象にした研究（RCP4.5 シナリオ[2]を前提とした GFDL-CM3 による実験出力を境界条件に、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モデルを用いて将来のダムへの土砂流入量の増加や、DO の低下、SS 濃度の上昇などが予測されている。[22032,22033] また、富栄養化等についての予測もなされており、琵琶湖におけるリン酸態リンの底層濃度の増加 [21001]、浅い富栄養湖である霞ヶ浦での TN（全窒素）濃度の上昇 [22001] を予測する研究があるほか、気候予測モデルを使用して国内 37 の多目的ダムを対象に影響を予測した研究（A1B シナリオを前提とした MIROC3.2-hires による気候予測情報を使用）によれば、富栄養湖に分類されるダムが 2080～2099 年では 21 ダムまで増加し、特に東日本での増加数が多くなるとされている。[22002]

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい
  【観点】社会／経済／環境

  影響の範囲は全国の湖沼・ダム湖と広範囲に及ぶ。湖沼や貯水池は、気温・水温の上昇により湖沼等内部での温度成層や植物プランクトンの活動が影響を受ける等、河川以上に厳しい水質変化が予想される。湖沼・ダム湖の水温・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、レクレ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。

- 緊急性：【評価】中程度

  2030 年頃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る可能性がある。一方、対策に関しては、事業者側で対応可能なものも多くあり、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。

- 確信度：【評価】中程度

[2] 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。

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、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。

（2）河川

(現在の状況の概要情報)

収集文献は 2 件

文献	地域	現在の状況
01001	全国	全国の公共用水域（河川・湖沼・海域）の過去約 30 年間（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 3,244 地点（72%）、冬季は 3,654 地点（82%）で水温の上昇傾向が認められた【*河川・湖沼・海域の各水域で水温上昇が確認された*】。水温変化は、様々な自然的・人為的要因が関係するが、気温変化もその一因であると考えられる。
22027	全国	水環境・水資源への影響は、まず直接的には、河川水、湖沼・ダム湖、地下水等の水源ごとに、その水量、水温、水質の変化として現れる。この変化が、自然生態系のシステム、および社会の利水システムと水需要構造に影響を与える。気候変動による影響であるかどうか現時点では明確に判断することは難しいが、異常な気象の頻度あるいは降雨・降雪の変動傾向などの変化が記録されており、気候変動が進行すればさらにその変化が増幅される恐れもある。

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献は 8 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
01003	環境省環境研究総合推進費戦略研究開発領域「S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究 2014 報告書」における定性的記述。	記載なし	記載なし	温暖化による降水量の増加は、土砂の流出量を増加させ、河川水中の濁度の上昇をもたらす。温暖化は、降雨量の増大により河川流量を増加させる一方で、河川水の濁度の上昇やダム湖水の藻類濃度の上昇などの水質悪化もたらす。
01005	MRI-AGCM3.2S を使用し、一時間ごとの流量と、1km の解像度の地下水モデルを作成。 モデル：MRI-AGCM3.2S シナリオ：SRES A1B	現在：1979～2003 年、近未来：2015～2039 年、将来：2075～2099 年	西日本	8 月の降水量が 5～75%増加すると仮定すると、河川の流量が 1～20%変化し、1～30%土砂生産量が増加する。
21001	MRI-AGCM3.2S にバイアス補正を行なったデータを使用し、近未来気候において現在気候から変化する気象要素を気温、日射量、降水量とし、結果の気候データを入力条件として流域水物質循環モデルにより解析。 ・モデル:MRI-AGCM3.2S ・シナリオ：SRES A1B	2030～2039 年	雄物川	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℃（12.1～12.7℃）であり、0.5℃（0.2℃～0.8℃）上昇する。季節ごとの変化では、冬季（12～2 月）の水温上昇は 0.8℃（0.6～1.1℃）、夏季（6～8 月）の水温上昇は 0.4℃（0.0～0.7℃）と冬季に影響が大きくなる。
21002	社会資本整備審議会「水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について（答申)」における定性的記述。	記載なし	記載なし	気候変化による気温の上昇、降水量の変化、森林や水田・畑地などの流域の環境の変化等により、河川の流況や土砂・栄養塩類等の物質の流出が変化することが予想される。 積雪量や雪解け時期の変化による流量パターンが変化する。また、異常洪水の発生や大規模な洪水の発生頻度の増加により、土砂・物質の流出量が増加し、水質（濁度）や河床の環境に影響を及ぼすことが予想される。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
21004	2 つのモデルを用いて将来の水文環境の変化を予測。AMEDAS による 1990 年代の観測を現在気候とし、2 つの気候予測モデルによる月ごとの浮遊砂量を予測し、比較している。月ごとの浮遊砂量は 10km メッシュにダウンスケールして算出。 ・モデル : MIROC3.2-hires と MRI-CGCM2.3.2 ・シナリオ : SRES A1B	2030s 2040s 2080s 2090s	全国	2090 年までに、現状と比べて、浮遊砂量が、MRI-GCM によるデータでは 8%増加し、MIROC によるデータでは 24%増加する。台風のような異常気象の増加により、9 月に最も浮遊砂量は増加する。
22007	気候変動の水環境・水資源分野における影響について既往文献のレビューを行った報告書の記述（それぞれの記述には元文献がある）	記載なし	記載なし	影響 4：気温上昇に伴う河川水温の上昇と降水量減少や降雨パターンの変化に伴う河川流量の減少が相まって河川水質・水域生態系の環境悪化
22008	地球温暖化問題を考慮した水環境管理に関する研究論文中における定性的記述。	記載なし	記載なし	水温の上昇は飽和溶存酸素（DO）濃度を低下させ、大気から水中への酸素の溶け込み（再ばっ気）を低下させる一方で、溶存酸素消費を伴った微生物による有機物分解反応や硝化反応を促進する。
22013	地球温暖化に対する東京都水道局の取り組みに関する論文中における定性的記述。	100 年後（既往文献からの引用）	利根川流域	利根川上流の積雪深が現在の約 3 分の 1 に減少。大幅な積雪量の減少と融雪時期の早期化が起きれば、農業用水の需要期河川流量が減少するため、今まで以上にダムからの水の補給が必要となる。 一方、早期に流出する融雪水は、ダムが満水状態に達すると貯留されずそのまま放流される可能性がある。 水質面では、貯水池や河川において藻類の増加による異臭味の発生があり、今後も増加していくことが予想される。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：日本の河川全域 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	*【河川を水源とする地域】* *【水産業（河川）への依存度の高い地域】*
	社会／経済／環境	社会：*【水道への影響】* 経済：*【水産業への影響】* 環境：水温の上昇と降雨パターンの変化による水域生態系の環境悪化
緊急性	影響の発現時期	現状：過去 30 年の河川の水温の上昇が報告されている。 将来：予測年次 ・2030～2039 年（21001） ・2030s, 2040s, 2080s, 2090s（21004） ・2015～2039 年、2075～2099 年（01005）

評価の視点等		文献から得られた情報
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	10 件 現在の状況：2 件（01001, 22027） 将来予測される影響：8 件（01003, 01005, 21001, 21002, 21004, 21007, 21008, 21013）
	研究・報告の種類	モデル予測：3 件（21001, 21003, 01005）
	研究・報告の整合性	・水温の上昇（21001） ・浮遊砂量や土砂生産量の増加（21004, 01005, 21002） ・水温の上昇による DO の低下（22008） ・藻類の増加による異臭味の発生（22013）
適応の可能性		浄化用水導入、浚渫、直接浄化施設の整備、植生浄化施設の整備、流水保全水路の整備、水道原水の特性の総合評価とこれに適した浄水プロセスの選定、流域対策として点源負荷対策および面源負荷対策、渇水時における排水規制・管理（22007）
他の分野・項目との関係		*【水産業】【水資源】【淡水生態系】*

（気候変動による影響の要因）

- 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。
- 河川の水温の上昇は、溶存酸素量の低下、溶存酸素消費を伴った微生物による有機物分解反応、硝化反応の促進、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。
- 気候変動による降水量の増加は、土砂の流出量を増加させ、河川水中の濁度の上昇をもたらす可能性がある。
- また、降水の時空間分布の変化による河川の水質への影響も想定される。
- 降水量の増加は土砂生産量、また浮遊砂量を増加させることも想定される。

（現在の状況）

〔概　要〕

- 全国の公共用水域（河川・湖沼・海域）の過去約 30 年間（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。
- ただし、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。

全国の公共用水域（河川・湖沼・海域）の過去約 30 年間（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認められており、

各水域で水温上昇が確認されている。[01001] また、水温の上昇に伴う水質の変化も指摘されている。平衡水温の理論より、気温、雨量（または流量）、日射量、蒸発散量などが、水温に影響を及ぼしうる重要因子であることは、実測された河川水温データを用いた解析からも明らかとなっている[22027]。また、香川県内の 5 河川について、1979～2005 年までの 27 年間に観測した水温測定結果の年平均値は、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れている。しかしながら、湖沼・ダム湖と同様に、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。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 各々の河川に対する水温の将来予測はないが、雄物川における A1B シナリオ[3]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ことなどが予測されている。
- 水温の上昇による DO の低下、溶存酸素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。

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水温変化を予測した調査（A1B シナリオ前提とした MRI-AGCM3.2S による気候予測情報を使用）では、現在気候（1994～2003 年）の 11.9℃に対して近未来気候（2030～2039 年）では 12.4℃であり、0.5℃上昇すること、特に冬季に影響が大きくなることが予測されている。[21001] 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（A1B シナリオを前提とした MIROC3.2-hires・MRI-CGCM2.3.2 の両気候モデルによる気候予測情報を使用）[21004]、8 月の降水量が 5～75%増加すると河川流量が 1～20%変化し、1～30%土砂生産量が増加すること（A1B シナリオを前提とした MRI-AGCM3.2S による気候予測情報を使用）[01005]、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、溶存酸素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[22008]、藻類の増加による異臭味の増加[22013] 等も予測されている。

降水量の変動幅が大きくなることから、異常洪水や異常渇水が発生し、流量の変動幅が大きくなるとともに、積雪量や雪解け時期の変化により流量パターンが変化する。また、異常洪水の発

[3] 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。

生や大規模な洪水の発生頻度の増加により、土砂・物質の流出量が増加し、水質（濁度）や河床の環境に影響を及ぼすことが予想される。[21002, 01003)]

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】「特に大きい」とは言えない

  影響の範囲は全国の河川に及び、濁質の問題はあるものの、河川の水温・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。

- 緊急性：【評価】低い

  2030 年頃までに、気温上昇のみならず、降雨の時空間分布の変化や降水量の減少に伴う水質の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、取水のピークカ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効な適応策として考えられることから、適応に関しては緊急度が低いと判断される。

- 確信度：【評価】低い

  水温上昇や浮遊砂量、土砂生産量については気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ない。

（3）沿岸域及び閉鎖性海域

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 2 件。

文献	地域	現在の状況
22006	沖縄県	沖縄島沿岸域の 5 地点における公共用水域水質測定の採水時水温データに、ダミー変数を用いた重回帰分析を適用して水温上昇率を求め、その結果について検討した。月海水温変動は 3 地点で正、2 地点で負であり、危険率（P-値）は全地点で 0.05 よりも大きく、有意な水温上昇あるいは下降傾向は認められなかった。その原因として、解析期間が短かったこと、公共用水域水質測定結果の採水時水温測定が、毎月あるいは隔月に 1 回の測定頻度なので、採水日の変動及び採水時刻の変動の影響が示唆された。
22028	全国	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）が見られた。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 2 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
22029	水工学論文集「雨天時負荷流出特性と市街地流域対策に関する研究」における定性的記述。	記載なし	記載なし	これまで増補幹線の貯留施設としての運用方法ならびに効果の定量に際して、年間の実降雨を用いた評価は行ってきたが、気候変動などの影響により増加している短時間の大雨や降雨分布を考慮した検討は行っていない。 今後の気候変動の影響等により、晴天日が長く続いた後の短時間豪雨のような気象パターンが多発する場合には雨天時の公共用水域への汚濁負荷は増大することになるため、貯留、浸透も含めた流域での対応がますます重要になってくる。
71001	社会資本整備審議会「水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について（答申）」における定性的記述。	2080～2099 年	記載なし	海面上昇による塩水の遡上域の拡大や地下水の塩水化により、河川水や地下水の取水への影響も懸念される。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：水温上昇：全国 132 地点 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	*【水産業への依存度の高い地域】* *【地下水への依存度の高い地域・産業】*
	社会／経済／環境	社会： 経済：*【水を大量使用する産業への影響】* 環境：*【海域の生態系への影響】*
緊急	影響の発現時期	現状：全国 207 地点の表層海水温データ解析の結果、132 地点で有意な水温の上昇が報告されている。 将来：なし

評価の視点等		文献から得られた情報
性	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	4 件 現在の状況：2 件（22006, 22028） 将来予測される影響：2 件（22029, 71001）
	研究・報告の種類	モデル予測（0 件）
	研究・報告の整合性	－
適応の可能性		記載なし
他の分野・項目との関係		【水産業】【沿岸・海洋生態系】

（気候変動による影響の要因）

- 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。
- 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。
- 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想定される。

（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 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 [22028)]。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。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められなかったとの報告がある [22006)]。

（将来予測される影響）

〔概　要〕

- 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、海面上昇に伴い、沿岸域の塩水遡上域の拡大が想定される。

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、海面上昇に伴い、沿岸域の塩水遡上域の拡大が想定される[71001)]。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】「特に大きい」とは言えない

  影響の範囲は全国の海域（沿岸域および閉鎖性海域）に及び、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。

- 緊急性：【評価】中程度

  現時点で沿岸域および閉鎖性海域への影響に関する具体的な予測事例はないものの、2030年頃までに、気温上昇や、降水の時空間分布の変化、降水量の減少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、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。

- 確信度：【評価】低い

  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が、それが水質等に及ぼす影響について、現時点で具体的な研究事例は確認できていない。

【水資源】

（１）水供給（地表水）

(現在の状況の概要情報)

収集文献は 7 件。

文献	地域	現在の状況
01001	西日本、東海、関東地方	特に、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水量を下回る年が最近 20 年間で 8 ヵ年となっている。また、年降水量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給水制限が実施された年が 6 ヵ年にのぼっている。
03001	特定されていない	多くの地域において、降水量又は雪氷の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（確信度が中程度）。
72042	全国	・年降水量の回帰係数は全国的に負の値となる地点、すなわち降雨が年々減少傾向を示す地点が多い。逆に年最大 3 日連続降水量および年最大日降水量では、回帰係数が正の値を示す地点が多く、強雨の増加傾向がみられる。わが国全体でみると、渇水年の降雨が減少する一方、短期間にまとめて強く降ることが多くなる傾向にある。 ・年最大 3 日連続降水量が 400mm 以上となる出現地点数の地域別の推移をみると、四国、九州南部での増加傾向が著しく、特に四国では最近 10 年間の 400mm 以上、600mm 以上、800mm 以上の出現地点数が 1977～1986 年に比べてそれぞれ約 3 倍、5 倍、12 倍に増加している。
72050	全国	10 年変動係数は北から南に下がるにつれて大きくなる傾向がある。変動係数は増加傾向にある。
72052	岡山県	温暖化にともない森林蒸発散が増加するので、水資源確保上、林業活動での伐採等により蒸発散量の抑制が必要
72057	北海道を除く全国の地域。	・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 9 ブロックで温暖な時期の最小降水量が小さくなる結果となった。 ・気温の上昇に伴い最大積雪深は小さくなり、水資源として利用可能な融雪水の割合が減少することが予想される。
73004	日本の中部地方、北陸地方	融雪流出時の早期化の程度は 3 地域に分類される。第一に、北アルプスおよび近隣山地の北側地域は、気温変化の影響を受けやすく桜の開花との関連が強い。第二に、南北アルプスの東側に位置する南東流域の中央では、降水量の影響が大きく気温変化の影響は大きくない。第三に、南西側の流域では、降水量の融雪流量に与える影響が大きく気温変化は無視しえる。

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献は 15 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
01001	・気候モデルにより地域別の無降水日数や降雪量など予測した研究。 ・モデル: MRI-AGCM3.2S（20km 解像度）, NHRCM ・シナリオ：SRES A1B *【以上の元文献は 01011】* 気候変動に適応した治水対策検討小委員会（平成 20 年 2 月 25 日）資料 3 我が国の水利用の現状と気候変動リスクの認識における記載。 *【以上の元文献は 71005】*	・2076～2095 年 *【以上の元文献は 01011】* ・不明 *【以上の元文献は 71005】*	・全国 *【以上の元文献は 01011】* ・不明 *【以上の元文献は 71004】*	無降雨日数の増加や積雪量の減少により渇水が増加する。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。*【以上の元文献は 01011】*また、河川の源流域に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。 *【以上の元文献は 71005】*

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
01005	全国の 15 の最上流端ダムについて、将来及び近未来の貯水池流入量の流況を算出した。算定に用いた降水量は、気候予測モデルの値をアメダス観測値を用いてバイアス補正したものを用いた。雨と雪の判定は、積雪深の観測値と整合するように設定した閾値により、バイアス補正後の気温を用いて算出した。ダム流入量の推計には、4層タンクのモデルを用い、融雪による流出は1層目のタンクへの流入量として扱った。 ・モデル： MRI-AGCM3.1S MRI-AGCM3.2S MRI-GCM20 RCM20 ・シナリオ SRES A1B : MRI-AGCM3.1S MRI-AGCM3.2S MRI-GCM20 SRES A2： RCM20	2075～2099 年	全国	使用した 4 つの気候モデルに共通して、少雨年において流量が減少、多雨年で流量が増加し、年較差が大きくなるとともに、東北、関東、北陸の融雪出水が顕著なダムにおいて、5 月以降の夏期の流量が著しく減少する。
71005	気候変動に適応した治水対策検討小委員会（平成 20 年 2 月 25 日）資料 3 我が国の水利用の現状と気候変動リスクの認識における記載。	記載なし	記載なし	代かき期など水の需要期に流量が減少。 従来の水利用パターンとはミスマッチが発生。 *【図で、温暖化後の河川流出量の状況が示されている】*
72004 同一の予測に関する文献：21006, 72028, 72034	気候モデルと分布型水循環モデルを用いて農業水利用等への影響を予測した研究。 ・モデル：MIROC3.2 ・シナリオ：SRES A1B	近未来（2046～2065 年） 21 世紀末（2081～2100 年）	関川流域	灌漑用水を供給している笹ヶ峰ダムでは、冬季貯水量の増加が予測され、反対にダム流入量となる融雪流出量の減少から春先の貯水量の減少が見られた。また、少雪年において 5 月、6 月の取水量が現在よりも減少すると予測され、その結果、代掻き期に水田域への供給水量が減少し、特に灌漑地区下流部での用水の不均衡が起きやすくなることが示された。
72042	気候モデル出力結果を現在気候と実測値の気温変化量と降水量補正率を算定して将来の気候を補正した。その結果から水資源賦存量の変化を算定した研究。 ・モデル：RCM20 ・シナリオ：SRES A2	21 世紀末（2081～2100 年）	全国	年間の水資源賦存量は、年降水量と蒸発散量がともに増大するため、全国的には大きな変動傾向は見られないが、農業用水の需要が大きい 4～5 月ではほとんどの地域で減少する傾向にあり、地域的、時間的偏りへの対応が必要になると推測される。 年降水量の年々偏差は RCM20 の再現値は観測値に対してやや大きく、将来の年々変動は現在気候に比べて大きくなる。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
72060	気候モデルの出力値を用い、気温に関しては標高補正を考慮した流出計算により流量変化、水利権量との比較を行った研究。 ・モデル：RCM20 ・シナリオ：SRES A2	近未来(2031～2050) 21 世紀末（2081～2100 年）	石狩川流域	気候変動により、4 月から 5 月にかけ流量の増加、融雪期後期の流量減少がみられ、徐々に融雪のピークが早まっていく結果となった。2050 年、2100 年ともに年平均流量は増加しているが融雪期である 3～6 月の流量を比較すると 3～4 月に増加、6 月に減少がみられた。その結果、近未来、将来とも融雪期の早期化や融雪流出後期の流量減少を引き起こす。
72062	気候モデルの将来気候の出力値を用い、気温に関しては標高補正を考慮した流出計算により流量変化、貯水位に与える影響を予測し、ダム運用方法を検討した研究 ・モデル：RCM20 ・シナリオ：SRES A2	21 世紀末（2081～2100 年）	豊平川流域	気候変動を考慮した将来予測計算を行い、積雪深の減少や融雪期の早期化、融雪出水の減少により 5 月の流出量が大きく減少し、融雪のピークが 4 月に早まった。さらに、現況と将来の平均的なダム貯水位と放流量を推定し、豊平峡ダムでは 6 月中旬から 8 月中旬に貯水位が大幅に低下し、利水放流を行えない日が出現した。
72064	気候モデルの将来気候の出力値を用い、気温に関しては標高補正を考慮した流出計算により流量変化、貯水位に与える影響を予測した。その結果から、動的計画法によるダム運用方法を検討した。 ・モデル：RCM20 ・シナリオ：SRES A2	21 世紀末（2081～2100 年）	豊平川流域	気候変動を考慮した将来予測計算を行い、積雪深の減少や融雪期の早期化、融雪出水の減少により 5 月の流出量が大きく減少し、融雪のピークが 4 月に早まった。さらに、現況と将来の平均的なダム貯水位と放流量を推定し、豊平峡ダムでは 6 月中旬から 8 月中旬に貯水位が大幅に低下し、利水放流を行えない日が出現した。ダム操作に関しては、動的計画法による最適操作を検討し、単体操作で生じる水不足は連携操作により回避可能である。
72080	農地水利用を考慮した水循環モデルは 4 つのサブシステム（基準蒸発散量推定モデル、作付時期・面積推定モデル、水田水利用モデル、流出モデル）から構築し気候変動予測値を入力して評価した研究。 ・モデル：MIROC3.2 ・シナリオ：SRES A1B	2046～2065 年	全国	水利システムにおける代掻き期(取水開始日から 10 日間とした)の用水充足率(取水量/必要取水量)を比較したところ、現在では不足水量がほとんど発生していないが将来の充足率が大きく低下している地域がみられる。特に、北海道、東北、北陸、北関東などで低下している。
72081	CMIP5 から 5 つの気候変化実験結果を入手し、逆距離内挿法で 5km メッシュ化し、アメダスデータを 5km メッシュ化した実測値とバイアス補正を行った。積雪融雪モデルには簡易熱収支モデルを用い降雪量の変化率を算定した研究。 ・モデル： MIROC4h,MIROCC5, MRI-CGCM3, CSIRO-Mk3-6-0, CNRM-CM5 ・シナリオ：RCP4.5	近未来（2015～2035 年）	全国	日本全体的に標高に対する降雪量の変化率は大きな変化がみられない。東北、北陸、中部地方では降雪量の標高依存性がみられる。一方、西日本では北海道と同様に明瞭な標高依存性は見られない。また、GCM モデルによる予測のばらつきは西日本が大きい。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
73001	気候モデルの将来出力値を矢木沢ダム流域に与え分布型流出解析システムを用いて流出量、ダム貯水量の算定を行った研究。 ・モデル：AGCM20 ・シナリオ：SRES A1B	21 世紀末（2075～2094 年）	利根川流域	矢木沢ダム流域において、気温変化による融雪出水の早期化、春先の融雪量の減少により矢木沢ダム貯水量が低下することとなった。ダム操作の合理的な操作により対応する必要がある。
73003	気候モデルの将来出力値を 9 河川流域に与え分布型流出解析システム、蒸発散量、融雪モデル(SVAT)を用いて流出量、ダム貯水量の算定を行った研究。 ・モデル:AGCM20 ・シナリオ：SRES A1B	近未来（2015～2039 年） 21 世紀末（2075～2099 年） のうち 21 世紀末を予測検討	全国の 9 流域	気温変化による冬季から春季の流出量の変化は、冬季の降水量と気温変化により生じる。東北地方の河川、北海道の河川流域では 2 月に現在に比べて 200%に増加し、5 月には 50～60%に減少する結果となった。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国（特に融雪が水資源となっている北海道、北陸など） 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	*【大量に水を使用する農作物栽培地域、内水面漁業を行っている地域、工業地帯】【福祉・医療施設、公共施設の水供給の必要性】*
	社会／経済／環境	社会：*【農業用水、工業用水、上水、維持用水への影響】* 経済：*【農家の経営への影響、内水面漁業への影響、工業生産・工場立地への影響、発電への影響】* 環境：*【自然生態系への影響】*
緊急性	影響の発現時期	現状：気温による積雪の変化は現れている。 将来：予測年次
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	20 件 現在の状況：7 件（01001, 03001, 72042, 72050, 72052, 72057, 73004） 将来予測される影響：15 件（01001, 01005, 21006, 71005, 72004, 72028, 72034, 72042, 72060, 72062, 72064, 72080, 72081, 73001, 73003）
	研究・報告の種類	モデル予測（13 件）
	研究・報告の整合性	モデル予測における予測の傾向はほぼ一致している。
適応の可能性		ダム運用変更などの検討あり [72064、73001] *【適切な森林管理】*
他の分野・項目との関係		発電、取水影響など *【エネルギー】* *【農業用水、工業用水、上水維持用水への影響】* *【内水面漁業への影響】* *【自然生態系への影響】*

（気候変動による影響の要因）

- 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。特に、降水量の減少や無降雨日数の増加、積雪量の減少は、渇水を引き起こす原因となる。
- 融雪時期の変化は農業などの水の需要期に十分な量の水を供給できない原因となる。
- 降水の時間推移の変化などによる渇水の深刻化によるダム貯留水の減少は、ダムからの用水の補給可能量を減少させる原因となる。

- さらに、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起こす原因となる。

（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。
- 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。

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（確信度が中程度)、と指摘している。[03001)]

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 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小さくなっている。[72057)] 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水量を下回る年が最近 20 年間で 8 ヵ年となっている。また、年降水量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給水制限が実施されている。[01001)] 1901～2000 年の気象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 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、四国や九州南部でその傾向が強い。[72042)] 1875 年以降の年降水量データを用いて、北海道から沖縄まで 12 地域に分け、年降水量の 10 年移動変動係数をとると、移動平均は年々大きくなり、南に向かうほど増加傾向は大きくなった。このことは、多雨年と渇水年が頻繁にかつ大きな強度で起こることを意味している。[72050)] 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、流域によっては年変動が大きかった。[73004)] 岡山県の森林流域における 1937 年からの長期観測では、1987 年頃から蒸発散量の増加が顕著になり、基底流出量が減少した。[72052)]

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- A1B シナリオ[4]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。

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 モデルによる気候予測情報を使用）によれば、近未来（2015～2039 年）及び 21 世紀末（2075～2099 年）共に、無降雨日数の増加や積雪量の減少により渇水が増加することが予測されている。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。また、河川の源流域に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。[01001)] また、A2 シナリオ[4]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る予測結果も報告されている。[72060)]

また、代かき期など水の需要期に河川流量が減少し、従来の水利用パターンとのミスマッチが発生するとの報告もある。[71005)] 高分解能モデル（A1B シナリオを前提とした AGCM20 モデル使用）を用いた予測では、2080～2099 年に東北と北陸地上の 2 月の河川流量は現在の 200%に増加し、5 月は 50～60%に低下すると予想されている。[73003)] このような渇水の増加や水の需要期と供給可能な時期とのミスマッチなどは、水道水、農業用水、工業用水等の多くの分野に影響を与える可能性があり、社会経済的影響が大きい。

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

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

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）の遡上範囲が拡大することが挙げられる（塩水くさびの発生)。上流側からの淡水の流入量が多くなければ、塩水くさびを押し戻すことができない。このような塩水の遡上により、河川下流部において取水を行っている場所では取水に支障が生じる可能性があるほか、自然生態系への影響も

[4] 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。

生じうる。

洪水と水供給を含む水循環に及ぼす森林の影響を、総合的、長期的に考え、気候条件や流域条件に応じて適切に森林を管理することが重要である。[72052)]

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい
  【観点】社会／経済

  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、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。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。洪水、渇水の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。

- 緊急性：【評価】高い

  四国をはじめとし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されている。

- 確信度：【評価】中程度

  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一定程度あり、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。ただし、降雨分布等の不確実性もふまえたリスク評価がさらに必要であり、現時点で得られている情報の下での確信度は中程度と考えられる。

（２）水供給（地下水）

(現在の状況の概要情報)

収集文献は 2 件。

文献	地域	現在の状況
72083	関東平野北部	地盤沈下面積は、全国的には過去約 30 年で減少し、近年は落ち着く傾向にある。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都市には沈下面積が増加している。これだけでは渇水との関係性に言及はできないが、将来気候変動により渇水が生じ、地下水揚水量の増加が生じれば、地盤沈下面積の増加という影響につながる可能性が示唆される。
72085	全国	地下水の過剰な採取による地盤沈下が、関東平野では明治中期から、大阪平野でも昭和初期から認められ、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、法律、条例、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、平成 24 年度までに 64 地域で地盤沈下が認められるなど全国的には依然として地盤沈下が発生している地域があることや、全国的な渇水となった平成 6 年などの少雨年時に地盤沈下が進行している地域もある。

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献は 5 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
22036	現在及び将来の平常時の地下水利用、特に災害時の緊急用水としての地下水利用を考えた場合ポンプ等により揚水される被圧帯水層の地下水利用を想定することは困難であり、人力等による揚水が可能な浅層地下水の利用に焦点をあて、京都盆地水系の地下水流動と水質モデルを活用して、全球気候モデル（GCM）で予測された降水量に基づき、気候変動による地下水環境への影響評価を行った。 モデル： MRI-AGCM20,TL959 シナリオ：SRES A1B	2015 ～ 2039 年 2075～ 2099 年	京都盆地	水資源としての地下水利用を考慮すると、気候変動の影響で盆地南部域・巨椋池干拓地周辺と長岡京市付近の地下水位が上昇するとともに、T-N 濃度が低下することは上水道・農業用・工業用として地下水利用する上では好条件となる。しかし、現在でも地下水揚水量の多いこの区域での地下水利用を促進するほどの状況になるとは考えにくい。また、近未来および 21 世紀末において、地下水位上昇と低下が発生する区域の最大水位変動幅は±2.0～3.0(m)であり、その区域がモザイク状に混在する三川合流部付近では、帯水層厚が薄いことも考え合わせると、一部の地下水揚水が周辺地域の地下水環境に与える影響は無視できない。さらに、盆地中央部の京都市街地では近年の小口地下水利用者の増加が加速すれば、この区域の地下水環境への影響が大きくなる可能性もある。
22037	気候変動が及ぼす地下水環境への影響を、確率統計的手法を用いて定量的に評価する手法を確立することを目的とした研究。 モデル：MRI-AGCM3.2s	2015～ 2039 年	京都盆地	近未来気候では、盆地中央部と三川合流地点北部で地下水位の低下が見られた。このような水位変化は近未来気候における降水強度の増加および無降雨期間の増加に伴い、地表からの涵養水量が変化することと、河川水との水位差に基づく流出入によるものである。特に三川合流地点北部の大山崎付近では 2m 程度低下する結果となった。この地域にはビール工場等が多く立地しており、地下水利用量が多い地域があるので、地下水水位や水質の将来変化は大きな問題となる可能性が高い。さらに、アンサンブルメンバー間の標準偏差も大きく、降水量の差異により地下水位のばらつきの大きな地域である。その他、東西の山麓域では逆に水位上昇が見られるが、地下水揚水が大きな地点ではなく、水位変動の幅も小さい。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
71001	社会資本整備審議会「水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について（答申)」における定性的記述。	2080～2099 年	記載なし	気候変化による渇水が、人口等が集積している下流域・海岸域で発生した場合には、都市用水等に深刻な影響を与え、都市機能や生産活動の著しい低下等を招くことが懸念される。さらに、海面上昇による塩水の遡上域の拡大や地下水の塩水化により、河川水や地下水の取水への影響も懸念される。
71006	地球温暖化に伴う海面上昇が、ゼロメートル地帯の地下水環境に与える影響を調べるため、平均粒径 0.6mm のガラスビーズを充填した水槽を用いて塩水浸入実験を行った研究。	記載なし	記載なし(ゼロメートル地帯)	*【実験結果としてでなく「はじめに」における背景説明として】*海面の上昇は、標高の低い島嶼や沿岸低地帯の水没、氾濫の危険性の増大、海岸の侵食、河川での塩水遡上、生態系の絶滅、さらには地下水の塩水化や陸域への塩水浸出など自然環境にさまざまな影響をもたらす。 *【実験結果として】*海面上昇が海岸帯水層への塩水浸入とゼロメートル地帯での地表面湛水を加速させること、不透水壁は塩水浸入防止に効果的である一方、地表湛水が発生することが明らかになった。
72082	沖積平野の沿岸域で、現在既に観察されている地下水の塩水化現象を事例として、海水位の上昇による帯水層の地下環境の応答や考えられる対策を考察。	特定していない	特定していない	海水位が上昇すると、塩水上に浮く淡水レンズが縮小することが予想される。縮小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は半島部で大きくなると考えられる。*【中略】*感潮域が上流に移動すると塩水侵入が促進されることは容易に想像できる。*【中略】*河道および帯水層の構造にも依存するが、長期的に高い海水位が継続すれば、地下水の塩水化は河川からも進む。*【中略】*わが国の沖積平野にある大都市では、主として表流水を水源としている。また、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大きくないと想定されるが、地下水を利用している小規模自治体の水道、工場、個人事業、農・水産業への塩水化の影響は大きくなる。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

*【】*内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	*【地下水はひとたび塩水化などの影響が生じればその回復・修復が容易でない】*
	持続的な脆弱性・曝露	*【地下水を主水源としている地域】*
	社会／経済／環境	社会：*【農業用水、工業用水、上水などへの影響】* 経済：*【農家の経営への影響、工業生産への影響】* 環境：*【自然生態系への影響】*
緊急性	影響の発現時期	現状：未確認。 将来：予測年次 ・2015～2039 年, 2075～2099 年（22036） ・2015～2039 年（22037） ・2080～2099 年（71001）

評価の視点等		文献から得られた情報
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	7 件 現在の状況：2 件（72083, 72085） 将来予測される影響：5 件（22036, 22037, 71001, 71006, 72082）
	研究・報告の種類	モデル予測（3 件：22036, 22037, 71001）
	研究・報告の整合性	*【海面上昇による定性的な影響の傾向は整合している。地下水への影響の定量的な整合性は現段階では評価できない。】*
適応の可能性		記載なし
他の分野・項目との関係		*【農業用水、工業用水、上水、自然生態系などへの影響】*

（気候変動による影響の要因）

- 気候変動による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、水利用に影響を及ぼす。
- 一般的に地下水利用量の変化には気候変動以外の要因も関係する。
- 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、地盤沈下が進行する可能性がある。
- 海面上昇は、地下水の塩水化を引き起こす原因にもなる。

（現在の状況）

〔概　要〕

- 気候変動による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以外の要因も関係する。
- 全国的な渇水となった 1994 年などの小雨年時に渇水時には過剰な地下水の採取により、地盤沈下が進行している地域もある。
- 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。

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。[72083)]

地下水の過剰な採取による地盤沈下が、関東平野では明治中期から、大阪平野でも昭和初期から認められ、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、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、平成 24 年度までに 64 地域で地盤沈下が認められるなど全国的には依然として地盤沈下が発生し

ている地域があることや、全国的な渇水となった1994年などの少雨年時に地盤沈下が進行している地域もある。[72085)]

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都市には沈下面積が増加している。これだけでは渇水との関係性に言及はできないが、将来気候変動により渇水が生じ、地下水揚水量の増加が生じれば、地盤沈下面積の増加という影響につながる可能性が示唆される。[72083)]

一方、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。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 気候変動による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は、一部、特定の地域を対象にした研究事例があるが、評価手法の精緻化等の課題がある。
- 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。

気候変動が地下水環境に及ぼす影響については、京都盆地を対象に気候予測モデルを使用し、確率統計的手法を用いて定量的に評価する研究が行われているが、地下水流動・水質モデルの精度向上等、評価手法の精緻化が課題となっている。[22036, 20037)]

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[71001)]。沖積平野の沿岸域において観察される塩水化現象をもとにした考察によると、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淡水レンズが存在する島嶼地域において、海面水位の上昇による淡水レンズの縮小を予想している。また、淡水レンズの縮小に伴って塩分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は半島部で大きくなるとしている。このほか、感潮域が上流に移動することで、塩水侵入の促進が想像されるともしている。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。[72082)] わが国の沖積平野にある大都市では、表流水を主水源としており、灌漑用水としても河川水利用が多いことから、地下水塩水化による水源への影響はさほど大きくないと想定している。ただし、地下水を利用している小規模自治体では、水道、工場、個人事業、農・水産業への塩水化の影響は大きくなるとしている。[72082)]

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】「特に大きい」とは言えない

  影響の範囲は全国に及ぶ。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。

- 緊急性：【評価】中程度

  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。しかし、長期（2080～2099 年）を対象とした研究で影響が予測されている。また、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。

- 確信度：【評価】低い

  研究・報告数は少数である。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を含む。

（3）水需要

(現在の状況の概要情報)

収集文献は 2 件。

文献	地域	現在の状況
71008	東京	平成 15～平成 19 年にかけての東京都の日別配水量及び、東京区部の口径別月別水使用量からの解析により、東京では最高気温が 1℃上昇すると水の使用量が 0.7%増加する。夏季（7 月、8 月）だけを見ると、その影響は 1%程度になる。口径別に見ると温暖季（5～10 月）の気温 1℃あたりの水使用量の変動率は小口径では 0.3%であるのに対し、中口径では 0.6%、大口径は 1.9%、特大口径では 2.8%ととなる。小口径では影響が少なく、中口径、大口径の契約者で影響が大きいことが分かった。
72016	検査数量の多い 10 県の営農者を対象としたアンケートから	水稲の高温障害対策として、水管理を工夫しようとする場合には取水量を増やす営農者のほうが多く、成功事例として同様の水管理を行う営農者の増加につながり、高温時には用水需要が集中することが考えられる。

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献は 2 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
71005	気候変動に適応した治水対策検討小委員会（平成 20 年 2 月 25 日）資料 3 我が国の水利用の現状と気候変動リスクの認識における記載。予測ではなく過去の水道統計に基づく月別一日平均給水量の実績値が示されている。	（1980,1985,1990,1995,2000,2004 年度の水道統計の実績値）	不明（記載なし）	気温の上昇により、飲料水・冷却水等都市用水の需要は増大（環境省地球温暖化問題検討委員会温暖化影響評価ワーキンググループ）
	気候変動に適応した治水対策検討小委員会（平成 20 年 2 月 25 日）資料 3 我が国の水利用の現状と気候変動リスクの認識における記載。元出典は第三回地球温暖化・森林吸収源対策推進本部資料（農林水産省）。	2030 年代	九州	水資源の不足：蒸発散量増加で、九州の水田域の潜在的水資源量は約 30mm 減少。 *【図で、2030 年代の 8 月に潜在的な水不足が想定される水田地域が示されている】*
71008	平成 15～平成 19 年にかけての東京都の日別配水量及び、東京区部の口径別月別水使用量からの解析。	気温の上昇程度を指標にして予測。	東京	東京では最高気温が 1℃上昇すると水の使用量が 0.7%増加する。夏季（7 月、8 月）だけを見ると、その影響は 1%程度になる。口径別に見ると温暖季（5～10 月）の気温 1℃あたりの水使用量の変動率は小口径では 0.3%であるのに対し、中口径では 0.6%、大口径は 1.9%、特大口径では 2.8%ととなる。小口径では影響が少なく、中口径、大口径の契約者で影響が大きいことが分かった。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：東京。文献には既往調査として大阪での結果も引用されている。 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	*【大量に水を使用する農作物栽培地域】【福祉・医療施設、公共施設】*
	社会／経済／環境	社会：*【農業用水、上水、維持用水などへの影響】* 経済：*【農家の経営への影響】* 環境：*【自然生態系への影響】*
緊急性	影響の発現時期	現状：水道使用量増加、高温障害対策による水使用量増加などは報告されている。 将来：国内では定量的評価を確認できていない。
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	3 件 現在の状況：2 件（71008, 72016） 将来予測される影響：2 件（71005, 71008）
	研究・報告の種類	実績からの気温上昇程度に応じた予測（2 件） （文献 71005 における九州の水田域の潜在的水資源量の予測については予測手法の記載がなく不明）
	研究・報告の整合性	事例が少ないため整合性の評価が困難。
適応の可能性		記載なし
他の分野・項目との関係		*【農業・水産業】【産業・経済活動】【自然生態系】*

（気候変動による影響の要因）

- 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る。
- 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加させる可能性がある。

（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、水需要に影響が生じている。

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。[71008)]

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ほか、営農実態調査から、高温時の営農対策として取水量を増やす等、一時的に用水需要が高まる傾向がみられる。[72016)]

(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。

農業用水においては、平均気温の将来変化により予測される作付け時期の変化に伴う水需要量の変化が想定される。また、まだ詳細な予測は行われていないが、水質や水量の変化が農作物の品質に影響する可能性も指摘されており、このような水質等の変化が水需要側に影響を及ぼすことも想定されうる。

実績に基づく気温上昇程度に応じた水使用量の増加に関する研究によれば、東京では最高気温が 1℃上昇すると水の使用量が 0.7%増加すること、小口径では影響が少なく中口径・大口径の契約者で影響が大きいことが示されている。[71008)] 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、蒸発散量増加による九州の水田域の潜在的水資源量の減少を予測する報告もある。[71005)]

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

- 重大性：【評価】「特に大きい」とは言えない

  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・曝露の要素となりうる。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。

- 緊急性：【評価】中程度

  現状での使用量への影響は既に確認されている。気候予測モデルを用いて将来予測を行っている例は確認できていないものの、地域によっては 2030 年代に水田の潜在的水資源量の減少が予測されているなど、短期的な影響の発現も想定される。

- 確信度：【評価】中程度

  研究・報告数は限定的である。気温上昇による現状での使用量への影響は現れているため、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が、気候予測モデルを用いて将来予測を行っている例は確認できていない。

3.3 自然生態系

自然生態系は、人々の暮らしや各種産業の基盤となっており、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[1]も含め、その保全は重要である。

本分野における気候変動による影響は、自然生態系そのものに及ぶ影響と生態系サービスに及ぶ影響の二つに大別して捉えることができる。これを踏まえ、本分野における重大性・緊急性・確信度の評価は、「生態系への影響」及び「生態系サービスへの影響（国民生活への影響）」の二つに分けて行っている。

気候変動による生態系サービスへの影響については、生態系サービスの研究が最近始まったものであること、定量化の難しい場合があることなどから、総じてまだ既往の研究事例が少なく、現状では評価が難しいという実態がある。しかし、それは、生態系サービスへの影響の重大性が低いということを意味するものではなく、今後、生態系サービスへの影響に関する研究を進めていくことが重要となる。

また、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・重要な意思決定の必要な時期」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。

【陸域生態系】

（1）高山帯・亜高山帯

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 8 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	地域	現在の状況
40009	青森県八甲田山	八甲田山系のオオシラビソの分布について、1967 年と 2003 年の航空写真を用いた解析の結果、オオシラビソの密度は、標高 1,000m 以下の区域で減少している一方で、1,300m 以上の区域では増加していることが明らかとなった。1,000m から 1,300m の地域では変化が見られなかった。
42001	青森県八甲田山	八甲田山の周辺では、1977～2003 年までに年平均気温が約 0.7±0.5℃上昇した。 今回の解析では、この数十年間にオオシラビソの個体群の個体数は低標高で減少し、高標高で増加していることが明らかになった。これは個体群の移動がその分布域内で進行中であることを示唆しており、気候変動の影響が表れている可能性がある。
42005	北海道大雪山系	五色ヶ原では、1990 年以降にエゾノハクサンイチゲが急速に衰退し、現在ではほとんど見られなくなっている。さらにこの地域では、チシマザサの占める面積が過去 30 年間で 47%も拡大している。

[1] 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。

文献	地域	現在の状況
42031	全国	日本の山岳域を特徴づけるハイマツの年枝伸長は、夏の気温の増大により促進される。日本各地のハイマツ帯で近年伸長量が増加し、ハイマツの分布域が拡大していることが報告されている。一方で、春の雪解けの早まりにより霜害の頻度が高まり、ハイマツの枝枯れが報告されている。常緑性の植物は、春の温暖化で耐寒性が弱まり、その後の霜害の危険性が高まる。雪解け後 2～3 週間のうちに気温が－1.5℃以下になると、霜害の危険性が高まることが知られている。4 月の気温が一時的に高まった 2012 年には、大雪山の風衝地でガンコウランやハイマツの枝枯れが多数観察された。
42032	北海道大雪山系	GIS を用いた空中写真の解析により、1977 年と 2009 年の高山帯におけるチシマザサの面積比較を行った結果、50ha の調査区全体で分布面積は 25.9%（13,689m^2）増加していた。面積の増加割合は、北方地区（北向き斜面）で 10.9%、南方地区（北向き斜面）で 47.5%であり、南向き斜面でより顕著に拡大していた。次に、ハイマツの面積比較を行った結果、調査区全体では 14.4%（12,707m^2）の増加であり、増加面積はササと大きな違いはなかった。ハイマツ林分の平均樹高は、1977 年が 1.35m、2009 年が 1.59m と約 24cm の樹高成長が見られた。また、最大樹高が 1977 年が 3.29m であったのに対し、2009 年には 3.59m と伸長していた。
42075	石川県白山	白山の越年雪渓である「千蛇ヶ池雪渓」の現状を把握するため、1981 年以降の越年面積の経年変化を見た。調査期間のなかで、越年面積の最大は 1981 年の 4,200m^2 であり、最小は 1998 年の 500m^2 であった。また、変化の傾向としては、80 年代から 92 年までは減少傾向であり、それ以後は年により大きく変動しているが、総じて減少傾向にある。
42143	北海道大雪山系	五色ヶ原では、1977～2009 年の過去 32 年間でチシマザサの分布は雪潤草原に向かい、特に南東部の斜面で、最大 42%拡大している。この急激な変化は、融雪の早期化による年間の生長期間の増加と土壌水分の減少に起因するものと考えられる。2 年間でチシマザサの茎密度が 30～150%増加し、平均 39cm/年の速度で分布拡大した。茎密度の増加伴い他の植物への被圧ストレスが高まり、雪潤草原の種多様性は少なくとも 4 分の 1 に低下したと推定される。人間活動から切り離された高山環境における、急激な植生の変化は、地球規模の気候変動がすでに高山生態系に影響を与えていることを示している。
42146	北海道大雪山系	高山植物群落の開花時期とマルハナバチ類の季節性の関係を北日本の高山帯で 2 年間観察した。開花パターンは、マルハナバチの季節性と強く関係しており、標準的な気候の年の最初の開花ピークは冬眠明けの女王バチの出現時期と一致し、次の開花ピークは働きバチの活動時期と一致していた。しかし、春の気温が異常に高い温暖年では、植物とハチのフェノロジーの同調性は崩壊した。土壌温度や気温の上昇が早まることから、女王バチの出現は、開花開始日より、10 日間早まった。一方で続いての働きバチの出現は遅くなり、コロニー形成が遅れたことを示す。温暖年には雪解けが早まる応答として、植物群落の開花時期が例年より 2 週間早く終了した。高山環境に一般的なエゾオオマルハナバチは、開花の年変動に柔軟に応答した。それ以外のマルハナバチ種の出現頻度は開花時期の終盤に高まり、植物の開花時期と大きく偏向していた。温暖年における高山植物群落の開花時期と送粉者間でのフェノロジーのずれは、温暖化によりフェノロジカルミスマッチが生じる可能性を示す証拠となる。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 14 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
12200	MRI-NHRCM20 の将来気候 18 ケースの結果に対し、観測値を用いたバイアス補正を行ったデータを使用。年平均気温および年最低気温を入力条件として解析。 モデル： MRI-AGCM60（MRI-NHRCM20） シナリオ： RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0,	2080～2099 年	全国	・現在と将来を比較すると、ハイマツの潜在生育域（不確実性を伴う潜在生育域を含む）は減少する。 （ハイマツ） 現在の潜在生育域と比較すると、将来の潜在生育域（不確実性を伴う潜在生育域を含む）は RCP2.6 では現在の 50%、RCP8.5 では 5.6%まで減少する。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	RCP8.5 スキーム： 各気候帯の優占樹種4種（ブナ、ハイマツ、シラビソ、アカガシ）について、気候要因を用いて将来において潜在的に対象種に生育が可能な地域（潜在生育域）を予測 将来の海面水温パターン： SST1、SST2、SST3			
41001	ハイマツの分布予測を気候データとハイマツの PADD（優占度に関わりなく出現の有無）の分布データを用いた CT（Clalification Tree）モデルにより分析。 ・モデル：RCM20、MIROC ・シナリオ：SRES A2（RCM20）,SRES A1B（MIROC）	2081～2100年	全国	2081～2100年までに、RCM20 と MIROC のシナリオの下では、ハイマツの分布適域が現在の分布適域と比較して、それぞれ 25.0%、14.7%に減少する。分布適域は本州と北海道の高山帯では維持されるが、東北と北海道の南東部では消失する。
42001	空中写真に基づいてオオシラビソの分布図を 1km メッシュの2段階で解析。これを元に環境要因として、暖かさの指数（WI）と地形及び地形環境因子に関する6変数、湿原に関する2変数を用い、Decision Tree Model を両解像度で作成。4つの温度上昇シナリオ（＋1℃、＋2℃、＋3℃、＋4℃）と湿原縮小の有無の2つのシナリオを組み合わせた8つのシナリオで、オオシラビソの潜在生育域を予測。	気温の上昇程度を指標にして予測	青森県八甲田山	プラス 1～2℃の温暖化シナリオでは、オオシラビソに適した生育適地はより高所に移行すると同時に、生育適地が2つに分断されることが予測された。プラス 4℃の上昇では、生育適地がほぼ消失する。どの温度シナリオでも、湿原縮小を伴うシナリオのほうがオオシラビソの生育適地の減少が大きいと予測された。オオシラビソに適した生育地は、湿原が縮小しないプラス 2℃のシナリオで 126.1ha であるのに対し、湿原が縮小するプラス 2℃のシナリオでは、76.4ha と差が大きかった。
42002	北海道の二山域の亜高山帯林において、異なる標高に分布するアカエゾマツ個体群を対象に、年輪幅と気象要因の関係を解析、また炭素安定同位体比による乾燥ストレスに対する応答を検出。	特定していない	北海道東部	北海道東部の二つの山域において、異なる標高に分布するアカエゾマツ個体群を対象に、年輪幅と気象要因の関係を解析したところ、東部山岳域では、夏季気温の上昇により生理的な乾燥ストレスが増し、森林限界付近において樹木の肥大生長が抑制される。この結果は、夏の温暖化により森林限界が現在よりも下降し、森林帯の面積が縮小する可能性を示唆する。
42005	代表的な湿生お花畑の構成種であるエゾノハクサンイチゲについて、サイズに基づいた生育段階で個体群動態の推移行列モデルを作成した。異なる積雪環境に生育する個体群でシミュレーションを行い、50年間の個体群成長パターンを計算した。	50年後	北海道大雪山系	融雪時期の変化は、エゾノハクサンイチゲの個体群動態に強い作用をもたらす。しかし気候変動によって大雪山系のエゾノハクサンイチゲ個体群がすべて同じ挙動を示すのではなく、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群が維持される立地もある。
42010	多変量適応型回帰スプラインを空間分布モデルとして使用し、オオシラビソ、シラビソ、ウラジロモミの分布を予測。現状の気候データとして WorldClim によるデータを使用。 ・モデル：CCCMA、CISRO	2070～2099年	全国	将来の気候シナリオの下では、2070～2099年にオオシラビソ、シラビソ、ウラジロモミの分布適域が本州と本州以南で縮小する。一方でモミの分布適域は北方に移動しながら増加すると予測される。生育適域の 1km のセル数で評価した面積はオオシラビソ、シラビソ、ウラジロモミが現在に比べて、55%以下に減少するが、モミの生育適域の 1km セルは現在より 73%増加すると予測される。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	・シナリオ：SRES A1B			
42048	600m、1,000m、1,300m の三標高に位置する湿原で層別刈取を行い、方形区内の全ての種の地上部バイオマス、葉面積とその空間構造、受光量の計算を行い、光獲得効率を計算。また、雪解けから積雪が始まるまでの葉面積の空間構造、受光量、葉の寿命を定量化し、葉の生涯の光獲得効率を定量化した。	特定していない	青森県八甲田山	温暖化の影響と標高変化による影響を同義にとらえることには注意が必要であるが、標高間比較によって、ある程度温暖化の影響を予測することができる。温暖化により積雪量が減り、融雪時期が早まるならば、生育可能期間の延長は落葉種にとって有利となり、常緑種には不利となる。温暖化により、常緑種の現存量や種数が減少する可能性が示唆される。
42062	NPP 及び植生分布を予測。4 種類の GCM データにおける 2020 年、2050 年、2080 年の 3 時点のデータを用いて行った。なお各時点における CO_2 濃度は、IS92a シナリオに従い、それぞれ 420、520、620ppmv に相当する。ただし、本研究で用いたモデルは、潜在的な自然植生分布を推定するモデルであるため、予測された結果は、各年次における気候条件が持続し、その状態で分布しうる植生のタイプとその NPP の予測値である。 ・モデル： 4 種類の GCM（CGCM1、CCSR-98、CSIRO-Mk2、ECHAM4/OPYC3） ・シナリオ：IS92a	2020 年 2050 年 2080 年	全国	4 種類の GCM データの結果をまとめると、植生分布に関しては、特に北海道地域で大きな影響を受ける可能性が高いことが示唆された。北海道の大部分を占める針広混交林帯は針葉樹と広葉樹の共存状態で維持されているが、温暖化が起こった場合、そのバランスが崩れ、大きな影響を受ける可能性が高い。北海道のいずれの植生も、より暖かい地域に生息する植生に押し上げられる形で境界域が北方に移動する。高山植生・亜高山帯針葉樹林は高緯度・高標高地域に生息しているために、温暖化によりさらにその分布域を狭める可能性が高い。落葉広葉樹林は、いったんは分布域を広げるものの、その後、常緑広葉樹林に押され、分布域が減少する可能性がある。また、九州の沿岸部及び小笠原諸島では常緑広葉樹林から、亜熱帯林が潜在的に優位になる可能性がある。
42075	①共通シナリオにより与えられる気候要素のうち、通常の標高補正により高山帯での値が再現できる気候要素を確かめ、その結果を基に国立公園での高山帯植生の温暖化に対する脆弱性を調べた。 ②キタダケソウの脆弱性については、共通シナリオ、CCSR、JP2、CCCM を統計的にダウンスケーリングし、2 次メッシュデータとしたシナリオにより推定した。 ③④（定性予測のみ） ⑤千蛇ヶ池雪渓については、雪渓規模の変化と気象要因から求めた関係と、共通シナリオ、CCCM、CCSR、CSIR、MPKI、JP2 から 50 年後の雪渓規模を計算した。 ・モデル：CCSR/NIES AGCM（CCSR）、CGCM2（CCCM）、CSIRO-Mk2（CSIR）、ECHAM4/OPY3（MPKI） ・シナリオ：独自に設定した	高山植生帯： 2050 年 キタダケソウ：50 年後 オオバコ：2050 年及び 2100 年 オコジョ：過去と現状比較 千蛇ヶ池雪渓：2050 年までの 10 年単位	日本の高山帯（白山、志賀高原、妙高高原、立山他）	①高山帯植生が 2050 年にはメッシュ数が減少する。 ②キタダケソウについて、現在の標高 2,750m 付近の生育地保護区下限の温量指数 17℃は、生育地保護区上限の 3,100m 付近まで上昇する。 ③白山のオオバコの分布上限付近の 7 月の月平均気温は 13.6℃であったが、2050 年頃までに 7 月の月平均気温が 13.5℃となる標高は 400m 上昇する。 ④耐凍性を比較した結果、キバナシャクナゲの方がハクサンシャクナゲに比べて、9 月に採取した葉で耐凍性が高いと認められたものの、10 月に採取した葉では両種とも－80℃の低温でも細胞が破壊されなかった。春先に認められる褐変率を調べたところ、キバナシャクナゲに比べてハクサンシャクナゲの褐変率は、冬季雪に覆われている期間が短いと推定される場所で高かった。 ⑤白山の千蛇ヶ池雪渓は 2009～2029 年までに無くなる。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	シナリオ（共通シナリオ）、上記の気候予測モデルを統一的に二次メッシュにダウンスケーリングしたシナリオ（CCSR、CCCM、CSIR、MPKI） 、気象庁/気象研気象統一シナリオ（JP2）			
42076	①共通シナリオ（ＣＣＳＲモデルの結果を統計的に補完し､約 10ｋｍの 2 次メッシュデータとして提供されたもの）で示されるメッシュデータを線形判別関数に代入し、共通シナリオの各メッシュが高山帯植生か､あるいは亜高山帯植生に相当するかを予測した。 ②（定性予測のみ） ③観測された生物現象と気象要因との統計的関係を求め、4 つの共通シナリオ（CCCM、CSIR、CCSR、MPKI）を用いて影響予測を行った。 ④階状土及び周氷河地形の一種であるローブ（舌状に長く伸びた周氷河地形）について､温暖化共通シナリオを用いて周氷河地形の変化予測を行った。 ・モデル : CCSR/NIES AGCM（CCSR）､CGCM2（CCCM）､CSIRO-Mk2（CSIR）､ECHAM4/OPY3（MPKI） ・シナリオ : 独自に設定したシナリオ（共通シナリオ）、上記の気候予測モデルを統一的に二次メッシュにダウンスケーリングしたシナリオ（CCSR, CCCM, CSIR, MPKI）、気象庁/気象研気象統一シナリオ（JP2）	北海道と本州の比較： 2070 年	北海道・本州 南アルプス北岳・群馬県尾瀬 石川県白山 北海道アポイ岳	①北海道に比べて本州の方が温暖化に対する脆弱性が高い。また北海道においては、2070 年以降では高山帯植生と判別されたメッシュは存在しない。 ②キタダケソウの満開日あるいはミズバショウの開花日とも徐々に早まり、2040 年代のキタダケソウの満開日は 1998 年と同じ程度に早まる可能性がある。 ③今後 10～20 年の間で白山では､多くの周氷河地形の化石化（維持されなくなった周氷河地形が、侵食されないがために消失せず、形だけ残る現象）や多くの雪田植生が消失する可能性がある。 ④アポイ岳でのハイマツの上昇速度は､年間 0.4 から 2m の間と推定され、推定したもっとも速い速度でハイマツが上昇した場合、アポイ岳南東側ではおおよそ 30 年で高山草原が消滅すると計算された。
42208	人工的に温暖な環境を作るために透明アクリル板で作製した開放型小型温室（Open Top Chamber:OTC）を 1995 年に 5 ヶ所設置（それぞれ以下 OTCa～OTCe とする）した。OTC は正五角形で、基底部の直径は約 70cm,高さは約 30cm である。5 ヶ所の OTC において、1997 年と 2000 年に植生の分布状況を調査した。対象は OTC 内に生育するイネ科を除くすべての種とし、その分布範囲を詳細に記載した。また、1996 年 7 月から 1998 年 11 月には、サーミスター温度計を使用し	特定していない	木曽駒ケ岳	・クロマメノキやミネズオウは OTCb/OTCe において拡大傾向を示したが、ガンコウランと共生している他の OTC では面積が減少した。つまり、気温上昇によってクロマメノキやミネズオウは分布を拡大させようとするが､より繁殖（拡大）能力が高いガンコウランが生育する場合には減少する。ウラシマツツジの面積は OTCb/OTCe ではやや増加したが、他の OTC ではほとんど変化していない。したがって、年平均 1.1℃ 程度の温暖化によってウラシマツツジは生長・拡大するが、ガンコウランが存在する場合はその拡大が抑えられるといえる。また、コメバツガザクラ、オヤマノエンドウはガンコウランが存在しなければ分布面積を維持するが、ガンコウランが存在するとガンコウランへ移行する傾向が見られる。また枯死面積・裸地面積は、温暖化条件下では、植物の侵入により

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	て、OTC 内部と OTC 外部(以下 CTRL とする)の地表面温度と 3cm 深地温を一時間ごとに測定した。さらに、OTC と CTRL 付近の気温を地表高 1.2m で観測した。観測にはコーナーシステム社製の KADEC-U2 を用いた。			減少する傾向が明らかとなった。 ・温暖化に伴う種の応答速度と、応答によって生じた種間競争を加味してサイト内に見られた植生を類型化すると、【ガンコウラン】【ウラシマツツジ】【クロマメノキ・ミネズオウ】【イワウメ・コメバツガザクラ・オヤマノエンドウ】となる。さらに、温暖化した環境下での生命力は、ガンコウラン>ウラシマツツジ>クロマメノキ群>イワウメ群という順位を持つであろう。 以上の結果は、近い将来顕著になると思われる。温暖化に伴う高山植物の応答に重要な示唆を与えたといえる。
42212	北海道大雪山系の風衝地サイトでの 1995～1999 年までの 5 年間の温暖化実験結果を基に予測	特定していない	北海道大雪山系	OTC 設置により地表付近の温度は 1.5～2.3ºC 上昇。温暖処理により常緑性低木のガンコウラン・ヒメイソツツジは 地上部成長が促進され、落葉性低木のクロマメノキとウラシマツツジは花生産が増大した。温暖化により低木植物の成長が促進され、競合状態が強まる。
42213	北海道大雪山系の標高の異なる風衝地サイト 2 カ所と雪田サイト 2 カ所で 2001～2007 年まで の 7 年間の温暖化実験結果を基に予測	特定していない	北海道大雪山系	OTC 設置により地表付近の温度は 1.1～1.8ºC 上昇。高 山植物の温暖化応答はハビタットにより異なり、低標高の風衝地では低木植物が 生長促進、高標高の風衝地サイトでは禾本類が成長を促進したが、雪田環境では 温暖化による高山植物の成長促進は見られなかった。温暖化に対する高山植生の応答は、ハビタットタイプにより異なる。
42214	全球規模（46 地域 158 サイト）でのツンドラ、高山生態系における OTC を用いた温暖化実験結果のメタ解析	特定していない	全球	ほとんどのサイトで温暖化により植生 高が増大し、競合状態が高まる。特に、低木類（shrub）、広葉草本類（forb）、イグサ類（rush）が成長促進する。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	*【高標高への移動の限界・生物季節の変化・多様なハビタットの消失】*
	社会／経済／環境	社会： 経済： 環境：*【希少種・ハビタット・生物多様性・景観の消失】*
緊急性	影響の発現時期	現状：既に発現している ・ハイマツの伸長量が増加する一方で枝枯れが発生（42031） ・ササとハイマツの分布域の拡大（42032, 42143） ・オオシラビソの分布域の上昇（40009, 42001） ・エゾノハクサンイチゲ個体群の消失と分布後退（42005） ・温暖年に高山植物の開花時期の早期化・短縮化、マルハナバチとのフェノロジカルミスマッチの発生（42031, 42146） ・融雪時期の早期化（42031）と雪渓の縮小化（42075） 将来： ・ハイマツの地理的分布適域の減少（全国：2080～2099 年：12200、2081～2100 年：41001） ・オオシラビソの分布適地の変化・減少（本州：2070～2099 年：42010, 42001） ・シラビソ、ウラジロモミの分布適地の減少とモミの分布適地の増加（本州：2070～2099 年：42010）

評価の視点等		文献から得られた情報
		・エゾノハクサンイチゲ個体群の分布域シフト、消失（大雪山：50 年後：42005） ・越年雪渓の消失（白山：2009～2029 年：42075） ・ハイマツの地域的な分布拡大による高山草原の消失(アポイ岳:30 年後:42076)
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	19 件 現在の状況：8 件（40009, 42001, 42005, 42031, 42032, 42075, 42143, 42146） 将来予測される影響：14 件（12200, 41001, 42001, 42002, 42005, 42010, 42048、42062, 42075, 42076, 42208, 42212, 42213, 42214）
	研究・報告の種類	モデル予測（6 件：12200, 41001, 42010, 42062, 42075, 42076） 現状分析（3 件：42002, 42005, 42048）
	研究・報告の整合性	・ハイマツの地理的分布適域の減少（2 件：12200, 41001） ・ハイマツの地域的な分布拡大（1 件：42076） ・亜高山林の縮小・分布域上昇（3 件：42001, 42010, 42062） ・雪渓の縮小や融雪時期の早期化、ならびに雪田植物の衰退（3 件：42005, 42075, 42076） ・高山植物の開花時期の早期化（1 件：42076） ・自然植生タイプの変化（4 件：42208, 42212, 42213, 42214）
適応の可能性		・気候変動による植物の逃避地（レフェジア）となりうる環境を探ることが重要（1 件：42001） ・生物多様性維持のために急速に分布拡大している侵入種の人為的コントロールの検討（1 件：42005）
他の分野・項目との関係		*【生物季節】【観光】*

（気候変動による影響の要因）

- 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。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。また山頂や沿岸部では移動が不可能となる。積雪期間の短縮は土壌の乾燥化を引き起こし、植生変化や雪田・高層湿原の衰退・消失をもたらすことが想定される。気温上昇と融雪時期の早期化は、高山植物群落の開花時期の早期化・短縮化などの生物季節の改変を引き起こす。

（現在の状況）

〔概　要〕

- 気温上昇や融雪時期の早期化等による高山帯・亜高山帯の植生の衰退や分布の変化が報告されている。
- 高山植物の開花期の早期化と開花期間の短縮が起こることによる花粉媒介昆虫の活動時期とのずれ（生物季節間の相互関係の変化）も報告されている。

日本各地の高山帯で、ハイマツの伸長量の増加と分布域の拡大が見られる。ハイマツの年枝伸長量は、夏の気温の増大により促進される。[42032)] 一方で、春の雪解けの早まりにより霜害の頻度が高まり、枝枯れが起きている。[42031)]

北海道大雪山五色ヶ原（高山湿生草原）では、融雪時期の早期化に伴う無雪期間の延長や土壌

乾燥化により、チシマザサの分布拡大[42143)]とエゾノハクサンイチゲ個体群の衰退[42005)]が進行している。

石川県白山では、越年雪渓の縮小が観察されている。[42075)]

高山帯では、春の温暖化により植物群集の開花期の早期化と開花期間の短縮が起こり、花粉媒介昆虫（マルハナバチ）とのフェノロジカルミスマッチ（生物季節間の相互関係の変化）が生じている。[42146)]

亜高山帯では、過去30年間でオオシラビソの分布域が高標高へシフトしている。[40009, 42001)]

高山帯・亜高山帯の植物の分布域の変化や高山植物の消滅によるレクリエーション利用、水源涵養、国土保全などの生態系サービスへの影響に関する研究事例は確認できていない。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 高山帯・亜高山帯の植物種について、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 が高まり、低木植物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。

ハイマツの分布適域を全国スケールで予測した研究によれば、現在と比較して2081～2100年までに分布適域は14.7(A1Bシナリオ[2] を前提としたMIROCモデルによる気候予測情報を使用)～25.0%（A2 シナリオ[2]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。[41001)]

北海道大雪山のエゾノハクサンイチゲ個体群について50年間の個体群成長を計算した研究によれば、融雪時期の早期化により、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群が維持される立地もあると予測されている。[42005)]

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ぼ消失すると予測されている。[42001)] 他の予測モデルにおいても、亜高山帯林は温暖化に伴い分布域の縮小と高標高・高緯度へのシフトが予測されている。[42010, 42062)] 一方、北海道東部におけるアカエゾマツの年輪幅と気象要因の解析ならびに炭素安定同位体比[3] による乾燥ストレスの評価では、夏の温暖化により乾燥ストレスが助長される場合には、高標高域で肥大生長（植物の根や茎が成長するにつれて太くなる現象）が抑制され、森林限界が現在よりも下降する可能性

[2] 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。

[3] 炭素安定同位体比:原子番号が同じで質量数が異なる物質を同位体という。炭素では ^{12}C と ^{13}C が常に安定な安定同位体であり、^{12}C に対する ^{13}C の割合を炭素安定同位体比(σ ^{13}C)という。

も示唆されている。[42002)]

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：

（生態系への影響）

【評価】特に大きい

【観点】環境：希少種・ハビタット・生物多様性・景観の消失

（生態系サービスへの影響（国民生活への影響））

【評価】現状では評価できない

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。

高山帯・亜高山帯の植物の分布域の変化や高山植物の消滅によるレクリエーション利用、水源涵養、国土保全などの生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。

- 緊急性：

（生態系への影響）

【評価】高い

・影響の発現時期　【評価】高い

・適応の着手・重要な意思決定が必要な時期　【評価】高い

（生態系サービスへの影響（国民生活への影響））

【評価】現状では評価できない

・影響の発現時期　【評価】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　【評価】現状では評価できない

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）が報告されている。その他の報告では、気温上昇との直接的な因果関係が明確なものばかりでなく、様々な要因が組合わさって影響が生じている可能性もある。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が大きい。将来影響については、日本全域を対象としたような、広域な地理的スケールでの植生分布（植生帯レベル）の変化に関しては 2070 年代以降の影響を予測しているものが多いが、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、一旦影響が生じれば回復・再生は困難である。

高山帯・亜高山帯の植物の分布域の変化や高山植物の消滅によるレクリエーション利用、水源涵養、国土保全などの生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。

- 確信度：

(生態系への影響)

【評価】中程度

(生態系サービスへの影響（国民生活への影響))

【評価】現状では評価できない

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が不足している。

また、高山帯・亜高山帯の植物の分布域の変化や高山植物の消滅によるレクリエーション利用、水源涵養、国土保全などの生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。

（2）自然林・二次林

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 1 件。

文献	地域	現在の状況
40001	筑波山	1975 年と 2005 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・比較したところ、すべての標高で常緑広葉樹の増加が認められ、過去 30 年間に落葉広葉樹から置き換わったことが示された。筑波山の南斜面の森林は極相林であると考えられるため、この森林変化は、気温上昇の影響である可能性が高いと考えられている。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 26 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
01002	メッシュ気候値 2000 の気温データを元に、各メッシュセルについて月平均気温が 1℃ずつ上昇した場合の気温環境を計算。3 次メッシュ植生データを元に、現在、自然条件下、あるいは人為的な管理のもとで森林状態が維持されている場所を、気温条件と構成樹種次第ではマツ林域と見なして区分を行う。マツ枯れ危険度は MB 指数をもとに評価を実施。 ・モデル：MIROC3.2-hires ・シナリオ：BaU（SRES B2 に基づく）、450s、550s	2020s 2030s 2040s 2050s 2060s 2070s 2080s 2090s	全国	温暖化の進行に伴いマツ枯れ危険域が拡大する。安定化レベルに関わらず、将来にわたりマツ枯れ危険域は拡大すると見込まれる。しかし、GHG 安定化濃度が最も低い 450s シナリオでは、今世紀末頃にその拡大傾向が止まる可能性が見込まれる。（1990 年を基準として、マツ枯れ危険域ではないマツ分布域が将来危険域に変化する割合を推計すると、）450s、550s、BaU シナリオにおける全国のマツ枯れ危険域は、今世紀中頃（2050s）には、約 22%（450s）、約 26%（550s）、約 28%（BaU）とシナリオ間でやや差が現れるが、今世紀末頃（2090s）には、シナリオ間で危険域に大きな差が生じ、約 27%（450s）、約 37%（550s）、約 51%（BaU）に達すると見込まれる。
12200	MRI-NHRCM20 の将来気候 18 ケースの結果に対し、観測値を用いたバイアス補正を行ったデータを使用。年平均気温および年最低気温を入力条件として解析。 モデル： MRI-AGCM60 （MRI-NHRCM20） シナリオ： RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5 スキーム： 各気候帯の優占樹種 4 種（ブナ、ハイマツ、シラビソ、アカガシ）について、気候要因を用いて将来において潜在的に対象種に生育が可能な地域（潜在生育域）を予測 将来の海面水温パターン： SST1、SST2、SST3	2080～2099 年	全国	・現在と将来を比較すると、ブナ・シラビソの潜在生育域（不確実性を伴う潜在生育域を含む）は減少する。 ・現在と将来を比較すると、アカガシの潜在生育域（不確実性を伴う潜在生育域を含む）は減少する。 （ブナ） 現在の潜在生育域と比較すると、将来の潜在生育域（不確実性を伴う潜在生育域を含む）は RCP2.6 では現在とほとんど変わりないが、RCP8.5 では現在の 41%まで減少する。 （シラビソ） 現在の潜在生育域と比較すると、将来の潜在生育域は RCP2.6 では現在とほとんど変わらないが、RCP8.5 では現在の 13%まで減少する。 （アカガシ） 現在の潜在生育域と比較すると、RCP2.6 では 1.4 倍、RCP8.5 では 1.8 倍に潜在生育域（不確実性を伴う潜在生育域を含む）が拡大する。特に、RCP8.5 では全国的に潜在生育域（不確実性を伴う潜在生育域を含む）となる。
41002	気候と土地的変数を組み込んだブナ林の分布予測モデルである ENVI モデルに、温暖化シナリオである RCM20 と	2031～2050 年 2081～2100 年	全国	・将来のブナ林適域の総面積は減少し、2081～2100 年には RCM20 では現状の 37%、MIROC では 21%になる。このうち、ブナ林が実際に分布している地域の適域の変化を

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	MIROC をあてはめ、生態的生育適域（適域）の将来予測を全国と各地域で実施。 ・モデル：RCM20、MIROC ・シナリオ:SRES A2（RCM20）、SRES A1B（MIROC）			みると、現在に比べて RCM20 で 21%、MIROC で 4%に減少する。北海道ではブナ林の分布を制約している冬期の寒さと乾燥が緩和されることから、適域は北方へ移動しながら面積が 120～350%増加するが、同時に断片化する。また、人為的土地利用による天然林の断片化の影響があるため、新たな適域へのブナの移動は困難となるだろう。 ・本州の日本海側では夏期の高温によってブナ林の分布が制限され、適域が高標高地域へ上昇しながら 9～42%に減少する。実際にブナ林かつ適域である地域は、3～40%に減少する。世界遺産の白神山地周辺では適域面積の著しい減少が予測される。 ・本州太平洋側では主に夏期の高温と冬期の乾燥がブナ林の分布を制限しているが、RCM20 シナリオでは一時的に適域が増加するものの、2081～2100 年には現状の 19～35%に減少し、実際にブナ林かつ適域である地域は、1～23%に減少する。 ・四国や九州でも主に夏期の高温と冬期の乾燥がブナ林の分布を制限している。ブナ林は高標高地域にのみ分布するため、現状でも適域面積は狭いが、将来はほぼ消滅すると予測される。
41004	アカガシの分布を気候データとアカガシの PADD（優先度に関わりなく、出現していれば有、無ければ無）の分布データを用いて、ランダムフォレスト（RF）により予測。 ・モデル：RCM20、MIROC ・シナリオ:SRES A2（RCM20）、SRES A1B（MIROC）	2081～2100 年	九州、四国、本州	気候条件のみから推定されるアカガシの潜在生育域（現在:約 15.1 万 km^2）は、気温の上昇に伴い、東北地方など緯度の高い地域や、九州、中国、四国地方の標高の高い地域に拡大し、その面積は約 17.6 万 km^2 となる。一方、土地利用を考慮して自然植生以外の地域を除いた場合、現在の生育域の面積（約 7.5 万 km^2）は、気候的潜在生息域の面積の 49.5%となる。土地利用を考慮し、かつ現在の潜在生息域からの分布移動が今後 100 年間で 1km であると仮定すると、潜在生息域の面積は約 6.0 万 km^2 となり、現在より減少する。
41005	気候的要因のみを考慮したモデル（C-models）と気候的要因と気候的要因以外を考慮したモデル（CN-models）を用いて、極相種であるブナと、気候以外に人為撹乱や地形要因などで分布が規定されていると考えられる 6 つの樹木種に関して分布適域の変化を予測。 ・モデル：RCM20 ・シナリオ：SRES A2	2081～2100 年	全国	標高が低い山間部や日本南部では、温暖な地域でのエノキの分布適域を除いて、極相種のブナ、二次林種のミズメ、アカシデ、イヌシデ、河畔や渓畔域に分布するエノキ、オヒョウ、ケヤキらすべての分布適域が減少する。
41006	チシマザサの分布を規定する気候変数と分布域の気候的閾値を明らかにし、現在と温暖化後の潜在分布域を予測し、温暖化によるチシマザサの分布への影響を評価。 ・モデル：RCM20 ・シナリオ：SRES A2	2081～2100 年	本州東部（静岡県以東）	チシマザサの 2081～2100 年の潜在分布域は、低地で減少し、現在の約半分（50.7%）の面積になると予測される。潜在分布域のうち、分布適域は、温暖化後、日本海側の高標高域に分布域が限定され、山脈や山系ごとに孤立し、断片化した分布を示す。その面積は、低標高域を中心に縮小し、現在の 21.7%に減少すると予測される。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
41007	分類樹モデル、1km^{2}の高解像度気候データ、植物社会学ルルベデータベース（PRDB）のデータをもとに分布適域を予測。 ・モデル：RCM20、MIROC ・シナリオ:SRES A2（RCM20）、SRES A1B（MIROC）	2081～2100 年	全国	2081～2100 年までに、スズタケの適域が 21.3～42.5%減少する。暖かさの指数（WI）の増加により、現在の適域である 48,836 セル（1 セル：1km^2）のうち、49.3～64.3%が不適域となる。東北の太平洋側、中部の低地と瀬戸内海の山間部では、WI の増加による水不足により、スズタケの繁殖が困難になる。
41008	分類樹モデル、1km2 の高解像度気候データ、植物社会学ルルベデータベース（PRDB）のデータをもとに分布適域を予測。 ・モデル：RCM20 ・シナリオ：SRES A2	2081～2100 年	全国	2081～2100 年までに、暖かさの指数（WI）の増加により、37.4%のミヤコザサの現在の分布適域が減少する。また、2081～2100 年までに、西日本の現在の分布適域が消失する。一方で、北海道や本州東部の標高が高い地域では、分布適域は維持される。
42007	常緑樹 10 種の現状の分布を WorldClim のデータを使用しモデル化。世界気候研究計画（WCRP）の CMIP3 の 20 の全球気候モデルを使用し、気候変動の影響を予測。 ・モデル：20 の GCM ・シナリオ：SRES A1B	2081～2100 年	本州・九州・四国・沖縄	常緑樹 10 種（スダジイ、ツバキ、イスノキ、コバンモチ、ホルトノキ、ガジュマル、アカメイヌビワ、タブノキ、イチイガシ、アラカシ）の潜在分布域（種の分布が可能な気候環境にある地域）が、北部、冷温帯へと拡大する。一方で、沖縄ではスダジイとコバンモチの潜在分布域が 23.6～38.1%減少する。
42008	4 つの気候変数（暖かさの指数、最寒月日最低気温、夏期降水量、冬期降水量）を説明変数にする統計モデルを構築し、世界気候研究計画（WCRP）の CMIP3 の 20 の全球気候モデルを使用し、気候変動の影響を予測。 ・モデル：20 の GCM ・シナリオ：SRES A1B	2081～2100 年	全国	将来の気候の状況下では、保護地域内のブナ林の分布域が、現在の 21,222km2 から 12,309km2 へと減少する。同様に、保護地域外のブナ林も現在の 40,445km2 から 13,208km2 に減少する。
42009	4 つの気候変数（暖かさの指数、最寒月日最低気温、夏期降水量、冬期降水量）と 5 つの土地変数（表層地形、地形、土壌、斜面方位、斜面傾斜度）を説明変数とし、19 種の野生食用植物種の空間分布モデルに適用。気候データとして、Earth System Grid data portal site の 19 の GCM を使用。 ・モデル：19 の GCM ・シナリオ：SRES A1B	2081～2100 年	全国	対象とした 19 種の野生食用植物のうち、気候変化対して感受性が高いトチノキ、コシアブラ、ニワトコ、ネマガリダケ、ヤマブドウ、クサソテツの生育適域は 2081～2100 年に現在に比べ、20～80%減少すると予測される。特に、ネマガリダケの減少が著しい。気候変動は九州・中国・四国地方と中部・東北地方の低域に自生するこれら 6 種の野生食用植物に負の影響を与えると予測される。
42010	多変量適応型回帰スプラインを空間分布モデルとして使用し、オオシラビソ、シラビソ、ウラジロモミの分布を予測。現状の気候データとして WorldClime によるデータを使用。 ・モデル：CCCMA、CISRO ・シナリオ：SRES A1B	2070～2099 年	全国	将来の気候シナリオの下では、2070～2099 年にオオシラビソ、シラビソ、ウラジロモミの分布適域が本州以南で縮小する。一方でモミの分布適域は北方に移動しながら増加すると予測される。分布適域と潜在分布域の 1km のセル数で評価した面積はオオシラビソ、シラビソ、ウラジロモミが現在に比べて、55%以下に減少するが、モミの分布適域と潜在分布域の 1km^{2}セルは現在より 73%増加すると予測される。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
42012	日本に自生する多様な分布域を持つ針葉樹 10 種について、種の分布データを応答変数に、4 気候変数を説明変数とする統計モデルを構築し、種の潜在生育域を予測し、温暖化影響評価を実施。このモデルに将来（2081～2100 年）の 2 つの気候変化シナリオを組み込み、将来の潜在生育域を予測。 ・モデル：RCM20、MIROC 3.2（hires） ・シナリオ：SRES A2（RCM20）、SRES A1B（MIROC3.2（hires））	2081～2100 年	全国	・将来の気候（RCM20 と MIROC）における潜在生育域（適域と辺縁域）は、トドマツが本州で消失し、北海道でも減少した。また、寒温帯（亜高山帯）種のオオシラビソ、シラビソ、コメツガ、および冷温帯種ウラジロモミは、本州以南で縮小し、北海道で拡大すると予測された。紀伊と四国の山地に分布が限られるトガサワラは、少し縮小した。暖温帯種のイヌマキ、ナギは、南部から北部へ、沿岸から内陸へ拡大した。 ・種が現在の分布域から全く移動しない（0%移動）と仮定すると、温暖化後に樹木が利用できる適域の面積は、本州以南で、寒温帯種が 0～18%に、冷温帯種が 2～18%に、中間温帯種が 0～68%に、暖温帯種が 86～100%に、北海道でトドマツが 18～52%に変化すると予測された。
42014	ENVI モデルを使用。4 つの気候変数と 5 つの土地変数を説明変数とし、ブナ林が分布する確率を推定。気温の上昇程度を 2℃減少時から 7℃増加時、降水量の 50%減少時から 50%増加時を組み合わせた計 110 パターンに対してのシミュレーションを実施。	気温と降水量の変化程度を指標にして予測	全国	降水量の増加時と気温の 2 度以上の上昇時には、ブナ林の分布適域が減少する。降水量が増加し、気温の上昇程度が 2℃以下の時には、降水量の増加程度よって、ブナ林の分布適域への影響が異なり、増加、減少、維持される。
42015	分布の有無データと気候データから作成したチマキザサ節の分類樹モデルに、日本全域の現在と温暖化後の 3 次メッシュ気候データを当てはめ、チマキザサ節の潜在分布域を予測。 ・モデル：RCM20 ・シナリオ：SRES A2	2081～2100 年	全国	チマキザサ節の 2081～2100 年の潜在分布域は、本州の低地を中心に減少し、その面積は現在の 67.9%になると予測される。潜在分布域のうち、分布適域は、温暖化後、北海道東部や青森県以南の平野部や山岳の低標高域で顕著に縮小し、その面積は現在の 53.3%になると予測された。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 1km^2）を除いて消滅すると予測された。 ※本文献では、潜在分布域、分布適域を以下のように定義付けている。 ・潜在分布域：種が分布する可能性がある地域。分布確率 0.01 を閾値に設定し、0.01 以上の地域。 ・分布適域：分布頻度や優占度が高く，種の生存に適した環境にあると考えられる地域。分布確率が ROC 解析で求めた閾値以上の値をとる地域。
42017	温暖化した 2100 年における白神山地のブナ林の分布適域を、分類樹モデルと 2 つの気候シナリオによって予測。4 気候変数と 5 土地変数を用いたブナ林の分布予測モデル ENVI を使用。 ・モデル：RCM20、CCSR/NIES ・シナリオ：SRES A2	2100 年	白神山地	分布確率 0.5 以上の分布適域は、現在の気候下では世界遺産地域の 95.4%を占めるが、2100 年には RCM20 シナリオで 0.6% に減少し、CCSR/NIES シナリオでは消滅する。ブナ優占林の分布下限の WI85.3 に相当する標高は、現在は 43m だが、RCM20 シナリオでは 588m、CCSR/NIES シナリオでは 909m に上昇する。
42018	ブナ林の分布確率を環境要因から予測する分類樹モデルを構築して潜在分布域を予測。分類樹モデルには目的変数をブナ林の実際の分布とした。説明変数を 4 気候変数と 5 土地変数とし、現在の気候には 3 次メッシュ気候値を、将来の気候に	2081～2100 年（RCM20） 2091～2100 年（CCSR/NIES）	全国	ブナ林の成立に適する地域（分布適域）を分布確率 0.5 以上の地域とすると、その面積は現在の気候下では 26,220km^2 となる。分布適域の面積は、現在気候に比べ CCSR/NIES シナリオでは 9%に、RCM20 シナリオでは 37%に減少する。両シナリオとも九州、四国、本州太平洋側の分布適域はほとんど消滅し、分布適域の広い東北でもその面積が大きく減

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	は、2100 年に気候変化シナリオ CCSR/NIES シナリオと RCM20 を、土地変数には国土数値情報を用いた。 ・モデル : RCM20、CCSR/NIES ・シナリオ: SRES A2（RCM20）、IS92a（CCSR/NIES）			少する。本州以南では温暖化により分布適域がより高標高に移動するので、低山では適域が消失し、高山では亜高山針葉樹林帯域に適域が侵入する。
42019	ENVI モデルを使用。4 つの気候変数（暖かさの指数、最寒月日最低気温、夏期降水量、冬期降水量）と 5 つの土地変数（表層地形、地形、土壌、斜面方位、斜面傾斜度)を説明変数とし、ブナ林が分布する確率を推定。気候変化シナリオとして、CCSR/NIES を使用。 ・モデル：CCSR/NIES ・シナリオ：記載なし	2090 年代	北海道、九州、四国、本州	・ブナ林の温暖化後の潜在生育域の変化を CCSR/NIES 気候シナリオで予測した結果、2090 年代には現在の 9%に減少すると予測された。日本南西部から生育域が後退し、本州では生育域が縮小、北東へ生育域の北限が拡大することが予測される。 ・脆弱性指数によると、2090 年代には九州、四国、本州の太平洋側と北海道南西部に多くの脆弱なブナ林が存在すると予測される。
42021-1	ブナ林の分布を気候条件から予測する分類樹モデルと呼ばれる分布予測を使用。分布予測モデルに現在の気候と 2 つの気候シナリオを組み込み、現在と将来のブナ林の出現する確率（分布確率）を予測。 ・モデル：RCM20、MIROC ・シナリオ: SRES A2（RCM20）、SRES A1B（MIROC）	2081～2100 年	全国	ブナ林が実際に分布する地域における適域（14,579km^2）は、2081～2100 年に RCM20 で 21%（3,117km^2）に、MIROC で 4%（544km^2）に、それぞれ減少すると予測される。いずれの場合でも、西日本や本州太平洋側では適域がほとんどなくなるので、この地域のブナ林は温暖化に伴い衰退すると予測され、脆弱であると推定される。この地域では、温暖化に伴い低標高域からブナの更新が困難となり、温暖な気候に適応する他の樹種によってブナが置き換えられる。
42021-3	分布予測モデルには Random Forest を用いた。構築したモデルにより、現在および 2081～2100 年の 2 つの気候変化シナリオにおける潜在生育域を予測。予測精度評価、ROC 解析より得られる AUC で行った。同様に ROC 解析から、分布データと整合性が最も高くなる出現確率を求め、閾値以上の地域を適域とした。さらに、出現確率が 0.01 以上から閾値未満を辺縁域、これらを合わせた地域を潜在生育域とした。 ・モデル：RCM20、MIROC ・シナリオ: SRES A2（RCM20）、SRES A1B（MIROC）	2080～2100 年	九州、四国、本州	・アカガシの気候的な潜在生育域（PH）の面積は、現在 150,542km^2 であるが、温暖化後は RCM20 シナリオで 180,411km^2、MIROC シナリオで 175,635km^2 となり、どちらのシナリオにおいても増加する。土地利用を考慮した潜在生育域をみると、新たに潜在生育域となる地域は九州、四国、中国地方の高標高域や北陸、中部地方の山地部である。 ・これらの地域の中立な立地にはブナ林が分布しているが、温暖化によりその潜在生育域が大幅に減少すると予測されている。ブナ分布下限は常緑広葉樹との競争によって決まると考えられる。温暖化に伴う常緑広葉樹の増加は林内光環境を変化させ、ブナなどの落葉広葉樹は更新が難しくなり衰退すると推定される。この様な地域では、落葉広葉樹の枯死に伴い、アカガシなどの常緑広葉樹に置き換わると推定される。
42052	現実のブナ林分布域の再現能が高く、温暖化影響予測に多数利用実績がある ENVI モデルを使用。4 つの気候変数と 5 つの土地変数を説明変数とし、ブナ林が分布する確率を推定。 ・モデル：MIROC3.2-hires ・シナリオ：SRES A2	2081～2090 年	全国	・北海道・群馬・長野では 2℃程度の気温上昇ではブナ林適域面積率が減少しない。しかし、2℃を超える気温上昇では、降水量が増加しない限りは、ブナ林適域面積率は減少する。 ・東北、北陸、山陰では、現時点でのブナ林の分布適域は広く、気温上昇に応じてブナ林適域面積率は減少するものの、比較的多く分布適域が残存する。特に富山県は、5℃を超える気温上昇が生じてもブナ林適域面積率

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
				が数%残存すると見込まれる。 ・一方、太平洋側の地域では、わずかな気温上昇でもブナ林適域面積率は減少する。
42062	NPP および植生分布の予測は、4 種類の GCM データにおける 2020 年、2050 年、2080 年の 3 時点のデータを用いて行った。なお各時点における CO_2 濃度は、IS92a シナリオに従い、それぞれ 420、520、620ppmv に相当する。ただし、本研究で用いたモデルは、潜在的な自然植生分布を推定するモデルであるため、予測された結果は、各年次における気候条件が持続し、その状態で分布しうる植生のタイプとその NPP の予測値である。 ・モデル： 4 種類の GCM（CGCM1、CCSR-98、CSIRO-Mk2、ECHAM4/OPYC3） ・シナリオ：IS92a	2020 年 2050 年 2080 年	全国	4 種類の GCM データの結果をまとめると、植生分布に関しては、特に北海道地域で大きな影響を受ける可能性が高いことが示唆された。北海道の大部分を占める針広混交林帯は 1 つの植生タイプが優先的に生息せず、針葉樹と広葉樹が共存している状態となっている。そのため温暖化が起こった場合、そのバランスが崩れ、大きな影響を受ける可能性が高いといえる。北海道のいずれの植生も、より暖かい地域に生息する植生に押し上げられる形で境界域が北方に移動する。高山植生・亜高山帯針葉樹林は高緯度・高標高地域に生息しているために、温暖化によりさらにその分布域を狭める可能性が高い。落葉広葉樹林は、いったんは分布域を広げるものの、その後、常緑広葉樹林に押され、分布域が減少するという可能性がある。また、九州の沿岸部及び小笠原諸島では常緑広葉樹林から、亜熱帯林が潜在的に優位になる可能性がある。
42063	農業環境技術研究所（1997）の温暖化時のメッシュ気候推定値と井上・横山（1998） の最大積雪深の変化予測値を用いた温暖化時の自然草原の植生帯の変化予測。	1998 年以降の 30 年後、60 年後、100 年後	全国	・気候環境の変化による自然草原植生帯の変化を見ると、亜寒帯の自然草原植生域は亜高山帯の自然草原植生域を含めて著しく減少する。 ・冷温帯の自然草原植生帯域は北海道で拡大すると予測され、これは短草型のシバ草原が分布する可能性の高い地域が拡大することを意味する。しかし、現在、この地域には湿原も多く、ほとんどシバは分布していないので、この種子が如何にして供給されるかに問題がある。 ・暖温帯の自然草原植生域の温暖化による影響は、短草型・長草型草原植生ともに、主要な種では小さいと見ることができる。 ・亜熱帯の自然草原植生域への温暖化による影響は、先島諸島から薩南群島まではほとんどないと考えられるが、温暖化がさらに進むと帰化植物であるギンゴウガンなども繁茂して、黒島・竹島・多良間島などに見られるように自然草原植生を被圧し、遺伝資源としての多くの草本植物種が消滅する危険がある。 ・現状でも自然草原の減少によって、草原性の多くの昆虫は絶滅の方向にある。温暖化による自然草原の植物種の変化は、さらにこれを助長することになると思われる。
42148	日本国内産マツノザイセンチュウ近縁種群に関して、それらの通常の気温条件、および高温条件下でのアカマツ、クロマツ	特定していない	全国	いくつかの種類において、ごく弱い病原力が認められたが、簡易温室を用いた高温条件下での接種試験でもマツの枯死は認められず、2℃程度の気温上昇では急激なリスク拡大の

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	に対する病原性について検討。			可能性は低いと考えらる。
	キオビエダシャクが越冬可能な北限は1月の平均最低気温 0℃で近似できるというデータをもとに、気候シナリオデータを用いて越冬可能域を予測。 ・モデル：MIROC-H ・シナリオ：SRES A1B	2041～2050年 2091～2100年	全国	キオビエダシャクの越冬可能な北限は1月の平均最低気温 0℃で近似できることがわかった。宮城県以北の実験では越冬後に羽化する成虫の翅が正常に伸びないことが多く、越冬後に正常な成虫が多数発生して個体群が維持できる範囲はもう少し南にあると考えらる。
42211	・独自に改良したプロセスモデルである BIOME3 を使用し、現在の気候条件での、潜在自然植生の分布を推定。推定される植生タイプの分類は高山植生、亜高山帯針葉樹林、針広混交林、落葉広葉樹林、常緑広葉樹林の5つである。詳細な潜在自然植生の分布を得るために、推定は3次メッシュ（約 1km×1km）単位で行った。 ・温暖化時における潜在自然植生と現在の自然植生の差を評価するために、モデルに温暖化時の気候条件の予測結果を入力し、将来における潜在自然植生の分布を得た。温暖化時の気候条件の予測結果は IS92a シナリオにおける CO2 漸増実験の結果であり、4 種類の GCM（モデル名 :CGCM1 、 CCSR-98 、 CSIRO-Mk2 、 ECHAM4/OPYC3）の予測結果を 2 次メッシュ（約 10×10km2）に内挿したデータを使用した。比較はそれぞれ GCM ごとに 2020、2050、2080 年代の 3 時点で行った。	2020 年、2050 年、2080 年	全国	・それぞれの GCM において、年次が進むにつれ、植生調査データと植生タイプが異なっている地域が拡大している。2020、2050 年代では、北海道や本州山間部に分布する寒帯・高山帯植生、亜寒帯・亜高山帯自然植生は他の植生タイプと比較して、現存する自然植生のタイプと異なる割合が高く、また年次が進むにつれて、その割合が高くなることが示された。また、現在の気候条件の下で推定された潜在自然植生分布の比較において同じ解析を行った場合、寒帯・高山帯植生で約 0.9%、亜寒帯・亜高山帯自然植生は約 1.2%と小さく、温暖下時において、分布する植生タイプが大きく異なる地域が急激に拡大することが予測される。 ・いずれのシナリオでも、2050 年代までは、日本アルプスや東北地方の山脈地域、北海道中央部などの地域において寒帯・高山帯植生の変化が大きいが、CSIRO-Mk2 と ECHAM4/OPYC3 では 2080 年代において、亜寒帯・亜高山帯自然植生の変化する比率が最も大きくなるという結果となった。 ・2080 年代になると本州のブナクラス域自然植生においても、現在の自然植生と潜在自然植生地域が異なっている地域が拡大している。これらの違いは、主に GCM における温度上層の違いに起因すると考えられる。
43003	生物気候パラメーターとして、暖かさの指数、最寒月の降水量、夏期降水量、冬期降水量を使用。一般化加法モデル（GAM）、人工ニューラルネットワークモデル（ANN）、勾配ブースティングモデル（GBM）、ランダムフォレスト（RF）を使用し、1km^2 のアンサンブルモデルを構築。 ・モデル：RCM20 ・シナリオ：SRES A2	2081～2100 年	全国	将来予測を行った 25 種の針葉樹種のうち、80%の樹種が 2100 年までに、現在の分布適域の半分を失う。標高が低い地域では、平均して 293m、分布適域の限界が上昇する。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：現在から 2100 年までの予測（温暖化シナリオに依存）
	影響が発生する可能性	*【分布適域の変化については、高い可能性。ただし、現実の分布変化については、不確実性が高い】*
	影響の不可逆性	*【生育適域の消失から実際の分布の消失が起これば、不可逆性あり】*
	持続的な脆弱性・曝露	*【生育地の分断・孤立】* *【植物の移動能力（速度）の低さ】*
	社会／経済／環境	社会： 経済：*【観光業への影響】【山菜の採取への影響】* 環境：*【重要な種・ハビタット・景観の消失】【国際・国内で重要な場所の質の低下】【広域的な生態系機能の低下の可能性】【植物分布域の変化】*
緊急性	影響の発現時期	現状： ・極相林と考えられる暖温帯から冷温帯への移行域（筑波山南斜面）で、落葉広葉樹が減少、常緑広葉樹が増加（40001） 将来： ●冷温帯林あるいは構成種の分布適域の高緯度・高標高域への移動にともなう面積減少 ・ブナ林の分布適域の減少（2013～2050 年：41002、2081～2090 年：42052、2081～2100 年：42008・42021-1、2090 年代：42019、2100 年：42017・42018、2061～2100 年：42014） ・チシマザサの分布適域の減少（2081～2100 年：41006） ・ミヤコザサの分布適域の減少（2081～2100 年：41008） ・チマキザサ節の分布適域の減少 （2081～2100 年：42015） ・スズタケの分布適域の減少（2081～2100 年：41007） ・コシアブラ、ニワトコ、ヤマブドウ、クサソテツ、トチノキ、ネマガリダケいった山菜となる冷温帯種の生育適域の減少（2081～2100 年：42009） ・自然植生タイプの変化（2020 年、2050 年、2080 年：42211） ●暖温帯林の構成種の分布適域の変化 ・アカガシの潜在生育域が現在のブナ林生育域まで拡大 （2080～2100 年：42021-3） ・アカガシの潜在生育域が高緯度、高標高域に移動し拡大、一方で土地利用や分布移動の制限を考慮すると生育面積は減少（2080～2100 年：41004） ・暖温帯から冷温帯にかけて分布する二次林構成種や河畔林構成種であるミズメ、アカシデ、イヌシデ、エノキ、オヒョウ、ケヤキの分布適域の減少（2081～2100 年：41005） ・モミの分布適域と潜在分布域の拡大（2070～2099 年：42010） ・亜熱帯から暖温帯の常緑樹の潜在生育域が北方に変化。沖縄では、潜在生育域が減少（2081～2100 年：42007） ・本州以南で寒温帯種、冷温帯種、中間温帯種、暖温帯種の針葉樹の生育適域が変化（2081～2100 年：42012） ・冷温帯上部のウラジロモミ、亜高山帯のシラビソ、オオシラビソの生育適域が本州以南で減少（2070～2099 年：42010） ・針葉樹種の多くが、現在の分布適域を失う（2081～2100 年：43003） ・気候変化により潜在自然植生の分布が北方に移動（2020 年, 2050 年, 2080 年：42062） ・マツ枯れ危険域の拡大（2020s, 2030s, 2040s, 2050s, 2060s, 2070s, 2080s, 2090s：01002） ・分布適域の移動にともなう現在のブナ林保護地域や世界遺産地域内のブナ分布域の減少（2081～2100 年：42008、2100 年：42017） ・温暖化による自然草原の植生帯の変化（1998 年以降の 30 年後、60 年後、100 年後：42063） ・キオビエダシャクの分布拡大（2041～2050 年, 2091～2100 年：42148）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし

評価の視点等		文献から得られた情報
確信度	研究・報告の量	27 件 現在の状況：1 件（40001） 将来予測される：影響：26 件（01002, 12200, 41002, 41004, 41005, 41006, 41007, 41008, 42007, 42008, 42009, 42010, 42012, 42014, 42015, 42017, 42018, 42019, 42021-1, 42021-3, 42052, 42062, 42063, 42148, 42211, 43003）
	研究・報告の種類	モデル予測（24 件：01002, 12200, 41002, 41004, 41005, 41006, 41007, 41008, 42007, 42008, 42009, 42010, 42012, 42015, 42017, 42018, 42019, 42021-1, 42021-3, 42052, 42062, 42148, 42211, 43003）
	研究・報告の整合性	●冷温帯林および構成種の分布適域減少 ・ブナ林あるいはブナの分布適域が減少（9 件：12200, 41002, 42008, 42014, 42017, 42018, 42019, 42021-1, 42052） ・ミヤコザサの分布適域が減少 （1 件：41008） ・チマキザサ節の分布域適域が減少（1 件：42015） ・チシマザサの分布適域が減少（1 件：41006） ・スズタケの分布適域が減少（1 件：41007） ・コシアブラ、ニワトコ、ヤマブドウ、クサソテツ、トチノキ、ネマガリダケの生育適域の減少（1 件：42009） ・寒帯・高山帯植生、亜寒帯・亜高山帯自然植生の変化（1 件 42211） ●暖温帯の構成種の分布適域の変化 ・アカガシの潜在生育域が拡大（3 件：12200, 41004, 42021-3） ・アカガシの現在の分布面積が減少（1 件：41004） ・常緑樹の潜在生育域が変化（1 件：42007） ・暖温帯から冷温帯にかけて分布する二次林構成種や河畔林構成種であるミズメ、アカシデ、イヌシデ、エノキ、オヒョウ、ケヤキの分布適域が減少（1 件：41005） ●針葉樹の生育適域の変化 ・ウラジロモミ、シラビソ、オオシラビソの生息適地の変化・減少、モミの生育適域の拡大（2 件：12200, 42010） ・本州以南で寒温帯種、冷温帯種、中間温帯種、暖温帯種の針葉樹の生育適域が変化（1 件：42012） ・針葉樹種の多くが、現在の生育適域を失う（1 件：43003） ・気候変化により潜在自然植生の分布が北方に移動する（1 件：42062） ・マツ枯れ危険域が拡大する（1 件：01002） ・分布適域の移動にともない現在のブナ林保護地域や世界遺産地域内のブナ生育適域が減少する（2 件：42008 ,42017）
適応の可能性		・脆弱な種と地域、および逃避地を特定して、種の保全計画策定に役立てていくことが温暖化への適応策となる（42012） ・適応策としては、西日本の常緑樹林の上限に接しているブナ林における常緑種の侵入のコントロール、本州中部から北部の山脈が連なる地域における生態的回廊によるブナの移動経路の確保、また、北海道のブナ林北限以北におけるブナの北方林への侵入のコントロールが考えられる（42018） ・ブナのように伐採が少ないことで個体群の維持が可能な種では、保護区の見直しなど人為を森林に加えないことによる保護を中心に考えるべきであるが、西日本や本州太平洋側のブナのように脆弱で保護価値のある地域個体群を守るためには積極的保護策が必要な場合がある（42021-1）
他の分野・項目との関係		*【高山帯・亜高山帯】【里山林】【物質収支】【個体群・分布の変動】【林業】*

（気候変動による影響の要因）

- 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る。また山頂や沿岸部では移動が不可能となる。

(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、現時点で確認された研究事例は限定的である。
- 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ある。

1975 年と 2005 年の筑波山の空中写真を用いて常緑広葉樹の分布図を作成・比較した研究によれば、すべての標高で常緑広葉樹の増加が認められ、過去 30 年間に落葉広葉樹から置き換わったことが示されている。筑波山の南斜面の森林は極相林であると考えられるため、この森林変化は、遷移後期種への置換ではなく気温上昇の影響である可能性が高いと考えられている。[40001)] 自然林・二次林の植物の分布域の変化によるレクリエーション利用、水源涵養、国土保全などの生態系サービスへの影響に関する研究事例は確認できていない。

(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。

ブナ、アカガシなど冷温帯及び暖温帯林の主要構成種については、現在の分布を説明するモデルをもとに、温暖化シナリオに沿った将来の分布適域の変化が予測されている。これによると、高緯度、高標高域への移動にともない、冷温帯林の構成種の多くで分布適域の減少が予測され、他方、暖温帯林の構成種の多くで分布適域の移動と拡大が予測されている。ただし、実際の分布については、地形要因や土地利用の変更等による分布拡大の制限などにより縮小するという予測もあり、不確定要素が大きい。[41004. 41005, 42021-3)]

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

いる。[42007)]

ブナ林の分布適域を予測した研究では、高標高、高緯度への移動にともない、2081～2100 年には現在の面積が、(A2 シナリオ[4]（RCM20） で 21%、A1B シナリオ[4]（MIROC）で 4%に）減少することが示されている。本州太平洋側では主に夏期の高温と冬期の乾燥がブナ林の分布を制限しているが、A2 シナリオ（RCM20）では一時的に適域が増加するものの、2081～2100 年には現状の 19～35%に減少し、実際にブナ林かつ適域である地域は、1～23%に減少する。四国や九州でも主に夏期の高温と冬期の乾燥がブナ林の分布を制限している。ブナ林は高標高地域にのみ分布するため、現状でも適域面積は狭いが、将来はほぼ消滅すると予測されている。[41002)]

アカガシの気候的な潜在分布域の面積を予測した研究では、現在が 150,542km^2 であるが、温暖化後は A2 シナリオ（RCM20）で 180,411km^2、A1B シナリオ（MIROC）で 175,635km^2 となり、どちらのシナリオにおいても増加することが予測されている。[42021-3)] ただし、土地利用等の分布拡大の制限を考慮すると、現実の分布面積は縮小するという予測もある。[41004)]

ブナをはじめ、冷温帯林から亜高山帯林にかけての構成種については、特に本州中部以西の地域での分布適域の減少や消失が予測されている。25 種の針葉樹種の分布適域について将来予測を行った研究（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、80%の樹種が 2100 年までに、現在の分布適域を失い、標高が低い地域では、分布適域の限界が平均して 293m 上昇すると予測されている。[43003)] また、日本全域の現在と温暖化後の 3 次メッシュ気候データ（A2 シナリオを使用）を当てはめ、チマキザサ節の潜在分布域を予測した結果では、2081～2100 年の潜在分布域は、本州の低地を中心に減少し、その面積は現在の 67.9%になると予測されている。特に、九州では、分布適域が完全に消滅し、四国でも石鎚山の 1 セル（約 1km^2）を除いて消滅すると予測されている。[42015)]

自然林・二次林の植物の分布域の変化によるレクリエーション利用、水源涵養、国土保全などの生態系サービスへの影響については、現時点で予測･評価をした研究事例は確認できていない。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：

（生態系への影響）

【評価】特に大きい

【観点】環境

（生態系サービスへの影響（国民生活への影響））

【評価】現状では評価できない

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、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

[4] 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。

響に対する持続的な脆弱性の一要素となる。重要な種・ハビタット・景観の消失につながるものであり、環境面での重大性が高い。

なお、自然林・二次林の植物の分布域の変化によるレクリエーション利用、水源涵養、国土保全などの生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。

- 緊急性：

(生態系への影響)

【評価】中程度

・影響の発現時期　【評価】中程度

・適応の着手・重要な意思決定が必要な時期　【評価】中程度

(生態系サービスへの影響（国民生活への影響))

【評価】現状では評価できない

・影響の発現時期　【評価】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　【評価】現状では評価できない

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行している可能性が指摘されているが、現時点では具体的な研究事例は限られている。森林構成種の変化には、人為撹乱の影響も大きく、進行中の温暖化影響を確認するためには、さらに多くの情報を蓄積する必要がある。

なお、自然林・二次林の植物の分布域の変化によるレクリエーション利用、水源涵養、国土保全などの生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。

- 確信度：

(生態系への影響)

【評価】高い

(生態系サービスへの影響（国民生活への影響))

【評価】現状では評価できない

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影響も考慮されている。

冷温帯林から亜高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。なお、実際の分布変化の予測については、種間の相互作用や撹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。

なお、自然林・二次林の植物の分布域の変化によるレクリエーション利用、水源涵養、国土保全などの生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。

（3）里地・里山生態系

(現在の状況の概要情報)

収集文献は 0 件。

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献は 3 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
41005	気候的要因のみを考慮したモデル（C-models）と気候的要因と気候的要因以外を考慮したモデル（CN-models）を用いて、極相種であるブナと気候以外に人為撹乱や地形要因などで分布が規定されていると考えられる 6 つの樹木種に対して分布適域の変化を予測。 ・モデル：RCM20 ・シナリオ：SRES A2	2081～2100 年	全国	標高が低い山間部や日本西南部では、温暖な地域でのエノキの分布適域を除いて、極相種のブナ、二次林種のミズメ、アカシデ、イヌシデ、河畔や渓畔域に分布するエノキ、オヒョウ、ケヤキらすべての分布適域が減少する。
42009	4 つの気候変数（暖かさの指数、最寒月日最低気温、夏期降水量、冬期降水量）と 5 つの土地変数（表層地形、地形、土壌、斜面方位、斜面傾斜度）を説明変数とし、19 種の野生食用植物種の空間分布モデルに適用。気候データとして、Earth System Grid data portal site の 19 の GCM を使用。 ・モデル：19 の GCM ・シナリオ：SRES A1B	2081～2100 年	全国	対象とした 19 種の野生食用植物のうち、気候変化対して感受性が高いトチノキ、コシアブラ、ニワトコ、ネマガリダケ、ヤマブドウ、クサソテツの生育適域は 2081～2100 年に現在に比べ、20～80%減少すると予測される。特に、ネマガリダケの減少が著しい。気候変動は九州・中国・四国地方と中部・東北地方の低域に自生するこれら 6 種の野生食用植物に負の影響を与えると予測される。
42063	農業環境技術研究所（1997）の温暖化時のメッシュ気候推定値と井上・横山（1998） の最大積雪深の変化予測値を用いた温暖化時の自然草原の植生帯の変化予測。	1998 年以降の 30 年後、60 年後、100 年後	全国	・気候環境の変化による自然草原植生帯の変化を見ると、亜寒帯の自然草原植生域は亜高山帯の自然草原植生域を含めて著しく減少する。 ・冷温帯の自然草原植生帯域は北海道で拡大すると予測され、これは短草型のシバ草原が分布する可能性の高い地域が拡大することを意味する。しかし、現在、この地域には湿原も多く、ほとんどシバは分布していないので、この種子が如何にして供給されるかに問題がある。 ・暖温帯の自然草原植生域の温暖化による影響は、短草型・長草型草原植生ともに、主要な種では小さいと見ることができる。 ・亜熱帯の自然草原植生域への温暖化による影響は、先島諸島から薩南群島まではほとんどないと考えられるが、温暖化がさらに進むと帰化植物であるギンゴウガンなども繁茂して、黒島・竹島・多良間島などに見られるように自然草原植生を被圧し、遺伝資源としての多くの草本植物種が消滅する危険がある。 ・現状でも自然草原の減少によって、草原性の多くの昆虫は絶滅の方向にある。温暖化による自然草原の植物種の変化は、さらにこれを助長することになると思われる。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会： 経済： 環境：【*希少種・ハビタット・生物多様性・景観の消失*】
緊急性	影響の発現時期	現状： 将来： ・暖温帯から冷温帯にかけて分布する二次林構成種や河畔林構成種であるミズメ、アカシデ、イヌシデ、エノキ、オヒョウ、ケヤキの分布適域の減少（2081～2100 年：41005） ・コシアブラ、ニワトコ、ヤマブドウ、クサソテツ、トチノキ、ネマガリダケいった山菜となる冷温帯種の生育適域の減少（2081～2100：42009） ・温暖化による自然草原の植生帯の変化（1998 年以降の 30 年後、60 年後、100 年後：42063）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	3 件 現在の状況：0 件 将来予測される影響：3 件（41005, 42009, 42063）
	研究・報告の種類	モデル予測（2 件：41005, 42009）
	研究・報告の整合性	予測対象が異なる
適応の可能性		記載なし
他の分野・項目との関係		【*文化・歴史を感じる暮らし*】【*自然林・二次林*】

（気候変動による影響の要因）

- 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・里山の構成種を変化させる可能性がある。
- 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。

※紅葉など季節、文化・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・都市生活の項目で扱う。

（現在の状況）

〔概　要〕

- 気候変動に伴う里地・里山の構成種の変化の現状について、現時点で網羅的な研究事例はない。
- 一部の地域において、ナラ枯れやタケの分布域の拡大について、気候変動の影響も指摘されているが、科学的に実証されてはいない。

気候変動に伴う影響の顕在化についての研究事例は確認できていない。里山構成種であるコナラやシイに対するカシノナガキクイムシの加害によるナラ枯れやタケの分布域の拡大について、温暖化の影響を指摘する声もあるが、科学的に実証されてはいない。温暖な気候に適応したタケ類の北方への移動は十分考えられるが、検証事例はない。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 一部の研究で、自然草原の植生帯[5]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、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。

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、暖温帯域以南では温暖化の影響は小さいと予測されている。[41005)] 標高が低い山間部や日本西南部での、アカシデ、イヌシデなど里山を構成する二次林種の分布適域の縮小が指摘されている。[41005)] 野生食用植物のうち、感受性の高い一部の種の生育適地の減少が報告されている。[42009)] 人為の影響下で形成されている里地・里山生態系を構成する生物群について、温暖化の将来影響についての検証事例は乏しく、今後の研究が望まれる。

里地・里山生態系の変化による生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できていない。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

- 重大性：

(生態系への影響)

【評価】「特に大きい」とは言えない

(生態系サービスへの影響(国民生活への影響))

【評価】現状では評価できない

研究・報告が限定的で、気候変動による影響の検証事例はないこと、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切れない。

[5] 植生帯:各地域の気候帯や海抜高度に応じて帯状に成立する植生の分布。

里地・里山生態系の変化による生態系サービスへの影響については、野生食用植物のうち、感受性の高い一部の種の生育適地の減少が報告されているが、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。

- 緊急性：

(生態系への影響)

【評価】中程度

・影響の発現時期　【評価】中程度

・適応の着手・重要な意思決定が必要な時期　【評価】中程度

(生態系サービスへの影響（国民生活への影響))

【評価】現状では評価できない

・影響の発現時期　【評価】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　【評価】現状では評価できない

研究・報告が限定的であり、また、一部の地域でナラ枯れやタケの分布域の拡大について気候変動の影響が指摘されているものの、科学的に検証されてはいない。里地・里山生態系については、現状アンダーユースの影響が顕在化しており緊急性が高いものの、温暖化影響の緊急性については、自然林・二次林と同様の中程度と考えられる。

里地・里山の生態系の変化による生態系サービスへの影響については、野生食用植物のうち、感受性の高い一部の種の生育適地の減少が報告されているが、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。

- 確信度：

(生態系への影響)

【評価】低い

(生態系サービスへの影響（国民生活への影響))

【評価】現状では評価できない

研究・報告が限定的で、気候変動による影響の検証事例はないこと、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、確信度は低い。

里地・里山生態系の変化による生態系サービスへの影響については、野生食用植物のうち、感受性の高い一部の種の生育適地の減少が報告されているが、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。

（4）人工林

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 1 件。

文献	地域	現在の状況
42023	関東、関西、瀬戸内地域の平野部、九州地方を中心とする西南日本	関東、関西、瀬戸内地域の平野部では、スギ衰退現象が観察されている。関東平野でのスギ衰退原因については、一時期は酸性降下物の影響との見方もあったが、大気の乾燥化による水ストレスの増大が原因と指摘されている。また、土壌の保水能力が低い土地ほどスギ衰退が顕著であることが明らかにされている。一方、1960 年代以降は、九州地方を中心とする西南日本においてスギ壮齢林の乾燥被害が報告されている。また、近年、宮崎県ではスギ造林木の干害が増加する傾向にあり、気温上昇と降水パターンの変化が関係していることが示唆されている。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 6 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
41009	15℃を閾値とする積算気温（MB 指数）を用いてマツ枯れリスクの高い地域を推定	気温の上昇程度を指標にして予測	東北地方	1～2℃の気温上昇によって、現在被害が及んでいない青森県の平野部にまでマツ枯れ（マツ材線虫病）被害の危険域が拡大すると予想される。また、気温上昇が 2℃を超えると、岩手県内陸部のアカマツ林業地帯やマツタケ生産地に壊滅的な被害が及ぶことが懸念される。津軽平野のように、気温条件ではマツ枯れのリスクが予想されるが、被害がまだみられない地域もあり、被害域の北上が懸念されている。
42022	月平均気温、日最高気温、日最低気温、降水量と紫外線量を 1971～2000 年の 30 年間の平均値により求め、針葉の水蒸気の伝導率、大気と葉間の水上気圧の差異をもとに針葉の蒸散率を算定。	記載なし（過去の気象データを基に 3℃の気温上昇時の影響を予測）	本州、九州、四国、沖縄	3℃の気温上昇下では、年間の蒸散量が 65mm y^{-1}～100mm y^{-1} に増加する。上昇率は 8～18%で、日本北部で高い値となる。蒸散量の増加は水環境を変化させる。降水量が現在と同様であると想定すると、個体の蒸散量（Tr/P）は増加し、特に本州の北部で増加が著しい。気温の上昇は、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せる。
42023	有効保水容量含水率（土壌保水力）および、年蒸散量と年降水量の比（蒸散降水比）を水分環境の指標として、それぞれの全国マップを作成。温暖化シナリオ（2081～2100 年）を適用。 ・モデル：- ・シナリオ : IPCC の地球温暖化シナリオ【*文献中にシナリオについて具体的記載なし*】	2081～2100 年	本州、九州、四国、沖縄	関東平野でスギの生育が不適となる閾値以上の値を示す地域が拡大する。これらの地域に植栽されているスギは、今後予想される環境変化に対して脆弱であることが予測される。 全国で集計すると、不適となる閾値以上の 2 次メッシュに存在するスギ人工林面積は、現在の環境下では約 24,000ha であるが、温暖化シナリオでは約 43,000ha に増加すると推定された。
42024	森林炭素動態シミュレーションシステムを用いて気候変動リスク評価を試行した。森林炭素動態シミュレーションシステムは森林データベースと林分成長モデルから構成される。このシミュレーションシステムを用いて、日本全国のス	2005～2050 年	全国	気候シナリオデータを用いた場合に炭素蓄積量および炭素吸収量が平年値を用いた結果よりも低くなったことは、気候シナリオデータに表れている平均気温が上昇するという気候変動の影響であると考えられる。モデルの構造から、気温が上昇すると光合成の面で有利に

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	ギ林を対象として 2050 年までの炭素動態シミュレーションを行った。 ・モデル：MIROC3.2 hires ・シナリオ：SERS A1B			なるが、一方で呼吸速度も上昇する。今回のシミュレーションでは、日本全体で見ると、呼吸速度による損失の影響が卓越する結果となった。
42055	ヒノキ等の樹木について、4 基の自然採光型の人工気象室内で実験を行った。人工気象室内の設定温度は、照区に相当する常に野外の温度と同じ条件(±0℃区)、常に野外よりそれぞれ、1.0℃、2.0℃、3.0℃ 高い条件(+1.0℃区、+2.0℃区、+3.0℃区)の 4 種類とした。これは、平均地上気温の上昇が引き起こされた際の状況をシミュレートする処理である。実験中の潅水は、1 日 1 回自動潅水器を用いて行い、1 個体に対する潅水量は 250cc とした。	気温の上昇程度を指標にして予測	全国	実験の結果、+1.0℃区、+2.0℃区、+3.0℃区における成長開始時期は,対照区と比べ早くなる傾向が認められた。成長停止時期は,設定温度が高くなるほど遅くなるという結果であった。成長期間は、+3.0℃ 区で 132.0±22.5 日と最も長くなり、対照区で 95.0±31.5 日と最も短くなった。これは、スギを供試植物として行った過去の研究結果を支持するものである。これらのことから、平均地上気温が上昇した場合成長開始時期が早まり、成長停止時期が遅延することで、ヒノキの成長期間は長期化する可能性が考えられた。また、地上平均気温が上昇した場合,ヒノキの側枝の成長は旺盛になると考えられた。平均地上気温が+2.0℃、+3.0℃上昇した場合、ヒノキの樹高伸長量および地際直径成長量の増加にともない、CO2 の固定量が増えるとはいえない可能性が考えられた。
42148	北海道内の気温分布から被害の危険地帯を地図化	特定していない	北海道	・トドマツオオアブラムシはトドマツ幼齢人工林の主要な害虫である。本種は 4～8 月の平均気温が高い場所で世代数が増加すると、枯損などの被害が発生しやすくなることが知られている。 ・北海道内各地の世代数を推定したところ、年間の世代数が 5 世代以上の場所で被害が起きることが分かった。北海道内の気温分布から被害の危険地帯を地図化したところ、危険地帯は現状では北海道全域の 18%であるが、気温が 1℃上昇すると 46%、2℃上昇すると 75%の地域に拡大し、3℃の上昇ではほとんど全域が危険地帯となった。
	本種の世代交代について、温暖化により世代数がどのように変化するか予測 ・モデル：MIROC-H ・シナリオ：SERS A1B	2041～2050 年 2091～2100 年	北海道	・ヤツバキクイムシはエゾマツ、アカエゾマツなどのトウヒ類の穿孔性害虫で、風倒や伐採の後に大発生し生立木を枯損させる。本種は通常、1 年 2 世代であるが、世代数は気温によって変わり、世代数が多いほど大発生しやすいと考えられる。 ・現状は 85%の地域が年 2 世代で、それ以外の地域は年 1 世代であった。しかし、2000 年代半ばには年 3 世代の地域が出現し、それが 2000 年代の終わりには 40%に拡大すると予想された。
	温暖化による 1 年 1 世代と 2 年 1 世代の割合を予測 ・モデル：MIROC-H ・シナリオ：SERS A1B	2040～2050 年 2080～2090 年	全国	スギカミキリは、幼虫がスギやヒノキの生立木を食害する害虫である。多くの個体が 1 世代を 1 年で完了するが、2 年かかるものもいる。そこで、温暖化によって 2 年 1 世代の割合が減り、1 年 1 世代が増える可能性を予測した。 1 年 1 世代の割合が過大評価されている可能性はあるが、北東北で現状 2 年 1 世代が存在する地域でも、2000 年代後半にはすべて 1 年 1 世代になると考えられる。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
				※年間世代：卵から親までを繰り返す回数

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会： 経済：【*林業への影響*】 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状：既に発現の可能性がある ・既に起きているスギの衰退現象と気候変動の関係の示唆（42023） 将来： ・スギの生育が不適となる地域が拡大（2081～2100 年：42023） ・スギの炭素吸収量、炭素蓄積量が減少（2005～2050 年：42024） ・ヤツバキクイムシの分布が拡大する（2041～2050 年、2091～2100 年：42148） ・スギカミキリの世代更新が促進される（2040～-2050 年、2080～2090 年：42148）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	6 件 現在の状況：1 件（42023） 将来予測される影響：6 件（41009, 42022, 42023, 42024, 42055, 42148）
	研究・報告の種類	モデル予測（2 件：42024, 42148）
	研究・報告の整合性	・スギの蒸散が増加し、成長に影響（1 件：42022） ・スギの生育が不適となる地域が拡大（1 件：42023） ・スギの炭素吸収量、炭素蓄積量への影響（1 件：42024） ・ヒノキの成長期間長期化と樹形変化（1 件：42055） ・森林病害虫による被害の拡大（2 件：41009, 42148）
適応の可能性		・感染可能な木を伐採し防除帯を設置（41009） ・トドマツオオアブラムシの分布の拡大が予測される地域では本種の発生に注意し、被害が生じた場合には幼虫の捕殺または薬剤散布する（42148） ・ヤツバキクイムシが年 3 世代の地域では被害の増加が予想されるため、切り捨て伐採は避け、伐倒木や風倒木は早期に林外に搬出することが被害回避に有効となる（42148） ・スギカミキリが現在 2 年 1 世代である地域でも、今後抵抗性品種を導入するなどの対策が必要となる（42148）
他の分野・項目との関係		【*自然生態系*】【*林業*】

（気候変動による影響の要因）

- 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、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。
- 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可能性がある。

- 大気 CO_2 濃度の上昇は光合成速度や気孔反応など樹木の生理過程に影響を与えると考えられる。
- 気温の上昇により、害虫の分布の拡大を引き起こす可能性がある。
- 気温の上昇により、マツ枯れの危険域を拡大させる可能性がある。

(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。

1960 年代以降は、九州地方を中心とする西南日本においてスギ壮齢林の乾燥被害が報告されている。関東、関西、瀬戸内地域の平野部では、1970 年代からスギ衰退現象が報告されている。スギは生理的適地が湿潤で肥沃な立地であることから、大気の乾燥化による水ストレスの増大がこうした衰退の原因と指摘されている。また、近年、宮崎県ではスギ造林木の干害が増加する傾向にあり、気温上昇と降水の時空間分布の変化が関係していることが示唆されている。[42023)]

また、人工林の変化による土壌浸食の抑制力低下など生態系サービスへの影響に関する研究事例は確認できていない。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 現在より 3℃気温が上昇すると、年間の蒸散量[6]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[7]）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 CO_2 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。
- 現在より 1～2℃の気温の上昇により、マツ枯れの危険域が拡大することも予測されている。マツ枯れに伴い、アカマツ林業地帯やマツタケ生産地に被害が生じることが懸念される。

6 蒸散量：植物の地上部から大気中へ放出される水蒸気の量
7 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。

現在の気候下では、スギの年間蒸散量は、日本北部で 450mmy^{-1}、南部で 850 mmy^{-1} であるが、3℃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、スギ人工林の脆弱性が増加する。[42022] さらに、有効保水容量含水率（土壌保水力）および、年蒸散量と年降水量の比（蒸散降水比）を水分環境の指標として、2081～2100 年にスギの生育が不適となる閾値以上の値を示す地域は、現在の環境下では全スギ人工林 4,500,000ha 中の約 24,000ha であるが、温暖化シナリオでは約 43,000ha に増加する。[42023]

また、気温が上昇すると光合成の面で有利になるが、A1B シナリオを前提とした MIROC-3.2 hi モデルによる気候予測情報を用い、2050 年までの影響を予測した場合、気温が高く、森林呼吸量が多い九州や四国で人工林率が高いこと、高蓄積で呼吸量の多い 40 から 50 年生の林分が多いことから、呼吸量増加の影響が大きく、日本全体で見ると、気温上昇の影響が炭素蓄積量および吸収量に対してマイナスに作用するため、呼吸の増大による損失の影響が、卓越する結果となった。[42024]

温暖化は主に大気 CO_2 濃度の上昇によるものであるが、大気 CO_2 濃度の上昇は光合成速度や気孔反応など樹木の生理過程に影響を与えると考えられる。ここで得られた報告ではこうした影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応答などさらなる研究が必要である。

北海道ではトドマツオオアブラムシの被害の危険地帯の拡大やヤツバキクイムシの分布の拡大が予想されており、モミ類やトウヒ類の枯損被害の拡大が懸念される。[42148]

気温上昇とマツノザイセンチュウの分布の変化によるマツ枯れ（マツ材線虫病発生）の危険度を影響関数化した予測によれば、1～2℃の気温上昇によって、現在被害が及んでいない青森県の平野部にまで危険域が拡大すると予想される。また、気温上昇が 2℃を超えると、岩手県内陸部のアカマツ林業地帯やマツタケ生産地に壊滅的な被害が及ぶことが懸念される。津軽平野のように、気温条件ではマツ枯れのリスクが予想されるが、被害がまだみられない地域もあり、被害域の北上が懸念されている。[41009]

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：

（生態系への影響）

【評価】特に大きい

【観点】環境

（生態系サービスへの影響（国民生活への影響））

【評価】現状では評価できない

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。

また、人工林の変化による土壌浸食の抑制力低下など生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。

- 緊急性：

(生態系への影響)

【評価】中程度

・影響の発現時期　【評価】中程度

・適応の着手・重要な意思決定が必要な時期　【評価】中程度

(生態系サービスへの影響（国民生活への影響))

【評価】現状では評価できない

・影響の発現時期　【評価】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　【評価】現状では評価できない

影響が生じるのは 2030 年以降の可能性が高いが、人工林の取り扱いは数十年にわたる長期的視点が必要である。

また、人工林の変化による土壌浸食の抑制力低下など生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。

- 確信度：

(生態系への影響)

【評価】中程度

(生態系サービスへの影響（国民生活への影響))

【評価】現状では評価できない

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響が現れるといった内容が主である。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。

また、人工林の変化による土壌浸食の抑制力低下など生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価を確認できておらず、評価が困難である。

（５）野生鳥獣による影響

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 9 件。

文献	地域	現在の状況
40005	全国	・1978 年と 2003 年の分布を比較すると、1978 年に分布していた地域を中心にニホンジカの分布は大きく拡大しており、新潟県、福井県、石川県などこれまで分布が見られなかった地域にも広がっている。積雪の少ない西日本や東日本の太平洋側では分布が拡大していく可能性が高い。北海道東部から北陸地方にかけての日本海側の豪雪地域では、積雪が制限要因となってニホンジカが生息できないと考えられていたが、江戸時代には山形県や能登半島・茨城県等、現在は分布が見られない地域においても記録があり、現在は過去の狩猟・駆除等の影響で縮小した分布が回復していく過程にあるとも考えられるため、分布拡大の可能性が低い地域であっても注意が必要である。 ・イノシシは既に西日本のほぼ全域に分布しており、1978 年から 2003 年にかけて、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。今後は、積雪の少ない東日本の太平洋側などを中心に分布が拡大していく可能性が高い。東北地方日本海側や北陸地方の豪雪地帯では、積雪が制限要因となってイノシシが生息できないと考えられていたが、江戸時代には山形県や岩手県北部等、現在は分布が見られない地域においても記録があり、現在は過去の狩猟・駆除等の影響で縮小した分布が回復していく過程にあるとも考えられるため、分布拡大の可能性が低い地域であっても注意が必要である。
42077	日光	・1980 年代以降、ニホンジカは中禅寺湖沿いの男体山の南の傾斜（1,269m）に越冬地を構え、戦場ヶ原湿原の南東地区に越冬地を拡大した。現在では、ニホンジカの越冬地は標高 1400～1600m にまで拡大している。 ・越冬地の拡大だけでなく、1980～1982 年と 1993～1995 年で、表日光の観測地点を除いた地点で、旧越冬地での生息密度も増加している。1993～1995 年には、1980～1982 年に観測されていなかった標高 1500～1800m の観測地点でも多数のニホンジカが観測されている。このことは越冬地が周辺の高標高域にまで拡大していることを意味する。1993～1994 年の冬季には、戦場ヶ原湿原沿いの高徳と館山で多数の鹿の足跡が確認されている。
42167	日光	・日光地域では、従来、表日光がシカの越冬範囲であったが、積雪地である奥日光へと拡大している。シカの個体数の増加は、地球温暖化に起因する積雪量の低下が原因であると見られている。 ・積雪量の低下により、シカの利用可能な食料資源が増加し、越冬可能な環境をもたらしている。
42202	尾瀬国立公園、日光国立公園、吉野熊野国立公園	・従来、ニホンジカの生息が確認されていなかった尾瀬において、1990 年代半ばにシカの生息が確認されて以来、湿原をはじめとする植生の撹乱が顕在化し、シカの影響を受けずに成り立ってきた尾瀬本来の生態系に回復不可能な影響が及ぶ可能性が危惧されている。 ・周辺地域における捕獲を継続しているにもかかわらず、尾瀬に生息するシカは一貫して増加傾向にあり、植生撹乱の面積についても拡大している状況にある。 ・第 1 期管理方針に基づく対策を継続するのみでは、シカによる尾瀬の生態系への影響を低減することは極めて困難な状況であり、現在植生撹乱が発生している国立公園特別保護地区等の尾瀬の核心域においても、捕獲を行うことが避けられない状況となってきている。また、新たに国立公園に編入された会津駒ヶ岳地域と田代山・帝釈山地域において、シカの生息が確認されるようになってきており、今後の動向について注視していく必要がある。 全国的にも、国立公園特別保護地区である戦場ヶ原（日光国立公園）、大台ヶ原（吉野熊野国立公園）等において、湿原や森林に対するシカの影響が顕在化する事例が見られ、特別保護地区等でのシカの捕獲を含む各種対策が実施されている。
42203	全国	近年のシカ・クマ等の野生鳥獣による森林被害面積は、全国では年間約 5～7 千 ha で推移しており、このうちシカによる枝葉や樹皮への食害の被害が約 6 割を占めている。 近年は、野生鳥獣の生息域の拡大等を背景として、新たな地域で被害が発生する傾向にある。また、下層植生の食害等による生物多様性の喪失、踏み付けによる土壌流出など、森林のもつ公益的機能への影響等も懸念されている。
42204	南アルプ	・近年，南アルプスの高山植物に変化が現れており、お花畑といわれた場所は様変わり

文献	地域	現在の状況
	ス	して、以前見ることができた高山植物に出会えなくなってきている。南アルプスでは、鳳凰山、北岳をはじめとして、甲斐駒ケ岳から光岳までのほぼ全域においてシカ食害に遭っており、お花畑の消失などシカ被害が目立っている。シカは最近 5～10 年で急に姿を見せるようになり高山植物などに多大な被害を与えている。
42205	全国	・野生鳥獣による農作物被害額は、平成 21 年度以降は 200 億円を上回っている状況。被害のうち、全体の 7 割がシカ、イノシシ、サルによるもの。特に、シカ、イノシシの被害の増加が顕著。 ・鳥獣被害は営農意欲の減退、耕作放棄地の増加等をもたらし、被害額として数字に現れる以上に農山漁村に深刻な影響。 ・鳥獣被害が深刻化している要因としては、鳥獣の生息域の拡大、狩猟による捕獲圧の低下、耕作放棄地の増加等が考えられる。 ・ほぼ全県でシカ、イノシシ、サルの合計被害額が 1 千万円以上。（うち 1 億円以上が 32 道府県（H24 年度）） ・被害額の大きい都道府県は、北海道、福岡県、宮崎県、長野県、山形県など。
42206	滋賀県	・近年急激に増加したシカは、人里などで人間生活に影響を与えている。シカ被害で 1 番知られているのは農業被害である。シカは、田植え後に苗から出た新芽や稲穂の軟らかい実を食べたり、水田内を踏み荒らす。 1998 年（平成 10 年）頃から増え始め、2009 年（平成 21 年）から急激に増加した。従来は、野生獣による農業被害と言えば、イノシシやニホンザルが多かったが、2010 年（平成 22 年）にシカによる被害が、被害面積・被害額ともに 1 番多くなっている。また、林業でも、枝葉の摂食や樹皮を剥がす被害が年々増加している。林業被害も農業と同じく 1998 年（平成 10 年）頃から増え始め、2003 年頃（平成 15 年）には前年の 5 割増となって爆発的に増えており、湖東・湖西地域での被害が顕著である。 ・シカの生息数が近年急速に増加したことで、下層植生の食害、それによる山地の裸地化及び土壌の流出崩壊がすでに起きている。
42209	全国	・近年、野生鳥獣の生息域の拡大を背景として、シカ、クマ等の野生鳥獣による森林被害が新たな地域で発生する傾向にあり、全国で年間約 5～7 千 ha の被害が報告されている。被害面積のうちシカによる枝葉や樹皮への食害が約 7 割、クマによる剥皮被害が約 1 割を占めている。シカによる被害については、全国約 1 万 4 千ヵ所で実施している森林資源モニタリング調査の結果でみると、シカの生息が確認されたプロット数、被害が確認されたプロット数ともに、大きく増加している。 ・本州の積雪の多いところに植栽されるカラマツやヒバのような樹種は、今のところシカの個体数が少ないので、被害は限定的である。一方、北海道のエゾシカは、イチイやトドマツ、アカエゾマツの新植苗を食べ、樹皮剥ぎを発生させている。 ・下層植生を食べ尽くしたシカは、林床の落ち葉まで食べる。その結果、急峻な地形ほど表面流が増し、土壌が流出し、斜面の崩壊につながることがある。土壌流出は林地に届く弱雨でも起こり、地下への浸透機能もなくなり、強雨時は山腹崩壊の引き金にもなる。また、裸地化した林床からは森林の再生は非常に困難になる。 ・それまで食べていた餌がなくなると、本来嫌いな食べ物も食べるようになる。山麓に暮らしていたシカが、自然公園の景勝地となっている高山帯まで登り、貴重な植物等を食べ、高山帯のお花畑を荒らすことで、特徴ある自然景観や生態系が失われている。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 1 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
42027	CART により分布を拡大する地域と拡大しない地域を分類した結果を用いて、1997 年の分布から個体群圧を再計算し、分布拡大予測を実施。	2020	北海道西部地域（特に石狩・胆振地域）	1987 年から 20 年後の分布拡大地域の分類結果を基に予測すると、1997 年の 20 年後に当たる 2020 年ごろには、石狩・胆振支庁ではほぼ全域にエゾシカが拡大する可能性が示唆された。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	※CART：データの分類ルールを GINI インデックス（偏在性等を測る指標）により作成し、回帰式を作成する統計処理方法。			

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：*【全国（特に北海道、滋賀県、日光、南アルプス、尾瀬国立公園・日光国立公園・吉野熊野国立公園など）】* 期間：1980～2000 年、1987～2007 年、1998 年以降
	影響が発生する可能性	*【高い】*
	影響の不可逆性	*【拡大した分布域のコントロールは困難】*
	持続的な脆弱性・曝露	*【自然植生へのインパクトは大きい】*
	社会／経済／環境	社会： 経済：*【農林業への被害】* 環境：*【広域的な土地・水・生態系機能の低下】* *【重要な種・ハビタット・景観の消失】*
緊急性	影響の発現時期	現状：既に発現している ・ニホンジカ、イノシシの分布域の拡大（40005, 42209） ・冬期の積雪深の減少とともに、ニホンジカの越冬地が高標高域に拡大（42077,42167） ・野生鳥獣の分布拡大に伴う食害の発生（42202, 42203, 42204, 42209） ・野生鳥獣による農作物被害と土壌の流出（42203, 42205, 42206, 42209） 将来： ・エゾシカの生息域の拡大（2020：42027）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	10 件 現在の状況：9 件（40005, 42077, 42167, 42202, 42203, 42204, 42205, 42206, 42209） 将来予測される影響：1 件（42027）
	研究・報告の種類	モデル予測（0 件）
	研究・報告の整合性	・エゾシカの生息域の拡大（1 件：42027）
適応の可能性		・管理方針の策定（42202） ・防護柵等の被害防止施設の設置や個体数の調整を中心とした対策とともに、新たな防除技術の開発・普及、捕獲技術者の養成、緩衝帯の設置等の対策（42203） ・関係省庁や隣接した地方公共団体が連携・協力し、一体的な被害防止施設を設置、地域の特性に応じて、間伐の推進や広葉樹林の育成（42203） ・シカ防護柵の設置（42204） ・鳥獣被害対策実施隊等による地域ぐるみの被害防止活動（42205）
他の分野・項目との関係		*【農業・林業】【自然林】【里山林】*

（気候変動による影響の要因）

- 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る。
- 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

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、生態系への影響を拡大させる可能性がある。

(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確認されている。
- 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。
- 野生鳥獣の分布拡大による生態系サービスへの影響について報告されているが、気候変動との直接の因果関係や、気候変動の寄与度については、明らかになっていない。

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。[40005)]

日光地域では、1980～82 年から 1992～93 年の 10 年間の間に、積雪量の減少に伴い、越冬地が高標高域に拡大した。[42077, 42167)]

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、日光国立公園、吉野熊野国立公園等で確認されている。[42202, 42203, 42004)]

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。

また、野生鳥獣の分布拡大による農作物や造林木への被害や、土壌の流出など社会・経済的な影響についても報告されているが、気候変動との直接の因果関係や、気候変動の寄与度については、評価されておらず、さらなる調査が必要である。[42203, 42205, 42206, 42209)]

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 気温の上昇や積雪期間の短縮によって、ニホンジカなどの野生鳥獣の生息域が拡大することが予測されているが、研究事例は少数であり、今後の研究が望まれる。

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、回帰式を作成する統計処理方法）により分布を拡大する地域と拡大しない地域を分類し、1997 年の分布から個体群圧を再計算して分布拡大予測を実施した研究によれば、2020 年ごろには、石狩・胆振支庁ではほぼ全域にエゾシカが拡大する可能性が示唆されている。[42027)]

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が、現時点で将来の予測・評価をした研究事例は確認されていない。

野生鳥獣の分布拡大による農作物や造林木への被害や、土壌の流出など生態系サービスへの影響については、報告はされているが、現時点で予測・評価をした研究事例は確認されていない。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：

（生態系への影響）

【評価】特に大きい

【観点】環境

（生態系サービスへの影響（国民生活への影響））

【評価】現状では評価できない

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。

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。気候変動による影響が推測されるが、検証事例は限定的である。

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、土壌の流出などの生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。

- 緊急性：

（生態系への影響）

【評価】高い

・影響の発現時期　【評価】高い

・適応の着手・重要な意思決定が必要な時期　【評価】高い

（生態系サービスへの影響（国民生活への影響））

【評価】現状では評価できない

・影響の発現時期　【評価】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　　【評価】現状では評価できない

既にニホンジカの分布域が拡大し、農林業の被害地域も拡大している。 将来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。気候変動による影響が推測されるが、検証事例は限定的である。

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、土壌の流出などの生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。

- 確信度：

(生態系への影響)

【評価】現状では評価できない

(生態系サービスへの影響（国民生活への影響))

【評価】現状では評価できない

気候変動による影響が推測されるが、研究・報告数は、限定的である。

（６）物質収支

※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。

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 2 件。

文献	地域	現在の状況
42029	全国	日本の森林における土壌 GHG フラックスは過去 30 年（1980～2009 年）にわたって、CO_2 放出は 0.31 Tg C yr^{-2}（1980～2009 年の平均との比較では 0.23 % yr^{-1}）、CH_4 吸収は 0.40 Gg C yr^{-2}（0.44 % yr^{-1}）、N_2O 放出は 0.0052 Gg N yr^{-2}（0.27 % yr^{-1}）の割合で増加している。
42051	長良川流域	・長期間にわたり雨が降らなかった後に生起する降水は、小雨であったり前回の降水イベントから期間を空けずに大雨が生起するケースが増えてきている。以上のような傾向は、八幡以外の観測地点でも同様に存在しており、年総降水量そのものには顕著な変化傾向は認められないものの、降水イベントの生起パターンに大きな変化が顕れてきており、これが気候変動の一つの特徴となっていることが予想される。 ・森林が大部分を占める流域での有効降水量が気温上昇とともに低下している一方で、森林以外も含む流域では有効降水量が地域全体の平均的な気温以外にも影響を受けているという事実は、森林では気温上昇の影響を直接的に受けやすい水収支構造になっているとも換言できる。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 4 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
42028	CO_2 交換量（フラックス）を測定するために、静的チャンバー法を使用。日本各地の、気候が異なる 26 地点で、ステンレス製のチャンバーを土壌に挿入し測定を実施。またそれぞれの地点で、土壌の化学分析を実施。	26 地点での観測データを基に予測	全国	温暖化により、森林土壌の CO_2 交換量が増加すると考えられる時期は、土壌中の易分解性有機物の量により異なる。冷温な気候の地域では、温暖な気候の地域に比べ、土壌の易分解性有機物が堆積する量が多いため、CO_2 交換量が増加する期間が長くなる。冷温な地域は、地球温暖化による森林土壌からの CO_2 排出に対して、感受性が高いと言える。
42030	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。気候、植生、土壌のデータベースを組み合わせ、1km の解像度で日本全国の森林に対して、モデルを使用。森林管理シナリオには、30 年、50 年、100 年の伐期の 3 シナリオと、間伐に関する 3 つのシナリオを組み合わせた 9 のシナリオを設定。 ・モデル：IPCC AR4 に記載されている 24 の全球気候モデル ・シナリオ：A1B	30 年後 50 年後 100 年後	全国	気候変化シナリオの下では、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。もっとも長い伐期（100 年）のシナリオでは、土壌有機炭素量の減少が最も少ない。また、間伐に関しては、伐期の中間で 30%を伐採し、伐採した木を放置したシナリオで、土壌有機炭素量の減少が最も少なくなる。
42051	木曽川水系長良川の森林流域を対象として、気象・水文データから降雨流出特性の経年変化を推定するとともに、流域住民を対象に実施したアンケート調査から推定された流出特性の時系	気象観測地点の観測データを基に予測	長良川流域	年平均気温の上昇により、蒸発散量が増大し、その傾向は森林域において顕著となる。これにより、有効降水量が減少するとともに、無降水期間の長期化とも相まって、森林土壌の含水量低下・表層土

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	列解析を援用することにより、地球温暖化などに伴う気候変動が森林流域に及ぼす影響とそのメカニズムについて検討。			壌の乾燥化が進行する。
42168	北海道大学の苫小牧に位置する演習林（混交林）で、電熱線を設置した 5m×5m の土壌温暖化プロットと設置しないコントロールプロットを 3 ヵ所設け、気温の上昇による可溶性窒素の変化を測定。	地温 2～5℃上昇時	冷温帯林（北海道）	地温の上昇は冬期間に土壌の凍結・融解のパターンを変化させることで可溶性窒素を 17～25%減少させ、冷温帯林の可給態窒素量を減少させる。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】 内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	*【土壌生成にかかる時間が長い】*
	社会／経済／環境	社会： 経済： 環境：*【広域的な土地機能の低下】*
緊急性	影響の発現時期	現状：既に発現している ・土壌由来の温室効果ガス交換量（フラックス）の増加（42029） ・森林の水収支構造の変化（42051） 将来：予測時期 ・土壌有機炭素量が減少する(30 年後、50 年後、100 年後：42030)
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	5 件 現在の状況：2 件（42029, 42051） 将来予測される影響：4 件（42028, 42030, 42051,42168）
	研究・報告の種類	モデル予測（1 件：42030）
	研究・報告の整合性	・冷温な気候の地域で、森林土壌からの CO2 放出量が増加する（1 件：42028） ・土壌有機炭素量が減少する（1 件：42030） ・森林土壌の含水量低下・表層土壌の乾燥化が進行する（1 件：42051） ・土壌可給態窒素量が減少する（1 件：42168）
適応の可能性		記載なし
他の分野・項目との関係		*【高山植物】【自然林】【里山林】【林業】*

（気候変動による影響の要因）

- 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、土壌中の炭素量の変化などが生じる可能性がある。

(現在の状況)

〔概　要〕

- 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[8]は、1980 年から 2009 年にわたって、CO_2・N_2O の放出、CH_4 の吸収の増加が確認されている。
- 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。

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}（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。[42029)]

気象観測データから、無降水期間の長期化と降水継続期間の短期化の傾向や、降水継続期間とイベント内総降水量との相関は弱まる傾向がみられる。こうした傾向は森林の水収支のみならず土砂動態にも影響を与えると考えられるが、現状では土砂流出の状況に関する長期間の変化を掴むことのできるデータは極めて乏しく、変化状況を把握するのは困難である。[42051)]

なお、森林における物質収支の変化により生じる供給サービスなどの生態系サービスへの影響については、現時点で研究事例は確認されていない。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 年平均気温の上昇や無降水期間の長期化により、森林土壌の含水量低下、表層土壌の乾燥化が進行し、細粒土砂の流出と濁度回復の長期化、最終的に降雨流出応答の短期化[9]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。
- 森林土壌の炭素ストック量は、A1B シナリオ[10]の下で、純一次生産量[11]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。

年平均気温の上昇により、蒸発散量が増大し、その傾向は森林域において顕著となる。これにより、有効降水量が減少するとともに、無降水期間の長期化とも相まって、森林土壌の含水量低下・表層土壌の乾燥化が進行し、細粒土砂の流出と濁度回復の長期化、最終的には降雨流出応答の短期化をもたらす可能性がある。[42051)] ただし、これらは状況証拠的に推察されたメカ

8 土壌 GHG フラックス: 土壌由来の温室効果ガスの放出や吸収

9 降雨流出応答の短期化：降雨開始から河川等への流出までの時間が短くなること

10 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。

11 純一次生産量：一年間の総一次生産（植物の光合成による炭素吸収量）から呼吸による炭素放出量を差し引いた値

ニズムであり、今後は現地観測や数値モデル解析などからさらに検討する必要がある。

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 による気候予測情報を使用）の下では、純一次生産量（NPP）は 14%増加し、土壌有機炭素量が 5%減少することが予測されている。[42030)]

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の減少を引き起こす可能性がある。[42168)]

森林の物質収支の変化により生じる生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認されていない。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：

（生態系への影響）

【評価】特に大きい

【観点】環境

（生態系サービスへの影響（国民生活への影響））

【評価】現状では評価できない

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。

森林の物質収支の変化により生じる生態系サービスへの影響については現時点で予測・評価をした研究事例は確認されていない。

- 緊急性：

（生態系への影響）

【評価】中程度

・影響の発現時期　【評価】中程度

・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

（生態系サービスへの影響（国民生活への影響））

【評価】現状では評価できない

・影響の発現時期　【評価】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　【評価】現状では評価できない

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、有効な適応策が現時点で明確ではない。

物質収支が植生に影響を与えることから派生する生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認されていない。

- 確信度：

(生態系への影響)

【評価】中程度

(生態系サービスへの影響（国民生活への影響))

【評価】現状では評価できない

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。

なお、生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価した研究事例は確認できていない。これについては今後調査・研究が必要である。

【淡水生態系】

（1）湖沼

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 1 件。

文献	地域	現在の状況
42056	鹿児島県池田湖	鹿児島県池田湖では、年間の最低水温が 11℃であり、それ故、深水層の水温は一年を通して 11℃であった。ところが、1977 年以後は暖冬になったため、冬の最低水温が 12℃までにしか下がらなくなった。すると、一年を通して循環期がなくなり、底層の溶存酸素が年を越えて次第に低下し、貧酸素層が生まれることになった。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 3 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
42056	実験室内で3種のミジンコ（longispina, Moina micrura, Diaphanosoma brachyurum）を異なる水温で飼育し、そのミジンコの体成長を調べた。	水温の上昇程度を指標にした実験による予測	特定していない	3 種のミジンコを異なる水温で飼育し、そのミジンコの体成長を調べた結果、水温の上昇に伴い、成熟サイズが小さくなることが示された。特に大型の Daphinia longispina では、15℃から 25℃まで、10℃水温が上昇すると、成熟サイズが 26%低下する。水温が上昇すると、動物プランクトン群集が小型種優占となり、それぞれの種の個体が小型化する。したがって、湖沼生態系が温暖化の影響を受けると、動物プランクトンが全体的に小型化し、エネルギー転換効率が低下することになるといえる。
42170	インキュベーションチャンバーを用いて、周囲環境（大気中のCO_2濃度 0.036%）と高CO_2濃度時（大気中のCO_2濃度時0.15%時と0.35%時）の環境を作り出し、藻類と動物プランクトンの成長を観察。	CO2 濃度の上昇程度を指標にした実験による予測。	特定していない	湖沼では、温度上昇やCO_2増加により、藻類生産が上昇するが、栄養塩供給が乏しい生態系では、藻類の栄養塩含量が低下する。したがって、高いCO_2濃度の下では、藻類を餌とする動物プランクトン（ミジンコ）の成長量が低下する。
42201	IPCC第4次評価報告書以降の研究に基づく定性的記述。	ー	世界各国	・いくつかの湖沼、特に水深の大きな熱帯の湖沼では、成層化が強まることによって栄養豊富な深層水の湧昇が減少するため、藻類現存量の減少と生産性の低下が起こっている。 ・ヨーロッパ全域の冬季凍結する湖沼および河川において、気温上昇は結果として、解氷の早期化と成長期間の長期化をもたらすかもしれない。これらの変化の結果、湖沼における藻の大発生のリスクの増大や有毒なシアノバクテリアの成長の増大が起こりうる。降水量の増加と霜の減少は耕地からの栄養塩の消失を促すかもしれない。これらの要因は、結果として内陸水域での栄養塩負荷の増大と、溶存有機物濃度の上昇を引き起こすだろう。栄養塩負荷の増大は、湖沼や湿地の富栄養化を強めるかもしれない。不浸透性土壌を持つ流域での流水は冬季の流出量と夏季の有機物の堆積を増加させたかもしれず、このことは無脊椎動物の多様性を減少させうる。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
				・温暖化は、内陸水域の物理的性質に影響を与えるだろう。夏の成層化した湖沼の水温躍層は浅くなるであろうが、底層水温と成層期間は増加し、水温躍層より下の酸素減少のリスクをまねくであろう。温度上昇はまた、溶存酸素の飽和レベルを低下させ、酸素減少のリスクを高めるだろう。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：鹿児島県池田湖 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	*【孤立した小規模な湖沼が多い】*
	社会／経済／環境	社会： 経済： 環境：　*【重要な種・ハビタット・景観の消失】*
緊急性	影響の発現時期	現状：既に発現の可能性がある。 ・底層の溶存酸素の低下による貧酸素層の発生（42169） 将来：
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	3 件 現在の状況：1 件（42056） 将来予測される影響：3 件（42056, 42170, 42201）
	研究・報告の種類	モデル予測（0 件）
	研究・報告の整合性	湖沼中の動物プランクトンが小型化し、食物連鎖に影響を与える。（2 件：42056, 42170）
適応の可能性		記載なし
他の分野・項目との関係		*【水環境・水資源】*

（気候変動による影響の要因）

- 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、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進し、富栄養化を加速することが予想される。
- 湖沼水温の上昇や CO_2 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。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、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。

(現在の状況)

〔概　要〕

- 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。

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、すでに大きな変貌を遂げてきた。このため、温暖化のみの影響を検出しにくい状況にあり、直接的に温暖化影響を明らかにした研究は日本にはない。しかし鹿児島県池田湖では、1977 年以降は暖冬になり、1 年を通して循環期がなくなり、湖底の溶存酸素が年を越えて次第に低下し、貧酸素層が生れていることが明らかになっている。[42056)]

気候変動による湖沼の淡水生態系への影響が社会や経済などの生態系サービスへもたらす影響については、現時点で研究事例は確認されていない。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 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確認できていないものの、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 CO_2 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。

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）が交互に訪れる。しかし、温暖化によりこの鉛直方向の循環が弱まると、成層期の時期が早まったり、期間が長くなったり、最悪 1 年を通して循環しなくなる可能性がある。その結果、表層水から湖底に酸素が供給されなくなり、貧酸素層が発達するため、貝類等の底生生物に多大な影響を与えると予測される。同時に、底泥からの栄養塩の溶出を促進し、富栄養化を加速することが予想される。[42201)]

室内で 3 種のミジンコを異なった水温で飼育し、体成長を調べた実験結果において、水温の上昇に伴い、成熟サイズが小さくなることが示されており、湖沼生態系が温暖化の影響を受けると、動物プランクトンが全体的に小型化し、エネルギー転換効率が低下する可能性が示唆されている。[42056)]

さらに、湖沼では、温度上昇や CO_2 増加により、藻類生産が上がるが、栄養塩供給が乏しい

生態系では、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。[42170)]

なお、気候変動による湖沼の淡水生態系への影響が社会や経済などの生態系サービスへもたらす影響については現時点で予測・評価をした研究事例は確認されていない。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：

（生態系への影響）

【評価】特に大きい

【観点】環境

（生態系サービスへの影響（国民生活への影響））

【評価】現状では評価できない

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、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・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、多くの生物種が影響を受ける可能性が高い。

なお、生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。

- 緊急性：

（生態系への影響）

【評価】中程度

・影響の発現時期　【評価】中程度

・適応の着手・重要な意思決定が必要な時期　【評価】中程度

（生態系サービスへの影響（国民生活への影響））

【評価】現状では評価できない

・影響の発現時期　【評価】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　【評価】現状では評価できない

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。現時点で収集された文献では影響の顕在化については、確認されていない。将来影響についても予測時期の言及はない

が、水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る。

なお、生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。

- 確信度：

(生態系への影響)

【評価】低い

(生態系サービスへの影響（国民生活への影響))

【評価】現状では評価できない

現地での報告は限定的で、生態系への影響を室内実験によって確かめた研究がごく一部にあるのみであるが、その研究もモデルを使用した予測にはなっておらず、長期モニタリングを行い、変容を監視する必要がある。

なお、生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価した研究事例は確認できていない。これについては今後調査・研究が必要である。

（２）河川

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 0 件。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 9 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
41010	全国の公共用水域調査全地点において観測された最高水温を測定位置（緯度、経度）情報とともに IDW 法により解析し、推定水温分布図を作成。これをもとに全国一律で水温が 1℃上昇した場合、3℃上昇した場合の分布図を作成。 注：IDW 法は、逆距離加重法と呼ばれ、地点間の距離により重み付けをし、平均を求める方法。 GCM20、RCM5 等による、降水量等のシミュレーション	水温の上昇程度を指標にして予測	全国	現状では、最高水温が 20℃未満の地域面積は全体の約 5%、26℃未満（26℃は冷水魚の確認地点ではあまり発現しない水温）の地域面積が約 40%となっている。全国の河川において最高水温がおしなべて 1℃上昇すると、全国土面積に 26℃以下の地域面積が占める割合は約 32%に減少し、現状の生息域の約 22%がなくなる。これにより、アマゴなど西日本に多く分布する生物の生息に影響を及ぼす可能性がある。3℃上昇したとしてこれに適応できない場合を想定すると、冷水魚が生息可能な河川が分布する国土面積は約 20%程度に減少し、特に本州における生息地は非常に限定的になる。また、水温の上昇等の生息環境の変化に対して、生息適地への移動を試みると考えられるが、山地部に部分的な分布があった種や、構造物等により連続性が遮断されている場合は移動が困難になる。
41011	記載なし	記載なし	記載なし	流量パターンの変化は、魚類等のライフサイクルに影響を及ぼし、適応が難しい種は生息数の減少など大きな影響を受けることが予想される。濁度の増加やシルト・粘土質の堆積による河床環境の変化は、魚類、底生動物、付着藻類等への影響が考えられる。また、流況や土砂・物質の流出の変化は、河道内の植生にも影響を与え、攪乱の状況等に応じて種の分布が変わることが考えられる。こうした様々な種の変化は、種間関係を通じ生態系に対しさらなる影響を及ぼすことが考えられる。また、連続性を有する流域の環境の変化は、外来種の繁殖や新たな種の侵入などにつながると考えられる。
41012	自然環境保全基礎調査 動物分布調査報告書 淡水魚類（平成 14 年、環境省）、国土交通省 河川水辺の国勢調査（平成 4～17 年、国土交通省）および各種文献および観察記録を元に Maxent を用いて分布適地の予測を実施。	水温 3℃の上昇時を想定	本州以南	イワナ類の本州の生息適域は、東北地方から中部地方まで山間部に広く分布しているほか、中国地方や紀伊半島の高標高域にも適地が存在する。水温が 3℃上昇すると、中部山岳以西の西日本の適地はほぼなくなり、東日本のオショロコマの生息適地は高標高域のみに限られる。北海道の生息適地は、石狩平野以東や十勝平野などの低標高の平野部を除く北海道全域に広く分布する。一方で、石狩平野以西の適地はほとんど無くなり、石狩平野以東も石狩山地、日高山地、知床半島等の高標高地に分断される。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
42084	1～4℃の気温上昇時の地下水温の上昇程度を算出。日本列島を対象とした分析では、地下水温がオショロコマとアメマスの許容レベルを超えると絶滅すると仮定し、消失する生息域数を予測。また、3 流域（アメマス：斐伊川と神通川、オショロコマ：士別川）を対象とした分析では、流路において 2 種が生息可能な最適温度により、生息域の変化を予測。	気温の1℃～4℃の上昇を指標にして予測	全国	気温が 1℃、2℃、3℃、4℃上昇すると、日本列島全体で、オショロコマの生息域が、それぞれ 27.6%、67.2%、79.6%、89.6%減少する。同様に、アメマスの生息域もそれぞれ 4.1%、20.5%、33.8%、45.6%減少することが予測される。 3 流域（斐伊川、神通川、士別川）を対象にした分析では、オショロコマとアメマスの生息適域が気温の上昇に伴い低標高域から高標高域へと変化し、生息域の減少と生息地の分断化が進行することが予測された。
42171	文献レビューに基づく予測。	記載なし	北海道石狩川	融雪出水の時期や規模の変化によって、融雪出水に合わせて種子散布するヤナギ科木本種の更新動態を維持することは難しくなると考えられる。
42172	千歳川水系の 10 河川において、春季の流量、夏季の水温の調査、ブラウントラウトの捕獲等により、融雪出水時期とブラウントラウト 0 歳魚繁殖の関係性を調査。	記載なし	北海道千歳川水系	ブラウントラウト（茶鱒）0 歳魚は、千歳川水系では、5 月の融雪時期に発生する。0 歳魚のブラウントラウトの生存は、流量の変動と夏季の水温と負の関係性がある。研究の結果では、外来のブラウントラウトは融雪出水による流量が少ない傾向にある時、また夏季の水温が低いときに増加する傾向にあることが明らかとなった。
42173	北海道真駒内川において、季節毎に細粒堆積物の河道の環境変化を測定、付着藻類を比較。	記載なし	北海道真駒内川	近年、人間の活動による細粒土砂が増加していることが報告されている。堆積物の滞留は、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。したがって細粒土砂は、水中生物相や流水性生物に負の影響を与えると考えられる。
42174	フィールド調査により細粒土砂の堆積とサクラマスの卵の生存率を調査。	記載なし	北海道貫気別川	細粒土砂の河床への堆積は、砂利の流れを抑え、産卵床の酸素流動の浸透限界を低下させることから、サクラマスの卵を窒息させる。河床と表面水の DO 濃度の関係から、表面水の DO 濃度が低く、河床での細粒土砂が多い場合、窒息はより深刻になると考えられる。
42175	メソコスム（Mesocosm）と呼ばれる装置を用いて、二酸化炭素濃度の変化による生物の変化を観察。	記載なし	記載なし	高濃度の CO_2 環境下（～720ppm）では、周辺環境（～360ppm）に比べ、藻類生産の質の低下は起こるが、生産量の増加ともに底生動物の密度、サイズ、生物量は増加することが明らかになっている。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】 内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	
	社会／経済／環境	社会： 経済：*【水産業への影響】* 環境：*【重要な種・ハビタット】【国内で重要な場所の質の低下】【広域的な生態系機能の低下】*
緊急	影響の発現時期	現状： 将来：

評価の視点等		文献から得られた情報
性	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	9 件 現在の状況：0 件 将来予測される影響：9 件（41010, 41011, 41012, 42084, 42171, 42172, 42173, 42174, 42175）
	研究・報告の種類	モデル予測：0 件
	研究・報告の整合性	・水温上昇により、冷水魚の生息可能域が減少する(1 件：41010） ・イワナ類等の冷水魚の生息適域が分断・消失（2 件：41010, 41012） ・適応が難しい魚類、底生動物、付着藻類等の減少と分布の変化。外来種の繁殖や新たな種の侵入（5 件：41011, 42172, 42173, 42174, 42175） ・オショロコマとイワナの生息域の縮小（1 件：42084） ・融雪出水時期の変化による樹木の種子散布への影響（1 件：42171）
適応の可能性		・河川生態系を守るためには、ダム等の移動を妨げる横断構造物に対して、魚道など移動を確保できる対策、土地開発の規制や水辺緩衝帯の復元等が必要となる（41012, 42084, 42173）
他の分野・項目との関係		*【水産業】【水環境・水資源】【外来種】*

（気候変動による影響の要因）

- 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。
- 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、繁殖等を行う河川生物相に影響を及ぼす可能性がある。
- 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、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。
- 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可能性がある。

（現在の状況）

〔概　要〕

- 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。

日本のほとんどの河川は、堰やダム構造物により取水や流量調節が行われており、本来の流況とは大きく異なっている。このため、気候変動による河川の生態系への影響を検出しにくく、

温暖化の直接的影響を捉えた研究成果は確認できていない。

河川の淡水生態系の変化による生態系サービスへの影響については現時点で研究事例は確認されていない。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 最高水温が現状より 3℃上昇すると、冷水魚が生息可能な河川が分布する国土面積が現在と比較して約 20%に減少し、特に本州における生息地は非常に限定的になることが予測されている。
- 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、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

全国河川の水温上昇に応じた冷水魚の生息地変化を推定した研究によれば、最高水温が現状より 3℃上昇することで、冷水魚が生息可能な河川が分布する国土面積は約 40%から約 20%程度に減少し、特に本州における生息地は非常に限定的になることが示されている。[41010)] 同様な考え方で、冷水性の魚種であるオショロコマとイワナの分布地において、地下水温を指標としてモデル化した研究では、気温上昇（1～4℃）に伴って 2 種の生息域が急激に縮小することを予想している。[42084)]

北海道や東北地方では積雪量や融雪出水の時期・規模が大きく変化する可能性がある。これらの地域では、融雪出水時に合わせて、遡上や降下、繁殖などを行う生物種が存在するため、季節的流況の変化は河川生物相に大きな影響を与えることが予想される。たとえば、融雪出水に合わせて種子散布するヤナギ科木本種の更新動態を維持することは難しくなると考えられる。[42171)] さらに、融雪洪水の減少は、ブラウントラウトなどの外来種の侵入を容易にし、在来種の生息域が縮小する可能性もある。[42172)]

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規模洪水の頻度が増加し、濁度成分（細粒土砂）が河床環境に影響を与えることが予想されている。[41010)] 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。[42173, 42174)] また、渇水は、水温を上昇させ、溶存酸素量を減少させるため、少なからず河川生物相に影響を与えることは容易に想像できる。

一方で、止水環境の室内実験で確かめられた CO_2 増加による藻類生産の上昇そして質の低下

から高次生産量は減少するという現象は、流水環境の室内実験では異なる結果を得ている。藻類生産の質の低下は起こるが、生産量の増加とともに底生動物の密度、サイズ、生物量は増加することが明らかになっている。[42175)]

気候変動による魚類の生物量などの生態系サービスへの影響も懸念されるが、現時点では研究・報告が確認できていない。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：

（生態系への影響）

【評価】特に大きい

【観点】環境

（生態系サービスへの影響（国民生活への影響））

【評価】現状では評価できない

温暖化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渓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。魚類の生物量などの生態系サービスへの影響も懸念されるが、現時点では研究・報告が確認できていない。

- 緊急性：

（生態系への影響）

【評価】中程度

・影響の発現時期　【評価】中程度

・適応の着手・重要な意思決定が必要な時期　【評価】中程度

（生態系サービスへの影響（国民生活への影響））

【評価】現状では評価できない

・影響の発現時期　【評価】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　【評価】現状では評価できない

現時点で収集された文献では現状の影響については確認されていない。将来影響についても予測時期の言及はないが、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ければならない生物種や、融雪出水等の撹乱を必要とする生物種にとっては致命的であり、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は、

個々の河川の状況（緯度、流況、水質など）によっても異なると考えられる。

なお、魚類の生物量などの生態系サービスへの影響の発生時期や適応策を開始すべき時期についても、現時点では研究・報告が確認できていない。

- 確信度：

(生態系への影響)

【評価】低い

(生態系サービスへの影響（国民生活への影響))

【評価】現状では評価できない

研究・報告数は少数である。モデルを用いた研究・報告はない。河川生態系は、河川改修、ダム建設、取水、流域土地利用による負荷など、すでに歴史的に強い人為的影響を受けてきた。そのため、すでに多くの生物種が絶滅、もしくは絶滅に瀕しており、温暖化との複合影響も含め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。

なお、気候変動による生態系サービスへの影響については、現時点では研究・報告が確認できていない。これについては今後調査・研究が必要である。

（3）湿原

(現在の状況の概要情報)

収集文献は 4 件。

文献	地域	現在の状況
42176	長野県八島ヶ原湿原	・八島ヶ原湿原の亀裂の発生は、ドーム山頂平面付近の成長停止が長期にわたっていることを示していると考えられる。八島ヶ原高層湿原の乾燥化が指摘されており、湿原を含む空中温度は上底面におけるミズゴケ類の繁茂を維持するには不足しているとしている。 ・八島ヶ原湿原を含む霧ヶ峰高原は、江戸時代には採草・放牧地として利用されてきた経歴をもっており、戦前には良質な草を得るために火入れが行われていた。その後火入れは中止され、周辺草原は次第に遷移して、ミズナラを中心とする樹木の生育が顕著となりつつある。湿原の成長停止は、これらおよび観光客などへのインパクトとして考えられてきたが、むしろ観光客などの影響がほとんどないと考えられるドーム中心部で成長が停止していることから、温暖化による降水量の低減、湿度低下が大きな影響を与えている可能性が高い。
42177	世界	世界の土地面積の 400 万 km^2 を占める湿地生態系は、世界の陸域炭素量の 30%以上を貯留していると言われている。
42200	全国	・.明治・大正時代は、全国で 2,110.62km^2 の湿地が存在した。現在（2000 年）は、全国で 820.99km^2 の湿地が存在している。 明治・大正時代に存在した湿地面積の 61.1%に当たる 1289.62km^2（琵琶湖の約 2 倍の広さに相当）が消失したことがわかった。 ・全国で最も減少した湿地は、北海道の釧路湿原であった。大正時代は 337.39km^2 であったが、現在では 226.56km^2 で約 33%の湿地が消失した。 .北海道以外で最も減少した湿地は、青森県の屏風山（びょうぶさん）湿地群である。大正時代には 15.41km^2 であったが、現在では 1.58km^2 で約 90%が消失した。 全国で最大の増加は、栃木、群馬、埼玉、茨城にまたがる渡良瀬遊水地である。明治・大正時代には 3.48km^2 であったが、現在では 19.67km^2 に増加した。
42217	上越山地平ヶ岳湿原	平ヶ岳から南南東約 30km に位置する片品村における 1900 年から 2000 年までの観測データによると、1950 年頃を境に年最深積雪深が減少傾向にある。*【中略】*平ヶ岳湿原では 1965 年当時 60 ほどの池塘が水をたたえていたものが、1975 年ではその数が減少し一部の池塘が干上がっていたことが確認されている（片野ほか 1975; 布施 2000）が、これはこういった少雪化の影響によるものであろう。*【中略】* 平ヶ岳湿原には周囲から非湿原植物が侵入していることが明らかである。湿原に侵入する先駆種はハイマツであった。ハイマツが湿原に侵入して群落を形成することにより、冬季の季節風が遮られ、乾燥や低温による芽の枯死などが発生しにくい環境を作り出し、それがチシマザサを保護するためチシマザサの生育が旺盛になる。そして最終的にハイマツ群落はチシマザサに生育場所を奪われていると考察された。また、チシマザサの侵入は湿原を乾燥化させていくため、チシマザサの侵入により非湿原植物の侵入がさらに進むと推測された。

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献は 2 件。

【】 内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
03001	IPCC AR5 WG2 SPM における各分野のリスクに関する記述	今世紀中	記載なし	今世紀中に、中～高排出シナリオ（RCP4.5、6.0 及び 8.5）に伴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（確信度が中程度）。
42178	フィールド調査により、釧路湿原の水位、堆積物量、有機物、土壌水分等を調査。	記載なし	北海道釧路湿原	低層湿原では流域負荷（土砂や栄養塩）に伴い湿原草本群落から木本群落に遷移した。

(重大性・緊急性・確信度等の情報)

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度(エリア・期間)	エリア:長野県八島ヶ原湿原、北海道釧路湿原、世界各地 期間: 記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	*【多様なハビタットの消失】*
	社会/経済/環境	社会: 経済: 環境:*【重要な種・ハビタット】【国内で重要な場所の質の低下】【地域的な生態系機能の低下】【景観の損失】*
緊急性	影響の発現時期	現状:既に発現の可能性がある ・八島ヶ原高層湿原の乾燥化(42176) ・日本全国の湿地面積の変化(42200) ・乾燥化による非湿原植物の高山湿原への侵入(42217) 将来:
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	6 件 現在の状況:4 件(42176,42177,42200, 42217) 将来予測される影響:2 件(03001,42178)
	研究・報告の種類	モデル予測(0 件)
	研究・報告の整合性	・湿原の乾燥化による植生への影響、湿原の成長停止(1 件:42176) ・全国的な湿原面積の縮小(1 件:42200)
適応の可能性		・水辺緩衝帯の設置、ろ過機能有する湿地、釧路湿原においては蛇行河川の復元が湿原に入る負荷量の低下につながった。(42178)
他の分野・項目との関係		*【高山植物】【自然林・二次林】【観光】*

(気候変動による影響の要因)

- 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。

(現在の状況)

〔概　要〕

- 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ない。
- 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。

日本の湿地生態系は、1950～60 年代の高度成長期に、農地開発など多くの人為的影響を直接的、間接的に強く受けており、温暖化の影響を検出しづらくなっている。そのため、現状では

直接的に影響を論じた研究はない。八島ケ原高層湿原ドーム地形の亀裂から乾燥化を指摘した研究では、気候変動による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。[42176] また、上越山地平ヶ岳上部の湿原において乾燥化に伴う非湿原植物の侵入の過程を明らかにした研究では、高層湿原の乾燥化の原因の一つとして積雪深の減少との関連性を指摘している。[42217]

さらに、気候変動による湿原の生態系の変化に伴う生態系サービスへの影響も想定されるが、現時点では研究事例が確認できていない。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 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。
  - 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

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。[03001]

世界の土地面積の 6%を占める湿地生態系は、世界の陸域炭素量の約 3 割程度を貯留していると言われている。[42177] 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 割を占める北海道の湿地では大きな影響を受けると予想される。特に地下水位の低下に伴い好気的な環境が形成されると蓄積した有機物が分解され、炭素が大気中に放出される可能性が強まる。

温暖化が湿原に与える影響としては、降水量の減少、霧日数の低下に伴う湿度低下、蒸発散量の上昇などが考えられる。雨水滋養型の高層湿原の植物群落（ミズゴケ類）では、降水量や地下水位の低下の影響を直接受けるであろうし、低層湿原でも流域負荷（土砂や栄養塩）に伴い草本から木本群落に遷移し[42178]、蒸発散量がさらに増えることが予想される。

幾つかの研究では、湿地性の C3 植物は C4 植物よりも高 CO_2 下で増加すると指摘されているが、温度や降水量など、ざまざまな要因を考慮すると複雑で単純化することは難しい。

気候変動による生態系サービスへの影響については現時点で予測・評価をした研究事例は確認されていない。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：

（生態系への影響）

【評価】特に大きい

【観点】環境

（生態系サービスへの影響（国民生活への影響））

【評価】現状では評価できない

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合、多くの生物種が影響を受ける可能性が高い。

なお、気候変動による生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。

- 緊急性：

（生態系への影響）

【評価】中程度

・影響の発現時期　【評価】中程度

・適応の着手・重要な意思決定が必要な時期　【評価】中程度

（生態系サービスへの影響（国民生活への影響））

【評価】現状では評価できない

・影響の発現時期　【評価】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　【評価】現状では評価できない

高山帯・亜高山帯の湿原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そこまでの緊急性は認められない。

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 km^2 で、現在は 820.99km^2 に減少しており、その 61%が失われたことになる。[42200)] このように、現存する湿地は全国的にも希少な生態系であり、すでに多くの人為的影響が及んでいることを考えると、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る。

なお、気候変動による生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は現時点で確認できておらず、評価が困難である。

- 確信度：

(生態系への影響)

【評価】低い

(生態系サービスへの影響（国民生活への影響))

【評価】現状では評価できない

温暖化の影響を直接明らかにした研究・報告は国内になく、土地利用等の影響に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。

なお、気候変動による生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価した研究事例は確認できていない。これについては今後調査・研究が必要である。

【沿岸生態系】

（1）亜熱帯

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 10 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの

文献	地域	現在の状況
42153	日本温帯域	【2 種の中枢種を含む 4 種の温帯種サンゴは、1930 年代以降分布を北上させている。一方、いずれの種でも南方の分布域の縮小や地域的な消滅をしていない。分布拡大の速度は毎年 14km となり、これは他のどの種よりも早く分布を拡大していることとなる。】
42181	沖縄県石垣島周辺	【日本国内では、沖縄県の石垣島周辺のサンゴ礁域で、ミドリイシ属サンゴを中心に 60％以上が白化現象によって失われたと言われている。】
42182	沖縄県瀬底島	【1998 年の白化現象により、サンゴ被度が減少。1998 年の熱ストレス後、直径 5cm 以上のサンゴが減少した。その後 2000 年までに、ハードコーラルのサンゴ礁の回復が見られ、コロニーの密度や生存率が向上している。また 2001 年の熱ストレスにより、サンゴの被度が減少したが、ハードコーラルのサンゴ礁の被度が 2001 年には 3％であったが 2010 年には 47%に増加している。一方、ソフトコーラルのサンゴ礁の被度は 1988 年以降 10%を超えていない。】
42183	沖縄本島周辺	【・沖縄本島周辺のサンゴ被度は 1995 年には 24.4%に減少、1995 年には 12.2%、2009 年には 7.5%に減少している。 ・特にミドリイシが影響を受け、1998 年と 2001 年に急激に減少している。赤土流入のある海域ではその後回復が見られない。】
42184	沖縄県石垣島白保	【1998 年の白化現象により、サンゴ被度が大幅に減少。その後の台風や白化現象により回復が阻害されている。】
42185	沖縄県阿嘉島	【・1998 年の 8 月から 9 月にかけて、沖縄県において大規模なサンゴの白化が生じている。阿嘉島では、1998 年 9 月に 56～97％のサンゴに影響が生じた。 ・1999 年には繁殖の成功率が低下していることが報告されており、着床数が徐々に減少していることが推測される。】
42186	沖縄本島周辺	【・1998 年 7～8 月に沖縄県本島で大規模なサンゴの白化が観測されている。ほとんどのサンゴが死滅し、9 月には死滅したサンゴの上に糸状藻類が繁殖した。1998 年 8 月の海水温は 1997 年 8 月に比べて非常に高く、沖縄各地でも白化と高海水温が観測されている。 ・1997 年と 1998 年には、繁殖期が進むにつれて標識魚の減少が確認されている。1998 年 8 月の減少は 1997 年 8 月の減少に比べて顕著であり、このことは、白化の直後に魚類が減少したことを意味している。】
42187	世界	【幼若サンゴ群体の成長に焦点を当てた 1970 年以降の 18 の文献を基にした調査では、カリブ海、インド・太平洋域のサンゴ幼若群体で著しい成長速度（mm yr^{-1}）の低下が見られ、1970 年代には 10mm yr^{-1} であった平均成長速度が、2000 年代にはその半分となっており、世界規模でサンゴ群体の成長速度が減少していることが示唆されている。】
42188	世界および日本	【・造礁サンゴの石灰化速度の低下が既に認められている可能性を評価、飼育実験からは比較的高濃度（1000 μatm）以上の影響が顕著であることをまとめた。石灰藻も海洋酸性化に脆弱な生物種である。 ・我が国の典型的な造礁サンゴ種である Acropora digitifera について、共生藻を持たないポリプでは 300 μatm の CO_2 レベルと 400 μatm とで石灰化速度に差がみられるが、共生藻を持つ場合は差がみられない。現在の CO_2 レベルで既に造礁サンゴの石灰化に影響があるため、近未来の影響発現の可能性がある。】
42189	沖縄県	【我が国の典型的な造礁サンゴ種である Porites australiensis, Isopora palifera について、サンゴコロニーから分取したサンゴ片を 300 μatm の CO_2 レベルから 1000 μatm の CO2 レベルまでの成長速度を評価、現在レベルの CO_2 でも石灰化速度に影響があるため、近未来影響発現の可能性があるが、遺伝的形質の影響を受ける。】

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 5 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
03001	IPCC AR5 WG2 SPM における各分野のリスクに関する記述	－	世界	海洋酸性化は、植物プランクトンから動物までの個々の種の生理学的、行動学的及び個体数変動学的な影響に伴い、中～高排出シナリオ（RCP4.5、6.0 及び 8.5）において、特に極域の生態系や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。
41013	4 つの気候モデルから将来の海水温分布とアラゴナイト飽和度分布を予測。そこから現在のサンゴ生息域の水温範囲とアラゴナイト飽和度範囲の双方を満たす事が出来る海域の分布の変化を評価。 モデル：IPSL-CM4-LOOP model、MPIM、NCAR CSM1.4、NCAR CCSM3 ・シナリオ：SRES A2	～2099 年	日本沿岸	海水温と酸性度に着目し、気候変動予測シナリオを用いて日本沿岸のサンゴ礁の分布域について将来予測を行うと、分布域は北上するものの、同時に、白化現象の増加域とサンゴ骨格の形成に適さない酸性化域に挟まれる形となる。日本沿岸の熱帯・亜熱帯サンゴ礁の分布域は、2020～30 年代に半減し、2030～2040 年代には消失する。
42037	CMIP3 の 23 の水温予測モデルから、将来の海水温分布を予測。これをサンゴの白化ストレス指数に変換して評価 ・モデル：23 の CMIP3 の気候モデル ・シナリオ：SRES A1B	～2099 年	日本沿岸	*【今世紀中旬までに、熱帯・亜熱帯海域の広域で、サンゴの白化現象や大量死の頻度が増加する。】*
42180	記載なし	記載なし	世界	*【海面上昇により、沿岸のマングローブの生態系に脅威をもたらす。もし海面上昇の速度が、マングローブ林に自然に堆積する有機物や堆砂による地表面の上昇の速度を超えると、熱帯と亜熱帯の沿岸部のマングローブ林は消失する可能性がある。】*
42215	海面上昇量の算定には、CMIP5 で提供されている MIROC5 のデータのうち、sea surface elevation（ジオサイドからの海面水位の空間分布）および global mean thermosteric sea level change（熱膨張による海面上昇量の全球平均）を使用した。得られた海面水位の 1981～2000 年（現在）、2031～2050 年（近未来）、ならびに 2081～2100 年（将来）の 20 年平均値を用いて、近未来および将来の水位から現在の水位を差し引くことにより海面上昇量を求めた。 Bruun 則を用いて、77 の沿岸区分（海岸保全基本計画が作成される海岸の区分で、地形・海象面の類似性及び沿岸漂砂の連続性に着目して分けられたもの）別に、近未来および将来の海面上昇量に対する砂浜侵食量を予測。 ・モデル：MIROC5 ・シナリオ：RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5	2031～2050 年 2081～2100 年	全国	*【日本沿岸では、RCP8.5 のときに海面上昇量が 0.3m 程度であったが、それ以外の RCP シナリオではいずれも 0.2m 程度であった。これに反して、日本全国の砂浜侵食量は、RCP8.5 では 80～180km^2 程度、それ以外のシナリオでは 60～130km^2 と予測された。いずれのシナリオにおいても、近未来と比して将来は侵食が加速する結果となった。底質粒径による砂浜侵食量予測の不確実性幅は、RCP シナリオによる不確実性幅と比べて大きく、また、その他の要因により、海面上昇量が大きくなるにつれて不確実性が増大する可能性があることが示唆された。】*

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：日本沿岸（特に沖縄県） 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	あり（サンゴに依存する魚類相の変化）
	影響の不可逆性	*【水温上昇以外のストレスを受ける海域では回復が阻害される可能性がある】*
	持続的な脆弱性・曝露	*【造礁サンゴ至適海域の減少・消滅】*
	社会／経済／環境	社会： 経済：*【水産業、観光】* 環境：*【重要なハビタット、景観の消失】*
緊急性	影響の発現時期	現状：既に発現している ・サンゴ礁の分布域の北上（42153） ・亜熱帯性サンゴ礁での白化現象の進行（42182, 42183, 42184, 42185, 42186） ・サンゴ礁の被度の減少（42183, 42184, 42185） ・着床数・成長率の低下（42185, 42188, 42189） ・特定生物種での酸性化影響発現可能性（42187, 42189） 将来： ・造礁サンゴの至適海域が消失（2030s：41013） ・サンゴの白化現象や大量死の頻度が増加（今世紀中旬：42037）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	15 件 現在の状況：10 件（42153, 42181, 42182, 42183, 42184, 42185, 42186, 42187, 42188, 42189） 将来予測される影響：5 件（03001, 41013, 42037, 42180, 42215）
	研究・報告の種類	モデル予測（2 件：41013, 42037）
	研究・報告の整合性	サンゴ礁への影響については全て整合的である
適応の可能性		記載なし
他の分野・項目との関係		*【水産業】【観光】*

（気候変動による影響の要因）

- 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ために死滅する。
- 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では、白化現象により死滅する可能性がある。
- 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・生態系にも影響を及ぼす。
- 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、耐塩性を持つが、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上昇が上回ると水没し、生育できなくなる場所も生じると考えられる。また、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。

(現在の状況)

〔概　要〕

- 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。
- 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。

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。[42182,42183,42184,42185,42186] 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している可能性がある。[42188, 42189] 日本の太平洋岸房総半島以南と、九州西岸北岸の双方において、温帯性サンゴの分布が北上中と確認された。[42153]

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ていることが最近報告されている。[42183] 水温上昇以外に土砂流出もサンゴ礁に影響を与えている実態はあるが、気候変動による降水の変化と土砂流出との関係や地域性については現時点で明確でなく、将来気候下での予測はなされていない。

なお、サンゴ礁の分布が変化することによる、生態系サービスへの影響については、現時点で研究事例は確認できていない。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- A2 シナリオ[12]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。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が、炭素固定能の評価にとどまり、生態系の将来変化予測は定性的なものに限られる。
- 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。

12 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。

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理学的、行動学的及び個体数変動学的な影響に伴い、中～高排出シナリオ（RCP4.5、6.0 及び 8.5）において、特に極域の生態系や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指摘されている。[03001)]

造礁サンゴの生育に至適と考えられる海域[13]について、白化を招く水温および造礁サンゴにとっての最適二酸化炭素濃度条件を設定する予測モデルを用いた研究（A2 シナリオを前提とした 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使用）では、熱帯・亜熱帯域の造礁サンゴ礁は 2030 年までに半減し、2040 年までには消失する予測がある。[41013)] 至適海域から外れた海域では白化等のストレスが増加したり、石灰化量の低下が起こる事が予測されているが [42037)]、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に特徴的な生態系であるマングローブについては、その炭素固定量の評価にとどまり、生態系の将来変化予測は定性的にしかふれられていない。[42180)]

海面上昇による砂浜の侵食が予測されている [42215)] が、その生物への影響について予測した文献が見当たらない。

なお、レクリエーション利用への影響や魚類の生物量の増減など、生態系サービスへの影響について予測した文献が見当たらない。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：

（生態系への影響）

【評価】特に大きい

【観点】環境

（生態系サービスへの影響（国民生活への影響））

【評価】現状では評価できない

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。

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。一方で、亜熱帯性サンゴが北に分布域を広げる温帯域で、サンゴの北上による観光面でのプラス影響が考えられる。ただし、レクリエーション利用への影響や魚類の生物量の増減など、生態系サービスへの影響については予測した文献が見当たらず、評価が困難である。

- 緊急性：

[13] 北限は海面水温の各年最寒月の値が 18℃の等温線、南限は各年最暖月の値が 30℃の等温線。

(生態系への影響)

【評価】高い

・影響の発現時期　【評価】高い

・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

(生態系サービスへの影響(国民生活への影響))

【評価】現状では評価できない

・影響の発現時期　【評価】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　【評価】現状では評価できない

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、また、定量的な予測事例は限定されるものの、2030 年までに影響が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である。

レクリエーション利用への影響や魚類の生物量の増減など、生態系サービスへの影響については予測した文献が見当たらず、評価が困難である。

- 確信度:

(生態系への影響)

【評価】中程度

(生態系サービスへの影響(国民生活への影響))

【評価】現状では評価できない

モデルによる至適海域分布の将来予測は実質的に単一の研究グループの研究成果に依存しており、かつ至適海域の消滅イコールサンゴ礁の消失とは考えにくいので、サンゴ礁そのものの将来予測精度としては、現状では高いとは言えない。ただし、サンゴ礁で今後の白化現象の頻度が高まることに関しては確信度が高い。サンゴ以外の他の生物への影響は明らかとなっていないが、高水温によるサンゴ白化は顕著に見られるため、生態系全体の影響評価の確信度は中程度である。

現状では生態系サービスの観点で予測した文献は見当たらなかった。これについては今後調査・研究が必要である。

（2）温帯・亜寒帯

※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。

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 10 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	地域	現在の状況
42033	北海道網走湖	1995 年と 1996 年のヤマトシジミの産卵量は、低水温と低塩分により、極端に少なかった。このようなヤマトシジミの産卵にとって不利となる状況は特別なものではなく、データを収集している 21 年間のうち、10 年間発生している。産卵の可能性は水温による影響が著しいため、南部よりも北部で繁殖の頻度が少ない。
42039	北海道日本海側	1990 年代始めに、バフンウニの分布域が日本海側の北海道南部から北部へと拡大している。これは 1989 年、1990 年、1991 年の急激な増加によるもので、幼生期間（3 月から 5 月）の高い海水温に起因すると考えられている。1993 年には、1989 年には観測されていなかったトマリで、2.3 個体/m^2 の密度のバフンウニが観測されている。忍路湾では 1990 年にはバフンウニが急激に増加し、1992 年には 5.3 個体/m^2 にまで達している。2 個体/m^2 以上の密度は 1998 年まで続き、その後は春季の海水温の低下により、目立った増殖は見られず、2005 年には 0.1 個体/m^2 にまで減少している。
42085	福岡県他筑前海沿岸	筑前海沿岸の魚類相を調査し、「50 年前」、「10 年前」、「現在」の魚類相を比較した結果、南方系種の割合が増加傾向にあることを明らかにするとともに、これは海水温の上昇による影響と推察した。
42087	田辺湾畠島	*【・畠島南部では 112 種の底生動物と 61 種の底生植物を含む 173 種の底生生物が確認された。軟体動物と甲殻類が底生動物の優先種であり、紅藻が底生植物の優先種である。・気温と海水温が著しく低下した 1969～1984 年にかけて、畠島南部の底生生物の種数の割合と占有する区画数が減少した。一方、1984～1993 年にかけて、変化はあまり大きくないが、種数と区画数が増加している。この期間においては、気温と海水温が著しく上昇しており、種多様性の変化と水温の変化は両期間において、関係性があるといえる。】*
42154	土佐湾	*【土佐湾沿岸の水温上昇に伴い、藻場構成種が亜熱帯性藻類から亜熱帯藻類へとシフトしている。】*
42196	若狭湾	*【現在の研究と 1970～1972 年の研究を比較した結果、水温上昇に伴い南方系魚種が増加している一方で、北方系魚種が減少していることが明らかとなった。】*
42197	土佐湾沿岸	*【海草の一種であるカジメ群の茎の光合成は、海水温 20 度以下で低下し、水温が上昇すると暗呼吸が増加する。したがってカジメの純生産量は、海水温の上昇に伴い減少すると考えられる。海水温の上昇は土佐湾沿岸においてカジメ群落の衰退をもたらしている可能性がある。】*
42198	館山	*【2011 年 7 月には、館山の水深 12m の地点において、エンタクミドリイシの 5 つのコロニーが確認された。4 つのコロニーにはサンゴに共生するカニ（Cymo melanodactylus, Tranpezia cymodoce, Tetrallidae sp）が住み着いており、最も北限で観測されたことになる。】*
42199	北海道と東北太平洋岸を除く日本全域、青森県大間崎	*【・気象庁が公表した過去 100 年間の海面水温は、北海道と東北太平洋岸を除いて全域で上昇しており、100 年間で 0.7℃から 1.7℃上昇している。この上昇率は、世界全体や北太平洋全体で平均した海面水温の上昇率（0.51℃, 0.46℃）よりも高い。とくに、1940～1990 年は高水温と低水温を周期的に繰り返していたが、1990 年以降はほぼ高い状態を維持している。鹿児島県栽培漁業協会（現:かごしま豊かな海づくり協会、垂水市）が計測した 38 年間分の水温を解析した結果、鹿児島湾中央部の冬季水温（2 月）は約 1℃上昇し、回帰直線の回帰係数は 0 でないことに対して有意性（$p<0.05$）が認められた。太平洋に面した水産総合研究センター志布志栽培漁業センター（現:養殖研究所志布志庁舎、志布志市）の長期水温解析でも、冬季水温において同様の傾向がみられた。・津軽海峡東部に位置する青森県大間崎では、マコンブ生産量が減少するとともにツルアラメの群落が拡大傾向にある。青森県のマコンブ生産量は、冬季水温（1～3 月）の影響を受けることが知られている。】*
42216	有明海、八代海、東京湾	1950 年代後半から 1970 年代前半までの高度経済成長期には、都市では大規模な埋め立てにより、地方では農地造成のための大規模な干拓により、全国で 8.5km^2/year（1945～1978 年）で干潟が消滅したものの、1970 年代から 1980 年代にかけては 2.6km^2/year（1978～1992 年）で消滅しており、その消滅の割合は大幅に減少している。1990 年代以降は生

文献	地域	現在の状況
		態系保護等の観点から、さらにその消滅割合は減少しているものと考えられる。有明海、八代海、東京湾では 1950 年から 1990 年の間にそれぞれ 18.9、2.8、20.7、8.8、0.6km^2 (0.47、0.07、0.52、0.22、0.01km^2/year の割合）の侵食が生じていた。

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献は 12 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
03001	IPCC AR5 WG2 SPM における各分野のリスクに関する記述	－	世界	海洋酸性化は、植物プランクトンから動物までの個々の種の生理学的、行動学的及び個体数変動学的な影響に伴い、中～高排出シナリオ（RCP4.5、6.0 及び 8.5）において、特に極域の生態系や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。
41013	4 つの気候モデルから将来の海水温分布とアラゴナイト飽和度分布を予測。そこから現在のサンゴ生息域の水温範囲とアラゴナイト飽和度範囲の双方を満たす事が出来る海域の分布の変化を評価。 ・モデル : IPSL-CM4-LOOP model、MPIM 、NCAR CSM1.4、NCAR CCSM3 ・シナリオ：SRES A2	～2099 年	日本沿岸	21 世紀中に、温帯性の造礁サンゴ礁は佐渡島から津軽海峡まで北限を拡大させることが予測される。したがって、21 世紀末までには、海水温の観点から言うと、本州全体が温帯性造礁サンゴ礁の分布域となる。東京の西部、四国北部、九州が現在の温帯性造礁サンゴ礁の分布域であるが、将来、これらの地域では、熱帯・亜熱帯性造礁サンゴ礁と温帯性造礁サンゴ礁が混在することが予測される。 しかし、2080 年代までには、現在の温帯性造礁サンゴ礁の 8%が不飽和（アラゴナイトの飽和度 1 以下）に直面し、21 世紀末には 1/5 が不飽和に直面することが予測される。そのため、温帯性造礁サンゴ礁も、海洋酸性化の影響により、消失の可能性があることが予測される。
42038	水温や食料利用量等の環境要因による、アサリの成長への影響を定量的に測るために、数値モデルを構築。数値モデルは生態系モデルと生物エネルギーモデルによるもので、現状と温暖化時（2℃の水温上昇時）の 2 通り計算するものである。	特定していない	北海道厚岸湖	2℃の水温上昇時には、上昇しない時に比べて、河口付近ではアサリの成長が 1.33g dry weight ind から 1.55g dry weight ind に、湖中央では 1.00g fry weight から 1.10g dry weight へ促進された。温暖化の状況下では、アサリの成長が促進されるが、アサリにとっての食料資源である植物プランクトンの摂取が増加し、湖中の植物プランクトン量が減少する。
42040	北海道日本海側沿岸の表面水温と稚仔の発生量に基づく検討。	特定していない	北海道	北方種であるエゾバフンウニは夏期の水温が高い年には斑点病が発生して大量斃死が起こることに加え、25℃近い高水温の期間が長くなると、卵の成熟、幼生の発育が異常となり、付着数が極端に低下することが知られている。また、8 月の水温が高いほど当歳稚仔の減少率が高くなることが報告されている。一方、キタムラサキウニでは産卵期から着底期の水温が高いほど卓越発生の頻度が高くなり、加入量が増加することで資源の維持・増大が図られた。
42179	記載なし	記載なし	米国	海水面の上昇により、海岸域に分布する塩性湿地等が破壊される可能性がある。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
42191	無脊椎動物の海洋酸性化影響の実験研究例をレビュー。	特定していない	世界および日本	*【我が国の酸性化影響評価研究においては、CO2 濃度に換算して 1000μatm pCO_2 あるいは 2000μatm pCO2 以上の高 CO2 濃度の影響評価が主である。ウニ、エビ、二枚貝などで、1000μatm pCO2 以上で影響が現れる例が多い。】*
42192	CO_2 操作システムを用いたエゾアワビ幼生の酸性化飼育実験。	特定していない	記載なし	*【エゾアワビ幼生の酸性化影響は、1100μatm までの CO_2 濃度では、450μatm と 550μatm の状態と比較し顕著でないが、それ以上の 1650μatm と 2150μatm になると殻の奇形が 20%以上増加する。】*
42193	CO_2 操作システムを用いたサザエ幼生の酸性化飼育実験	特定していない	記載なし	*【サザエ幼生の酸性化影響は、幼生の発生過程では 1000μatm 程度から発現し、炭酸カルシウム飽和濃度以上の CO_2 レベルで石灰化速度の低下が顕著になる。】*
42194	CMIP5 の 17 の水温予測モデルから、水温上昇と藻食魚の摂食活性による藻類（アラメ・カジメ）分布可能域の変化を予測。 ・モデル：CMIP5 の 17 の水温予測モデル ・シナリオ：RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5	~2099 年	日本沿岸	*【RCP8.5 シナリオでは、2090 年代に水温上昇と藻食魚の摂食活性増加により藻類（アラメ・カジメ）の生息地が消滅する。RCP2.6 シナリオでは、水温上昇により摂食活性増大の影響が大きい。】*
42195	CMIP5 の 17 の水温予測モデルから、ホタテガイの養殖可能域を予測。 ・モデル：CMIP5 の 17 の水温予測モデル ・シナリオ：RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5	~2099 年	北海道	*【RCP4.5 シナリオ下では、日本海及び噴火湾周辺でのホタテ養殖業に大きな影響がある。】*
42215	・海面上昇量の算定には、CMIP5 で提供されている MIROC5 のデータのうち、sea surface elevation（ジオサイドからの海面水位の空間分布）および global mean thermosteric sea level change（熱膨張による海面上昇量の全球平均）を使用した。得られた海面水位の 1981～2000 年（現在）、2031～2050 年（近未来）、ならびに 2081～2100 年（将来）の 20 年平均値を用いて、近未来および将来の水位から現在の水位を差し引くことにより海面上昇量を求めた。 ・Bruun 則を用いて、77 の沿岸区分（海岸保全基本計画が作成される海岸の区分で、地形・海象面の類似性及び沿岸漂砂の連続性に着目して分けられたもの）別に、近未来および将来の海面上昇量に対する砂浜侵食量を予測。 ・モデル：MIROC5 ・シナリオ：RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5	2031～2050 年 2081～2100 年	全国	*【日本沿岸では、RCP8.5 のときに海面上昇量が 0.3m 程度であったが、それ以外の RCP シナリオではいずれも 0.2m 程度であった。これに反して、日本全国の砂浜侵食量は、RCP8.5 では 80～180km^2 程度、それ以外のシナリオでは 60～130km^2 と予測された。いずれのシナリオにおいても、近未来と比して将来は侵食が加速する結果となった。底質粒径による砂浜侵食量予測の不確実性幅は、RCP シナリオによる不確実性幅と比べて大きく、また、その他の要因により、海面上昇量が大きくなるにつれて不確実性が増大する可能性があることが示唆された。】*

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
42216	・年平均潮位の経年変化について、北太平洋海洋モデル（NPOGCM[2]）の A1B シナリオの将来予測結果に陸氷融解による海面上昇寄与量（1.2mm/year[1]）を加えた値と比較。大浦および東京のいずれにおいても、現在の観測値と同程度の割合で今後海面が上昇し、21 世紀末頃には現在と比べて 40cm 程度の海面上昇が生じると予測されるため、将来の干潟浸食面積を予測する際の海面上昇量として、40cm を与えることとした。 ・海底地形の水深別面積のヒストグラムを用いて、将来の干潟浸食面積を予測する。有明海および八代海の朔望干潮位を「大浦」における-249.6cm 東京湾のそれを「東京」における-106.6cm で与え、有明海および八代海では水深 2.5m 未満の領域を、東京湾では水深 1.1m 未満の領域をそれぞれ干潟と定義した。 ・モデル：NPOGCM[2] ・シナリオ：SRES A1B	21 世紀末	有明海、八代海、東京湾	*【干潟の堆積(地盤上昇)速度の差異により、干潟の浸食面積は大きく異なった。今後洪水特性変化等の影響も考慮した、より精度の高い予測が必要とされるものの、海面上昇により今回の対象干潟のみでも数 10 km^2 以上の干潟浸食が生じる可能性があることが示唆された。】*

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：日本沿岸全域 期間：～2099
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会：*【地域文化】* 経済：*【水産業】* 環境：*【重要なハビタット・景観の消失】*
緊急性	影響の発現時期	現状：既に発現している ・ヤマトシジミの産卵数の減少(42033) ・バフンウニの分布域の変化(42039) ・水温上昇に伴い南方系魚種の増加（42085, 42196） ・高水温期と低水温期でマクロベントス相が変化（42087） ・水温の上昇に伴う、藻場構成種の変化（42087, 42154, 42197, 42199） 将来： ・温帯性造礁サンゴ礁の分布北上（～2099：41013） ・藻類（アラメ・カジメ）の生息地の消滅（～2099：42194） ・高水温によりホタテ養殖衰退（～2099：42195） ・砂浜侵食量の増加（2031～2050 年, 2081～2100 年：42215） ・干潟の浸食面積の増加（21 世紀末：42216）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信	研究・報告の量	21 件 現在の状況：10 件（42033, 41039, 42085, 42087,, 42154, 42196, 42197, 42198,

評価の視点等		文献から得られた情報
度		42199, 42216） 将来予測される影響：12 件（03001, 41013, 41038, 42040, 03001, 42191, 42192, 42193, 42194, 42195, 42215, 42216）
	研究・報告の種類	モデル予測（5 件：41013, 42194, 42195, 42215, 42216）
	研究・報告の整合性	分布域の移動について整合性あり（現状のモニタリング研究より） ・温帯性造礁サンゴ礁の分布域北上（1 件：41013） ・キタムラサキウニの増加とエゾバフンウニの減少（1 件：42040） ・アサリの成長が促進（1 件：42038） ・海岸域に分布する塩性湿地等の破壊（1 件：42179） ・酸性化の影響発言は海水中の pCO2 が 1000μatm 以上になってから（多くの実験で整合性）
適応の可能性		・沿岸や河口湿地へのセットバックの設置、ダムの堆積物の除去、孤立した湿地等に植物や動物が遷移可能なコリドーを設ける等。（42179）
他の分野・項目との関係		*【水産業】【分布個体群の変動】*

（気候変動による影響の要因）

- 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。
- 海洋酸性化は、大気中の CO_2 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。人間活動によって放出される CO_2 の量が増大し、大気中の CO_2 濃度が高まっているため、海洋に溶解する CO_2 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）に影響が生じることが想定される。
- 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。

（現在の状況）

〔概　要〕

- 日本沿岸の各所において、海水温の上昇に伴い、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。
- 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。

水温の上昇に伴い、日本沿岸の各所で低温性の種からより高温性の種への遷移が進行している。42033, 41039, 42085, 42087, 42154, 42196, 42197, 42198, 42199)

有明海、八代海、東京湾において干潟面積が減少している。[42216)]

また、沿岸域の生態系の変化による生態系サービスへの影響について、現時点で研究事例は確認されていない。

（将来予測される影響）

〔概　要〕

- 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。
- 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。

上記からの類推として、より高温性の種への移行が予測されるという程度であり、定量性はまだない。生産力の変化については限られた海域での仮想的条件下でのモデル予測があるのみである。[42038, 42040)]

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 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。[03001)] 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。ただし、二枚貝等に感受性の高い種がありうるとされるが、我が国の水産種についての研究例は少ない。[42191 42192, 42193)]

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。[42179)]

海面上昇による砂浜と干潟の侵食が予測されている[42215,42216)]が、その生物への影響について予測した文献が見当たらない。

※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。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：

(生態系への影響)

【評価】特に大きい

【観点】環境

(生態系サービスへの影響(国民生活への影響))

【評価】現状では評価できない

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。

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。ただし、景観や文化への影響など生態系サービスへの影響については予測した文献が見当たらず、評価が困難である。

- 緊急性:

(生態系への影響)

【評価】高い

・影響の発現時期 【評価】高い

・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

(生態系サービスへの影響(国民生活への影響))

【評価】現状では評価できない

・影響の発現時期 【評価】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 【評価】現状では評価できない

既に現状でも種の遷移が進行している。将来予測が定量的ではないので緊急性も現状では定量的に見積もれない。

景観や文化への影響など生態系サービスへの影響が想定されるが、予測した文献が見当たらず、評価が困難である。

- 確信度:

(生態系への影響)

【評価】中程度

(生態系サービスへの影響(国民生活への影響))

【評価】現状では評価できない

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が観測されている事から、現象の定性的な信頼性は高い。しかし、将来予測が定量的にはなされていないので、定性的な確信度しか評価できない。

海洋酸性化影響は、中高位の二酸化炭素排出シナリオのもとで相当程度の気候の温暖化を引き起こすような二酸化炭素濃度で顕著に発現すると考えられるが、同時に起こる他の環境変化（水温上昇、中・底層の無酸素化など）との複合影響が理解されていない。

現状では生態系サービスの観点で予測した文献は見当たらなかった。これについては今後調査・研究が必要である。

【海洋生態系】

（1）海洋生態系

※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。

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 5 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	地域	現在の状況
42159	全海洋	*【全海洋で Chla（クロロフィル）濃度が低下。原因として成層化による栄養塩供給の減少を指摘。日本周辺海域でも Chla の減少傾向を検出。】*
42160	全海洋	*【親潮域における純一次生産力の低下と春期 Chla 現存量の低下を観測。】*
42161	全海洋	*【ここ 10 年間では、日本周辺海域ではクロロフィル量、海洋一次生産に顕著な変動はみられない。】*
42164	親潮域・混合水域	*【混合域では純一次生産力の低下に伴いメソ動物プランクトンが減少。一方親潮域では、一次生産力の低下にも係わらず動物プランクトン現存量に変化無し。】*
42165	親潮域・混合水域	*【・純一次生産力の低下と春期ブルームの早期化を検出。 ・親潮域では純一次生産力の低下による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殺するため、一次生産力の低下にもかかわらずメソ動物プランクトンの現存量に大きな変化が見られなかった事を結論づけた。】*

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 6 件。

【】内は文献からの引用でなく文献をもとに文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
03001	IPCC AR5 WG2 SPM における各分野のリスクに関する記述	―	世界	海洋酸性化は、植物プランクトンから動物までの個々の種の生理学的、行動学的及び個体数変動学的な影響に伴い、中～高排出シナリオ（RCP4.5、6.0 及び 8.5）において、特に極域の生態系や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。
41014	COCO.NEMURO（中規模渦解像度海洋生態系モデル）による温暖化予備実験。 ・モデル：COCO.NEMURO（中規模渦解像度海洋生態系モデル） ・シナリオ：大気中二酸化炭素濃度 2 倍の状態のシナリオ	記載なし	日本周辺海域	*【春季ブルームが 10~20 日早期化。ブルーム規模はごく僅かな海域で増加するが、大部分は有意変動無し。】*
42155	・モデル：CMIP5 ・シナリオ：RCP2.6、4.5、6.0、8.5	2090～2099 年	全海洋	*【日本周辺海域については、RCP2.6 では、親潮域と東樺太海流域で純一次生産力が上昇し、その他の海域では僅かに低下。RCP8.5 では、東樺太海流域以外の全ての日本周辺海域で純一次生産力が低下。】*
42156	・モデル：IPSL、CSM1.4、MPIM、CCSM3 の平均, ・シナリオ：SRES A2	2090～2099 年	全海洋	*【全球的には、高緯度で生産力増加、低緯度で低下。しかし日本周辺海域についてはモデルの予測精度が悪く、不明。】*
42157	・モデル：PISCES、PlankTOM5 ・シナリオ：SRES A2	2061 年	全海洋	*【温暖化により植物プランクトンの種組成が変化。日本周辺海域では、親潮域でケイ藻が減少して円石藻が増加、西部亜寒帯循環域では逆にケイ藻が増加する。*

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
				・日本周辺海域では、親潮域でメソ動物プランクトンが増加。黒潮域ではモデルによって増減が異なる。】
42158	・モデル：PISCES + FORAMCLIM ・シナリオ：SRES A2	2090～2100 年	全海洋	*【温暖化と酸性化の複合影響により、円石藻の生産力は熱帯域と亜寒帯域で低下し、亜熱帯域では増加する。】*

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全海洋 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会： 経済：*【水産業】* 環境：*【広域的な水・生態系機能の質の低下】*
緊急性	影響の発現時期	現状：既に発現の可能性 ・クロロフィル a 濃度の低下（42159、42160） ・一次生産力の低下（42162、42164） 将来： ・一次生産力の変化（2090～2099：42155、42156） ・植物プランクトンの種組成の変化（2061：42157、2090～2100：42158） ・メソ動物プランクトン量の変化（2061：42163）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	11 件 現在の状況：5 件（42159, 42160, 42161, 42164, 42165） 将来予測される影響：6 件（03001, 41014, 42155, 42156, 42157, 42158）
	研究・報告の種類	モデル予測（5 件：42155, 42156, 42157, 42158, 42163）
	研究・報告の整合性	一部は互いに不整合
適応の可能性		記載なし
他の分野・項目との関係		*【水産業】*

（気候変動による影響の要因）

- 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。
- 海面の温度上昇により、温度成層の発達や海氷の融解による塩分成層の発達が早まることで、春季ブルーム[14]が早期化する可能性がある。
- 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。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] 春季ブルーム:親潮黒潮混合海域において、冬季の大きな鉛直混合に伴う海洋下層からの栄養塩の供給により、海洋混合層が安定する春季に植物プランクトンの増殖が発生する現象

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る。

- 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、水産資源への潜在的影響も想定される。

(現在の状況)

〔概　要〕

- 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。ただし、未だ統一的な見解には収束していない。

日本周辺海域ではとくに親潮域と混合水域において、温暖化に伴う植物現存量と一次生産力の低下が始まっている可能性がある。[42159,42162,42164,42165)] しかし観測期間により傾向に差異があり、未だ統一的な見解には収束していない。動物プランクトンの変化に関しても、親潮海域と混合水域（本州東方で親潮と黒潮が混合する海域）の限定的な海域で研究がされているものの、[42162,42164,42165)] 海域間でその傾向が一致していない。また、親潮域では植物プランクトンの増減と動物プランクトンの経年変動には相関がない事も確認されている。[42161, 42164, 42165)]

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 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。

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理学的、行動学的及び個体数変動学的な影響に伴い、中～高排出シナリオ(RCP4.5、6.0 及び 8.5)において、特に極域の生態系や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指摘されている。[03001)]

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。[41014, 42155,42156, 42157,42158, 42163)] 植物現存量と一次生産力は、全球でみれば熱帯・亜熱帯海域で低下し、亜寒帯海域では増加するという予測で多くのモデルが一致するので[42155,42156,42157,42158,42163)]、中程度の確信度がある

とされる。しかし、亜寒帯と亜熱帯の境界に位置する日本周辺海域の変化予測はモデル間の一致度が低い。また、これに伴い植物種組成や生物季節性にも変化が生じる可能性も指摘されているが[41014,442157,42158]、海域毎の変化予測は現状困難である。動物プランクトンの予測は、これら植物プランクトンと一次生産力の予測結果を用いるものであるので、日本周辺海域の予測の信頼性が高いとはいえない。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

- 重大性:

(生態系への影響)

【評価】特に大きい

【観点】環境

(生態系サービスへの影響(国民生活への影響))

【評価】特に大きい

【観点】社会

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。

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。

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。

- 緊急性:

(生態系への影響)

【評価】中程度

・影響の発現時期　【評価】中程度

・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

(生態系サービスへの影響(国民生活への影響))

【評価】現状では評価できない

・影響の発現時期　【評価】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　【評価】現状では評価できない

既に現状でも一部海域での変化が始まっている可能性が有るが、海域が限定されており、

また観測期間によっても傾向にバラツキがあるため、わが国周辺海域で影響が生じる時期については判断が難しい。ただし、人為的制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（緩和策）以外に有効な対処策はない。

- 確信度：

（自然生態系への影響）

【評価】低い

（生態系サービスへの影響（国民生活への影響））

【評価】低い

モデル予測の結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できる状態ではない。

生態系サービスへの影響については、低次生態系の変化が高次生態系に及ぼす影響も想定されるが、現時点で十分な予測・評価した研究事例は確認できていない。これについては今後調査・研究が必要である。

【生物季節】

（１）生物季節

※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関係する生物季節を主に扱う。

（現在観測されている状況の概要情報）

収集文献は 8 件。

文献	地域	現在の状況
03001	記載なし	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（確信度が高い）。
12019	全国	日本全国の気象台・測候所で観測されている 16 種の植物季節の発現日について、1961～2004 年における経年変化を調べた結果、多くの観測所において、ツバキ、ウメ、サクラ、ノダフジ、ヤマハギの開花、そしてイチョウの発芽などの春季から夏季における植物季節の時系列データに早期化の傾向が見られた。同様に秋季におけるイチョウやカエデの黄･紅葉，落葉に遅延化傾向が認められた。特に 2000 年以後の時系列データと 1961～1980 年代前半までのデータを比較すると、春季の早期化や秋季の遅延化の傾向が顕著であった。また植物季節の変化は、気温の経年変化傾向とも一致していた。また，どのような時期の気温変化が植物季節に影響を与えているかを調べた結果、春季の植物季節は夏季および秋季の植物季節と比較して、より直前の気温変化の影響が大きいことが示された。
40006	全国	気象庁データを用いてソメイヨシノを、アンケート調査によるデータを用いて種々のサクラを対象に調べると、1961～2010 年の間の 19 年以上のデータのある 101 地域の開花日は、早まっている地域が 98 ヵ所 96%で、早まっていない地域は 3 ヵ所 3%である。なお早まっている地域の中で有意に早まっている地域は 70 ヵ所 69%である。早まっている 98 ヵ所では、10 年あたり 0.07～4.01 日（平均 1.60 日）早まっている。満開日では、16 年以上のデータのある 100 地域で、早まっている地域は 95 ヵ所 94%、早まっていない地域は 5 ヵ所 5%である。早まっている地域の中で有意に早まっている地域は 71 ヵ所 70%である。以上のことから、日本のほとんどの地域でソメイヨシノをはじめとしたサクラの開花日や満開日は早まる傾向にあるといえる。
40007	全国	日本のイチョウでは、1953～2000 年の間に開葉が 4 日早く、落葉が 8 日遅くなり、日本の年平均気温は、1961～2000 年で 1.3℃上昇していたため、気温 1℃の上昇で開葉が 2.9 日、落葉が 4.4 日遅くなったと報告されている。イロハカエデでは、1953～2005 年で、気温 1℃の上昇に対し落葉は 4.4 日遅くなった。森林性の樹木では気温が 1℃上昇すると、開葉が平均 3.4 日早く、落葉が 6.2 日遅れると予測されている。
42031	情報なし	近年の気候変動により、植物の開花・開葉・落葉時期、昆虫の休眠スケジュールや発生頻度、動物の渡りの時期、プランクトンの発生時期など様々な生物季節の季節応答の変化が多数報告されている。気象庁では、サクラの開花日やモンシロチョウの初見日など、多くの生物の季節性に関する長期的な記録が蓄積されており、これらの長期データを用いた気候変動との関連も解析されている。フェノロジー変化は一般に秋よりも春に顕著であり、植物の開花・開葉、動物の休眠解除、昆虫の羽化・発生時期は春に早まる傾向がある。フェノロジー変化は温度依存性によるもので、あらゆる生物群を込みにした解析では、春のフェノロジー変化は 2.8 日/10 年の速度で早まっているという。
	北海道アポイ岳	開花に要する温度要求性から積算温量モデルを作成し、過去に遡って開花日の変化を推定した解析では、ヒダカソウ（Callianthemum miyabeanum）の開花日が過去 100 年間で 7.6 日早まっているという結果が得られている。
82002	広島市	広島市においては、広島地方気象台の観測によると、春から夏にかけて、サクラ、サルスベリの開花日が平年より早まっており、秋のイロハカエデの紅葉日が遅くなっている傾向がみられる。サクラの開花日についてみると、1960 年代から 1980 年代は概ね 4 月初旬頃であったが、1990 年代以降は 3 月下旬頃まで早まっている。 サクラの開花日を始めとする植物の季節変動は、気温の顕著な上昇が確認された 1980 年代後半より少し遅れた 1990 年頃から比較的みられる傾向がある。 広島市においては、ヒバリ、ウグイス、ニイニイゼミ、アブラゼミ、ツクツクボウシの初鳴き日が早まり、モンシロチョウの初見日が遅れている。ツクツクボウシの初鳴き日についてみると、1960 年代から 1980 年代は概ね 8 月初旬頃であったが、1990 年代以降は 7 月下旬頃まで早まっている。ツクツクボウシの初鳴き日を始めとする動物の季節変動は、気温の顕著な上昇が確認された 1980 年代後半より少し遅れた 1990 年頃から比較的みられる傾向がある。
82005	福井県	ソメイヨシノの開花は、50 年間で 5.4 日早くなっている。特に、平成（1989 年～）になってからの開花が早まり、1999 年、2002 年、2009 年には、観測史上最も早い 3 月 26 日に開花している。ソメイヨシノの開花日と 3 月の平均気温との間には強い負の相関が認められ、

文献	地域	現在の状況
		3 月の平均気温が高いほど開花日が早くなる関係にあることがわかる。
82006	三重県	津地方気象台では、偕楽公園の標本木でさくら（ソメイヨシノ）の開花（5～6 輪の花が開いた状態）観測を行っているが、さくらの開花は有意に早まる傾向がみられ、50 年あたり約 6 日早まっている。 津地方気象台の観測によると、三重県のイロハカエデの紅葉は有意に遅くなる傾向がみられ、50 年あたり約 15 日遅くなっている。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 9 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
42050	温暖化条件下におけるサザンカ（獅子頭）の開花と花の形態の違いを調べるために。供試植物を野外の気温と常にリアルタイムで-1.5℃、全く同じ、+1.5℃、 +3℃、＋4.5℃変化したグロースチャンバーの中で育成し観測。	気温の上昇程度を指標にして予測	全国	サザンカの開花は温度が高くなるにしたがって遅れる。反面、高温条件化で育成した供試植物に着生した花の形態は、野外と同じ温度条件下のものより充実する。地球温暖化にともなう温度上昇した条件下では、開花前の花芽の発育は促進されるものの、開花は遅くなる。
42053	温度変換日数（DTS)法を使用しつつ、全国一律のパラメータを用い、予測したい期間の気温のみで休眠打破の時期、開花日までを予測できるように開花モデルを作成。さらに、現在気候において開花しない名瀬と開花の南限である種子島のデータを使用し、開花そのものの有無の判定基準を作成。そしてその開花モデルを将来の予測気候に適用し、将来の開花を予測。 ・モデル：RCM60,RCM20 ・シナリオ：SRES A2	2032～2050 年 2082～2100 年	全国	ソメイヨシノの開花時期について、2032～2050 年、2082～2100 年の両方の期間で種子島や南九州で「開花しない」に分類される地点が発生する。また、2032～2050 年、2082～2100 年の両方の期間で、南九州を中心とするかなり広い地域が「開花するが満開にならない年がある」に分類された。すなわち、地球温暖化が進行するとソメイヨシノの開花の南限が北上する。温暖化の進行に従い、ⅰ）まずソメイヨシノの生長が早まり、開花日は早くなる（南限付近を除く）。ⅱ）さらに気温が高まると、休眠打破の遅れが目立つようになり次第に遅くなる。ⅲ）その後、さらに開花が遅れて結果的に現在よりも遅くなる。ⅳ）満開にならない年が発生する。ⅴ）開花しない年が発生する。ⅵ）開花しなくなるなどの過程をたどると考えられる。
42054	キンモクセイの 2 度咲き現象が近年の温暖化、高温化の影響である可能性を検討する目的で、花芽分化期の夏季から開花期の秋季にかけて野外の気温に対して 3℃加温したグロースチャンバー内で育成する実験を行った。	気温の上昇程度を指標にして予測	全国	夏季～秋季にかけて野外の気温に対して 3℃の加温処理がグロースチャンバー内で育成したキンモクセイの開花に及ぼす影響は、（1）加温区では、外気温区に対して開花の開始が遅れたことに加えて、開花期間が長期化した。（2）花ごとの開花日数は、開花期の後期に開花した花で短縮化された。（3）加温区においては、開花期に複数回ピークのある 2～3 度咲き現象が確認された。これに対し、外気温区では開花のピークが 1 度だけであった。（4）２～３度咲き現象は４種類に分類された。 【略】（5）早期に加温開始した加温区において、二次伸長が確認された。それらの個体では開花率が低くなった。さらに、加温区は外気温区より落葉する葉が少なくなった。これらの現象は加温処理によって栄養成長が促進されたか抑制されなかった結果とみられた。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
42055	ヒノキを供試植物として 4 基の自然採光型の人工気象室内で実験を実施。人工気象室内の設定温度は,対照区に相当する常に野外の温度と同じ条件(±0℃ 区)、常に野外よりそれぞれ、1.0℃、2.0℃、3.0℃ 高い条件(+1.0℃ 区、+2.0℃ 区、+3.0℃ 区)の 4 種類とした。これは、平均地上気温の上昇が引き起こされた際の状況をシミュレートする処理である。実験中の潅水は、1 日 1 回自動潅水器を用いて行い、1 個体に対する潅水量は 250cc とした。	気温の上昇程度を指標にして予測	全国	ヒノキを供試植物とした実験の結果、+1.0℃区、+2.0℃区、+3.0℃区における成長開始時期は,対照区と比べ早くなる傾向が認められた。成長停止時期は,設定温度が高くなるほど遅くなるという結果であった。成長期間は、+3.0℃区で 132±22.5 日と最も長くなり、対照区で 95.0±31.5 日と最も短くなった。これは、スギを供試植物として行った過去の研究結果を支持するものである。これらのことから、平均地上気温が上昇した場合成長開始時期が早まり、成長停止時期が遅延することで,ヒノキの成長期間は長期化する可能性が考えられた。また、地上平均気温が上昇した場合、ヒノキの側枝の成長は旺盛になると考えられた。平均地上気温が+2.0℃、+3.0℃上昇した場合、ヒノキの樹高伸長量および地際直径成長量の増加にともない、CO_2 の固定量が増えるとはいえない可能性が考えられた。
42058	気温の上昇が樹木の成長と生物季節に及ぼす影響を検討する目的で、人工気象室内でウリハダカエデの 3 年生実生苗を用いた育成実験を行った。人工気象室の温度条件は、常に野外の気温と同じにした条件、常に野外の気温よりそれぞれ 1.0、2.0、3.0℃高い条件の 4 種類とした。	気温の上昇程度を指標にして予測	全国	ウリハダカエデの紅葉期間は、±0.0℃区で 10 日、+1.0℃区で 5 日、+2.0℃区で 7 日、+3.0℃区で 4 日であった。このことは、気温の上昇がウリハダカエデの紅葉期間にも影響を及ぼすことを示している。各処理区における全着生葉数に対する落葉数の割合の経時変化をみると、±0.0℃区、+1.0℃区では、落葉のピークが 11 月上旬に認められた。一方、+2.0℃区、+3.0℃区では、落葉のピークが 12 月上旬まで遅れていることに加え、落葉しない葉が多く認められた。これらのことから、気温の上昇によって、ウリハダカエデの落葉時期は遅くなり、落葉しない葉の発生する可能性が示唆された。
42068	東京多摩地区において、トウキョウサンショウウオ、アマアカガエル、モリアオガエルの繁殖数を 12～31 年間モニタリングを実施。この長期間のモニタリングデータを基に、初産卵の傾向と、気候要因と繁殖の時期の関係性を分析。	ー	東京多摩地域	将来の気候変化は、特に初期成長段階において日本の両生類の死亡率に影響を与える可能性がある。トウキョウサンショウウオは 2～4 月の春季初頭に繁殖を行うが、おそらく水温の上昇が原因となり、産卵が遅くなるほど死亡率が高くなる。モリアオガエルの胚も高温に対して感受性が高く、繁殖期の夏季初頭の気温が 30℃を超せば、胚の死亡率が急激に上昇する。
42078	月平均気温とソメイヨシノの開花時期及びイロハカエデの紅葉時期との関係を、回帰式、重回帰式により予測。モデルには温暖化による開花・発芽・紅葉や落葉時期の変化を予測するシミュレーションモデル（回帰式及び重回帰式）を使用。	3℃の気温上昇時	全国	ソメイヨシノの開花、イロハカエデの紅葉について、温暖化による開花等の時期を予測するシミュレーションモデルを開発し、現状の平均の場合と 1℃、2℃、3℃上昇した場合の開花日及び紅葉予想日の分布図を作成した。 その結果、ソメイヨシノでは、現在 3 月 21 日～30 日までに開花日を迎えている関東から南の太平洋側の地域が、3℃上昇することによって、3 月 20 日以前に開花日を迎える。また、4 月 30 日～5 月 9 日までに開花を迎えていた北海道では、4 月中に開花を迎える。 イロハカエデの紅葉については、暖かくなると遅れる。10 月 25 日～11 月 3 日に紅葉を迎えている地域は、3℃上昇すると 11 月 4 日～23 日に遅くなり、関東以南は 11 月 24 日以降に紅葉する時期を迎えることになる。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
42080	1953～2000 年の日本におけるイチョウの落葉日のデータを使用。気温のデータには 1961～2000 年の 67 の気象観測所からのデータを使用。気温とイチョウの生物季節の変化を調べるため線形回帰分析を実施。気候変動による生物季節への影響を調べるために発芽日（BGS)と落葉日（EGS)、発芽と落葉までの期間（LGS)と気温との相関を分析。BGS と EGS の分析には各期間の始まりから終わりまでの平均気温を使用。LGS の分析には LGS と年平均気温を使用。	過去の観測データに基づく予測	全国	落葉日（EGS)と秋季の気温の間には強い相関があり、気温の上昇により落葉日に遅れが生じる。秋季の 1℃の気温上昇により、落葉日に 4.4 日遅れが生じる。すべての観測地点で正の回帰係数が見られた。
43001	落葉樹の着葉期間の予測。過去の気候データと衛星データにより暖かさを考慮したモデル（SW)と暖かさと寒さを考慮したモデル（PC)の較正を実施した後、2030～2039 年と 2090～2099 年の 2 期間に対してモデルを使用し、将来の日気温を予測。これにより、500m のグリッドスケールで、着葉期間のデータを算出。 ・モデル：AGCM3.1S ・シナリオ：SRES A1B	2015～2039 年 2075～2099 年	全国	気候予測シミュレーションの結果、現在に比べて、2030 年には、春季の暖かさのみを考慮したモデル（SW）では 12 日、暖かさと冬期の寒さを考慮したモデル（PC）では 7 日、着葉期間が早期化する。2090 年代には、SW モデルで 26 日、PC モデルで 15 日、着葉期間が早期化する。最も影響が大きい地域は、北海道と中央の山脈部である。

（各小項目の生物季節に関する文献）

現在の状況：0 件

将来予測される影響：1 件（42152）

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】 内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	*【種による適応能力の差】*
	社会／経済／環境	社会：*【季節感の喪失、地域の伝統行事・観光への影響】* 経済： 環境：　*【重要な種・ハビタット・景観の消失】【国際・国内で重要な場所の質の低下】【生態系機能の低下】*
緊急性	影響の発現時期	現状：既に発現している ・動植物の生物季節の早期化(42031) ・ヒダカソウの開花日の早期化(42031) ・ソメイヨシノをはじめとしたサクラの開花日、満開日の早期化(40006、 82005、 82006) ・ツバキ、ウメ、サクラ、ノダフジ、ヤマハギ、イチョウの植物季節の早期化(12019)

評価の視点等		文献から得られた情報
		・サクラ、サルスベリの開花日の早期化(82002) ・イロハカエデの紅葉の遅延化(82006) ・樹木の開葉・落葉時期の変化(40007) ・ヒバリ、ウグイス、ニイニイゼミ、アブラゼミ、ツクツクボウシの初鳴き日が早まり、モンシロチョウの初見日の遅れ。(82002) 将来： ・ソメイヨシノの開花の開始時期が変化し、開花の南限も北上する。一方で満開にならない年も発生(2032～2050 年,2082～2100 年：42053) ・落葉樹が葉を着ける着葉期間が早期化。(2015～2039 年、2075～2099 年：43001)
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	17 件 現在の状況：8 件（03001, 12019, 40006, 40007, 42031, 82002, 82005, 82006） 将来予測される影響：9 件:（42050, 42053, 42054, 42055, 42058, 42068, 42078, 42080, 43001）
	研究・報告の種類	モデル予測（2 件：42053, 43001）
	研究・報告の整合性	・サザンカの開花と花の形態が変化(1 件：42050) ・キンモクセイの開花の開始が遅れる一方で、開花期間が長期化(1 件：42054) ・ソメイヨシノの開花の開始時期が変化し、開花の南限も北上する。一方で満開にならない年も発生(1 件：42053) ・ヒノキの成長期間が長期化する（1 件：42055) ・ウリハダカエデの成長が抑制され、紅葉や落葉が遅れる(1 件：42058) ・落葉樹が葉を着ける着葉期間が早期化する(1 件：43001) ・初期成長段階において、両生類の死亡率に影響を与える（1 件：42068) ・温暖化に伴う植物の季節現象（ソメイヨシノの開花等）の変化を予測(1 件:42078) ・イチョウの落葉日の遅れ、成長季の増加（1 件：42080)
適応の可能性		記載なし
他の分野・項目との関係		*【文化・歴史などを感じる暮らし】*

（気候変動による影響の要因）

- 冬季の気温の上昇等により、植物の休眠打破が行われる時期が早まり、開花が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はなくなり、休眠打破が遅れたり、休眠打破ができずに開花できなくなる可能性がある。
- 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、動物に対しても温度依存性のフェノロジーの変化を引き起こす。また、冬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、間接的な影響も想定される。
- 海水の温度上昇や酸性化は、プランクトンの発生時期などに影響し、それにより高次の生態系にも影響を及ぼす。
- 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、日長と気温のミスマッチによる影響が生じる可能性がある。
- 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可能性がある。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場合、深刻な影響が生じる可能性がある。

(現在の状況)

〔概　要〕

- 植物の開花の早まりや動物の初鳴きの早まりなど、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。

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が報告されている。[03001)]

国内でも、動植物の生物季節の早期化[42031)]等について多数の報告が現時点で確認されている。ヒダカソウ[42031)]、ツバキ[12019)]、ウメ[12019)]、サクラ[12019,40006,82005)]、ノダフジ[12019)]、ヤマハギ[12019)]、イチョウ[12019)]、サルスベリ[82002)]等の開花日の早期化、ヒバリ[82002)]、ウグイス[82002)]、ニイニイゼミ[82002)]、アブラゼミ[82002)]、ツクツクボウシ[82002)]の初鳴き日が早まり、一方で、イロハカエデ[40007,82002,82006)]等の紅葉の遅れ、モンシロチョウの初見日の遅れ[42031,82002)]などについても確認されている。

生物季節への影響が生態系サービスにもたらす影響についての研究事例は、現時点で確認されていない。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 生物季節の変動について、ソメイヨシノの開花日の早期化など、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。

ソメイヨシノについて開花モデルを将来の予測気候に適用して予測した研究によれば、温暖化が進行するとソメイヨシノの開花の南限が北上することが示されている。温暖化の進行に従い、ⅰ）まずソメイヨシノの生長が早まり、開花日は早くなる（南限を除く）。ⅱ）さらに気温が高まると、休眠打破の遅れが目立つようになり次第に遅くなる。ⅲ）その後、さらに開花が遅れて結果的に現在よりも遅くなる。ⅳ）満開にならない年が発生する。ⅴ）開花しない年が発生する。ⅵ）開花しなくなる、の過程をたどると考えられる。[42053)]

その他、サザンカの開花の遅れ[42050)]、キンモクセイの開花の遅れと開花期間の長期化[42054)]、ヒノキの成長期間の長期化[42055)]、ウリハダカエデの落葉時期の遅れや落葉しない葉の発生する可能性[42058)]、落葉樹の着葉期間の早期化[43001)]、など様々な予測がなされている。

生物季節への影響が生態系サービスにもたらす影響についての研究事例は、現時点で確認され

ていない。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：

（生態系への影響）

【評価】「特に大きい」とは言えない

（生態系サービスへの影響（国民生活への影響））

【評価】現状では評価できない

影響の範囲は全国に及ぶ。また、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。気候変動の影響が生物種や生物現象のあいだ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おり、現実にも観測されている。こうした変化が種・個体群の存続や生態系サービスにマイナスの影響を与える可能性がある。ただし、その影響の深刻さについては、十分な判断材料はそろっていないのが現状である。

気候変動の影響による生物季節の変動が生態系サービスにもたらす影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認されていない。

- 緊急性：

（生態系への影響）

【評価】高い

・影響の発現時期　【評価】高い

（すでに事象が顕在化しているため、また、生物間相互作用の変化を介した影響も生じていると想定されるが、具体例は十分確認できていない。）

・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

（生態系サービスへの影響（国民生活への影響））

【評価】現状では評価できない

・影響の発現時期　【評価】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　【評価】現状では評価できない

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れない。

ただし、気候変動の影響による生物季節的な現象の変化が、複合的な作用により種・個体群の存続や生態系サービスにマイナスの影響を与えるケースがあるならば、そのケースの緊急性に応じた対策が必要となる。

なお、生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。

- 確信度：

（生態系への影響）

【評価】高い

※生物季節現象自体が影響を受けること、及びそのことが、生物間相互作用を介して種・個体群の存続等に影響を与えることに関しての確信度は高い。一方、そうした影響の一般性、深刻性の確信度は中程度である。

（生態系サービスへの影響（国民生活への影響））

【評価】現状では評価できない

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、直接の観察からも衛星観測データからも、実際に長期のトレンドが報告されている。また、植物が光合成を行う期間が長くなるなど、生態系機能・生態系サービスへの影響があることもほぼ確かである。

さらに、気候変動への反応が種・現象によって異なることによって種間関係が変化するなどにより、個々の種や個体群の存続等に影響を与えるケースがあることも確かめられている。しかし、その検出や、定量的な予測は難しく、一般性・深刻性の確信度は中程度である。

なお、生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価した研究事例は確認できていない。これについては今後調査・研究が必要である。

【分布・個体群の変動】

（1）分布・個体群の変動

(現在の状況の概要情報)

収集文献は 14 件。

文献	地域	影響の内容
03001	記載なし	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（確信度が高い）。
40002	九州、四国、本州	ナガサキアゲハは日本では 1920 年代までは四国南部、九州以南に分布するチョウであったが、その後、分布北上の採集・目撃記録が増加し、1940 年までには山口県で土着が認められ、その後 1945 年までには高知県や愛媛県の南部、1950 年までには広島県や徳島県で、1960 年代には淡路島、香川県で、1970 年代には岡山県、そして 1983 年までには兵庫県や和歌山県で土着が確認されている。1997 年には静岡県の浜松で、2000 年には神奈川県や埼玉県でも採集・目撃記録が得られるまでになった。詳細な気温データに基づく解析によると、気候の温暖化と本種の分布域北上が強い関連性をもった事象であることが示唆された。
40003	関東	アカボシゴマダラは 1995 年に埼玉県で一時的に確認された後、1998 年に神奈川県で最初に確認されており、それ以来小田原市以東のほぼ全域に分布を広げ、2006 年には東京都区内でも見られるようになった。神奈川県に定着したアカボシゴマダラの成虫が夏の季節風に乗って徐々に北へ移動し、現在では東京都や埼玉県の一部地域でもほぼ定着し、さらに千葉県、茨城県、栃木県、群馬県などへ分布を広げつつあると考えられる。
	関東以北	暖帯から熱帯域にかけて広く分布し日本が分布の北限となるツマグロヒョウモンについても、1980 年代までは近畿地方より西に分布していたが、その後北上を続け、関東地方での定着が確実となり、2000 年までの分布確認では記録されていなかった岩手県、宮城県、福島県と茨城県北部からも確認報告があった。
40005	全国	・1978 年と 2003 年の分布を比較すると、1978 年に分布していた地域を中心にニホンジカの分布は大きく拡大しており、新潟県、福井県、石川県などこれまで分布が見られなかった地域にも広がっている。積雪の少ない西日本や東日本の太平洋側では分布が拡大していく可能性が高い。北海道東部から北陸地域にかけての日本海側の豪雪地域では、積雪が制限要因となってニホンジカが生息できないと考えられていたが、江戸時代には山形県や能登半島・茨城県等、現在は分布が見られない地域においても記録があり、現在は過去の狩猟・駆除等の影響で縮小した分布が回復していく過程にあるとも考えられるため、分布拡大の可能性が低い地域であっても注意が必要となる。 ・イノシシは既に西日本のほぼ全域に分布しており、1978 年から 2003 年にかけて、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。今後は、積雪の少ない東日本の太平洋側などを中心に分布が拡大していく可能性が高い。東北地方日本海側や北陸地方の豪雪地帯では、積雪が制限要因となってイノシシが生息できないと考えられていたが、江戸時代には山形県や岩手県北部等、現在は分布が見られない地域においても記録があり、現在は過去の狩猟・駆除等の影響で縮小した分布が回復していく過程にあるとも考えられるため、分布拡大の可能性が低い地域であっても注意が必要となる。
40008	全国	全国のウェザーリポーターから寄せられた 1,432 件のウェザーリポートと、「10 分天気予報」で行ったクマゼミの鳴き声を調査し、クマゼミの生息域を調べた結果、クマゼミの北限が東北地方南部の福島県福島市であることが判明し、前年度報告のあった福島県郡山市からさらに北上したことが確認された。1950 年から 20 年ごとのクマゼミの北限エリアの 8 月の平均気温を見ると、徐々に平均気温が上昇していることが分かり、クマゼミが生息しやすい環境に変化していることが確認できる。
42202	尾瀬国立公園、日光国立公園、吉野熊野国立公園	・従来、ニホンジカの生息が確認されていなかった尾瀬において、1990 年代半ばにシカの生息が確認されて以来、湿原をはじめとする植生の撹乱が顕在化し、シカの影響を受けずに成り立ってきた尾瀬本来の生態系に回復不可能な影響が及ぶ可能性が危惧されている。 ・周辺地域における捕獲を継続しているにもかかわらず、尾瀬に生息するシカは一貫して増加傾向にあり、植生撹乱の面積についても拡大している状況にある。 ・第 1 期管理方針に基づく対策を継続するのみでは、シカによる尾瀬の生態系への影響を低減することは極めて困難な状況であり、現在植生撹乱が発生している国立公園特別保護地区等の尾瀬の核心域においても、捕獲を行うことが避けられない状況となってきている。また、新たに国立公園に編入された会津駒ヶ岳地域と田代山・帝釈山地域において、シカの生息が確認されるようになってきており、今後の動向について注視してい

文献	地域	影響の内容
		く必要がある。 全国的にも、国立公園特別保護地区である戦場ヶ原（日光国立公園）、大台ヶ原（吉野熊野国立公園）等において、湿原や森林に対するシカの影響が顕在化する事例が見られ、特別保護地区等でのシカの捕獲を含む各種対策が実施されている。
42203	全国	近年のシカ・クマ等の野生鳥獣による森林被害面積は、全国では年間約 5～7 千 ha で推移しており、このうちシカによる枝葉や樹皮への食害の被害が約 6 割を占めている。 近年は、野生鳥獣の生息域の拡大等を背景として、新たな地域で被害が発生する傾向にある。また、下層植生の食害等による生物多様性の喪失、踏み付けによる土壌流出など、森林のもつ公益的機能への影響等も懸念されている。
42204	南アルプス	・近年，南アルプスの高山植物に変化が現れており、お花畑といわれた場所は様変わりして、以前見ることができた高山植物に出会えなくなってきている。南アルプスでは、鳳凰山、北岳をはじめとして、甲斐駒ケ岳から光岳までのほぼ全域においてシカ食害に遭っており、お花畑の消失などシカ被害が目立っている。シカは最近 5～10 年で急に姿を見せるようになり高山植物などに多大な被害を与えている。
42205	全国	・野生鳥獣による農作物被害額は、平成 21 年度以降は 200 億円を上回っている状況。被害のうち、全体の 7 割がシカ、イノシシ、サルによるもの。特に、シカ、イノシシの被害の増加が顕著。 ・鳥獣被害は営農意欲の減退、耕作放棄地の増加等をもたらし、被害額として数字に現れる以上に農山漁村に深刻な影響。 ・鳥獣被害が深刻化している要因としては、鳥獣の生息域の拡大、狩猟による捕獲圧の低下、耕作放棄地の増加等が考えられる。 ・ほぼ全県でシカ、イノシシ、サルの合計被害額が 1 千万円以上。（うち 1 億円以上が 32 道府県（H24 年度）） ・被害額の大きい都道府県は、北海道、福岡県、宮崎県、長野県、山形県など。
42206	滋賀県	・近年急激に増加したシカは、人里などで人間生活に影響を与えている。シカ被害で 1 番知られているのは農業被害である。シカは、田植え後に苗から出た新芽や稲穂の軟らかい実を食べたり、水田内を踏み荒らす。 1998 年（平成 10 年）頃から増え始め、2009 年（平成 21 年）から急激に増加した。従来は、野生獣による農業被害と言えば、イノシシやニホンザルが多かったが、2010 年（平成 22 年）にシカによる被害が、被害面積・被害額ともに 1 番多くなっている。また、林業でも、枝葉の摂食や樹皮を剥がす被害が年々増加している表 5 にシカによる林業被害の変化を見ると、林業被害も農業と同じく 1998 年（平成 10 年）頃から増え始め、2003 年頃（平成 15 年）には前年の 5 割増となって爆発的に増えており、湖東・湖西地域での被害が顕著である。 ・シカの生息数が近年急速に増加したことで、下層植生の食害、それによる山地の裸地化及び土壌の流出崩壊がすでに起きている。
42209	全国	・近年、野生鳥獣の生息域の拡大を背景として、シカ、クマ等の野生鳥獣による森林被害が新たな地域で発生する傾向にあり、全国で年間約 5～7 千 ha の被害が報告されている。被害面積のうちシカによる枝葉や樹皮への食害が約 7 割、クマによる剥皮被害が約 1 割を占めている。シカによる被害については、全国約 1 万 4 千ヵ所で実施している森林資源モニタリング調査の結果でみると、シカの生息が確認されたプロット数、被害が確認されたプロット数ともに、大きく増加している。 ・本州の積雪の多いところに植栽されるカラマツやヒバのような樹種は、今のところシカの個体数が少ないので、被害は限定的である。一方、北海道のエゾシカは、イチイやトドマツ、アカエゾマツの新植苗を食べ、樹皮剥ぎを発生させている。 ・下層植生を食べ尽くしたシカは、林床の落ち葉まで食べる。その結果、急峻な地形ほど表面流が増し、土壌が流出し、斜面の崩壊につながることがある。土壌流出は林地に届く弱雨でも起こり、地下への浸透機能もなくなり、強雨時は山腹崩壊の引き金にもなる。また、裸地化した林床からは森林の再生は非常に困難になる。 ・それまで食べていた餌がなくなると、本来嫌いな食べ物も食べるようになる。山麓に暮らしていたシカが、自然公園の景勝地となっている高山帯まで登り、貴重な植物等を食べ、高山帯のお花畑を荒らすことで、特徴ある自然景観や生態系が失われている。
42077	日光	・1980 年代以降、ニホンジカは中禅寺湖沿いの男体山の南の傾斜（1,269m）に越冬地を構え、戦場ヶ原湿原の南東地区に越冬地を拡大した。現在では、ニホンジカの越冬地は標高 1400～1600m にまで拡大している。 ・越冬地の拡大だけでなく、1980～1982 年と 1993～1995 年で、表日光の観測地点を除いた地点で、旧越冬地での生息密度も増加している。1993～1995 年には、1980～1982

文献	地域	影響の内容
		年に観測されていなかった標高 1500～1800m の観測地点でも多数のニホンジカが観測されている。このことは越冬地が周辺の高標高域にまで拡大していることを意味する。1993～1994 年の冬季には、戦場ヶ原湿原沿いの高徳と館山で多数の鹿の足跡が確認されている。
42167	日光	・日光地域では、従来、表日光がシカの越冬範囲であったが、積雪地である奥日光へと拡大している。シカの個体数の増加は、地球温暖化に起因する積雪量の低下が原因であると見られている。 ・積雪量の低下により、シカの利用可能な食料資源が増加し、越冬可能な環境をもたらしている。
82006	三重県	シントウトガリネズミ、ヒメヒミズ、ヤチネズミはそれぞれ、三重県が本州における分布の南限になっているが、シントウトガリネズミは 1988 年を最後に三重県における確認事例がなく、ヒメヒミズとヤチネズミにおいては、生息環境が限定的かつ局地的であり、減少傾向にある。様々な要因が想定され、気候変動の影響のみによるものとはいえないが、気候変動が進行すればさらに県内での生息環境が縮小する可能性があり、今後もその生息動向を注視する必要がある。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 9 件。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
01002	メッシュ気候値 2000 の気温データを元に、各メッシュセルについて月平均気温が 1℃ずつ上昇した場合の気温環境を計算。3 次メッシュ植生データを元に、現在、自然条件下、あるいは人為的な管理のもとで森林状態が維持されている場所を、気温条件と構成樹種次第ではマツ林域と見なして区分を行う。マツ枯れ危険度は MB 指数をもとに評価を実施。 モデル：MIROC3.2-hires シナリオ：BaU（B2 に基づく）、450s、550s	2020s 2030s 2040s 2050s 2060s 2070s 2080s 2090s	全国	温暖化の進行に伴いマツ枯れ危険域が拡大する。安定化レベルに関わらず、将来にわたりマツ枯れ危険域は拡大すると見込まれる。しかし、GHG 安定化濃度が最も低い 450s シナリオでは、今世紀末頃にその拡大傾向が止まる可能性が見込まれる。450s、550s、BaU シナリオにおける全国のマツ枯れ危険域は、今世紀中頃（～2050s）には、約 22%（450s）、約 26%（550s）、約 28%（BaU）とシナリオ間でやや差が現れるが、今世紀末頃（～2090s）には、シナリオ間で危険域に大きな差が生じ、約 27%（450s）、約 37%（550s）、約 51%（BaU）に達すると見込まれる。
03001	IPCC AR5 WG2 SPM における各分野のリスクに関する記述	記載なし	記載なし	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、生態系の財・機能・サービスが失われるリスク。
	IPCC AR5 WG2 SPM における各分野のリスクに関する記述	今世紀中及びその後	世界	21 世紀中及びその後において予測される気候変動下で、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（確信度が高い）。
42027	CART により分布を拡大する地域と拡大しない地域を分類した結果を用いて、1997 年の分布から個体群圧を再計算し、分布拡大予測を実施。 ※CART:データの分類ルールを GINI インデックス（偏在性等を測る指標）により作成し、回帰式を作成する統計処理方法。	2020	北海道西部地域（特に石狩・胆振地域）	1987 年から 20 年後の分布拡大地域の分類結果を基に予測すると、1997 年の 20 年後に当たる 2020 年ごろには、石狩・胆振支庁ではほぼ全域にエゾシカが拡大する可能性が示唆された。
42047	イヌケホシダの分布データと現在の気候データにより分類	2031～2050 年 2081～2100 年	全国	2031～2050 年のイヌケホシダの分布適域は、中国地方・四国の高標高域を除く西日本全域が該当し、

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	樹モデルを構築し、現在の分布を規定する気候要因とその閾値を推定。また、現在と気候変化シナリオ（RCM20）の気候分布から日本全域の分布適域を予測し、分布変化の予測を実施。 モデル：RCM20 シナリオ：SRES A2			太平洋側では関東地方全域から宮城県まで、日本海側では海岸沿いに秋田まで北上がみられる。2081～2100 年では、中部地方から関東・東北までの脊梁山脈と北上高地を除く日本全域が分布適域となり、本州では最北端まで北上するとともに、北海道の大島と苫小牧付近に 1 セルずつ予測された。分布適域に該当する地域は 2031~2050 年に 1.6 倍に、2081~2100 年に 2.0 倍の面積となることが予測される。
42057	環境省が行った「ガンカモ科鳥類の生息調査」の結果と気象庁による積雪の深さ及び最低気温の記録を用いて北海道、東北地方、中部地方日本海側で越冬するハクチョウ類とカモ類の越冬数に及ぼす積雪や気温の影響について解析。	積雪量・気温の上昇程度を指標にして予測。	北海道、東北地方太平洋側、東北地方大西洋側、中部地方日本海側	北海道のカモ類を除き、ハクチョウ類もカモ類も年々記録数が増加する傾向があった。気象要因については、東北及び中部地方の日本海側の地域では、ハクチョウ類は気温の、カモ類は積雪の影響を強く受ける。気温は開水面の凍結を通じてねぐらや休息地の状況に影響を与え、積雪は水田などの採食地での食物の採りやすさに影響を与えると考えられる。ハクチョウ類は給餌への依存度が高く、止水域をおもな生息地としているために気温の影響を強く受け、カモ類は、水田などが重要な採食地になっているので、積雪による影響を強く受ける。
42089	ミナミアオカメムシは最寒月の平均気温が 5℃以下の場所では生息が不可能である。そのため、1961～2005 年の気象データを用い、以下の 4 つの気候状況を想定し過去・現在・将来の分布図を作成した。 (1). 1960 年代の平均気温 (2). 2001～2005 年の平均気温（1960 年代と比較し 1℃気温が上昇） (3). 1963 年と比較し 1.4℃の気温上昇（1963～2100 年の気温上昇の最小値） (4). 1963 年と比較し 5.3℃の気温上昇（1963～2100 年の気温上昇の最大値）	2100 年（気温の 1.4℃、5.8℃上昇時）	九州	1960 年代初頭の地上平均気温は 2001～2005 年に比べ 1.0℃低かったため、最寒月にミナミアオカメムシが生息できる地域は限られており、観測記録に見られるようにこれらの地域がミナミアオカメムシの生息の限界域であった。2001～2005 年には、当期の平均気温が 5℃を超える地域が拡大している。もし気温が 2100 年までに 1.4℃、もしくは 5.8℃上昇すれば、九州の大半がミナミアオカメムシの生息域となる。
42148	日本国内産マツノザイセンチュウ近縁種群に関して、それらの通常の気温条件、および高温条件下でのアカマツ、クロマツに対する病原性について検討。	特定していない	全国	日本国内産マツノザイセンチュウ近縁種群に関して、それらの通常の気温条件、および高温条件下でのアカマツ、クロマツに対する病原性について検討した。この結果、いくつかの種類において、ごく弱い病原力が認められたが、簡易温室を用いた高温条件下での接種試験でもマツの枯死は認められず、2℃程度の気温上昇では急激なリスク拡大の可能性は低いと考えられる。
	記載なし モデル：MIROC-H シナリオ：SRES A1B	2041～2050 年 2091～2100 年	北海道を除く全国	キオビエダシャクの越冬可能な北限は 1 月の平均最低気温 0℃で近似できることがわかった。宮崎県以北の実験では越冬後に羽化する成虫の翅が正常に伸びないことが多く、越冬後に正常な成虫が多数発生して個体群が維持できる範囲はもう少し南にあると考えられる。
	温暖化の影響を年間の世代数の変化から予測（発育と温度の関係から世代数を推定）	なし。	北海道	トドマツオオアブラムシはトドマツ幼齢人工林の主要な害虫である。本種は 4～8 月の平均気温が高い場所で世代数が増加すると、枯損などの被害が発生しやすくなることが知られている。 北海道内各地の世代数を推定したところ、年間の世代数が 5 世代以上の場所で被害が起きることが分かった。北海道内の気温分布から被害の危険地帯を地図化したところ、危険地帯は現状では北海道全域の 18%であるが、気温が 1℃上昇すると 46%、2℃上昇すると 75%の地域に拡大し、3℃の上昇ではほとんど全域が危険地帯になった。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	記載なし モデル：MIROC-H シナリオ：SRES A1B	2041～2050 年 2091～2100 年	北海道	ヤツバキクイムシはエゾマツ、アカエゾマツなどのトウヒ類の穿孔性害虫で、風倒や伐採の後に大発生し生立木を枯損させる。本種は通常、1 年 2 世代であるが、世代数は気温によって変わり、世代数が多いほど大発生しやすいと考えられる。 現状は 85%の地域が年 2 世代で、それ以外の地域は年 1 世代であった。しかし、2000 年代半ばには年 3 世代の地域が出現し、それが 2000 年代の終わりには 40%に拡大すると予想された。
	温暖化による 1 年 1 世代と 2 年 1 世代の割合を予測 モデル：MIROC-H シナリオ：SRES A1B	2040～2050 年 2080～2090 年	北海道を除く全国	スギカミキリは、幼虫がスギやヒノキの生立木を食害する害虫である。多くの個体が 1 世代を 1 年で完了するが、2 年かかるものもいる。そこで、温暖化によって 2 年 1 世代の割合が減り、1 年 1 世代が増える可能性を予測した。 1 年 1 世代の割合が過大評価されている可能性はあるが、北東北で現状 2 年 1 世代が存在する地域でも、2000 年代後半にはすべて 1 年 1 世代になると考えらる。
	記載なし モデル：MIROC-H シナリオ：SRES A1B	2041～2050 年 2091～2100 年	九州以南、南西諸島	南根腐病菌はサルノコシカケの仲間のキノコで、樹木の根や根株を腐らせ枯死させる病原菌である。熱帯から亜熱帯域に分布する多汎性の病原菌で、日本では南西諸島、小笠原諸島の街路樹、生け垣、防風・防潮林、公園の緑化木など、人為的影響の大きな場所で被害が発生している。分布域を調査した結果、病害発生地の北限は奄美大島であることが明らかとなった。また、温度試験の結果、菌は 10 度で成長を停止し、2 度で死滅することが明らかとなった。この知見を用いて温暖化による分布可能域の拡大を予測したところ、2040 年代には種子島まで、2090 年代には鹿児島南部まで分布が拡大すると予測された。接種試験の結果、本菌は九州以北に分布するスギ、ヒノキなど主要造林樹種にも病原性がある。したがって、温暖化の影響を受けて分布域が北に拡大した場合、大きな被害になるおそれがある。
	記載なし モデル：MIROC-H シナリオ：SRES A1B	2040～2050 年 2080～2090 年	全国	ムラサキアツバは、幼虫がシイタケの子実体や菌床を食害する害虫である。野外で発生した成虫が栽培施設に侵入して、増殖すると被害が発生する。発生回数が増えると侵入や被害の危険性が高まるため、温暖化による成虫の発生回数の増加を予測した。 これまで成虫の発生は年 2 回とされていたが、現状でも北関東以南で 3～4 回発生していることがわかった。さらに、2000 年代後半には各地の発生回数は増加し、山形県、宮城県以南では 1 年に 4 回、北海道西部でも 1 年に 3 回の成虫が発生すると予想された。
42151	2050 年の気候予測には以下の 3 種類の気候シナリオを使用した ; 最少値 ; 0.8～1.7℃の気温上昇、500ppm,中間値 ; 1.8～2.0℃の気温上昇、500～550ppm、最大値：2℃以上の気温上昇、550ppm 以上 モデル：- シナリオ：最小値 500ppm、中間値 500～550ppm、最大値 550ppm 以上	2050 年	全球	将来の気候のシナリオに基づく、種の分布の予測を用いて、地球表面の 20%を覆うとするサンプル地域の絶滅リスクを評価した。最小の気候変動シナリオの下では、絶滅に直面するリスクのある種は～18%であった。中間シナリオでは～24%、最大シナリオでは～35%であった。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
42152	記載なし	記載なし	特定していない	・地球温暖化は、外来種がこれまで生息できなかった、あるいは繁殖できなかった地域への拡大を可能にさせる。温帯の地域では、暖かい地域から持ち込んだ観葉植物は冬季の間は室内で育てられていたが、近年、ワジュロ等のヤシは、冬季に温暖な気候となったことで室外でも生息可能である。 生理学上の制約が無くなることだけでなく、気候変動は様々な方法で分散パターンを変化させる。例えば夜間の温暖な気候はマツノギョウレツケムシの飛来を活発にさせ、長距離への分散を可能にする。近年の研究では在来・外来のアブラムシの生物季節は気候変化に大きく依存することが明らかとなっており、気候シナリオを用いた計算では、10 年毎に初見が 2～3 日早期化することが予測されている。 ・温室効果ガスの増加と関連する温暖化は異常気象を増加させ、既存の植生を消失させ、土壌を露出させる、これにより外来種の侵入が容易となる。

（各小項目の分布・個体群の変動に関する文献）

現在の状況：54 件（03001, 01001, 12019, 40005, 40006, 40007, 40009, 41005, 42001, 42023, 42031, 42032, 42033, 42039, 42063, 42075, 42077, 42085, 42087, 42143, 42146, 42153, 42154, 42159, 42160, 42161, 42164, 42165, 42167, 42176, 42181, 42182, 42183, 42184, 42185, 42186, 42187, 42188, 42189, 42196, 42197, 42198, 42199, 42200, 42202, 42203, 42204, 42205, 42206, 42209, 42217, 82002, 82005, 82006）

将来予測される影響：77 件（01002, 03001, 12200, 41001, 41002, 41004, 41005, 41006, 41007, 41008, 41009, 41010, 41011, 41012, 41014, 42013, 42001, 42002, 42005, 42007, 42008, 42009, 42010, 42012, 42014, 42015, 42017, 42018, 42019, 42021-1, 42021-3, 42023, 42024, 42027, 42037, 42038, 42040, 42048, 42050, 42052, 42053, 42054, 42055, 42056, 42058, 42062, 42063, 42068, 42075, 42076, 42078, 42084, 42148, 42155, 42156, 42157, 42158, 42170, 42171, 42173, 42174, 42175, 42178, 42179, 42180, 42191, 42192, 42193, 42194, 42195, 42201, 42208, 42211, 42212, 42213, 42214, 43003）

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】 内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間： 記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会： 経済： 環境：
緊急	影響の発現時期	現状： ・ナガサキアゲハの北方への分布拡大（1 件:40002） ・アカボシゴマダラの分布域拡大（1 件:40003）

評価の視点等		文献から得られた情報
性		・ツマグロヒョウモンの北方への分布拡大（1 件:40003） ・病虫害の発生頻度、発生地域の変化（1 件:42148） ・クマゼミの生息域の北上（1 件:40008） ・バフンウニの分布域の変化（1 件:42039） ・ハクチョウ・カモ類の増加傾向（1 件:42057） ・ミナミアオカメムシの分布域の変化（1 件:42089） ・外来種の侵入・繁殖（1 件:42152） ・シントウトガリネズミ、ヒメヒミズ、ヤチネズミ等、三重県を南限の生息域とする生物種の減少（1 件:82006） ・野生鳥獣の分布拡大に伴う食害の発生（42202, 42203, 42204, 42209） ・野生鳥獣による農作物被害と土壌の流出（42203, 42205, 42206, 42209） 将来： ・マツ枯れ危険域が拡大する（2020s, 2030s, 2040s, 2050s, 2060s, 2070s, 2080s, 2090s：01002） ・イヌケホシダの分布適域が拡大する（1 件：42047） ・南根腐病菌の分布が拡大する（2041～2050 年, 2091～2100 年：42148） ・ムラサキアツバの分布が拡大する（2041～2050 年, 2091～2100 年：42148） ・キオビエダシャクの分布が拡大する（2041～2050 年, 2091～2100 年：42148） ・ヤツバキクイムシの分布が拡大する（2041～2050 年, 2080～2090 年：42148） ・スギカミキリの世代更新が促進される（2040～2050 年, 2080～2090 年：42148） ・種の絶滅リスクが増加する（今世紀中：03001、2050 年：42151）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	13 件 現在の状況：5 件（03001, 40002, 40003, 40008, 82006） 将来予測される影響：9 件（01002, 03001, 42027, 42047, 42057, 42089, 42148, 42151, 42152）
	研究・報告の種類	モデル予測（3 件：01002, 42047, 42148）
	研究・報告の整合性	・マツ枯れ危険域が拡大する（1 件：01002） ・イヌケホシダの分布適域が拡大する（1 件：42047） ・ハクチョウ・カモ類の越冬数に影響を与える（1 件：42057） ・オショロコマとアメマスの生息域の縮小（1 件：42084） ・南根腐病菌の分布が拡大する（1 件：42148） ・ムラサキアツバの分布が拡大する（1 件：42148） ・マツノザイセンチュウ近縁種群の分布が拡大する（1 件：42148） ・キオビエダシャクの分布が拡大する（1 件：42148） ・トドマツオオアブラムシの分布域が拡大する（1 件：42148） ・ヤツバキクイムシの分布が拡大する（1 件：42148） ・スギカミキリの世代更新が促進される（1 件：42148） ・種の絶滅リスクが増加する（2 件：03001、42151） ・外来種の分布域が拡大する（1 件：42152）
適応の可能性		・南根腐病菌の分布の拡大が予想される地域では、本病の発生に注意し、病害木を発見したら、根株ごと速やかに撤去する必要がある。(42148) ・ムラサキアツバの成虫の発生回数が増加する地域では、発生時期を予測して、栽培施設への成虫の侵入を防ぐことが重要（42148） ・防護柵等の被害防止施設の設置や個体数の調整を中心とした対策とともに、新たな防除技術の開発・普及、捕獲技術者の養成、緩衝帯の設置等の対策（42203） ・関係省庁や隣接した地方公共団体が連携・協力し、一体的な被害防止施設を設置、地域の特性に応じて、間伐の推進や広葉樹林の育成（42203） ・シカ防護柵の設置（42204） ・鳥獣被害対策実施隊等による地域ぐるみの被害防止活動（42205）
他の分野・項目との関係		

（気候変動による影響の要因）

- 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

然的要素の変化等により、生物の生育・生息適地や、一日の活動時間帯やライフサイクルなどが変わり、分布の変化や種の絶滅、外来生物の侵入・定着率の変化につながることが想定される。

(現在の状況)

〔概　要〕

- 昆虫などにおいて、分布の北限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むずかしい。
- 気候変動による外来生物の侵入・定着に関する研究事例は現時点では確認されていない。
- 野生鳥獣の分布拡大による生態系サービスへの影響について報告されているが、気候変動との直接の因果関係や、気候変動の寄与度については、明らかになっていない。

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が報告されている。[03001)]

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、[40008)] ナガサキアゲハの北方への分布拡大、[40002)] ツマグロヒョウモンの北方への分布拡大、[40003)] アガボシゴマダラの分布域拡大[40003)] 等が報告されている。

また、自治体の気候変動影響の調査報告書によれば、シントウトガリネズミは、1988 年を最後に南限とされていた三重県における確認事例がなく、ヒメヒミズとヤチネズミにおいては、生息環境が限定的かつ局地的であり、減少傾向にある。様々な要因が想定され、気候変動の影響のみによるものとはいえないが、気候変動が進行すればさらに県内での生息環境が縮小する可能性があり、今後もその生息動向を注視する必要がある。[82006)]

分布域の変化・個体群が絶滅した場合などの生態系サービスへの影響については現時点で研究事例は確認されていない。

野生鳥獣の分布拡大による農作物や造林木への被害や、土壌の流出など社会・経済的な影響についても報告されているが、野生鳥獣の分布・個体群の変動と気候変動との直接の因果関係や、気候変動の寄与度については、評価されておらず、さらなる調査が必要である。[42203, 42205, 42206, 42209)]

野生鳥獣の分布の拡大が様々な被害を生じているケースについては他の項においても記述している。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 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。
- 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、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ことも想定される。
- ニホンジカなどの野生鳥獣の生息域が拡大しているが、気候変動が現在の分布拡大をさらに促進するかについては、研究事例は少数であり、今後の研究が望まれる。

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指摘されている。[03001)]

また、全球の種ごとの分布可能域とその面積の気候変動による変化予測にもとづいて絶滅確率を推定した研究[42151)]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。

エゾジカの分布拡大予測の研究によれば、2020 年ごろには、石狩・胆振支庁ではほぼ全域にエゾシカが拡大する可能性が示唆されている。[42027)]

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が、現時点で将来の予測・評価をした研究事例は確認されていない。

野生鳥獣の分布拡大による農作物や造林木への被害や、土壌の流出など生態系サービスへの影響については、報告はされているが、現時点で予測・評価をした研究事例は確認されていない。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

- 重大性：

(生態系への影響)

【評価】在来生物：特に大きい

外来生物：特に大きい　(外来生物問題自体の重大性が大きいため)

【観点】環境

(生態系サービスへの影響(国民生活への影響))

【評価】在来生物:現状では評価できない

外来生物:現状では評価できない

[在来生物]

急速な気候の変動が、直接・間接の作用により、多くの種の絶滅を招く可能性がある。種ごとの分布可能域とその面積の気候変動による変化予測にもとづいて絶滅確率を推定した研究では、条件によっては3割以上の種が絶滅する危険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。

さらに、種の絶滅や分布域の変化が経済的・社会的なインパクトを与えることも考えられる。

[外来生物]

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。

気候変動により外来生物の分布等が変化することによる社会・経済への影響など、生態系サービスへの影響については現時点で予測・評価をした研究事例は確認されていない。

- 緊急性:

(生態系への影響)

【評価】在来生物:高い(種の個体群存続が危ぶまれるケース、分布変化の負の影響が懸念されるケースについて)

外来生物:高い (外来生物問題自体の緊急性が高いため)

(生態系サービスへの影響(国民生活への影響))

【評価】在来生物:現状では評価できない

外来生物:現状では評価できない

[在来生物]

種・地域個体群の存続が危うくなりつつあるケースについては、緊急の対策が必要である。

気候変動により分布を拡大した種が、新たに定着した場で環境・社会・経済に大きな負の影響を与えるケースについては、その影響の深刻度に応じた対策が必要となる。

ただし、いずれのケースについても、そうした状況にある種の網羅的な情報は十分に整備されていない。また、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。

［外来生物］

気候変動により外来生物の分布等が変化することによる社会・経済への影響など、生態系サービスへの影響については現時点で予測・評価をした研究事例は確認されていないものの、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。侵入・定着の確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気候変動により定着確率が高まる懸念がある。

- 確信度：

(生態系への影響)

【評価】在来生物：高い（分布や個体群の存続が影響を受けることに対して）

外来生物：中程度

(生態系サービスへの影響（国民生活への影響))

【評価】在来生物：現状では評価できない

外来生物：現状では評価できない

［在来生物］

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。個々の種の分布が、より高標高・高緯度方向にシフトしているケースが多いことも、多くの観察例の集積により確かめられている。しかし、個々の種の分布がどのようなスピードでどのぐらい変化するのか・変化しないのか、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って、確度の高い予測は困難である。

さらに、種の絶滅や分布域の変化が経済的・社会的なインパクトを与えることも考えられるが、研究は限定的である。これについては今後の調査・研究が必要である。

［外来生物］

どの外来生物が、どの経路を経て、どこに定着するかは、いずれも気候変動の影響を受けることがほぼ明らかである。気候変動により定着確率の高まり、定着可能範囲の拡大が生じるケースがあることもほぼ明らかである。しかし、気候変動がトータルで外来生物のインパクトを増大させる効果があるかどうかについて、定量的に評価する材料は十分ではない。

さらに、外来生物による社会・経済への影響など、生態系サービスへの影響については現時点で予測・評価をした研究事例は確認されていない。これについては今後の調査・研究が必要である。

３.４自然災害・沿岸域

【河川】

（１）洪水

(現在の状況の概要情報)

収集文献は 2 件。

文献	地域	現在の状況
01001	全国	大雨については、日降水量 200mm 以上の日数は増加傾向にあり、時間降水量 50mm 以上の発生回数も近年増加傾向が明瞭である。 宅地等の浸水面積の経年変化でみると、年毎の変動はあるものの減少傾向が見られる。こうした被害の減少は、治水対策や下水道等の整備による都市浸水対策等が進められてきたことも大きな要因である。*【しかし、大河川においては年超過確率 1/30～1/40 程度、中小河川においては年超過確率 1/5～1/10 程度の規模の降雨に対して防御できる水準まで対策が進捗している割合が約 63％であり、これらの年超過確率は計画上の目標に比べはるかに大きい（治水整備の水準としては小さい）。このように、現状の治水安全度は現在の気候における大雨に対しても充分なものとはなっていない。】* また、浸水面積は減少している一方で、氾濫域への資産集中が進んだため、浸水面積あたりの被害額は増加傾向にあり、ひとたび氾濫が起きた場合には被害が深刻化する傾向にある。さらに近年、都市部において大雨による内水氾濫が頻発し、人口や都市機能の集積した地区等において、毎年甚大な浸水被害が発生している。したがって、気候変動による大規模洪水や内水氾濫の発生頻度が上昇すると、現状よりも被害額が大幅に増大するおそれがある。
32114	全国	治水安全度は着実に向上してきているが、依然として河川の整備状況は、大河川においては年超過確率 1/30～1/40 程度、中小河川においては年超過確率 1/5～1/10 程度の規模の洪水に対して約 6 割程度の進捗にとどまっている。

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献は 25 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
01001	雨：革新プログラム気象研－前期・後期 GCM20（MRI-AGCM3.1S（20km 解像度）、MRI-AGCM3.2S（20km 解像度））、前期・後期 RCM5（SRES A1B シナリオ） 流出・流下：河川整備基本方針等の治水計画検討の実務に用いられているモデル（現有の洪水調節施設の効果を組み込み） 氾濫生起：計画規模以上の洪水の生起 曝露・脆弱性：1 級河川の 109 水系を対象に、豪雨量・氾濫生起確率の現在気候（1979～2003 年）に対する倍率を推算 ・モデル：GCM20（MRI-AGCM3.1S（20km 解像度）, MRI-AGCM3.2S（20km 解像度）„ RCM5 ・シナリオ：SRES A1B	2075～2099 年	全国の 1 級水系	全国の 1 級河川 109 水系における年最大流域平均雨量の変化率（豪雨量倍率）と、河川の最終整備目標を超える洪水が起こる年確率の変化率（氾濫可能性倍率）を分析。4 気候モデルごとの豪雨量倍率は約 1.1～1.3 倍、同氾濫可能性倍率は約 1.8～4.4 倍。後者の方が前者よりも拡大することを明示。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
01002	雨：MIROC3.2-hires（SRES B2（BaU)、GHG 濃度 450・550ppm 安定化（450s･550s）シナリオ） 流出・流下：1km×1km 分解能 2 次元不等流モデル 氾濫生起：防護施設を考慮せず 氾濫域：1km×1km 分解能シミュレーション 脆弱性・曝露：再現期間 50 年降雨(3 大都市圏では再現期間 150 年降雨）まで被害ゼロと仮定 被害：将来の氾濫面積から再現期間 50 年降雨（3 大都市圏では再現期間 150 年降雨）の氾濫面積を差し引いた面積（県別に算定） ・モデル：MIROC3.2-hires ・シナリオ：SRES B2, 450s, 550s	2020s 2030s 2040s 2050s 2060s 2070s 2080s 2090s （各 20 年間平均）	全国	低い GHG 濃度で安定化させるほど、洪水氾濫面積がおさえられるが、最も厳しい安定化レベル（450s）の場合でも、氾濫面積が大幅に増加する。450s、550s、BaU シナリオにおける全国の氾濫面積は、今世紀中頃（2050s）まではシナリオ間で大きな差が現れないが、その後シナリオによって差が現れ、それぞれ約 1000km2、約 1100km2、約 1200km2 に達する。特に、関東・甲信越・北陸において氾濫面積が増加する。
03001	IPCC AR5 WG2 SPM における各分野のリスクに関する記述。	特定されていない	特定されていない	いくつかの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。 高潮、沿岸域の氾濫及び海面水位上昇による、沿岸の低地並びに小島嶼開発途上国及びその他の小島嶼における死亡、負傷、健康障害、生計崩壊のリスク。
31001	雨：気象研 RCM20（MRI-RCM20-Ver.1）（SRES A2 シナリオ）	50 年後（2031～2050 年） 100 年後（2081～2100 年）	全国	50 年後、100 年後の 100km 格子平均の 100 年確率日降水量の変化率の分析。現在（1981～2000 年）に比べ、50 年後には全国的に 10～20%増加、100 年後には北海道～北東北、北陸、関東で 40%以上増加する地域が多くみられる。
31002	雨：革新プログラム気象研ー前期・後期 GCM20（MRI-AGCM3.1S（20km 解像度)、MRI-AGCM3.2S（20km 解像度））と前期・後期 RCM5（A1B シナリオ)。全国を 16 地域に分割し、現在･近未来･将来の 3 時期､7 種類の降雨継続時間（1･3･6･12･24･48･72 時間）の上位･中央･下位予測値を算定 流出・流下：河川整備基本方針および整備計画等の治水計画検討の実務に用いられているモデル（現有の洪水調節施設の効果を組み込み） 氾濫生起：堤防高さおよび計画高水位に基づき設定 氾濫範囲：堤防破堤氾濫を簡易計算 曝露・脆弱性：1 級河川の 109 水系を対象に、洪水流量、河川整備労力、氾濫確率への気候変動影響を推算し、結果を分析 被害：20 河川を抽出して洪	近未来：2015～2039 年 将来：2075～2099 年	全国 1 級水系	109 水系の全体的な傾向として､4 つの気候モデルによる豪雨生起確率の増分が 1～3 割程度の範囲にあること、その豪雨増加割合に対して、洪水ピーク流量、河川整備労力、氾濫可能性の順に増幅する特性があり､それぞれ、おおよそ 1.5 倍、10 倍、12 倍になること、以上から、現時点で、相当大きな影響度を見込む必要がある一方、その絶対値推定には不確定性を伴うことに留意すべき、と結論づけ。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	水規模と直接被害額、人的被害との関係を推算（気候変動影響までは直接扱わず） ・モデル：GCM20（MRI-AGCM3.1S（20km 解像度）, MRI-AGCM3.2S（20km 解像度））, RCM5 ・シナリオ：SRES A1B			
31009	社会資本整備審議会答申における定性的記述。	記載なし	日本（地域の特定なし）	上流域では、土砂流出が増大することにより、下流の洪水調節施設での堆砂が進み、治水・利水機能に支障が生じるとともに、河道での著しい堆積が発生し、洪水の流下阻害による治水安全度の低下が想定される。
				中流域では、山間部から扇状地が広がる地域において、降水量や短時間降雨強度の増加、上流部からの洪水や土砂流出の増加等により、堤防決壊等による氾濫や浸水頻度の増加が想定される。これらの地域は、築堤により洪水氾濫からの安全を確保してきた地域であり、氾濫域の土地利用は農地から宅地などへと変化している。こうした中で、遊水機能や氾濫戻し機能を有する霞堤も近年の土地利用の変化から開口部が閉じられてきた。扇状地での堤防決壊等による氾濫は、氾濫流が広がる拡散型となることが多く、広域に被害が生じる。
				中流域では、急勾配河川では、多量な土砂を含む氾濫水が土石流のように大きなエネルギーをもって家屋等を押し流し、壊滅的な被害が生じる。また、洪水の頻発や規模の増大、土砂流出の増加は河床の安定性を低下させることから、橋梁などの施設災害を引き起こすだけでなく堤防決壊等によるさらなる氾濫の増加につながる。
				堤防決壊等による氾濫は、地方の中核都市や工業団地、水田や地域の特産物を産出する農地などに対して被害形態を変えながら、さらに下流部へと広がっていく。地域の活性化が課題となっている中で、水害による地域の競争力や活力の低下は、地域経済に大きな影響を与える。
				下流域・海岸域では、低平地やゼロメートル地帯が広がる地域において、降水量や短時間降雨強度の増加、海面水位の上昇、台風の激化、中流部からの洪水や氾濫水による影響等により、堤防決壊等による氾濫や浸水頻度の増加が想定される。低平地やゼロメートル地帯では、市街化の進展により流出量が増加している上に、排水が困難であることから、洪水や高潮による外水や内水の氾濫による浸水が長時間に及ぶことが想定される。
32029	雨：気象庁気候統一シナリオ第 2 版の近未来・将来の各 20 年間の日雨量 流出・流下：過去の観測データから線形応答モデルを構築し、近未来・将来の日雨量から年最大日流量を推定。 氾濫生起：破堤地点を選定し当該地点の堤防高さを周	2031～2050 年 2081～2100 年	那珂川、久慈川	河道、堤防高さ、洪水ハイドロ、河口出発水位をモデル化して現在（2000 年）・近未来（2031～2050 年）・将来（2081～2100 年）の最大浸水面積、浸水面積の時間変化を比較。最大浸水面積がほぼ同じでも、最大浸水時間が異なる場合があることを提示。これらには、地形と河口の水位（海面上昇）が影響を与えていることを示唆。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	辺地盤高とし溢水させている 氾濫域：河道内を含めた2次元不定流モデル（50mメッシュ）。ポンプ場等考慮せず。河道断面、堤防高さを概略設定 被害：最大浸水面積、浸水面積の時間変化を現在・近未来・将来で比較 ・モデル：MRI-RCM20 ・シナリオ：SRES A2（気候統一シナリオ第2版）			
32031	雨：既往研究より100年後の100年確率日降水量が20%増加すると仮定 流出・流下：河道と氾濫原の区別のない1kmメッシュの平均標高によるモデル 氾濫生起：河道と氾濫原の区別がないため最初から氾濫していると言える。 氾濫域：堤防・ポンプ場等考慮せず。1kmメッシュの平均標高のみの2次元不定流モデル。 脆弱性・曝露：実際の災害との対比によるモデル検証時には再現期間50年までの降雨に対する河川整備事業は完成と仮定。 被害：国土数値情報の土地利用分類と治水経済調査マニュアルに基づき被害額を算定。	100年後	全国	全国1kmメッシュで堤防等を無視して氾濫シミュレーションを行い、将来の被害増加を示している。メッシュごとの再現期間別降雨極値は、アメダス観測所の20年間の24時間降水量データとメッシュ気候値2000の暖候期月最大降水量（平年値）から、気候タイプ別に導出した回帰式に基づき設定（平年値からメッシュごとの降雨極値を推定)。降雨極値増加率と被害増加率とが線形関係にあることが明らかになったとし、既往研究より100年後の100年確率日降水量が現在よりも全国的に20%程増加することから洪水被害も20%程増加するとしている。
32046	日本域における梅雨前線に伴う豪雨について、現在気候（1979～2003年）と比較し、発生頻度の将来変化を評価 前述の豪雨は、本論文の定義に基づき、気象庁5kmRCMの雨量画像データを用いて抽出。 ・モデル：気象庁RCM5 ・シナリオ：SRES A1B	2075～2099（21世紀末気候25年間）の梅雨期（5/17～8/31）	日本の全域および8地域(九州、四国、中国、近畿、東海、関東甲信、北陸、東北）	地域別では、近畿、東海、関東甲信で有意な増加傾向があったことから、中日本と東日本の太平洋側では21世紀末気候において、梅雨前線に伴う集中豪雨が増加する可能性が高いと考えられる。これまで集中豪雨の少なかった地域においても21世紀末気候シナリオでは増加する可能性が高いため、そのような地域では今後の中小河川整備計画に影響が出る可能性がある。
32095	雨：12の全球気候モデル（A1Bシナリオ）の無次元化（20年間の大きい方から40個の2日間雨量データを抽出し最大値及び40番目の値を用いて無次元化）した年確率1/200の2日間雨量のモデルアンサンブル平均の変化率により現計画2日間雨量波形を引き伸ばし 流出・流下：直接流出＝kinematic runoff model　基底流出＝unit hydrograph　有効降雨＝保留量曲線　河道流＝1次元解析　出発水位＝海面上昇考慮せず	2046～2065年 2081～2100年 2181～2200年 2281～2300年（各「2050年」「2100年」「2200年」2300年」と省略）	多摩川	多摩川の年確率1/200洪水を対象。A1Bシナリオにおける2050～2300年の200年確率2日間降水量は2000年の1.07～1.20倍、同ピーク流量は1.10～1.26倍、同氾濫総流量は1.46～2.31倍とし、確率降水量の増加率よりもピーク流量・氾濫総流量の増加率が拡大していることを指摘

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	氾濫生起：氾濫シミュレーションマニュアル（案）（土木研究所　1996）のとおり 氾濫範囲：平面 2 次元浅水方程式 被害：年確率 1/200 洪水時の最大浸水深分布（2000 年と 2300 年）並びにピーク流量と氾濫総流量の増加率（2050、2100、2200、2300 年）を比較 ・モデル：12 の GCM ・シナリオ：SRES A1B SRES B1（SRES B1 については確率降水量の分析のみ）			
32096	雨：12 の AOGCM（A1B 及び B1 シナリオ）の再現期間 200 年の年最大 2 日雨量の変化率の平均値を S24.9 洪水のハイエトに掛けて時間雨量関係を設定。 流下・流出：キネマティックウェイブと単位図法 氾濫生起：越流公式 氾濫域：2 次元計算 被害：年確率 1/200 洪水時の最大浸水深分布（2000 年と 2300 年）並びにピーク流量と氾濫総流量の増加率（2050、2100、2200、2300 年）を比較。 ・モデル：12 の AOGCM ・シナリオ：SRES A1B	2046～2065 年 2081～2100 年 2181～2200 年 2281～2300 年（各「2050 年」「2100 年」「2200 年」2300 年」と省略）	多摩川	32095 と同様。※年最大 2 日雨量（A1B シナリオ）の 2000 年に対する 2050～2300 年の増加率は 1.09～1.20 倍とされ、32095 と一部異なる。
32097	雨：気象庁 GCM20（MRI-AGCM3.1S（20km 解像度））、一般化極値分布により年確率 1/100 日雨量を現在・近未来について算定し、過去の時間降雨関係を引き伸ばし 流出・流下：分布型降雨流出計算､1 次元不定流河道計算 氾濫生起：堤防高を超えたら溢水 氾濫域：2 次元浅水流、内外水は河道網を通じて排水 脆弱性・曝露：GIS を活用した家屋・農地分布（面積情報あり） 被害：治水経済調査マニュアルにより浸水深から家屋・農地の被害率を設定し浸水深別家屋数、農地区画数、経済被害を算定 ・モデル：GCM20（MRI-AGCM3.1S（20km 解像度）） ・シナリオ：SRES A1B	近未来（2015～2039 年）	滋賀県日野川流域・竜王町	現在（1979～2003 年）・近未来期間における年確率 1/100 降雨時の最大浸水深別家屋数、農地区画数、推定被害額を算出・比較し、将来の被害増加傾向を明らかにした。なお、予測降雨のバイアス補正を行わず、現在・近未来のシミュレーション結果に基づく被害算定結果の比較にとどめている。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
32098	雨:CMIP5 の 11 の AOGCM（RCP2.6～8.5 の 4 シナリオ（一部は別途 Supplementary Information に掲載)。水平グリッド数は 128～480×64～240※参考:グリッド数が 1920×960 で水平解像度約 20km） 流出・流下：CaMa-Flood モデル（分布型モデル）※ダム操作考慮せず。 氾濫生起：堤防を考慮していないので最初から氾濫していると言える。再現期間 100 年以上の洪水を対象としているので同影響は限定的としている。※再現期間 100 年の洪水に対して安全を確保済みの河川については潜在的浸水域の計算値は過大評価になっているとしている 氾濫域：実測値等に基づき陸域表面モデル（MATSIRO）により再現期間ごとの浸水域を計算し、グリッドセルごとに H（水深）～Q（洪水流量）関係を求め、H と浸水域を結びつけ、AOGCM 及び CaMa-Flood（分布型）モデルによる Q より浸水域を算定。 脆弱性・曝露：人口分布を 2005 年固定、又は国連中位人口増加シナリオを採用 被害：現在の 100 年確率洪水の再現期間の将来変化、再現期間 100 年以上の洪水による浸水域内居住人口の将来変化。 ・モデル：11 の AOGCM ・シナリオ:RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5	21 世紀末（2071～2100 年）	全球	CMIP5 の 11 の AOGCM（RCP2.6～8.5 の 4 シナリオ）に基づき現在（1971～2000 年）の 100 年確率洪水流量（※補足説明参照）の将来（21 世紀末）の再現期間の変化、世界の 29 の大河川流域（日本の河川は含まず）の現在の 100 年確率洪水の再現期間の将来変化、世界の 100 年確率洪水氾濫域内居住人口の将来変化について分析。ダム等人工的制御は考慮していない。日本では Fig.1 より現在の 100 年確率洪水の再現期間が今世紀末には 50 年前後に短くなる（RCP8.5 シナリオ）と読み取れる。全球の 100 年確率洪水氾濫域内居住人口が世界人口に占める割合は､20 世紀末の 0.1%から 21 世紀末には 0.4～1.2%（RCP2.6～8.5 シナリオ）になる（人口分布 2005 年固定）とし、国連中位人口増加シナリオを用いた場合には、100 年確率洪水氾濫域内居住人口が 20 世紀末に比べて 21 世紀末には 7～25 倍になる。 ※補足説明：100 年確率洪水流量：20 世紀末（1971～2000 年）及び 21 世紀末（2071～2100 年）の各 30 年間の年最大日流量を各極値分布にフィッティングし、100 年確率流量を算定している。（本論文 1 頁） 確率規模別浸水範囲：1980～2010 年の年最大日流量（シミュレーション値）をグンベル分布にフィッティングし、再現期間 100 年から 1000 年までの洪水流量をグリッドごとに算定するとともに、流量と水位との関係式を $H=a\times Q^b$ として導出する。同式により、再現期間ごとの水深 H を算出し、浸水範囲を算定する。（Supplementary Information の 6 頁）
32099	雨：伊勢湾台風の再現実験により求めた初期値・境界値に、気象庁 GCM20（MRI-AGCM3.2S（20km 解像度））（A1B シナリオ）の現在・将来の気候変化成分を加えた 流出・流下：分布型モデル、河道網は 1 次元不定流 氾濫生起：堤防高さを超えると越流 氾濫域:2 次元浅水流モデル（250m メッシュ）、下水道の整備率を考慮 被害：浸水深分布図 ・モデル：GCM20（MRI-AGCM3.2S（20km 解像度）） ・シナリオ：SRES A1B	将来（2075～2099 年）	淀川流域	伊勢湾台風による 48 時間雨量､最大 1 時間雨量、基準点枚方地点の最大流量・水位、浸水範囲を現在気候（1979～2003 年）と将来気候とで比較し、いずれも増加するとしている。 例　将来気候における最大流量：11,613m3/s、同最大水位:12.5m（計画高水流量 12,000m3/s、同水位：13.2m に迫る）

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
32100	不明	不明	東アジア、小流域	FAQ3.1 として洪水と渇水の頻度・ひどさへの気候変化の影響について記述しており、洪水ハザードは東アジア等で減少する。小流域河川では洪水頻度が増加する可能性が高いとしている（247 頁）。
32101	雨：気象庁 RCM20（A2 シナリオ） 流出・流下：ダム群を統合した物理分布型モデル ・モデル：MRI-RCM20 ・シナリオ：SRES A2	2031～2050 年 2081～2100 年	淀川流域	物理分布型モデルを用いた流出シミュレーションを行い、2031～2050 年には中規模の洪水頻度が増加し、2081～2100 年には低頻度で大規模な洪水の規模がより激化する可能性を示唆。また、日吉ダムで 2031～2050 年にただし書き操作の回数が増えると予測。
32102	雨 : MIROC（A1B シナリオ） 流出・流下 : MATSIRO LSM（Land Surface Model）（MIROC に内蔵）による流出計算結果を TRIP（Total Runoff Integtrating Pathways）モデル（流速 0.5m/s で一定）により河川流域ごとに統合 ・モデル：MIROC ・シナリオ：SRES A1B	2001～2030 年 2071～2100 年	全球	MIROC（A1B シナリオ）に基づき年最大日流量の将来変化について全球で分析。本論文 Fig.5 から日本において将来年最大日流量が増大する（北海道を除く）、Fig.6 から 20 世紀（1901～2000 年）の 100 年確率洪水の再現期間が将来（2071～2100 年）40 年以下（北海道は 40～60 年）になるように見える。現在と 2001～2030 年との比較では、西日本のみ年最大日流量が増大し、同 100 年確率洪水の再現期間が 40 年以下へ変化するように見える。MIROC による日流量評価値の検証は流域面積 10 万 km2 超の日流量観測値（Global Runoff Data Center）に基づいており、日本の日流量評価値の検証は行われていない。
32103	雨：気象庁 GCM20（MRI-AGCM20（20km 解像度））（A1B シナリオ） 流出・流下：分布型流域環境評価モデル（1km メッシュ、貯水池操作考慮せず）、河道網はキネマティックウェイブ法 ・モデル：GCM20（MRI-AGCM20（20km 解像度）） ・シナリオ：SRES A1B	将来（2080～2099 年）	吉野川流域	A1B シナリオに基づく月最大流量を現在（1981～2000 年）・将来について比較し、月最大流量が増加する傾向が見られるとしている。現時点では量的な評価はできないが、洪水の規模が現在よりも約 10～15%大きくなり洪水リスクが大きくなると予想。
32104	雨：気象庁 GCM20（MRI-AGCM20（20km 解像度））（A1B シナリオ） 流出・流下：1km 空間分解能分布型流出モデル、キネマティックウェーブモデル（ダム考慮せず） ・モデル：GCM20（MRI-AGCM20（20km 解像度）） ・シナリオ：SRES A1B	近未来（2015～2039 年） 21 世紀末（2075～2099 年）	全国	バイアス補正せずに、現在気候（1979～2003 年）と 21 世紀末気候による流量算出結果を比較。東北地方北部、近畿地方南部、四国地方、九州地方北部で年最大時間流量の平均値が増加し、東北地方中・南部の日本海側では小さくなる傾向が見られた。また、平均値が増加する地点では標準偏差も増加する傾向が見られた。吉野川流域の近未来気候実験で、100 年確率年最大日降水量の増加率が 1.7 倍、100 年確率年最大時間流量の増加率が 1.8 倍、筑後川流域の 21 世紀末気候実験における 100 年確率年最大日降水量の増加率が 1.6 倍、100 年確率年最大時間流量の増加率が 1.9 倍と、極端に降水強度が増加すると河川流量の増加率が降水量の増加率よりも大きくなることを指摘。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
32105	雨：気象庁 GCM20（MRI-AGCM20）（A1B シナリオ）の今世紀末の計算結果を初期・境界条件として 5km の解像度のメソスケールモデルで台風コースを 189 種類仮定し最悪ケースを抽出。雨は 5 分間隔 5km 解像度で算出 流出・流下：ダム要素モデルを含む分布型モデルとキネマティックウェイブモデル（ただし、様々な台風経路に関する分析ではダム操作を考慮せず） ・モデル：GCM20（MRI-AGCM20） ・シナリオ：SRES A1B	今世紀末頃	利根川流域	気象庁 GCM20（A1B シナリオ）の気候実験で 2093 年 8～9 月に発生する台風の経路を 189 ケース設定し、利根川流域を対象に最悪ケースについて分析し、八斗島地点のピーク洪水流量が基本方針流量（22,000m3/s）を 50%以上上回るケースがあるとしている。
32106	雨：4 つの GCM（CCCMA、CSIRO3.0、INGV、MPI）（温室効果ガス排出シナリオの記述なし）により現在を基準とした将来変化を求め、現況気候の確率台風モデルのグリッドごとの台風属性の確率密度関数に同変化を反映し、将来の確率台風モデルを作成 流出･流下：3 段タンクモデル ・モデル：CCCMA, CSIRO3.0, INGV, MPI	将来（2081～2100 年）	高知県鏡川流域	高知県鏡川流域（流域面積 170km^2）を対象として、確率台風モデルを用いて将来の年最大流量の平均値の変化について検討。将来の降水量増大を仮定しない場合、年最大流量の平均値は増大しなかった。既往研究に基づき将来の降水量が 22.3～46.5%増大すると仮定した場合、CCCMA 及び MPI のシナリオで将来の年最大流量の平均値が 3 割弱増大するとしている。なお、台風の中心気圧が将来 21%降下するものと仮定しても､4 つの GCM モデルのシナリオの平均で年最大流量の平均値は増大しなかった。
32107	雨:気象庁 RCM20（SRES A2 シナリオ）	50 年後（2031～2050 年） 100 年後（2081～2100 年）	全国	年最大日・2 日・3 日雨量及び洪水注意報・警報（24 時間雨量）の将来変化の分析。100 年後の日・2 日・3 日雨量はほぼ全国的に増加する地域が広がり、いずれの場合についても、北海道～北東北、北陸、関東で 40%以上増加する地域が多くみられ、北陸や新潟では 2 倍程度増加する。
32108	雨:気象庁 RCM20（SRES A2 シナリオ）、同 GCM20（SRES A1B シナリオ）	100 年後（2081～2100 年）	全国	年最大日降水量の比較。GCM20 の予測結果によると、100 年後の 100 年確率年最大日降水量は全国的に増加し、北海道西部、東北北部、紀伊半島等では 40%以上増加する。
32109	雨：CMIP3 の 14 の GCM（SRES B1、SRES A1B、SRES A2 シナリオ）	2046～2065 年 2081～2100 年	全球	CMIP3 の 14 の GCM の 3 つの排出シナリオ（B1、A1B、A2 シナリオ）による予測計算結果に基づき、東アジアでは 20 年確率日雨量（1981～2000 年）の再現期間が 2046～2065 年、2081～2100 年にそれぞれ 10 年前後、5～10 年（いずれも中央値）と短くなるとしている（22 頁の Fig.SPM.4B）
32110	雨：革新プログラム気象研ー前期・後期 GCM20（MRI-AGCM3.1S（20km 解像度）、MRI-AGCM3.2S（20km 解像度））と前期･後期 RCM5（A1B シナリオ）。全国を 16 地域に分割し近未来･将来の年最大 24、48、72 時間等降雨量の各現在値に対する倍率の上位･中央･下位予測値を算定 流出・流下：河川整備基本方針等の治水計画検討の実	近未来：2015～2039 年、将来：2075～2099 年	全国 1 級水系	気候変化による豪雨増大の影響が治水施策に係る指標に増幅して現れる特性を明示（将来の豪雨量倍率の増分（豪雨量倍率から 1 を引いた値）0.16 に対し、洪水流量倍率の増分は 0.24 と約 1.5 倍、河川整備必要量倍率の増分は 1.5 と約 10 倍、洪水超過（氾濫）確率倍率の増分は 1.9 と約 12 倍）。また、当該増幅特性は信頼区間の幅についても同様と明示。我が国の気候変化による治水施策への影響について、1)影響度が全体としては相当に大きい、2)影響度予測の信頼区間についても相当大きな幅を想定せざるを得ない、と結論づけ。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	務に用いられているモデル（現有の洪水調節施設の効果を組み込み） 氾濫生起：現在の河川整備基本方針の計画高水流量を超過したら氾濫と仮定 曝露・脆弱性：現在に比べた近未来・将来の豪雨量、洪水流量、河川整備必要量、洪水超過（氾濫）確率の倍率を各推算 ・モデル：GCM20（MRI-AGCM3.1S (20km 解像度)、MRI-AGCM3.2S（20km 解像度)), RCM5 ・シナリオ：SRES A1B			

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：*【日本全国に及ぶ．影響が現れるのは河川からの洪水氾濫の影響が及びうる地形特性を有するエリアであり，我が国の国土利用はそこへの依存度が高い】.* 期間：*【影響が出現すれば常態化】*
	影響が発生する可能性	*【高い】*
	影響の不可逆性	*【あり（人的被害を伴う大規模な水害は不可逆性を持つ)】*
	持続的な脆弱性・曝露	*【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する。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。】*
	社会／経済／環境	社会／経済／環境： *【洪水氾濫・浸水（それらに伴う土砂・流木・ゴミなどの堆積・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および頻度が増大。】*
緊急性	影響の発現時期	現状：影響確定手法未確立のため、気候変動による洪水水害リスク増大が既に現れているかどうかの判断は難しい。 将来：今世紀末に洪水による水害リスクが増大するとの推測結果が提示されている。今世紀中の早い時期での影響度（豪雨の増加率等）が今世紀末に比べ相対的に小さい。したがって今世紀末に向け影響度が大きくなっていくとの推測結果が一部で提示されている。
	適応の着手等が必要な時期	*【上記の影響発現時期に関する知見、今世紀中の早期に影響が出現するかどうかについては不確実性が高いこと、適応策実施に要する期間が総じて長いこと（たとえば、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、資金調達、諸制度の設計、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。】*
確信度	研究・報告の量	26 件 現在の状況：2 件（01001, 32114） 将来予測される影響:25 件 (01001, 01002, 03001, 31001, 31002, 31009, 32029, 32031, 32046, 32095, 32096, 32097, 32098, 32099, 32100, 32101, 32102, 32103, 32104, 32105, 32106, 32107, 32108, 32109, 32110)
	研究・報告の種類	モデル予測：23 件（01001, 01002, 31001, 31002, 32029, 32031, 32095, 32096, 32097, 32098, 32099, 32100, 32101, 32102, 32103, 32104, 32105, 32106, 32107, 32108, 32109, 32110）
	研究・報告の整合性	いずれの研究も今世紀末に向けて洪水による水害のリスクが増大する傾向を示しており、整合している。
適応の可能性		*【従来から着実に実施され成果を示してきている治水施策と施策内容が共通することから、適応の可能性は基本的には高いと判断できる。その一方、上記の治水策を積み重ねてきているが、現行の治水目標に対する到達度は*

評価の視点等	文献から得られた情報
	現時点でなお低く、その上に洪水規模がさらに増大する状況に適応するためには、現行の治水施策のさらなる拡充が求められる。既に検討されている「超過洪水対策」(防災施設が想定する規模を超えた洪水に対しても被害を最小化するための諸方策）を本格化させることを基軸にした技術と社会実装の両面での施策進化の度合いが、適応可能性を大きく左右すると分析できる。 *適応策として、以下の項目が提示されている（31009)。】* ・施設による適応策（新規施設の整備、既存施設の安全性の維持・向上、既存施設の徹底した活用、流域における施設の整備、総合的な土砂管理の推進) ・地域づくりと一体となった適応策住まい方の工夫)、 ・危機管理対応を中心とした適応策（大規模災害への備えの充実、新たなシナリオによるソフト施策の推進、洪水予報や水防警報の予警報等の強化）
他の分野・項目との関係	*【水環境・水資源など流水管理に関わる施策と密接な関係を持つ。* *また、国土利用に関わる分野・項目と関係を持つ。】*

（洪水氾濫の説明）

- 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、河川水位が上昇して、ついには河川の敷地から大量の水が周囲にあふれる現象を洪水氾濫という。
- 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、洪水氾濫は堤防の溢水あるいは破堤（溢水等による堤防破壊）を伴うことが多い。堤防で仕切られた河川敷地を流下していた洪水（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。
- 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、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。

（気候変動により影響が生じるメカニズム）

- 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、被害を生じさせる可能性が増加する。
- 海岸近くの低平地等では、気候変動による海面水位の上昇が、河川水位の上昇及び海への排水不良を起こし、これら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もたらす。

（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。この傾向が気候変動によるものであるとの十分な科学的根拠は未だ得られていない。
- 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あげられる。一方、浸水面積あたりの被害額は増加傾向にある。

- 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。

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）が増加傾向にある。[01001)] なお、これらの傾向が温室効果ガス増加による気候変動によるものであるとの十分な科学的根拠を得るには至っていない。一級河川水系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のの全体として減少傾向となっている。この減少傾向には、治水対策が進められてきたことが大きな要因となっており、浸水面積の経年変化傾向を大雨事象生起のそれと単純に関係づけることはできない。

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および経済活動への依存度が歴史的に高く、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水害が起こり、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では、現在に至るまで精力的に治水対策が進められてきている。しかし、比較的対策が進んでいる一級河川についても、被害を生じさせない大雨の規模は年超過確率 1/30～1/40 程度までにとどまり、中小河川においてはさらに低い治水整備水準となっている。[01001,32114)] すなわち、治水整備により達成された現状の安全度は、現在気候に対しても目標までに相当の不足分を残している。

氾濫域への資産や重要施設の集中が進んだため、浸水面積あたりの被害額は増加傾向にある。ひとたび大規模な氾濫が起きた場合には、金銭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機能の麻痺や、基幹的機能の麻痺による経済被害の全国・世界への波及など、看過できない被害が生じることが懸念されている。

以上を総合すると、我が国は洪水氾濫による水害に対して依然として脆弱性を抱え、その脆弱性を克服する施策遂行が効果を生み出しつつも未だ途上にあることから、治水にとって厳しい降雨生起状況を気候変動がさらにもたらすとなれば、その影響は相当に大きいと言える。このことから、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ある。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- A1B シナリオ[1]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

[1] 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。

川流域において今世紀末には現在に比べ有意に増加し、同じ頻度の降雨量が 1～3 割のオーダーで増加することについて、多くの文献で見解が一致している。

- 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氾濫可能エリアにおける氾濫発生の頻度が有意に増せば、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。

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。[03001)]

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うな基本構成を持つ。

- 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）
- 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果を組み込み）
- 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）
- 氾濫状況の計算
- 曝露・脆弱性に基づき被害を計算
- 以上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

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ルと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。

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を高めようとすると、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に見合う空間解像度を確保しようとすると、ダウンスケーリングを含む超高解像度計算が必要となり、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

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の方向が定まることになる。計算の期間を長く、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。

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、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%でも数倍でもなく 1～3 割のオーダー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。[31001,31002,32031,32095,32096,32110)] そして、この推算結果は、日本を含む気候区分について、降雨に気候変動が影響するメカニズムに基づく基本見解と整合的である。

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、氾濫確率の増加割合ともに大きくなることを示している。[31002,32031,32095,32110)] ある文献は、降雨量の増加割合に対し、洪水ピーク流量のそれはおよそ 1.5 倍、河川整備必要量（所定の治水目標に達するのに必要な河川整備量を表す指標）ではおよそ 10 倍、氾濫確率についてはおよそ 12 倍というように、顕著に増幅する傾向があることを、我が国の 109 の一級河川水系の試算に基づく全体的傾向として示している（A1B シナリオを前提とした GCM20 による GCM 実験出力を境界条件に、RCM5 によりダウンスケールした気候予測情報を使用）。[31002)] さらに、河川堤防により洪水から守られた氾濫可能エリアにおける破堤氾濫の頻度が有意に増せば明瞭な被害増加が生じることは明らかである。

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）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果が一部で提示されているが（A2 シナリオ[2]を前提とした RCM20 による気候予測情報を使用）[31001,32029)]、世紀末を対象にした検討に比較して情報量は少ない。

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、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、対象地域において最悪の台風襲来ケースを抽出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水害想定を検討する取り組みがなされている。[32105)] このような最悪事象の特定と、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る。

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および河道の維持管理を困難にするという観点から、水害リスク増の可能性を指摘する文献がある。[31009)]（降雨規模と土砂災害の発生件数の関係、及び降雨規模と土砂災害の規模の関係について、詳細は「山地－土石流・地すべり等」を参照。）また、大雨の増加が河川堤防への雨水および河川水の浸透を増やす現象など、降雨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がある。こ

[2] 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。

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、このような着眼点も含め、降雨→流出→洪水の河川流下→氾濫というプロセスだけに限定せず、洪水氾濫を起こすシステムおよびそれを防御する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。

下流域、特に海岸近くの低平地やゼロメートル地帯が広がる地域においては、海面水位の上昇が河川水位の上昇及び海への排水不良をもたらすことから、大雨生起の変化だけでなく海面水位や高潮生起の変化も考慮して、洪水氾濫に及ぼす気候変動影響を検討する必要がある。定性的には、海面水位の上昇は洪水氾濫の可能性を増やし、氾濫による浸水時間の長期化をまねくと推定される。[03001, 31009, 32029)]

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい

  【観点】社会／経済／環境

  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・ゴミなどの堆積・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および頻度が増大する。

- 緊急性：【評価】高い

  今世紀末に向けて洪水による水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、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。

- 確信度：【評価】高い

  気候変動シナリオを組み込んだ気候モデルを起点に、降雨－流出モデル、河川での洪水流下計算モデル、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ことについて、多くの文献が見解の一致を示している。

（2）内水

(現在の状況の概要情報)

収集文献は 2 件。

文献	地域	現在の状況
01001	全国	大雨については、日降水量 200mm 以上の日数は増加傾向にあり、時間降水量 50mm 以上の発生回数も近年増加傾向が明瞭である(第 2 章（図 2.1.10、コラム 6）)。 宅地等の浸水面積の経年変化（図 3.2.8）でみると、年毎の変動はあるものの減少傾向が見られる。こうした被害の減少は、治水対策や下水道等の整備による都市浸水対策等が進められてきたことも大きな要因である。ただし、大河川においては年超過確率 1/30～1/40 程度、中小河川においては年超過確率 1/5～1/10 程度の規模の降雨に対して*【防御できる水準まで対策が進捗している割合が約 63%であり、これらの年超過確率は計画上の目標に比べはるかに大きい（治水整備の水準としては小さい）。このように、現状の治水安全度は現在の気候における大雨に対しても充分なものとはなっていない。】* また、浸水面積は減少している一方で、氾濫域への資産集中が進んだため、浸水面積あたりの被害額は増加傾向にあり、ひとたび氾濫が起きた場合には被害が深刻化する傾向にある。さらに近年、都市部において大雨による内水氾濫が頻発し、人口や都市機能の集積した地区等において、毎年甚大な浸水被害が発生している。したがって、気候変動による大規模洪水や内水氾濫の発生頻度が上昇すると、現状よりも被害額が大幅に増大するおそれがある。
31005	全国	日本の 57 箇所の気象台における降雨データを基に、1960～2009 年の 10 分、60 分降雨強度の年最大値の変化を分析。5 年確率および 10 年確率の 10 分、60 分降雨強度が、過去 50 年間で増加しているという分析結果が示された。

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献は 4 件。

【】 内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
31005	1960 年から 2009 年までの気象庁による 50 年間の降雨データを整理･分析。全 57 気象台が所有する最大 10 分間降雨強度と、最大 60 分間降雨強度データを収集し、50 年後の 5 年確率の降雨強度の増加率のパーセンタイルを整理。 浸水シミュレーションには MOUSE もしくは infoworks を使用している。 ・シナリオ : 過去 50 年間の降雨データの整理・分析により予測	50 年後	全国	50 年後の 5 年確率の 10 分・60 分間降雨強度が、現在より 1.1 倍程度（50 パーセンタイル値（中央値））、最大で 1.3～1.4 倍程度（95 パーセンタイル値）に増加する。10 年確率の降雨強度についても 5 年確率の降雨強度と同様の傾向が示されている。 浸水シミュレーションによる影響評価の結果、10 分間降雨強度の増加により水位上昇が顕著となるほか、10 分間と 60 分間の降雨強度の増加により、浸水深 20cm 以上（床下浸水相当以上）の浸水面積が増加した。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
31009	社会資本整備審議会答申における定性的記述。	記載なし	地域の特定なし	下流域・海岸域では、低平地やゼロメートル地帯が広がる地域において、降水量や短時間降雨強度の増加、海面水位の上昇、台風の激化、中流部からの洪水や氾濫水による影響等により、堤防決壊等による氾濫や浸水頻度の増加が想定される。低平地やゼロメートル地帯では、市街化の進展により流出量が増加している上に、排水が困難であることから、洪水や高潮による外水や内水の氾濫による浸水が長時間に及ぶことが想定される。特に三大湾（東京湾、伊勢湾、大阪湾）のゼロメートル地帯においては、平均海面水位が IPCC 第 4 次評価報告書の予測上限値である 59cm 上昇すると仮定した場合、海面水位以下となる面積、人口が約 5 割増加すると予想されており、高潮等による被害は増大する。
32010	確率雨量：気象庁 RCM20 計算値をダウンスケーリングし作成された 1km メッシュデータを使用し、2050 年までの日雨量を作成。岩井法により、現況（1981～2009 年）、近将来（2010～2030 年）、将来（2031～2050 年）の各時点の確率雨量を算定 水位：合理式より水路排水量を算定し、マニング式から水位を算定 土壌予測：汎用土壌流亡予測式（USLE 式）を使用	現況：1981～2009 年、近将来：2010～2030 年、将来：2031～2050 年	日本のモデル地区（東北、関東、北陸、東海、近畿、中国四国、九州、沖縄）	1/10 年確率雨量が増加し、農地の水害や水食のリスクが増加する。RCM20 に基づいた将来の 1/10 年確率雨量は、増加傾向のモデル地区が見られた。将来（2050 年）の水位が目安水位（作物被害が著しく生じる恐れがある水位）を超えた地区は検討モデル地区の 50%。また、モデル地区の土壌侵食量は、降雨係数が現況より 1.1～1.3 倍程度になるに伴い、増加する。
32094	A1B シナリオに基づき気温上昇した場合の H16.10 台風及び H19.9 台風を対象に鶴見川流域における降雨変化量を推定した結果から、S33.9 狩野川台風の実績降雨の 1.0、1.25、1.50、1.75、2.0 倍および可能最大降雨量を、気候変動影響による降雨増大想定の検討範囲と定め、鶴見川流域での内水・外水氾濫の一体的解析を実施し、被害を推算。この結果から降雨増大度合と被害（人的被害、被害額）との関係を分析。	なし（S33.9 狩野川台風の実績雨量の 1.0、1.25、1.50、1.75、2.0 倍、可能最大）	鶴見川流域	狩野川台風実績降雨量からの増大度合（倍率）にしたがって、被害（内水被害、内・外水被害それぞれについて）が増大する特性を把握。全体として、1.5～1.75 倍辺りで、倍率増に対して被害増が急増する変曲点が出現する傾向を確認。これより、S33 年洪水の 1.75 倍の降雨量を対象として浸水・被害発生メカニズム（時間経過と被害形態及び浸水状況）について分析し、対策メニューを抽出。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：*【日本全国に及ぶ。影響が現れるのは、降雨の排水が滞りやすいなど、内水による氾濫・浸水被害を受ける可能性のある地形・地理条件を持つエリア。】* 期間：*【影響が出現すれば常態化】*
	影響が発生する可能性	*【ある。】*
	影響の不可逆性	*【生ずる被害内容によっては不可逆性を示す場合がある。】*
	持続的な脆弱性・曝露	*【内水による氾濫・浸水被害発生の可能性があるエリアは当該リスクに持続的に曝露する。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、上記エリアは内水被害に*

評価の視点等		文献から得られた情報
		関する脆弱性を持続的に示す。】
	社会／経済／環境	社会／経済／環境： *【内水被害による社会・経済・環境への影響の規模および頻度が増大。】*
緊急性	影響の発現時期	現状：短時間に集中する降雨の生起頻度が既に増していることが示されている。 将来： 40～50 年後において、年超過確率 1/5、1/10 の短時間降雨量が増大するとの推測が示されている。
	適応の着手等が必要な時期	*【40～50 年後に短時間に集中する降雨がさらに増えるとすれば、適応策実施に要する期間が総じて長いこと（たとえば、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、資金調達、諸制度の設計、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。】*
確信度	研究・報告の量	5 件 現在の状況：2 件（01001, 31005） 将来予測される影響：4 件（31005, 31009, 32010, 32094）
	研究・報告の種類	モデル予測（3 件：31005, 32010, 32094)
	研究・報告の整合性	判断するには情報量が少ない。
適応の可能性		*【本適応の内容は、従来から着実に実施され成果を示してきている都市水害対策を含む内水被害軽減策と共通性があることから、適応の可能性は基本的には高いと判断できる。その一方、流域の都市化が高度に進行したエリアでの水害対策は、降雨に対する氾濫・浸水出現の応答が鋭敏であることと、土地利用が稠密であるため対策実施の用地確保に大きな制約があることの両面で元々困難度が高い。そうした場所において、内水被害をもたらす短時間集中降雨が気候変動影響により増大するとすれば、また排水条件を大きく規定する海面水位の上昇が重なると、現行の氾濫・浸水被害軽減対策のさらなる拡充が適応において求められる。】*
他の分野・項目との関係		*【洪水の頻発は、支川からの排水条件を規定する本川水位が上がりやすくなることを示し、内水被害の増大要因となる。また，状況によっては、内水と外水による氾濫・浸水が同時に起こることも想定される。これらのことから，洪水分野とは密接な関係を持つ。】* また、国土利用に関わる分野・項目と関係を持つ。

（内水氾濫の説明）

- 全体として平坦な土地に降る強雨に対して、それを地面に浸透させ、あるいは排水する能力が小さい場合、溜まりやすい場所に排水しきれない雨水が集まって浸水が始まり、ついには被害を生じさせる水深・範囲に拡大する。このような現象を内水氾濫と呼ぶ。
- 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、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水氾濫が生じうる。
- 内水氾濫が起こりやすい土地状況をあげると、･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強度に追いつかない、･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よって十分な排水機能を発揮できない、などがある。
- 個々の内水氾濫の水量は、一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。

(気候変動により影響が生じるメカニズム)

- 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、この結果、内水氾濫の可能性が増大する。

(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。これらの変化傾向が気候変動によるものであるとの十分な科学的根拠は未だ得られていない。
- 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。
- このような短時間に集中する降雨の頻度および強度の増加は、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。

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）が増加傾向にある。[01001)] 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との分析が示されている。[31005)] なお、これらの傾向が温室効果ガス増加による気候変動によるものであるとの十分な科学的根拠を得るには至っていない。一方で、これまでの下水道整備により達成された水害に対する安全度は、現在気候を前提にした場合でも、計画上の目標に対して相当不足している。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被害の頻発に寄与している可能性がある。内水氾濫・浸水をもたらす降雨事象が気候変動により増えれば、特にそのような都市部の水害対策の困難性を一層高めると懸念される。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 局所的な強雨事象を対象にした気候変動影響の推定は、詳細な解像度の確保や局所的強雨をもたらす気象擾乱をモデル化すること自体が難しいため、本格化に至っていない。
- 現在に至るまでの大雨事象の経年変化傾向と、これまでの 50 年の経年変化傾向を延長して 50 年後に向かって短時間降雨量が増大する可能性を示した文献は、内水被害をもたらす大雨事象が今後増加する可能性について有用な情報を与えている。

- 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。

内水による氾濫･浸水の生起は、規模の大きい河川からの洪水氾濫（外水氾濫）に比較すれば、時空間的スケールのより小さい強雨によってもたらされる。この傾向は、都市化が進行し降雨－流出応答が鋭敏になっているエリアで強まる。このような局所的な強雨事象を対象にした気候モデルによる気候変動影響推定は、詳細な解像度の確保、さらには局所的強雨をもたらす気象擾乱をモデル化すること自体の困難性から、本格化には至っていない。一方、特に都市部の内水被害を含む水害対策については、その困難性から達成レベルがまだ低く、一級河川水系の治水対策と比較して高頻度の大雨事象が対象となる。このことは、統計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。この観点から、現状影響に記した大雨事象の経年変化傾向と、現在に至る 50 年の経年変化傾向を延長して 50 年後に向かって短時間降雨量が増大する可能性を示した文献は [31005)] 、内水被害をもたらす大雨事象が今後増加する可能性について、有用な情報を与えるものと言える。

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、特に都市部での内水被害は、局所・短時間の強雨により突発的にもたらされることが多く、リードタイムが短いことに加えて、高密度な人間および経済活動、それを支える諸施設の集中的な設置と地下利用など都市部特有の氾濫･浸水に対する脆弱性が存在することから、そうした場所において、内水被害をもたらす短時間集中降雨が気候変動影響により増大するとすれば、また排水条件を大きく規定する海面水位の上昇が重なると、その影響は大きい。低平地やゼロメートル地帯では、市街化の進展により流出量が増加している上に、排水が困難であることから、洪水や高潮による外水や内水の氾濫による浸水が長時間に及ぶとの想定も提示されている。[01001)]

また、大雨の増加は、支川などから本川への洪水流下や排水に支障を来し、それにより氾濫・浸水被害の頻度を増加させると想定される。同じく大雨の増加が、農地からの排水が滞る頻度や農地の土壌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。[32010)] これらの観点から、都市部以外での内水被害などに対する気候変動影響にも留意する必要がある。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい
  【観点】社会／経済／環境

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および頻度が増大する。特に都市域では、高密度な人間および経済活動、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。

- 緊急性：高い

  今世紀半ばに向けて、内水被害をもたらす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ると、時間的余裕は少ないと判断される。

- 確信度：中程度

  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いる可能性が高いことと、「洪水」の項における影響評価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が今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。この大雨事象の増加が内水被害を増大させることは明らかである。

【沿岸】

（１）海面上昇

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 4 件。

文献	地域	現在の状況
32020	日本の太平洋岸を中心とする 44 地点	験潮場に設置された連続 GPS 計測結果より，地殻変動の影響を評価．これに加えて，潮位観測結果に気圧補正，潮汐補正を施し，近年の海面変動のトレンドを，験潮場別，海域別に調べた。 観測期間：1961～1999 年（太平洋岸を中心とする 44 地点の潮位観測記録)、1950～2000 年（気象庁が公表している海表面水温データ） 太平洋沿岸の潮位と表面水温のデータを用いて、長周期潮の振幅や平均潮位の長期変動特性について検討した。その結果、九州～潮岬間の太平洋岸では 1985 年以降、海水温の上昇の影響を受け、平均海面上昇が生じていた。北日本太平洋岸では周期性は認められないが、1990 年以降に海水温上昇に伴う顕著な平均海面上昇が始まっていることが判明した。
32061	日本沿岸域（48 地点の潮位観測記録）	日本水準原点が不動であったと仮定すると、過去 30 年の海洋起源の海水位変動の長期的傾向（1969～1998 年）は、東経 137 度線を境界とした東西日本の 2 つの領域で大きく異なり、東日本では 3.1mmyear-1 の下降、西日本では 2.4mmyear-1 の上昇となった。これは沿岸から 100km 以内の海面水温の変動傾向と良い一致を示しており、海水位変動が海面水温の変動に従属し、タイムラグなしの線形の関係にあるとすると、過去 30 年間、東日本では-0.87mm、西日本では 4.6mm の年率で海水位が変動していると考えられる。また、海面水温 1℃の上昇は約 80mm の海水位上昇に対応していると考えられる。
32062	日本沿岸域（国土地理院の験潮場 25 地点	GPS-P 点を用いた験潮場の地盤上下変動の除去のほかに、気圧補正、潮汐補正を行った潮位データを作成し、GPS-P 点設置からの海面変動量の算出を試み、日本の海面変動トレンドは全験潮場平均で 1.1mm/year で最近の研究報告にある全球的な海面変動トレンドとも調和していた。 各験潮場の海面変動トレンドには地域分布が見られ、日本海側及び北太平洋側では海面上昇の傾向が見られるが、静岡県西部から四国にかけての太平洋側では海面下降の傾向が見られた。また、IPCC 第 4 次報告書や AVISO ホームページに掲載されているアルチメトリーによる結果でも、同様の傾向が見られた。今回作成した潮位データから、このような地域分布には、黒潮の影響が大きく関っていることが分かった。特に黒潮大蛇行時に、油壺、伊東、田子、焼津、鬼崎、海南、久礼、の神奈川県から四国にかけての 7 験潮場では明瞭な潮位変化が確認された。一時的に、潮位データが変化すると、変化量が大きい潮位データが影響して海面変動トレンドが変わってくることから、黒潮大蛇行といった海流の流路変化に注意すべきである。 （解析結果のまとめ） 実験潮場に設置された連続 GPS 計測結果より、地殻変動の影響を評価。これに加えて、潮位観測結果に気圧補正、潮汐補正を施し、近年の海面変動のトレンドを験潮場別、海域別に調べた。解析結果は以下のとおり。 全実験潮場の海面変動トレンド平均値：＋1.1mm/年 海面変動トレンド最大値（上限値）：+10.37mm/年 海面変動トレンド最大値（下限値）：-11.56mm/年
32073	日本沿岸域（気象庁の検潮所 16 地点）	（解析結果）気象庁の検潮所の内、地盤変動の影響が小さい検潮所を選択し、観測記録を分析している。観測結果の概要を次のようにまとめている： ここ 100 年（1906～2013 年）の日本沿岸の海面水位には、世界平均の海面水位にみられるような明瞭な上昇傾向はみられません。1950 年頃に極大がみられ、1990 年代までは約 20 年周期の変動が顕著です。また 1990 年代以降は上昇傾向と共に約 10 年周期の変動が確認できます。 1960～2012 年の海面上昇： +1.1mm/年（参考文献 01001） 2000 年以降の観測結果は、文献 32062 の観測結果と整合している。※01001 と同様。最新のデータが追加されている。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 21 件

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
01001	海水面が 60cm（AR4 で予測されている、21 世紀末の全休平均海面水位の上昇予測の上限）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 割拡大する。 ・シナリオ：SRES A1FI 相当	2099 年	東京湾 伊勢湾 大阪湾	三大湾（東京湾・伊勢湾・大阪湾）周辺には、ゼロメートル地帯が広がっており、現在 388 万人が暮らしている。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。
01002	高潮防護施設をモデル化して組み込んだ高潮浸水モデルを用い、台風強度と海面上昇量を変化させて高潮浸水計算を多数おこなった結果から得られた浸水人口、浸水面積、浸水被害コストの影響関数と統合評価モデルで推計された安定化レベル別の海面上昇シナリオを組み合わせて、西日本と三大湾の浸水人口･面積･被害額を推計。台風の強度は 1990 年を 1 として、2100 年に 1.3 に達するように線形に変化させている。 ・モデル：MIROC3.2-hires ・シナリオ：BAU（SRES B2、気温上昇は SRES B2 上限値の＋3.8℃としている）、450s シナリオ、550s シナリオ	2020s 2030s 2040s 2050s 2060s 2070s 2080s 2090s	西日本、三大湾	シナリオ別の 2090s における海面上昇値（全国値）は 0.15m（450s）、0.19m（550s）、0.24m（BaU）と見積もられる。
03001	IPCC AR5 WG2 SPM における記述。	なし	世界	･1～2℃の間では追加的気温上昇に伴ってリスクが不均衡に増加し、追加的気温上昇が 3℃を超えると大規模かつ不可逆的な氷床消失により海面水位が上昇する可能性があるため、リスクは高くなる。あるしきい値よりも大きい気温上昇が続くと、グリーンランド氷床のほぼ完全な消失が千年あるいはそれ以上かけて起こり、世界の平均海面水位を最大 7 メートル上昇させるのに寄与するだろう。 ･21 世紀及びその後を通じて予測されている海面水位上昇により、沿岸システム及び低平地は、浸水、沿岸域の氾濫及び海岸侵食のような悪影響をますます経験することになるだろう（確信度が非常に高い）。
03002	IPCC AR5 WG1 SPM における記述。	2081 ～ 2090 年	特定されていない	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 シナリオで 0.26～0.55 m、RCP4.5 シナリオで 0.32～0.63 m、RCP6.0 シナリオで 0.33～0.63 m、RCP8.5 シナリオで 0.45～0.82m の範囲となる可能性が高い（中程度の確信度）。
22010	海面上昇による淡水レンズの縮小が予想されるという定性的な記述。	なし	なし	海水位が上昇すると、塩水上に浮く淡水レンズが縮小することが予想される。縮小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とがった地形の島嶼あるいは半島部で大きくなると考えられる。河道及び帯水層の構造にも依存するが、長期的に高い海水位が継続すれば、地下水の塩水化は河川からも進む。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
31009	社会資本整備審議会答申における定性的な記述。	なし	日本（地域の特定なし）	下流域・海岸域では、低平地やゼロメートル地帯が広がる地域において、降水量や短時間降雨強度の増加、海面水位の上昇、台風の激化、中流部からの洪水や氾濫水による影響等により、堤防決壊等による氾濫や浸水頻度の増加が想定される。低平地やゼロメートル地帯では、市街化の進展により流出量が増加している上に、排水が困難であることから、洪水や高潮による外水や内水の氾濫による浸水が長時間に及ぶことが想定される。
31010	期待越波・越流計算モデルを、過去の研究で使用した高潮浸水モデルに組み込み、東京湾、伊勢湾、大阪湾の奥部において海面上昇と台風の強度の増加により高潮浸水の被害がどのように変化するかを調べた。 ・シナリオ：地球温暖化による平均海面の上昇量を0cm,30cm,60cm と想定。（60cm は、SRES A1FI 相当）	なし。（海面の 0cm、30cm 、60cm 上昇時）	東京湾 伊勢湾 大阪湾	海面が 60cm 上昇し、台風強度が 1.3 となったときの高潮による浸水は、東京湾では西側で、伊勢湾では東側で、大阪湾では大阪の南側と淀川以西で多く発生する。 浸水面積は伊勢湾が最も大きく、次いで大阪湾、東京湾の順である。東京湾は海面上昇 0cm、30cm では台風強度が増加しても浸水面積がほとんど増加しないが、海面上昇 60cm では台風強度に応じて浸水面積が直線的に増加する。 浸水被害額は、海面上昇の大きさ・台風強度の大きさによらず、最も大きいのは大阪湾、次いで伊勢湾、最後に東京湾の順である。東京湾は海面上昇 30cm までは台風強度が増加しても被害額がほとんど増えないが、海面上昇 60cm では台風強度の増加に伴い被害額が加速度的に上昇する。 大阪湾、伊勢湾、東京湾という被害額の順位に対して浸水面積の順位は伊勢湾、大阪湾、東京湾であり、これは、伊勢湾は浸水面積が大きい割に存在する資産が少なく、大阪湾は浸水面積が小さい割に存在する資産が大きいためと考えられる。
31013	信頼性理論に基づいて防波堤の滑動遭遇確率を試算し、地球温暖化（海面上昇、台風の強度の増加）が防波堤の安全性にもたらす影響の特徴を調べる。本研究では、勾配 1/100 の直線等深線海岸に、海岸線に対して 30 度の角度で設置された混成堤を想定。50 年確率沖波の波高を 8.0m、周期は 13.0s、主波向は海岸線に対して直角と想定。また、太平洋沿岸と日本海沿岸の両方を想定し、これらの典型的な天文潮位差として 2.5m と 0.5m を与える。	～50 年後	太平洋沿岸と日本海沿岸	平均海面が上昇すると、砕波帯内の防波堤では、入射波高が増大するので滑動遭遇確率は増加する。砕波帯外の防波堤では、それ以上に入射波高が増大しないので、滑動遭遇確率はほとんど変化しない。 （具体的には）設置水深 10m の防波堤の年滑動確率は、0.5m の海面上昇によって、2 倍に増加する。これに対して、設置水深が 17.5m 以上の防波堤では、設置水深の増加に伴ってケーソンの高さが高くなるので浮力増大の影響は小さく、また、海面が上昇しても入射波高はそれ以上大きくなることはない。そのため、年滑動確率はほとんど変化しない。50 年間で平均海面が 0.5m 上昇するシナリオを想定した場合、設置水深 10m の防波堤の滑動遭遇確率は海面上昇が全くない場合の 1.3～1.4 倍になる。これに対し設置水深 20m の防波堤では平均海面の上昇の影響をほとんど受けない。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
31015	交通政策審議会答申における定性的記述。	2100 年	全国	台風の強大化等により波高や周期が増大し、想定外の高潮位が発生すると消波工の効果が低減し、防波堤等の港湾施設に被害が及ぶ可能性が高い。港口からの進入波や越波等により静穏度が低下し、係留中の船舶の動揺問題が頻発する恐れもある。また、気象擾乱が発生していない場合であっても、海面水位の上昇により、橋梁の桁下空間が減少して船舶航行の支障となることに加えて、高潮防護ライン（以下、「防護ライン」という。）の外側に存在する物揚場等の天端高が低い係留施設や荷さばき地等が水没・浸水し、港湾機能に著しい支障をきたすことが懸念される。更に、我が国の臨海部の市町村は全国の工業出荷額の 45%を占め、またエネルギー供給・貯留機能や高度な技術に立脚した基幹的な産業が集積していることから、これらの生産機能が高潮等によって被災すると、我が国経済の停滞を招くばかりか、世界市場へのハイテク製品の安定供給の支障が懸念される。また、台風の強大化により風力が増大すると荷役機械の安全性の低下が生ずることも考えられる。
31020	0.59m の海面上昇、各湾の海岸保全基本計画において計画高潮位をもたらす台風（東京湾：室戸台風級、伊勢湾：室戸台風、大阪湾：想定台風）を地球温暖化の影響を考慮したシナリオとして選定。波浪及び高潮の推算結果をもとに予測。 ・シナリオ：SRES A1FI（海面上昇量 0.59m）	2100 年	東京湾 伊勢湾 大阪湾	東京湾を対象にした検討においては、地球温暖化後のシナリオでは、現在気候に比べ最大浸水面積が 2.9 倍、浸水量が 7.4 倍となった。同様に、伊勢湾では最大浸水面積が 6.2 倍、浸水量が 17.0 倍となった。
32012	砂地盤上に連続フーチングが築造された場合を想定し、地下水面の上昇をパラメータとした支持力計算、道路橋示方書に記載のある簡便法による液状化危険度の算定。また、河川水位上昇高をパラメータとした円弧すべり計算による安全率の低下を算定。	現在以降	特に沿岸域	海面上昇にともなう地下水位の上昇が①基礎地盤の支持力、②砂地盤の液状化強度、③河川水位が堤体斜面安定に及ぼす影響評価方法を検討した。その結果、予想される海面上昇がそのまま地下水位や河川水位の上昇につながるとすると、沿岸域の社会基盤への影響は大きく、海面上昇に対する基礎地盤や土構造物の脆弱性の評価にあたっても、無視できない重要な問題であることが示された。
32022	信頼設計法による。信頼設計法は、多数の設計条件下で外力その他の確率的変動性を取り入れた試行を繰り返し行い、防波堤の滑動安定性についてはその期待滑動量を算出し、許容量との整合性を図る設計法である。 ・シナリオ：AR3 の海面上昇予測シナリオの中位シナリオ（50 年間で 16.5cm 上昇）と上位シナリオ（27.7cm 上昇）	50 年後	全国	海面上昇に対応した防波堤の最適断面を検討した結果、現状水位に対応した断面積より 0.8～2.3%程大きくなる。また、現状水位一定条件で設計した断面では、海面上昇が起こった場合、10.0m 以上の滑動が起こる確率が 50%近く増加するケースがあることが分かった。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
32024	海面上昇を考慮して高潮数値シミュレーションを実施	2100 年	周防灘沿岸域	海面上昇後の満潮位では、周防灘沿岸全般で最高海水位は 5m 前後となり、山口港では 5.7m 近い値となる。市町村別の浸水面積（地盤高が潮位以下の面積）は、下関市で 30.6km2 となり、被害人口は下関市、宇部市で、それぞれ 8.4 万人、7.9 万人となる。また、堤防高が可能最高海水位よりも低い沿岸は周防灘北岸に多く、特に山陽町、宇部市が沿岸長が長い。
32033	気候変動による台風の強度の増加により風速が 10%増加すると仮定し、波浪推算モデル SWAN を用いて波浪を予測。軽面上昇量は IPCC 予測の 18～59cm の範囲で一様に発生すると仮定。	100 年後	九州南岸の志布志港	波浪増大と海面上昇を同時に考慮した場合、海面上昇の進行のために砕波限界水深が深くなると波高もそれにつれて大きくなるため、波力の増加は顕著となり、現在と比較して 3 倍以上もの滑動が発生し、防波堤の安定性に顕著な影響を及ぼす可能性がある。
32036	構造物の性能を表現するものとして波高を用い、性能限界波高という概念を導入した。対象とする構造物は重力式護岸の仮想断面とし、海面上昇量は 100 年間に 50cm の一定割合で上昇するものとした。	100 年後	海域全体	海域構造物についての保有性能評価を波高を尺度として行う。護岸の越波を対象とした場合、設計供用期間 100 年に対する被災遭遇確率と同等以下になることを補修・補強の実施の基準とすれば、海面上昇のみの場合で 50 年後、沖波の確率分布も変化させた場合で 37 年後の補修・補強が必要となる。
32067	代表的な地域（北海道，千葉県，新潟県，長崎県）の漁港施設（防波堤，岸壁，防波護岸）に対して海面が 15cm、50cm、90cm 上昇した時の各施設の安定性（安定率）を調べ対策費を試算．海面上昇による係船岸機能への影響を評価. ・シナリオ:15cm、50cm、90cm の海面上昇を仮定	なし。（海面の 15cm 、50cm 、90cm 上昇時）	北海道，千葉県，新潟県，長崎県	防波堤では滑動の安全率が所定値を下回る場合が多く、15cm の水位上昇でも現状のままでは安全率が確保されないケースが多い。係船岸機能への影響は潮位差によって異なるが、海面上昇が大きい場合、水没、もしくは利用に支障が生じる箇所が発生することが予想される。
32100	AR5 WG2 第 5 章における記述。	特定されていない	特定されていない	低地を中心に発達してきた都市部の建物、インフラ施設、ライフライン施設の被害が深刻と考えられる。*【中略】*低地に位置する鉄道、トンネル、港湾、道路、工業施設の洪水に対する脆弱性は、海面上昇、大規模な嵐の増加により大きくなり、適応策が講じられない限り、極端な海面上昇による深刻なサービスの崩壊や被害が頻繁に引き起こされる
32112	第 16 回気候変動に適応した治水対策検討小委員会資料における記述。	なし(海面水位 80cm 上昇時)	三大湾（東京湾、伊勢湾、大阪湾）	仮に海面水位が 80cm 上昇すると、三大湾のゼロメートル地帯が拡大（面積が約 6 割、人口が約 4 割増加）するなど、高潮災害のリスクが増大する。
33003	AR5 の原著論文。人口増加と経済成長、自然要因による地盤沈下・隆起の有無、海水面の上昇、人為要因による地盤沈下の有無などのパラメータからなるシナリオをもとに、各都市における異常気象に起因する社会的・経済的影響を試算。	2070 年	東京を含む大規模港湾都市	推定結果によると、海面は 0.5m 上昇、危機に瀕する人口は 3 倍以上、危機に瀕する資産は 10 倍以上に増加するとしている。現在と 2070 年において、人口と資産が洪水により被害を受けるとされた上位 20 都市の所得水準は散在しているが、アジアのデルタ地帯に集中している。その中には、ムンバイ、広州、上海、マイアミ、ホーチミン、コルカタ、ニューヨーク、大阪神戸、アレクサンドリア、東京、天津、バンコク、ダッカ、ハイフォンが含まれる。資産被害を基準に考えると、マイアミ、ニューヨーク、東京、ニューオーリンズなどの高所得国や、広州、上海、天津などの中国で著しい。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
33005	AR5 の原著論文。136 の都市を対象に、防潮堤等の防災設備を超える洪水が生じる可能性を、洪水のレベルごとに算定。この結果と、浸水の深度－被害の曲線をもとに、洪水による将来の社会的・経済的損失を試算。 ・シナリオ:20cm および 40cm の海面上昇（2050 年時点）	2050 年	札幌市	海面上昇による社会基盤損失により、札幌市の生産額が 50 年程度で 50%程度となる。国内外規模での影響はそれほどでもないが、北海道では道内最大都市の経済力低下が深刻となることが予測できる。適応策が現在の防御基準や洪水確率のみを用いて講じられた場合、楽観的な海面上昇が発生すると、札幌市の年平均経済損失（AAL）は、2050 年時点で 2005 年と比較して 50%以上増加すると予測されている。
33006	AR5 の原著論文。地下水位と建設物の安定性の関係について、建設物の基礎に関するパラメータや地下水面との距離などを含むモデルを用いてに論じている。 また、GIS を用いて、0.5m,1.0m,1.5m の地下水位上昇を仮定したときの液状化の予測を、横浜市を対象に行っている。	なし	東京・大阪沿岸域	地震により大規模な沈降が生じると、相対的に海面上昇の影響を受ける。地球温暖化による海面上昇だけではなく、頻発する台風による高潮、局地的豪雨が、液状化被害に見舞われた都市を直撃すると、これまでの浸水想定区域を越える被害が懸念される。 一方、特に液状化被害を受けた地域は地盤改良が必要となるため、復旧に多大な時間を要する上に、被災から復旧までは地価の下落に見舞われることが想像できる。 沿岸域のインフラの不安定さは、海面上昇により変化する地下水位によって引き起こされる自然災害に影響される。海面上昇により地下水位が上昇する場合、地震の発生頻度が多い沿岸域では、地震に伴う液状化によりさらに不安定さが増すと考えられる。海面水位の上昇、高潮、高波の増加は沿岸構造物の安定性の低下を招くだろう。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：2100 年まで
	影響が発生する可能性	これまでの観測データの解析結果より、海水温上昇時に，海面水位が上昇する可能性は非常に高い。日本周辺の海面水位の変化には、周期約 20 年の変動が顕著に現れるので、これを不確実性として考慮する必要がある。（01001, 32020, 32061, 32073）
	影響の不可逆性	グリーンランドの氷床融解（03001）
	持続的な脆弱性・曝露	〔恒常的な海面上昇がもたらす影響について記述。高波・高潮の影響は除く〕 河川下流区間の塩分濃度上昇、感潮区間の増大、沿岸域の地下水の塩分濃度上昇、海面上昇による淡水レンズの縮小、地盤高が海面下となる地域の拡大（22010, 31009）
	社会／経済／環境	社会・経済：沿岸都市の浸水リスクの増大、河川取水施設の運用困難、地下水利用可能量の減少、沿岸防災施設の機能低下、港湾施設稼働効率の低下 環境：干潟、河川感潮区間の生態系変化
緊急性	影響の発現時期	現状：近年の日本周辺の海面水位が上昇傾向にあることが実測されている。上昇率：+1.1 mm/年 （01001, 32020, 32061, 32062, 32073） 将来：2090～2099 年、世界平均海面水位上昇量（AR4） B1 シナリオ：18～38cm，A1FI シナリオ：26～59cm. 日本周辺海域では北海道東方を除き、世界平均に比べて 5～10cm 大きくなると予測されている。（01001）
	適応の着手等が必要な時期	（記載なし）

評価の視点等		文献から得られた情報
		海面上昇の進行は緩慢なので、人工物の機能低下については、その更新・補修に合わせて対応することが可能。
確信度	研究・報告の量	〔海面変動そのものについて検討した成果に限る〕 25 件 現在の状況：4 件（32020, 32061, 32062, 32073） 将来予測される影響：21 件（01001, 01002, 03001, 03002, 22010, 31009, 31010, 31012, 31013, 31015, 31020, 32022, 32024, 32033, 32036, 32067, 32110, 32112, 33003, 33005, 33006）
	研究・報告の種類	現在の状況：観測データの解析 4 件（32020, 32061, 32062, 32073） 将来予測される影響：様々な GCM によるモデル計算の結果を利用した解析 5 件（01001, 01002, 31010, 31020, 32022,）
	研究・報告の整合性	現在の状況：1906～2013 年の期間について、研究数は多くないが、異なる組織からの報告がある。それぞれの研究が対象とするデータ期間は異なるが、示された結果は整合する。 将来予測される影響：各モデルは海面水位の上昇を予測しているが、モデルにより予測結果に幅がある。また、AR4 では、陸氷の流出の効果が含まれないので、予測は上方修正される可能性がある。
適応の可能性		施設による適応策（新規施設の整備、既存施設の安全性の維持・向上、既存施設の徹底した活用）、地域づくりと一体となった適応策（土地利用の工夫）など （31009, 22007） 施設による適応策（新規施設の整備、既存施設の安全
他の分野・項目との関係		海岸侵食、高波・高潮，沿岸の水環境

**海面上昇の記述は「平均海面位置の変動」に関わる事に限定している.*

**高波・高潮の効果については記述していない.*

（気候変動による影響の要因）

- 気候変動による気温の上昇は、海水の熱膨張や氷河や氷床の融解、滑り落ちを引き起こすことで、海面水位を上昇させる。
- 海面水位の上昇により、河川や沿岸の人工物の機能の低下、干潟・河川の感潮区間[3]の生態系に変化が現れることが想定される。

（現在の状況）

〔概　要〕

- 1980 年以降の日本周辺の海面水位が上昇傾向（＋1.1㎜/年）にあることが、潮位観測記録の解析結果より報告されている。
- 現時点で、海面水位の上昇により生じた障害の報告は無い。
- 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変動の大きさを正確に評価することが必要である。

【海面上昇】1980 年以降の日本周辺の海面水位が上昇傾向（＋1.1mm/年）にあることが、潮位

[3] 感潮区間:河川の河口付近で水位や流速に海の潮汐が影響を与える区間

観測記録の解析結果より報告されている。[32061,32062,32073] また、海面水位上昇と海水温上昇の間の相関が高いことが報告されている。[32020] 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。[32073]

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。

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、地殻変動の大きさを正確に評価することが必要である。

(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[4]で 0.26～0.55m、RCP4.5 シナリオ[4]で 0.32～0.63m、RCP6.0 シナリオ[4]で 0.33～0.63m、RCP8.5 シナリオ[4]で 0.45～0.82m 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。
- 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。
- 河川や沿岸の人工物の機能の低下、沿岸部の水没・浸水、港湾及び漁港機能への支障、干潟や河川の感潮区間の生態系への影響が想定される。

IPCC 第 5 次評価報告書は、将来における気候変動のリスクの一つとして、21 世紀及びその後を通じて予測されている海面水位上昇を指摘している。これにより、沿岸域の低平地の浸水と氾濫、海岸侵食のような悪影響が現れるとしている（確信度は非常に高い)。[03001]

IPCC 第 5 次評価報告書の予測によれば、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 シナリオで 0.26～0.55m､RCP4.5 シナリオで 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 の範囲となる可能性が高いとされている。[03002]

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。

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。[32112]

【海面上昇：高潮災害（浸水・越波被害）との複合】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)

[4] 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。

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。[01001)] 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。[31010)]

【海面上昇：高潮災害以外の被害】河川の取水施設、沿岸の防災施設、港湾施設などの人工物の機能が低下する可能性がある。海面水位の上昇により物揚場等の天端高が低い係留施設や荷さばき地等が水没・浸水し、港湾及び漁港機能に支障を来す可能性がある。[31015)] 干潟，河川の感潮区間の生態系に変化が現れる可能性がある。

海面上昇の影響把握の課題は次の通りである：潮位観測記録には、海面と地殻の変位が含まれる。潮汐記録から気候変動、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、観測位置の地殻変動の大きさを正確に知る必要がある。したがって、潮位観測地点の地殻変動を継続的に調べることが重要になる。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい
  【観点】社会／経済

  影響の範囲は全国の海岸に及ぶ。海面上昇は、沿岸部に立地する港湾施設等のインフラ、産業施設、住宅地等の資産に広く甚大な被害を及ぼすため、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・曝露の要素となりうる。

- 緊急性：【評価】中程度

  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に意思決定をする必要がある。

- 確信度：【評価】高い

  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い。日本沿岸の海面水位には約 20 年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。

（2）高潮・高波

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 4 件。

文献	地域	現在の状況
31009	全世界	極端な高潮位の発生についても、1975 年以降全世界的に増加している可能性が高い。
32059	日本沿岸域	1）平均有義波高は、通年値で藍島、むつ小川原、常陸那珂、中城湾において増加傾向であり、太平洋沿岸では秋季～冬季にかけて増加傾向 2）平均有義波周期は、下田における春季のデータを除き、増加傾向。地域別に見ると、日本海北部では春季～夏季にかけての周期が増加傾向にあり、東シナ海方面ではどの季節においても増加傾向にある。太平洋岸では特に苫小牧から常陸那珂の北部沿岸において増加傾向にある。 3）波パワーは全国的に増加傾向で、通年で増加傾向を示しているのは、藍島、名瀬、苫小牧、小名浜、常陸那珂、潮岬、中城湾の 8 地点である。
32060	全国	1）冬型気圧配置によって生じた高波は、全地点において波高及び周期ともに増加傾向を示した。また、波高の増加率は北の地域の方が大きくなる傾向が見られた。 2）波高変動と気象指数の経年変動との相関を調べたところ、総じて北極振動指数との相関係数が大きかった。 3）極東域では「西高東低」の冬型気圧配置が持続するとき、日本付近では移動性の温帯低気圧が発達しがたいことが報告されており、冬型気圧による波高の増加傾向とその他の気象要因による波高の減少傾向といった逆の傾向になることが、その結果と一致する。
32093	全国	三大台風の比較によると、日本（本土）上陸時では室戸台風が史上最大の勢力をもった台風となっている。それに続くのが枕崎台風、死傷者最大の伊勢湾台風はそれに次ぐ勢力で、第二室戸台風は伊勢湾台風をやや上回るものと推定されえいる。つまり最近百年弱の間で最も強力な台風は、いずれも 1934 年から 1961 年までの期間に続々と日本に接近していたことになる。【中略】データを見る限り、過去の強大な台風に匹敵する勢力の台風は近年の日本（本土）には上陸していない。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 25 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
01001	解析対象を現在気候と将来気候の海上風速U10および有義波高 Hs にしぼり、現在気候と将来気候を比べることにより、U10 と Hs の将来変化を予測する。U10 には緯度経度格子 1.25° × 1.25° の解像度に粗視化されたグリッド値の 6 時間間隔の出力値を使い、有義波高 Hs は、1 時間間隔の 1.25° × 1.25° 緯度経度格子のデータのみを解析対象とする。 ・モデル：MRI-GCM20 ・シナリオ：SRES A1B *【以上の情報は元文献 31017 より記述】*	現在：1979～2003 年 近未来：2015～2039 年 将来：2075～2099 年 *【以上の情報は元文献 31017 より記述】*	日本近海 *【以上の情報は元文献 31017 より記述】*	現在気候では、南西諸島の東方海上とオホーツク海で比較的大きな値を示しているが、将来気候では、高い波高を示す地域が関東の南方海上まで広がるほか、その極値も増大する。太平洋における将来の台風強大化と、発生・来襲域の北東方向への拡張に起因するもので、特に太平洋沿岸域では、高波によるリスクが高まる。 *【元文献は 31017】*
03001	IPCC AR5 WG2 SPM における各分野のリスクに関する記述。	特定されていない	特定されていない	・21 世紀及びその後を通じて予測されている海面水位上昇により、沿岸システム及び低平地は、浸水、沿岸域の氾濫及び海岸侵食のような悪影響をますます経験することになるだろう（確信度が非

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
				常に高い)。 ・高潮、沿岸域の氾濫及び海面水位上昇による、沿岸の低地並びに小島嶼開発途上国及びその他の小島嶼における死亡、負傷、健康障害、生計崩壊のリスク。
03003	IPCC AR5 WGI第13章における高潮と高波に関する記述。	21 世紀前半 2100 年	特定されていない	2100 年までの sea level extreme の増大は、「可能性が非常に高い」とされ、21 世紀前半では「可能性が高い」とされる。sea level extreme の増大は主に海面水位の上昇（確信度が高い）の結果である。
31009	60cm の海面上昇を仮定すると、海面水位以下となる面積、人口が約 5 割増加すると予想されている。 ・シナリオ: SRES A1FI 相当（海面水位 59cm 上昇）	2100 年	日本（地域の特定なし）	低平地やゼロメートル地帯では、市街化の進展により流出量が増加している上に、排水が困難であることから、洪水や高潮による外水や内水の氾濫による浸水が長時間に及ぶことが想定される。特に三大湾のゼロメートル地帯においては、平均海面水位が IPCC 第 4 次評価報告書の予測上限値である 59cm 上昇すると仮定した場合、海面水位以下となる面積、人口が約 5 割増加すると予想されており、高潮等による被害は増大する。
	社会資本整備審議会答申における定性的な記述。	なし	日本（地域の特定なし）	下流域・海岸域には人口、資産が集積していることが多く、特に三大都市圏においては、社会経済活動の中枢機能が集積していることから、水害や高潮災害等は国民の生命・財産への影響のみならず、国家機能の麻痺や国際競争力の低下につながることが懸念される。
				下流域・海岸域では、低平地やゼロメートル地帯が広がる地域において、降水量や短時間降雨強度の増加、海面水位の上昇、台風の激化、中流部からの洪水や氾濫水による影響等により、堤防決壊等による氾濫や浸水頻度の増加が想定される。低平地やゼロメートル地帯では、市街化の進展により流出量が増加している上に、排水が困難であることから、洪水や高潮による外水や内水の氾濫による浸水が長時間に及ぶことが想定される。
				台風の激化に伴い、気圧低下により海面水位が上昇するとともに、風による吹き寄せや波浪が大きくなる。このため、海面水位の上昇とあわせて、台風の激化により、高潮による危険性が増大することが想定される。
31010	期待越波・越流計算モデルを、過去の研究で使用した高潮浸水モデルに組み込み、東京湾、伊勢湾、大阪湾の奥部において海面上昇と台風の強度の増加により高潮浸水の被害がどのように変化するかを調べた。 ・シナリオ：地球温暖化による平均海面の上昇量を 0cm、30cm、60cm と想定。(60cm は、SRES A1FI 相当）	なし。(海面の 0cm 、30cm 、60cm 上昇時)	東京湾 伊勢湾 大阪湾	海面が 60cm 上昇し、台風強度が 1.3 となったときの高潮による浸水は、東京湾では西側で、伊勢湾では東側で、大阪湾では大阪の南側と淀川以西で多く発生する。 浸水面積は伊勢湾が最も大きく、次いで大阪湾、東京湾の順である。東京湾は海面上昇 0cm、30cm では台風強度が増加しても浸水面積がほとんど増加しないが、海面上昇 60cm では台風強度に応じて浸水面積が直線的に増加する。 浸水被害額は、海面上昇の大きさ・台風強度の大きさによらず、最も大きいのは大阪湾、次いで伊勢湾、最後に東京湾の順である。東京湾は海面上昇 30cm までは台風強度が増加しても被害額がほとんど増えないが、海面上昇 60cm では台風強度の増加に伴い被害額が加速度的に上昇する。 大阪湾、伊勢湾、東京湾という被害額の順位に対して浸水面積の順位は伊勢湾、大阪湾、東京湾であり、これは、伊勢湾は浸水面積が大きい割に存在する資産が少なく、大阪湾は浸水面積が小さい割に存在する資産が大きいためと考えられる。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
31011	期待越波・越流計算モデルを、過去の研究で使用した高潮浸水モデルに組み込み、東京湾、伊勢湾、大阪湾の奥部において海面上昇と台風の強度の増加により高潮浸水の被害がどのように変化するかを調べた。 ・シナリオ：地球温暖化による平均海面の上昇量を 0cm、30cm、60cm と想定。（60cm は、SRES A1FI 相当）	なし。(海面の 0cm 、30cm 、60cm 上昇時)	東京湾 伊勢湾 大阪湾	*【予測結果のほとんどは文献 31010 の内容と同じ。以下の浸水人口に関する知見は本文献のみに記載されている。】* 伊勢湾と大阪湾では台風強度の増加に対して浸水人口が直線的に増加する。これに対して東京湾では、海面上昇 0cm、30cm では台風強度が増加しても浸水面積はほとんど増えないが、海面上昇が 60cm になると台風強度の増加に対して浸水人口が加速度的に増加する。海面上昇量の増大に対して伊勢湾と大阪湾では浸水人口が概ね等間隔で増加する。これに対して東京湾では、海面上昇 60cm のときの浸水人口と海面上昇 30cm のときの浸水人口の差は、海面上昇 30cm のときの浸水人口と海面上昇 0cm のときの浸水人口の差よりも著しく大きい。
31012	全国の高潮浸水による被害リスクを、将来の海面上昇と高潮偏差の増大を外生的に与えて推計し、その地域分布を表すリスクマップを作成した。さらに、高潮や津波による浸水被害ポテンシャルを把握するため、作成した浸水被害モデルを使い、陸域が浸水した場合の被害額を様々な浸水水位で計算し、浸水水位と浸水被害額の関係を表す関数を作成した。 ・シナリオ：SRES A1FI 相当（海面水位 59cm 上昇）	100 年後	全国 （浸水すると考えられる地形をもつ地域を計算領域として設定）	海面上昇が 60cm、高潮偏差が 1.3 倍となった場合における高潮による浸水面積、浸水人口及び浸水被害額の分布を見ると、浸水面積 1ha 以上、浸水人口 1,000 人以上、浸水被害額 10 億円以上のリスクの高い地域は、大きくみて東京湾、伊勢湾、大阪湾、瀬戸内海および有明・八代海となる。一方、北陸、東北及び北海道地方では有意なリスクがみられる場所が少ない。 また、得られた沿岸域浸水被害関数は、三大湾や瀬戸内海の被害額が南海・東南海、東海、茨城、九十九里地域の 10 倍程度であることや、東京湾、大阪湾及び瀬戸内海が T.P.5m まで、茨城、九十九里浜及び南海･東南海が T.P.10m まで被害額の増加割合が大きいことを表している。*【T.P.とは東京湾平均海面（Tokyo Peil）の略で、日本の水準測量の基準である。】*
31013	信頼性理論に基づいて防波堤の滑動遭遇確率を試算し、地球温暖化（海面上昇、台風の強大化）が防波堤の安全性にもたらす影響の特徴を調べる。本研究では、勾配 1/100 の直線等深線海岸に、海岸線に対して 30 度の角度で設置された混成堤を想定。50 年確率沖波の波高を 8.0m、周期は 13.0s、主波向は海岸線に対して直角と想定。また、太平洋沿岸と日本海沿岸の両方を想定し、これらの典型的な天文潮位差として 2.5m と 0.5m を与える。 ・シナリオ：50 年間で平均海面が 0.5m 上昇することを想定。	～50 年後	太平洋沿岸と日本海沿岸	台風が強大化して沖波波高や高潮偏差が増大すると仮定すれば、砕波帯外の防波堤では沖波波高の増大が入射波高の増大に直接結びつき、砕波帯内の防波堤では高潮による水深の増加で入射波高が増加する。したがって、砕波帯の内外に関わらず滑動遭遇確率は増加する。 （具体的には）台風が強大化して沖波波高や高潮偏差が平均で 1 割増加すると、年滑動確率は 1.6～2.8 倍に増加する。また、50 年間に沖波波高と高潮偏差が 1 割増になる速さで台風の強大化が進行した時の滑動遭遇確率は、台風が強大化しない場合の 1.2～1.7 倍に増加する。
	信頼性理論に基づいて防波堤の滑動遭遇確率を試算し、地球温暖化（海面上昇、台風の強度の増加）が防波堤の安全性にもたらす影響の特徴を調べる。本研究では、勾配 1/100 の直線等深線海岸に、海岸線に対して 30 度の角度で設置された混成堤を想定。50 年確率沖波の波高を 8.0m、周期は 13.0s、主波向は海岸線に対して直角と想定。ま	～50 年後	太平洋沿岸と日本海沿岸	平均海面が上昇すると、砕波帯内の防波堤では、*【浮力の増大に加え】*入射波高が増大するので滑動遭遇確率は増加する。砕波帯外の防波堤では、それ以上に入射波高が増大しないので、滑動遭遇確率はほとんど変化しない。 （具体的には）設置水深 10m の防波堤の年滑動確率は、0.5m の海面上昇によって、2 倍に増加する。これに対して、設置水深が 17.5m 以上の防波堤では、設置水深の増加に伴ってケーソンの高さが高くなるので浮力増大の影響は小さく、また、海面が上昇しても入射波高はそれ以上大きくなること

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	た、太平洋沿岸と日本海沿岸の両方を想定し、これらの典型的な天文潮位差として 2.5m と 0.5m を与える。 ・シナリオ : 50 年間で平均海面が 0.5m 上昇することを想定。			はない。そのため、年滑動確率はほとんど変化しない。50 年間で平均海面が 0.5m 上昇するシナリオを想定した場合、設置水深 10m の防波堤の滑動遭遇確率は海面上昇が全くない場合の 1.3～1.4 倍になる。これに対し設置水深 20m の防波堤では平均海面の上昇の影響をほとんど受けない。
31014	防波堤の耐用年数内における海面上昇、台風の強度の増加による滑動発生率を信頼設計手法を用いて算出。	～ 2050 年	全国	水深 17m 以下の磯では、50 年内に平均海面水位が 0.5m 上昇した場合、磯における防波堤の滑動発生率（sliding failure probability）は 1.3～1.4 倍になる。磯波帯以外の場所での変化は小さい。
	防波堤の耐用年数内における海面上昇、台風の強度の増加による滑動発生率を信頼設計手法を用いて算出。 ・シナリオ : 50 年間の平均海面上昇を 7～45cm と想定。	～ 2050 年	全国	台風が 10%強大化することで防波堤の滑動発生率（sliding failure probability）が 1.6～2.8 倍に増加する。また、50 年以内に波高と潮汐異常が平均で 10%上昇すると、ケーソンの損壊確率（failure probability）が 1.2～1.7 倍に増加する。
31015	海面水位の上昇を 59cm 仮定し、三大湾のゼロメートル地帯の面積とその地域の人口の増加割合を予測。その条件下で過去最大規模の台風が襲来し、さらに、沿岸域の防災設備が破壊された場合の経済損失を試算。予測手法の詳細記載なし。 ・シナリオ : SRES A1FI 相当（海面水位 59cm 上昇）	～ 2100 年	三大湾 瀬戸内海	IPCC の予測のとおり仮に海面水位が 59cm 上昇した場合を想定すると、三大湾のゼロメートル地帯の面積及び人口は約５割増加することとなり、高潮等の災害リスクは更に増大することとなる。この災害リスクを具体的に把握するため、不測の事態で水門や護岸が破壊された前提で、地球温暖化により海面水位が 60cm 上昇したと仮定し、我が国に上陸した最大規模の台風が東京湾、大阪湾を通過した場合の港湾背後の高潮浸水被害を試算した結果によると、数十兆円規模の資産被害が予測されている。また、ハリケーン・カトリーナによる災害で明らかとなったように、ゼロメートル地帯において高潮浸水が発生した場合、浸水深が大きいため避難が困難であり、また海面下の土地であることから自然排水も期待できないことから湛水が長期化することも想定される。このように、地球温暖化による海面水位の上昇を考慮すると、今後ゼロメートル地帯においては高潮等による災害リスクが増大するものと考えられる。 一方、海面水位の上昇、台風の強大化により、瀬戸内海における高潮時の潮位が上昇し、これにより海岸保全施設等の設計高潮位を超える潮位の発生確率が著しく高まるといった数値予測による研究成果も発表されており、三大湾以外の地域でも高潮浸水被害が頻発する恐れがある。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	交通政策審議会答申における定性的記述。	2100 年	全国	台風の強大化等により波高や周期が増大し、想定外の高潮位が発生すると消波工の効果が低減し、防波堤等の港湾施設に被害が及ぶ可能性が高い。港口からの進入波や越波等により静穏度が低下し、係留中の船舶の動揺問題が頻発する恐れもある。また、気象擾乱が発生していない場合であっても、海面水位の上昇により、橋梁の桁下空間が減少して船舶航行の支障となることに加えて、高潮防護ライン（以下、「防護ライン」という。）の外側に存在する物揚場等の天端高が低い係留施設や荷さばき地等が水没・浸水し、港湾機能に著しい支障をきたすことが懸念される。更に、我が国の臨海部の市町村は全国の工業出荷額の 45%を占め、またエネルギー供給・貯留機能や高度な技術に立脚した基幹的な産業が集積していることから、これらの生産機能が高潮等によって被災すると、我が国経済の停滞を招くばかりか、世界市場へのハイテク製品の安定供給の支障が懸念される。また、台風の強大化により風力が増大すると荷役機械の安全性の低下が生ずることも考えられる。
31016	高解像度全球大気モデル (MRI-AGCM3.1S、MRI-AGCM3.2S)による気候変動予測実験結果を用いて、北西太平洋地域における台風の再現性と将来変化を調べ、高潮・高波推算の外力条件としての適用性を調査。その後、AGCM の気圧と風を駆動外力とし、東アジアおよび日本沿岸を対象として高潮を直接計算し、極値統計解析により高潮偏差の将来変化を定量的に評価。 ・モデル：MRI-AGCM3.1S、MRI-AGCM3.2S ・シナリオ：SRES A1B	現在：1979 ～ 2003 年 近未来:2015 ～ 2039 年 将来：2075 ～ 2099 年	北西太平洋	台風の強大化や経路の変化に伴って、従来高潮災害が生じにくかった地域で高潮災害が生じ、頻度分布も変化する。 周防灘西部の山口と大分沿岸では、100 年確率値が 2.4～2.7 m と推算された。将来気候では、周防灘での再現確率値が、現在気候に比べて大きく増大しており､西部沿岸での 100 年確率値は 3.0～3.7 m であった。また、燧灘では将来予測値は現在気候よりも小さくなったが、反対に、安芸灘および斎灘では大きくなった。現在気候では、東京湾で最も大きく、100 年確率で 2.3～3.0 m と推算された。次いで、伊勢湾西部および三河湾で大きく、それぞれ 100 年確率値が 1.8～2.1 m､1.5～2.1 m であった。これらの湾以外の沿岸では、房総半島東側と伊豆諸島周辺海域において、100 年確率値が若干大きく推算される。将来気候では、東京湾における将来変化よりも、伊勢湾、三河湾での増大傾向が顕著であった。東京湾では 2.3～3.4 m に増大したのに対し、伊勢湾では 2.2～2.6 m、三河湾では 2.5～3.2 m と際だって増大した。現在気候で推算された房総半島東海岸や伊豆諸島周辺海域のピークは将来気候では現れず、御前崎（遠州灘）や志摩半島南岸（熊野灘）において大きくなった。瀬戸内海の場合と同様に、エリア依存性があることがわかった。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
31018	気象研究所が行なった GCM20 で得られた現在気候と将来気候の予測計算結果から台風を抽出。これらの台風特性の地球温暖化による変化を解析し、既往台風から確立台風モデルにより発生させた 10,000 年分の台風に変化解析結果を適用させ将来気候における 10,000 年分の台風を作成。これらの台風のうち三大湾に来襲するものについて高潮偏差を推算。 ・モデル：MRI-GCM20 ・シナリオ：SRES A1B	2075 ～2099 年	三大湾（東京、伊勢、大阪）	GCM20 の結果を用いて、三大湾（東京、伊勢、大阪）の高潮偏差を推算すると、将来気候では中程度以上の高潮偏差の頻度が上がる。一方、小～中程度の出現頻度が全体的に減る。
32004	アジアにおける夏季モンスーン期の台風と梅雨前線に注目して、将来の気候変動を予測。 ・モデル:MRI-CGCM2.3、AGCM ・シナリオ：SRES A1B	2080 年頃	日本、東アジア、世界（熱帯低気圧）	温暖化が進み、海水面が上昇すると、沿岸地域では熱帯低気圧に伴う高潮の影響を受けやすくなると考えられる。低平地が高潮により長期間にわたり浸水することにより、特にゼロメートル地帯等に都市が発展してきた日本・アジアでは、浸水リスクのイベントフローから、大規模な経済被害に繋がることが想定される。
32022	信頼設計法による。信頼設計法は、多数の設計条件下で外力その他の確率的変動性を取り入れた試行を繰り返し行い、防波堤の滑動安定性についてはその期待活動量を算出し、許容量との整合性を図る設計法である。 ・シナリオ：AR3 の海面上昇予測シナリオの、中位シナリオ（50 年間で 16.5cm 上昇）と上位シナリオ（27.7cm 上昇）	50 年後	全国	海面上昇に対応した防波堤の最適断面を検討した結果、現状水位に対応した断面の 0.8～2.3%大きくなる。また、現状水位一定条件で設計した断面では、海面上昇が起こった場合、10.0m 以上の滑動が起こる確率は 50%近く増加するケースがあることが分かった。
32026	橋本らにより提案された温暖化した将来を想定した確率台風モデルを使用し、500 年分に相当する台風データを作成。それを用いて一般的な高潮推算モデルにより高潮偏差を予測した。	500 年後	有明海沿岸域	最大高潮偏差は台風ルートによっては、有明海の熊本周辺沿岸では 1m 程度増加する。ルートとしては、有明海の北側周辺を通る台風は熊本に顕著な高潮を生じやすく、大浦に最大高潮偏差を生じた台風は有明海の西側を北進する経路を取っている。また、現在気候における 100 年確率潮位は湾口部の口之津では約 25 年にまで縮み、大浦や熊本、三池においても、約 30 年から 40 年と半分以下になる。
32028	地形や防護施設を考慮した浸水モデルを用い、海面上昇量は IPCC 第 4 次評価報告書で予測されている範囲を包括する 0～100cm の範囲を 10cm 単位で変化させて計算を行った。	100 年後	四国沿岸	海面上昇量の増加に対して浸水面積、浸水人口は直線的に増加することが判明した。100 年後の海面上昇量 60cm の場合、高潮により浸水する領域は太平洋側と紀伊水道側に少なく、瀬戸内海と豊後水道側に多い。これは、太平洋側には南海地震津波対策の防護施設があるのに対して、瀬戸内側は主要な人口集積地区の全面が港湾や漁港になっているため、防護施設の耐高潮性能が低いためであると考えられる

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
32032	地形や防護施設を考慮した浸水モデルを用い、海面上昇量は IPCC 第 4 次評価報告書で予測されている範囲を包括する 0～100cm の範囲を 10cm 単位で変化させて計算を行った。	100 年後	九州沿岸	海面上昇量の増加に対して浸水面積、浸水人口は直線的に増加することが判明した。100 年後の海面上昇量 60cm の場合、九州北西部、北九州、周防灘、別府湾、宮崎県南部、薩摩半島に高潮に脆弱な地域がある。その他の地域では、高潮津波のため高い防護施設あり、それらが健全に機能するならば、温暖化により海面が上昇し、高潮が大きくなっても大きな浸水リスクは生じないと考えられる。
32033	気候変動による台風の強度の増加により風速が 10%増加すると仮定し、波浪推算モデル SWAN を用いて波浪を予測。軽面上昇量は IPCC 予測の 18～59cm の範囲で一様に発生すると仮定。	100 年後	九州南岸の志布志港	波浪増大と海面上昇を同時に考慮した場合、海面上昇の進行のために砕波限界水深が深くなると波高もそれにつれておおきくなるため、波力の増加は顕著となり、現在と比較して 3 倍以上もの滑動が発生し、防波堤の安定性に顕著な影響を及ぼす可能性がある。
32040	50 年確率波高計算 ・シナリオ : SRES B1 相当（100 年後の流氷面積 20%減少）	2060 年ごろ （50 年確率計算のみ）	経度=142～167° 緯度=43～63° 【北海道以北東】	流氷減少により冬期の北海道東部沿岸には高波浪が来襲するようになり、流氷が 20%減少すると仮定した将来シナリオにおいては、50 年確率波高が約 10ｃｍ増大すると予測。
32041	気象場のダウンスケーリングにより、東京都心における地上最大風速は､AGCM では 28.1m/s であったが、アンサンブル実験結果のうち東京都心に対する強風災害の「最悪のルート」では、31.8m/s となった。 ･モデル : MRI-AGCM3.1S､WRF ・シナリオ： 記載なし	21 世紀末	東京湾近郊	AGCM から得られた将来極端台風について、台風経路のアンサンブル実験を行い、東京湾を対象に高潮計算を実施することで、シナリオに基づいた将来の地上風速および高潮偏差の可能最大値を算出した。想定したシナリオ下の東京都心における可能最大風速は 31.8m/s、東京湾における可能最大高潮偏差は 1.4m であった。さらに，高潮災害の規模は台風経路に敏感であり、気候値が最も大きな台風と最大高潮を引き起こす台風の経路は異なり、高潮偏差最大の将来極端台風の経路は、伊豆半島またはその近傍に上陸し北上する経路であることがわかった。
32043	改良された MRI-AGCM3.2S でシミュレートされた北西太平洋域における台風の代表統計量の内、発生数、強度ともに現在気候の台風特性を良く再現しており、高潮・高波の駆動力として用いるに必要十分な精度を有していることを確認した後、高潮シミュレーションには、Kim ら（2008、2010）による潮汐・高潮・波浪の相互作用を考慮した双方向結合モデル SuWAT を用いて予測計算を実施。 ・モデル：MRI-AGCM ・シナリオ：記載なし	2100 年頃 （再現期間 100 年で計算）	東アジア 日本沿岸	気候実験結果（高潮偏差の極値統計結果）では、東京湾で最も大きく、100 年確率で 2.3～3.0m と推算。次いで、伊勢湾西部および三河湾で大きく、それぞれ 100 年確率値が 1.8～2.1m、1.5～2.1m であった。これらの湾以外の沿岸では、房総半島東側と伊豆諸島周辺海域において､100 年確率値が若干大きく推算された。将来気候実験結果では，東京湾における将来変化よりも、伊勢湾、三河湾での増大傾向が顕著であった。東京湾では 2.3～3.4m に増大したのに対し、伊勢湾では 2.2～2.6m、三河湾では 2.5～3.2m と際だって増大した。現在気候で推算された房総半島東海岸や伊豆諸島周辺海域のピークは，将来気候では現れず、御前崎や志摩半島南岸において大きくなった。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
32044	IPCC の A1B シナリオ下でモデルを用いて台風を発生させ、東京湾での高潮・高波の予測を行った。 ・モデル：大気（MM5）-海洋（CCM)-波浪（SWAN）結合モデル（村上ら，2007)、台風渦位ボーガス（吉野ら 2011） ・シナリオ：SRES A1B	2099 年 9 月	東京湾全域	A1B シナリオの下で温暖化が進み、2099 年 9 月の環境場における最大級の台風が東京湾に来襲したと仮定した場合の最大級高潮・高波の実態を明らかにした。その結果、湾の最奥部の葛南では東京湾台風による高潮（潮位偏差 2.3m）を大きく超える潮位偏差 4.1m、東京港でも 3.4m の高潮がそれぞれ発生し、計画潮位偏差 3.0m を超える継続時間もそれぞれ約 2 時間および 0.5 時間に及ぶことがわかった。
32045	IPCC の A1B シナリオ下でモデルを用いて台風を発生させ、伊勢湾での高潮・高波の予測を行った。 モデル：大気（MM5）-海洋（CCM)-波浪（SWAN）結合モデル（村上ら，2007)、台風渦位ボーガス（吉野ら 2011） ・シナリオ：SRES A1B	2099 年 9 月	伊勢湾全域	温暖化が IPCC の A1B シナリオ通りに進み、今世紀末に最大級の台風が伊勢湾に来襲した場合、湾奥の全域で伊勢湾台風による潮位偏差を超える高潮が発生することが明らかとなった。特に最奥の名古屋港では、最大となる 6.9 m の潮位偏差が生じ、継続時間も伊勢湾台風実測潮位偏差である 3.5 m 超で 80 分にも及ぶことがわかった。また、中部国際空港では、潮位偏差が 3.6 m に達す高潮と有義波高で 6 m 近い高波が同時に来襲し、壊滅的状況に陥る可能性があることが示された。
32048	鈴木（2012）（※）の高潮浸水被害予測モデルの改良 （※）鈴木武：地球温暖化影響を考慮した高潮浸水被害リスクマップと沿岸浸水被害関数の作成、土木学会論文集 B3、Vol.68、No.4、土木学会、2012 ・モデル：MRI-CGCM3 、MIROC5、HadGEM2-ESX ・シナリオ：RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5.	2100 年	東京湾 伊勢湾 大阪湾 瀬戸内海 有明・八代海	大きくみて、東京湾、伊勢湾、大阪湾、瀬戸内海および有明・八代海の沿岸地域が地球温暖化が進んだ場合に高潮浸水による被害リスクが大きくなるとみてとることができる。それら以外の地方では優位なリスクがみられる地域は限定的である。
32067	地球温暖化に対応した漁場、漁港漁村対策調査総合報告書における定性的な記述。	なし	日本	破砕帯に位置する浅い港では、平均海面上昇だけでも安全性が十分確保できなくなる箇所が多くなる。 また、港口からの侵入波や越波等により静穏度が低下し、係留中の船舶の動揺問題が頻発する恐れがあり、さらに、海面水位の上昇により物揚場等の天端高が低い係留施設や荷さばき地等が水没・浸水し、港湾及び漁港機能に支障を来す可能性がある。
	代表的な地域（北海道、千葉県、新潟県、長崎県）の漁港施設（防波堤、岸壁、防波護岸）に対して海面が 15cm、50cm、90cm 上昇した時の各施設の安定性（安定率）を調べ対策費を試算。海面上昇による係船岸機能への影響を評価。	なし。(海面の 15cm 、50cm 、90cm 上昇時)	北海道、千葉県、新潟県、長崎県	防波堤、係船岸の何れも水位が上昇することにより滑動や転倒に対する安全率が低下する傾向が確認された。特に、防波堤では滑動の安全率が所定値を下回る場合が多く、15cm の水位上昇でも現状のままでは安全率が確保されないケースが多い。また、係船岸機能への影響は潮位差によって異なるが、海面上昇が大きい場合、水没、もしくは利用に支障が生じる箇所が発生することが予想される。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	現在気候では、南西諸島の東方海上とオホーツク海で比較的大きな波高レベルを示しているが、将来気候では、高い波高を示す地域が関東の南方海上まで広がるほか、その極値も増大する。太平洋における将来の台風の強度の増加と、発生・来襲域の北東方向への拡張に起因するもので、特に太平洋沿岸域では、高波によるリスクが高まる。[01001)] 台風の強度が増加して沖波波高や高潮偏差が増大すると、砕波帯外の防波堤では沖波波高の増大により入射波高が増大、砕波帯内の防波堤では高潮による水深の増加で入射波高が増加し、砕波帯の内外に関わらず滑動遭遇確率が増加、港湾施設等に被害が及ぶ可能性がある。[31013,31014,31015)] また、設計波の波浪に対して砕波帯に位置する浅い港では、平均海面上昇だけでも安全性が十分確保できなくなる箇所が多くなる。[31013, 32067)] さらに、港口からの進入波や越波等により静穏度が低下し、係留中の船舶の動揺問題が頻発する恐れがあり、気象擾乱が発生していない場合であっても、海面水位の上昇により物揚場等の天端高が低い係留施設や荷さばき地等が水没・浸水し、港湾及び漁港機能に支障を来す可能性がある。[31015. 32067)]
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	低平地やゼロメートル地帯が広がる地域において、海面水位上昇、台風の激化等により堤防決壊等による氾濫や浸水頻度の増加が想定される。これらの地域は、市街化の進展による流出量が増加している上に排水が困難であることから高潮等の氾濫による浸水が長時間に及ぶことになる。下流域・海岸域には人口、資産が集積していることが多く、特に三大都市圏においては、社会経済活動の中枢機能が集積していることから、国民の生命・財産、国家機能等への影響が大きい。[31009)]
	社会／経済／環境	社会：人命の損失、文化的資産への影響 経済：資産・インフラの損失，臨海部の産業活動への影響
緊急性	影響の発現時期	現状：未確認。 将来：現時点では地球温暖化による高波浪やそれが及ぼす影響は確認できていないけれども、影響が発生する可能性は高く、対策には時間がかかる。したがって、2030 年頃までには、その影響が顕在化すると考えられる。
	適応の着手等が必要な時期	現時点では地球温暖化による高波浪やそれが及ぼす影響は確認できていないけれども、影響が発生する可能性は高く、対策には時間がかかる。したがって、2030 年頃より前には重大な意思決定が必要である。
確信度	研究・報告の量	28 件 現在の状況：4 件（31009, 32059, 32060, 32093） 将来予測される影響：25 件（01001, 03001, 03003, 31009, 31010, 31011, 31012, 31013, 31014, 31015, 31016, 31018, 32004, 32022, 32026, 32028, 32032, 32033, 32040, 32041, 32043, 32044, 32045, 32048, 32067）
	研究・報告の種類	モデル予測及びそれに基づく影響解析：8 件 （01001【*元文献は 31017*】， 31013, 31014, 31015, 32022, 32033, 32040, 32067）
	研究・報告の整合性	・台風の強度が増加して沖波波高や高潮偏差が平均で 1 割増加すると年滑動確率は 1.6～2.8 倍に増加する。[31013, 31014)] ・波浪増大と海面上昇を同時に考慮した場合、現在と比較して 3 倍以上もの滑動が発生。[31013, 31014, 32033)] ・海面上昇に対応した防波堤の最適断面を検討した結果、現状水位に対応した断面の 0.8～2.3%大きくなる。[32022)] ・漁港では 15cm 程度の水位上昇でも現状のままの防波堤断面だと安全率が確保されない施設が多い。[32067)]

評価の視点等	文献から得られた情報
適応の可能性	コンクリート構造の多い高潮堤防等においては、施設の更新などにあわせて、増大する外力を見込んだ高潮堤防等の嵩上げを行う（施設による対応策）。その他、地域づくりと一体となった適応策、危機管理対応を中心とした適応策（大規模災害への備えの充実、新たなシナリオによるソフト施策の推進、災害予警報等の強化）など。[31009]
他の分野・項目との関係	*【自然生態系、産業・経済活動、国民生活・都市生活】*

（気候変動による影響の要因）

- 気候変動による海面上昇は、高潮や高波の発生リスクを増大させる可能性がある。それにより、人命への影響や港湾及び港湾施設、漁港施設、企業活動、文化資産等に影響を及ぼすことが想定される。
- 高潮をもたらす直接の原因のほとんどは台風であり、高潮の発生動向は台風の発生数、経路、強度等に依存する。

（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、1975 年以降全世界的に増加している可能性が指摘されている。
- 高波については、太平洋沿岸で秋季から冬季にかけての波高の増大等が、日本海沿岸で冬型気圧配置の変化による高波の波高及び周期の増加等の事例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。

【高潮】高潮の発生回数、水位上昇量、継続時間等の経年を調べた研究は無い。IPCC 第 4 次評価報告書は、極端な高潮位の発生が、1975 年以降全世界的に増加している可能性を指摘している。[31009] 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発生数、経路、強度等に依存する。これまでの観測記録によると、最近百年弱の間に日本に接近した最大級の台風は、いずれも 50 年以上前に観測された室戸台風（1934 年）、枕崎台風（1945 年）、伊勢湾台風（1959 年）である。過去の最大級に匹敵する勢力の台風は、近年、上陸していない。[32093]

【高波】太平洋沿岸では、秋季から冬季にかけての波高が増大するとともに、苫小牧から常陸那珂までの北部では年平均の周期が増大している。[32059] 日本海沿岸では、冬型気圧配置によって生じた高波の波高及び周期が解析した全地点において増加し、波高の増加率は北の地域の方が大きい。[32060]

（将来予測される影響）

〔概　要〕

- 高潮をもたらす主要因は台風であるが、気候変動による台風の挙動（経路、規模等）を予測する技術は開発途上にある。しかし、台風が沿岸域に到達した際に生じる水位の上昇、浸水の範囲等の予測計算の結果は一定の精度で評価できる。
- 気候変動により海面が上昇する可能性が非常に高く、高潮のリスクは高まる。
- 高波については、台風の強度の増加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、また、波高や高潮偏差の増大による港湾及び漁港防波堤等への被害等が予測されている。
- 港湾・漁港、特に施設の設置水深が浅い港では、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。

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」、近未来における変化も「可能性が高い」としている。ただし、領域毎の振る舞いにはかなりの幅があることに注意が必要である。[03003)] また、将来における気候変動の主要なリスクの一つとして、高潮、沿岸洪水、海面上昇により、沿岸の低地や小島嶼国において死亡、負傷、健康被害、または生計崩壊のリスクを挙げている。[03001)]

【高潮】高潮をもたらす原因のほとんどは台風であるので、高潮による諸影響を評価するには、気候変動下の台風の予測精度が肝心となる。将来の台風の挙動（経路、規模等）を予測する技術開発は現在途上であり、様々な手法の性能と得失が議論されている段階にある。台風が沿岸域に到達した際に生じる水位の上昇、浸水の範囲等の予測計算の結果は信頼でき、高潮の影響は一定の精度で評価できる。沿岸低平地の浸水リスクは現在も大きいが、気候変動により海面上昇する可能性が高く、また高波が増加することとも相まって、そのリスクは高まる。[01001)]

【高波】日本近海における波高分布の将来変化の研究例によれば、台風の強度の増加、台風の発生・来襲域の北東方向への拡張により、特に太平洋沿岸地域において高波によるリスクが高まる可能性がある（元文献では A1B シナリオ[5] を前提とした GCM20 による気候予測情報を使用）。[01001)] 台風の強度が増加して沖波波高や高潮偏差が増大すると、港湾及び漁港の防波堤等に被害が及ぶ可能性が高い。[31013,31014,31015)] このうち、浅い港湾・漁港では平均海面上昇だけでも施設に作用する浮力及び入射波高が増加し安全性が十分確保できなくなる箇所が多くなる。[31013)] さらに、波高、波向、周期が変化することにより、静穏度に影響する可能性がある。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい

[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。

【観点】社会／経済

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、港湾及び港湾施設、漁港施設、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、沿岸部に立地する港湾及び漁港施設等のインフラ、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。

- 緊急性：【評価】高い

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、影響が発生する可能性は高い。また対策に時間を要する点や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，できるだけ早く意思決定をする必要がある。

- 確信度：【評価】高い

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、台風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増大する確信度は高い。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るが、現時点では、その影響の詳細についての見解は定まっていない。高波は、波高レベルの増大の可能性が高く、これに高潮偏差の増大、海面上昇が加わることで、港湾及び漁港の防波堤等への危険性が増大する確信度は高い。

（3）海岸侵食

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 1 件。

文献	地域	現在の状況
32063	茨城県	沖波のエネルギーフラックスは、1 月から 4 月においては北極振動（AO）指数と正の相関があり、9 月から 12 月においては西太平洋熱帯域の海面水温偏差（Nino-West SST anomaly)および南方振動指数（SOI）と負の相関がある。沖波エネルギーフラックスと気候に関する指標との相関を利用した汀線予測モデルにより、1987 年からの 22 年間の汀線変化の 45%が AO 指数や SOI、Nino-West SST anomaly といった指標で表される大規模な気候変動に起因するということが示された。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 10 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
01001	文科省・気象庁・環境省の統合レポートにおける記載。	記載なし	日本（地域を特定していない）	海岸侵食は、海底で生じる岸向きと沖向きの土砂移動の平衡が崩れること等によって生じる。これが、海面水位の上昇に伴って平衡状態が変化していくことにより、上昇分以上に汀線が後退する。さらに、台風の激化に伴い高波浪が増加すること等によって、海岸侵食がより進行していくと想定される。その一方で、土砂生産量や流出量の変化により供給が増える可能性があるなど、不確実性が高い。
01002	・モデル：MIROC3.2-hires ・シナリオ：BaU（SRES B2、気温上昇は SRES B2 上限値の＋3.8℃としている）、450s シナリオ、550s シナリオ	2020s 2030s 2040s 2050s 2060s 2070s 2080s 2090s	全国	450s における海面上昇による砂浜の喪失面積は今世紀末頃（2090s）まで増加し続け、約 29%の砂浜が喪失し、550s では約 37%、BaU では約 47%喪失する。
03002	IPCC AR5 WG1 SPM における記述。	2081 ～ 2090 年	特定されていない	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 シナリオで 0.26～0.55 m、RCP4.5 シナリオで 0.32～0.63 m、RCP6.0 シナリオで 0.33～0.63 m、RCP8.5 シナリオで 0.45～0.82m の範囲となる可能性が高い（中程度の確信度）。
31009	社会資本整備審議会答申における定性的記述。	記載なし	日本（地域を特定していない）	海岸域では現時点でも供給土砂量の減少により海岸侵食が進行しているところもある中で、さらなる海面水位の上昇や台風の激化により、砂浜の消失など海岸侵食の増加が想定される。30cm の海面水位の上昇により、我が国の砂浜の 57%が消失するとの予測もある。 このように、海面水位の上昇や台風の激化などによる影響は、国土保全の観点から大きな支障となる。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
31021	過去の長期汀線変化特性を調べ、最新の海岸地形データと海面上昇量の予測結果、波高の長期変化、地盤稼動を考慮して、将来の汀線変化予測を実施。海洋モデルとしてNPOGCM（北太平洋海洋モデル）を使用。 ・シナリオ：SRES A1B（今世紀末の海面上昇は 0.21～0.48m）	2100 年	5 海岸(仙台、新潟、鹿島崎、高知、宮崎)	仙台、新潟、鹿島崎、高知、宮崎の 5 海岸いずれにおいても、2100 年までに汀線が 10m 以上後退する。
31022	長期的な外力変化の砂浜侵食への影響を評価するために、気象庁の潮位観測記録から最近の約 40 年間における潮位の経年変化特性を、全国港湾海洋波浪情報網（NOWPHAS)の波高観測記録から最近の約 20 年間における波高の経年変化特性の解析を行なうことにより、近年の長期的なトレンドを把握し、Bruun 則を用いてこれらの影響を考慮した全国の砂浜侵食量の推定を実施。	2100 年	全国	Bruun 則を用いて日本全国の侵食量分布を推定した結果、対象海岸における推定後退量は 7.8～68.1m となる。推定対象とした海岸の平均侵食量は 25m で、対象海岸のうち半数以上の海岸で 20m をこえる汀線が後退する。
31023	Bruun 則をベースに縦断地形の応答の評価方法について検討し、日本全国の海岸の砂浜に対する汀線の後退距離、侵食面積を試算。 ・シナリオ：IPCC 第 1 次評価報告書 WG1 に基づいた海面上昇量 0.3m、0.65m、1.0m のシナリオ	なし。(海面 0.3m 、0.65m、1.0ｍ上昇時)	全国	30cm の上昇でも、全国で 10,810ha の砂浜が侵食され、それは現存している砂浜の 56.6%に相当する。
31025	Bruun 則をベースに縦断地形の応答の評価方法について検討し、茨城県海岸の砂浜に対する汀線の後退距離、侵食面積を試算。 ・シナリオ：IPCC 第 1 次評価報告書 WG1 に基づいた海面上昇量 0.3m、0.65m、1.0m のシナリオ	なし。（海面 0.3m 、0.65m、1.0ｍ上昇時)	茨城県	現在茨城県全体で約 5.7km2 の砂浜が存在している改良式に基づくと 0.3、0.65、1.0m の海面上昇によってそれぞれ 45.2%、77.5%、90.5%の砂浜が消失することになる。特に大洗以北の常磐海岸では 1m の海面上昇によってほぼ完全に砂浜がなくなるということになる。 侵食土砂量の算定結果は前浜の地形をどのように仮定するかで大きく異なるが、図-2 のような改良式に用いた地形に対する結果を示すと、3 つの海面上昇のシナリオに対して、各々、670 万 m3、1200 万 m3、1600 万 m3 程度という膨大な量に達する。茨城県一県だけでこの量であり、日本全国で同様な試算を行った場合、極めて膨大な量になろう。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
32064	波浪エネルギーを主な汀線変動の外力としたモデルを発展させ､潮位による影響と時間的異質性を考慮した長期的な予測が可能な汀線変動モデルを構築｡当モデルを用いて地球温暖化に伴う海面上昇や波浪条件の変化による汀線位置の将来予測を行った。 ・シナリオ：59cm の海面上昇（SRES A1F1 相当）および先行研究による波高予測	2008～2095 年	茨城県波崎海岸	各シナリオの2074年から2095年の最頻値と超過確率 5%値、非超過確率 5%値によると、現状の海面上昇トレンドが継続するとしたシナリオⅠでは今世紀末の汀線位置の最頻値は－16m であり､シナリオⅢでの海面上昇速度が加速した場合には－19m まで後退する。1986 年から 2007 年の平均汀線位置は 2.4m であったことから、将来の海面上昇によって岸沖方向に約 20m 程度の海岸浸食が前浜に生じると推定された。一方で、海面上昇と同時にシナリオⅡ､Ⅳにおける波高の変化を考慮した場合､波高の変化を考慮していない場合（シナリオⅠ、Ⅱ）と比較して、最頻値はほとんど変化がなく、非超過確率 5%値はわずかに後退することが示された。一方、超過確率 5%値は 5m 程度前進することが示された。これにより、将来の波浪条件の変化によっては汀線が大きく後退することはなく､むしろ汀線の前進する確率が上昇すると考えられる。
32065	全国の砂浜消失率は、IPCC 第 5 次評価報告書の海面上昇量予測結果の下限値 0.26m であっても 46%で､上限値 0.82m では 91%に達すると予測され､既存の予測結果と概ね一致した ・シナリオ：AR5 の RCP2.6～RCP8.5 シナリオの海面上昇予測下限値（0.26m）と上限値（0.82m）	2081 ～2100 年	全国沿岸域	土砂移動による消失を考慮した場合の全国の砂浜消失率は、IPCC 第 5 次評価報告書の海面上昇量予測結果の下限値 0.26m であっても 46%で､上限値 0.82m では 91%に達すると予測された。なお、この結果は、異なるデータベースを使用している三村らの結果とも概ね一致していた。また、水没のみを考慮した場合でも、下限値 0.26m で 19%､上限値 0.82m で 58%に達すると予測された。全国の砂浜消失率は、海面上昇量が 0.4m 程度までは急激に増加するものの、0.4m をこえると増加率が小さくなる傾向にある。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	*【砂浜への土砂供給量の変化が無い場合には（地球温暖化に伴う海岸侵食に関するほとんどの論文での仮定)】、海面が上昇した分、砂浜が減少し、さらに、海面上昇に伴う地形変化により海岸がより侵食される（文献 31021,31022,31023,31025)。一方、地球温暖化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（文献 01001)。【その場合は、特に河口周辺の砂浜において堆積が生ずる可能性がある。しかし、地球温暖化による海岸侵食速度の予測値は現在生じている海岸侵食速度とほぼ同程度であり、地球温暖化による新たな海岸侵食を補うためには、ダム整備等が進んだ高度経済成長期以前の河川からの土砂量が必要であり、そこまでの土砂量の増加の可能性は高くないと考える。よって、地球温暖化によって海岸侵食がさらに進行する可能性が高い。】*
	影響の不可逆性	*【海面上昇や波高増大によって砂浜が侵食されても、海面が低下したり波高が低減すれば砂浜が回復する可能性はある。ただし、砂浜が回復した場合でも生態系の回復には時間がかかる。一方、砂浜が侵食され、波が砂浜背後の護岸等の構造物に到達すると、構造物からの反射波により侵食が加速度的に進行する場合があり、その場合は海面が低下しても海面上昇以前の砂浜の回復は望めない。】*
	持続的な脆弱性・曝露	*【海岸侵食が進行し、波が砂浜背後の護岸等の構造物に到達するようになると、構造物背後への越波量が増大し、その地域では高潮災害のリスクの高い状態が継続する。】*
	社会／経済／環境	社会：*【防災機能を有した空間の消失、レクリエーションのための空間の消失、文化的資産への影響】* 経済：*【資産・インフラの損失,観光資源の消失】*

評価の視点等		文献から得られた情報
		環境：*【重要な種・ハビタット・景観の消失】【広域的な土地・生態系機能の低下】*
緊急性	影響の発現時期	現状：未確認 将来：予測時期 *【現時点でも地球温暖化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可能性があるものの確認できていない。ただし、2030年頃までには、その影響が顕在化すると考えられる。】*
	適応の着手等が必要な時期	*【現時点では地球温暖化が海岸侵食に及ぼす影響は確認できていないけれども、影響が発生する可能性は高く、対策には時間がかかる。したがって、2030年頃より前には重大な意思決定が必要である。】*
確信度	研究・報告の量	11 件 現在の状況：1 件（32063） 将来予測される影響：10 件 （01001, 01002, 03002, 31009, 31021, 31022, 31023, 31025, 32064, 32065）
	研究・報告の種類	モデル予測：6 件（01002, 31021, 31022, 31023, 31025, 32065）
	研究・報告の整合性	・海岸侵食の進行。ただし不確実性も高い。（01001） ・砂浜の喪失（約 29～47%の喪失）（01002） ・海岸侵食の増加、30cm の海面水位上昇により砂浜の 57%が消失（31009） ・5 海岸における汀線 10m 以上の後退（31021） ・対象海岸半数以上で 20m を超える汀線が後退（31022） ・茨城県での砂浜の消失（31025） ・30cm、60cm の海面上昇により、それぞれ、我が国の砂浜の 52%、83%が消失（32065）
適応の可能性		総合的な土砂管理を積極的に推進し、海岸に土砂が適切に供給される対策を講じるとともに、サンドバイパス等により海岸における土砂移動の連続性の確保を図り、海岸保全施設によって沿岸漂砂の制御等を進めていく必要がある。
他の分野・項目との関係		*【自然生態系】【産業・経済活動、国民生活・都市生活】*

（気候変動による影響の要因）

- 気候変動による海面の上昇や台風の強度の増加は、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ある。
- 降雨量の増加は、斜面崩壊の増加と河川流量の増加を引き起こし、河川から海岸への供給土砂量を増加させることで、河口周辺の海岸などで堆積を生じさせる可能性がある。

（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。

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ずる。ダム建設や砂利採取などに伴う河川からの流出土砂量の減少や海岸・港湾構造物による沿岸に沿う土砂の移動の阻害などにより、現在、日本の至る所で海岸侵食が生じている。気候変動によって海面が上昇するとともに、台風の強度が増加して波が大きくなると、現在海岸侵食が生じている

海岸では侵食がさらに進行し、現在侵食が生じていない海岸でも侵食が生ずる可能性が高い。しかし、現時点では、気候変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。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が報告されている。[32063)]

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 気候変動による海面の上昇や台風の強度の増加によって、海岸が侵食されることが予測されている。具体的には、30cm、60cm の海面上昇により、それぞれ、我が国の砂浜の約 5 割、約 8 割が消失する。
- 一方で、気候変動による降雨量の増加によって河川からの土砂供給量が変化し、河口周辺の海岸などにおいて土砂堆積が生じる可能性も報告されている。しかし、気候変動による海岸侵食を補うだけの土砂量の増加の可能性は高くないと考えられ、海岸の侵食が現在よりもさらに進行することが想定されている。

海岸への土砂供給が無い場合には、海面が上昇した分、海浜が減少し、さらに、海面上昇により汀線（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、汀線付近がさらに侵食される。[31021,31022,31023,31025)] また、台風の強度の増加によっても海岸が侵食される。[31021, 31022)] 具体的には、30cm、60cm の海面上昇により、それぞれ、我が国の砂浜の約 5 割、約 8 割が消失する[31009, 32065)]との予測や、A1B シナリオ[6]における平均海面上昇量（今世紀末の海面上昇は 0.21～0.48m）に氷河・氷床融解による海面上昇量を加えた海面上昇量（推定対象海岸ごとに 0.21～0.39m）と現時点における波高の長期変化率が今後も継続したときの波高を用いると、21 世紀末には日本の砂浜で平均約 25m の汀線後退がある[31022)]などの予測がある。

なお、最新の IPCC 第 5 次評価報告書の予測によれば、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[6]で 0.26～0.55m、RCP4.5 シナリオ[6]で 0.32～0.63m、RCP6.0 シナリオ[6]で 0.33～0.63m、RCP8.5 シナリオ[6]で 0.45～0.82m の範囲となる可能性が高いとされている。[03002)]

一方、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。[01001)] その場合は、特に河口周辺の海岸において堆積が生ずる可能性がある。しかし、気候変動による海岸侵食速度の予測値は現在生じている海岸侵食速度とほぼ同程度であり、気候変動による新たな海岸侵食を補うためには、ダム整備等が進んだ高度経済成長期以前の河川からの土砂量が必要であり、そこまでの土砂量の増加の可能性は高くないと考える。よって、気候変動によって海岸の侵食がさらに進行する可能性が高い。

6 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。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい
  【観点】社会／経済／環境

  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。

- 緊急性：【評価】中程度

  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可能性があるものの確認できていない。ただし、気候変動によってさらな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、2030 年頃より前には重大な意思決定が必要である。

- 確信度：【評価】中程度

  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。しかしながら、砂浜への土砂の供給源となっている河川からの土砂量に対する気候変動の影響は、現時点では定量的な検討が十分になされていないため、気候変動が海岸侵食に及ぼす影響の確信度は中程度と考えられる。

【山地】

（1）土石流・地すべり等

(現在の状況の概要情報)

収集文献は 18 件。

文献	地域	現在の状況
31031	全国	大雨の頻度増加、局地的豪雨の増加により山地災害の規模や頻度が増大することが確実視される。台風の強大化は不確実性が大きいが、台風による大雨や強風によって発生する風倒木や流木は山地災害の規模を大きくするものである。積雪量の減少については年変動が大きいものの、温暖化に伴い長期的には確実視された現象で、水資源確保に及ぼす影響は大きいものと考えられる。
32069	全国	・図 2.3-15 は崩壊発生までの連続雨量と 90%、95%カバー崩壊土砂量の関係を、図 2.3-16 は崩壊発生までの最大時間雨量と 90%、95%カバー崩壊土砂量の関係を示したものである。どちらも、雨量が増加した状態では崩壊土砂量が大きいものまで発生する可能性が高まる傾向を示している。
32074	全国	近年、気候変動の影響等により極端な豪雨が増える傾向が見られる。過去 30 年間で 50mm/h 以上の豪雨の発生頻度は約 1.4 倍に増加するとともに、昨年、全国の気象庁雨量観測所のうち 39 都道府県 133 地点において観測史上 1 位の時間雨量を記録した。
32075	全国	平成 19 年に公表された IPCC（気候変動に関する政府間パネル）第 4 次報告書中のシナリオに基づいた国土交通省などの試算では、(条件や地域によってかなりのバラツキはあるものの) 100 年後の日本では年最大日降水量が 1～5 割程度増加する可能性があることが示されている。土砂災害の発生に影響するような豪雨の発生頻度も増加傾向にある。（図 4.1.1 において降雨 50mm/h 以上の発生回数の増加傾向及び過去 30 年における災害発生件数の増加傾向が示されている。）
32076	全国	比較的短いタイムスケール（20～30 年）で見ると以下のような特徴が見られた。 ①豪雨の発生頻度、土砂災害の発生件数、豪雨・融雪による深層崩壊発生件数は一様に増加しており、豪雨の頻度の増加が、土砂災害の発生件数、深層崩壊の頻度の増加に寄与している可能性がある。
32077	熊本県	崩壊メッシュ数の経時変化を図 2 に示す。実績降雨波形を与えた場合では、計算時間（12 時間）内に崩壊する（安全率＜1.0）と判定されたメッシュ数は 322 であったが、降雨強度を 1.1 倍および 1.2 倍にすると、時間内に崩壊するメッシュの数はそれぞれその 1.44 倍、1.77 倍に増加した。
32078	全国	20 年超過確率を超えると、急激に【*死者・行方不明者を生じる土石流災害の*】発生確率が上昇し、降雨規模の増大にともない、発生確率が単調に増加した。
32079	紀伊半島	48 時間雨量と崩壊密度の関係を調べた結果崩壊土砂量によらず、雨量の増加にともない崩壊密度が増加した。雨量と崩壊密度の相関係数はいずれの崩壊規模に関しても 0.6 以上であった。
32080	紀伊半島	地すべりの発生地における標準化土壌雨量指数（NSWI）を測定し、地すべりと NSWI の関係を評価した。その結果、頻繁に降雨がある地域では、NSWI が他の降雨に関する指標に比べて、土砂災害の予測に有効であるということが分かった。
32081	全国	本研究により、1 回の豪雨に起因する斜面崩壊・土石流の発生確率及び生産土砂量について、①各地域における発生確率及び生産土砂量と相関の高い降雨指標を得た、②①で得た相関の高い降雨指標を用いて、過去の災害の雨量・超過確率と生産土砂量について整理を行うと、その降雨指標の増加に伴って生産土砂量が増加する傾向が見られた、③崩壊 1 個あたりの生産土砂量に着目すると短時間降雨指標は崩壊発生数の増加に寄与し、長時間降雨指標は崩壊規模の大きさに寄与している可能性が示唆された。
32082	全国	深層崩壊の発生を予測する上で有効な降雨指標を明らかにするために、過去の土砂災害と降雨指標のデータを基に解析を行った。その結果、降雨が複数の深層崩壊を引き起こすかどうかは、連続 48 時間以上の長い期間の積算雨量を用いることにより、特徴付けられる可能性が示された。
32083	全国	・深層崩壊に起因する土石流による堆積は、縦断勾配が 1～15° の場所で発生する。堆積地の下端の縦断勾配は、地すべり体積が大きいほど減少する。深層崩壊による土石流の約半分は、堆積地の下端における縦断勾配が 2° 以下の場所で堆積するが、小規模の土石流の場合、ほとんどが 2° 以上の箇所で堆積する。 ・深層崩壊に起因する土石流の H/L 値は 0.11～0.35 である。この値は小規模の土石流に比べて小さく、大規模な雪崩や地すべりと近い。【H/L 値とは、垂直方向の落下距離と水平方向の移動距離の比】

文献	地域	現在の状況
32084	和歌山県西牟婁郡・日高郡から奈良県吉野郡、会津川	和歌山県西牟婁郡・日高郡、奈良県吉野郡の 3 郡を中心として極めて多くの山崩れが発生し、急峻な河谷が閉塞され、各地に天然ダムが形成された。これらの天然ダムは豪雨時、または数日～数か月後に満水になると決壊し、決壊洪水が発生して犠牲者は 1000 人を上回った。 会津川（秋津川）は流域面積が小さいにもかかわらず、中流部での天然ダムの決壊によって、下流部の田辺の市街地で激甚な被害となった。
32085	全国	①地震による大規模土砂生産現象は、数 10 年以上の長期間にわたって流域の土砂動態に影響を及ぼすことがある。 ②豪雨による大規模土砂生産現象が長期的な流域の土砂動態に及ぼす影響については必ずしも明瞭でない場合が多く、斜面崩壊が流域からの流出土砂量に影響する期間は、長くても数年程度のことが多い。 ③豪雨による大規模土砂生産現象の影響が小さい理由としては、崩壊土砂の相当量が土石流等として河道に達することなどにより、当該豪雨期間中またはその後の降雨で速やかに下流に流出する等が考えられた。 ④大規模土砂生産現象の長時間の影響は、天然ダムの有無、天然ダムの安定性が大きな影響を及ぼす。
32087	全国	過去 50 年の降雨データと統計モデルを用いて、年最大時間雨量と年最大日雨量の長期変化傾向を調べ、100 年後の降雨特性変化を予測。その結果、年最大時間雨量および年最大日雨量が現在よりも、それぞれ 55～110%、5～25%の割合で増加する可能性があることが示された。
32090	全国	・全国のAMEDAS 観測点及びスキー場の積雪深データについて過去100 年程度の経年変化では、長期トレンドでは積雪深が減少する地域が卓越するが、最近20 年程度はその傾向が鈍化しているように見える。一方で、高標高域や高緯度地域では積雪深の増加を予測する研究事例があり、地域によっては雪崩リスクが減少または増加する危険性がある。 ・収集した実績データによれば、冬季平均気温偏差が＋1.5℃では積雪深は平年比0.8～0.6 以下になる地域が多くなり、長期的には現在に比べると積雪深が相当量減少することが予測される。
32091	北半球	複数のモデルによる2016～2035年における北半球の積雪量の減少割合の平均値は、RCP2.6シナリオで－5.9%±1.9%（21モデル）、RCP4.5シナリオで－5.3%±1.5%（24モデル）、PCR6.0で－4.5%±1.2%（16モデル）、RCP8.5シナリオで－6.0%±2.0%（24モデル）となる。
32092	全国	最深積雪の変化を見ると、すべての地域において、1980 年代はじめの極大期から 1990 年代はじめにかけて大きく減少しており、それ以降は特に東日本の日本海側と西日本日本海側で 1980 年以前と比べると少ない状態が続いている。特に西日本日本海側では 1980 年代半ばまでは 1981～2010 年平均に対する比が 300%を超える年が出現していたものの、それ以降は全く現れていない。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 14 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
01002	土砂災害リスクは斜面崩壊の原因となる地形、地質、降雨量を含む水文的な条件を用いたロジスティック回帰分析により構成される斜面崩壊確率モデルにより推計。経済損失額は、「経済価値（経済原単位）」×「土地利用の規模（面積）」×「斜面崩壊発生確率」による推計。 ・モデル：MIROC3.2-hires ・シナリオ：BAU（SRES B2、	2020s 2030s 2040s 2050s 2060s 2070s 2080s 2090s	全国	降雨強度の増大と強い雨の頻度の増加により、斜面崩壊発生確率が増加する。低い GHG 濃度で安定させるほど、斜面崩壊発生確率が低下する。最も厳しい安定化（450s）の場合では、斜面崩壊確率が頭打ちとなる。450s、550s、BaU シナリオにおける全国の斜面崩壊発生確率は、2050s まではシナリオ間で大きな差が現れないが、2090s までには発生確率に差が現れ、それぞれ約 4%、約 5%、約 6%増加する。北海道・東北地方はシナリオに依らず発生確率が増加するが、関東・甲信越・北陸地方では年代によって発生確率が大きく変動する。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	気温上昇は SRES B2 上限値の＋3.8℃としている)、450s シナリオ、550s シナリオ			【留意点】このような地域別の違いは，将来の 50mm/day 以上の雨の降り方の違いによる。この限界降雨強度の設定によって傾向が違うことには注意が必要である。
01005	土中水分量 Vw を斜面崩壊発生指標として、個別斜面特有の崩壊に対する土中水分量の限界値 Vwcr を基準に、現在、近未来、21 世紀末の降雨に対する斜面崩壊危険度を解析を用いて検討。	現在：1979～2003 年 近未来：2015～2039 年 将来：2075～2099 年	大分県竹田市 山口県防府市	降雨イベント中の最大崩壊危険度の確率密度の推算によると、竹田市では、降雨強度はあまり変化せず、積算降雨量は現在よりもむしろ小さくなると予測されるが、危険度は火山堆積物からなる厚い土層の斜面（斜面 A）で減少し、風化花崗岩地域の浅い土層（斜面 B）でそれほど変化しない。防府市では、大きな積算雨量の発生頻度が増加しているが、降雨強度は増加しない。その結果、斜面 A では危険度が増加し、斜面 B では危険度は増加しない。 ＜ただし、「竹田市」と「防府市」は、土層厚の異なる二つの斜面での崩壊発生危険度の確率密度を推算するのに、この２つの地点で予想される降雨を影響評価のインプットとして用いられたものであり、実際の特定地点における崩壊発生危険度の変化を予測したものではない＞
01011	20km 解像度の MRI-AGCM3.2 の結果から 15km 解像度の NHRCM を経由し、5km 解像度までダウンスケーリングして将来気候を予測。 ・モデル： MRI-AGCM3.2,NHRCM ・シナリオ：SRES A1B	2076 ～2095 年	日本	・日最高気温の 95 パーセンタイル値は、将来気候で 2～3℃程度上昇している。 ・将来気候では、北海道内陸の一部地域を除いて最深積雪が減少しており、特に 2・3 月の本州日本海側では変化が大きい。地域別の変化量については、全期間・全地域で最深積雪が減少しており、1 月の西日本以外ではその変化量が現在気候の年々変動の標準偏差を上回っている。多くの期間・地域で最深積雪の減少が見られう一方、北海道の一部地域では最深積雪の増加が予測されているが、これは各地域における降雪量、気温等の変化が関係していると考えられる。
	将来気候において強い雨の発生頻度が相対的に増加する傾向が見られる。 ・モデル：GCM20 ・シナリオ：SRES A1B	21 世紀末	全国	将来気候では、1 時間降水量 30 ミリ以上、50 ミリ以上の発生回数はすべての地域で有意に増加している。日降水量 100 ミリ以上、200 ミリ以上については、全国的に増加傾向となっているが、東日本日本海側と沖縄・奄美では、有意と判定されていない。現在気候、将来気候における地域毎の 1 時間降水量の年間発生頻度分布を図 3.2-3 に示す。*【中略】*いずれの地域についても、将来気候において強い雨の発生頻度が相対的に増加する傾向が見られる。
31009	社会資本整備審議会の答申における定性的記述。	記載なし	日本（地域の特定なし）	気候変化による影響は、降水量の時間的、空間的変化をもたらし、土石流、地すべり等の土砂災害の誘因となる短時間雨量や総雨量の増加を生じさせることが考えられる。また、現時点では不明確な部分が多いが、土砂災害の素因となる表層の風化を進展させ、山地斜面の植生を変化させることも考えられる。 土砂災害に対して想定される影響としては、発生頻度の増加、発生時期の変化、発生規模の増大などが考えられる。発生頻度の増加の結果としては、崩壊発生分布域の拡大や土砂災害危険箇所以外での発生が考えられ、同時

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
				多発的な土砂災害の増加も考えられる。特に、これまで大雨が少なかった地域で想定を超える降雨が発生した場合は、激甚な土砂災害が発生する恐れがある。発生時期の変化の結果としては、降雨の降り始めから崩壊発生までの時間が短縮化し、避難を必要とするまでの時間が短くなることが考えられる。発生規模の増大の結果としては、深層崩壊の発生頻度の増加等による崩壊土砂量の増大や、土石流等の到達範囲の拡大が想定される。
				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、台風の激化等により、土砂災害や風倒木災害の増大が想定される。土砂災害では、発生頻度の増加、発生時期の変化、発生規模の増大などによる直接的な被害の増加が想定される。 土砂災害による被害の増加は、地域外への転出者の増加、限界集落の出現、さらにはコミュニティの崩壊など、過疎化、高齢化が進む中山間地域において大きな打撃となる。
31026	温暖化政策支援モデルAIPを用い、複数の気候モデルを用いてパターンスケーリングの不確実性を考慮しながら､GHG安定化レベルの違いによる温暖化に伴う斜面崩壊発生確率の影響を地域ごとに評価。 ・モデル：CCCma-t47, MRI-CGCM2.3.2, SIRO-Mark3.5, CNRM-cm3.0, ECHAM5, GFDL-cm2.0, GDFL-cm2.1, INM-cm3.0, MIROC3.2-medres, NCAR-ccsm3 ・シナリオ：SRES A2, SRES A1B, SRES B1	2041～2065年 2081～2100年	全国	1）日本列島北部は斜面崩壊発生確率が著しく増加する。2）現在も高発生確率の新潟県，富山県，静岡県，徳島県，高知県，宮崎県は，更に発生確率上昇が見込まれる。3）GHG濃度安定化の評価より，緩和策だけで温暖化による発生確率増加を十分に低減できないことが見込まれる。 【留意点】数100km×数100kmの解像度で解析された数値気候モデルの出力データを統計的アルゴリズムで細解像度（1km×1km）にダウンスケールした降水量データを利用した評価である，またダウンスケーリングは現在気候のみを考慮しており，気候システムの温暖化によりメソスケールで降水パターンが変化することも想定される
31027	水力勾配や起伏量、と地滑りの影響を与えると考えられる崩積層などの4つのパラメーターによる多重ロジスティック回帰分析を基にした確立モデルにより、土砂災害の頻度、分布の予測を実施。求めた土砂災害の発生確率をもとに、1km解像度のマップを作成。	なし（確率年5年、30年、100年）	全国	崩壊の発生確率が日本の西側（日本海側）の飛騨、木曽、飯豊、朝日山地、中国山地の南部、九州山地の南部で高くなる。
31029	気象庁・気象研究所の全球大気モデルによる温暖化予測実験の降水量データを用いて、土砂災害発生の指標降水量の将来変化を予測。深層崩壊のリスクポテンシャルの指標として一雨総降水量と半減期72時間の実効降水量、表層崩壊のリスクポテンシャルとしの指標として一雨最大時間降水量と半減期1.5時間の実効降水量をそれぞれ求め、現在、近未来、21世	現在：1979～2003年 近未来：2015～2039年 将来：2075～2099年	全国	21世紀末には、深層崩壊のリスクポテンシャルを示すR72(半減期を72時間とした実効降水量）が最大で30%、表層崩壊のリスクポテンシャルを示すR1.5（半減期を1.5時間とした実効降水量）が最大で20%増加する。 後者は全国的に有意な変化であるに対して、前者は東北と中部から西の地域のみ有意な変化であることが示せた。しかし，実際に深層崩壊や表層崩壊が発生するかどうかは、その場所の地盤や土壌の特性に依存する。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	紀末を想定した将来の各 25 年間における全降水事例の特性の変化及び極端な降水事例の将来変化について予測。 ・モデル： MRI-AGCM3.1S,MRI-AGCM3.1H ・シナリオ：SRES A1B			
31031	林野庁の調査報告書「平成 23 年度気候変動に対応した森林の水土保全機能の向上方策検討調査」における定性的記述。	記載なし	全国	大雨の頻度増加、局地的豪雨の増加により山地災害の規模や頻度が増大することが確実視される。台風の強大化は不確実性が大きいが、台風による大雨や強風によって発生する風倒木や流木は山地災害の規模を大きくするものである積雪量の減少については年変動が大きいものの、温暖化に伴い長期的には確実視された現象で、水資源確保に及ぼす影響は大きいものと考えられる。
32035	日本列島の土砂生産量を見積もるため、数値気候モデルの日降水量と地形、地質の数値地理情報を土砂生産予測モデルに利用し、斜面崩壊による流域毎の土砂生産量ポテンシャルを推計した。数値気候モデルは MICRO,CGCM,PCM を利用。 ・モデル : MIROC, CGCM, PCM ・シナリオ : SRES A1B, SRES A2, SRES B1	2050 年 2100 年	全国	2050 年では東北地方、北陸・東海地方、中国・四国地方の流域、特に東北地方太平洋側から南部、日本アルプスを水源とする北陸地方、東北地方で土砂生産量の著しい増加が見込まれる。2100 年ではこれらに関東地方を加えた流域において、著しい土砂生産量増加が明らかにされた。また、2050 年から 2100 年気候に移行することで、日本列島各流域の土砂生産量が急激に増加することが明らかにされた。
32047	地中温度分布の既設変化を熱収支式に基づいて算定（堤・藤田ら 2007）。 RCM20 と MIROC による気候予測結果を ENVI モデルに組み込み、ブナ林の適域を算出。 ・モデル：RCM20, MIROC ・シナリオ : SRES A2, SRES B1	100 年後	全国	***【地盤・地被】***気象変動は凍結融解作用による風化に大きな影響を与える。低標高の地点は気温上昇により凍結融解強度が減少し、標高 2000m の地点では増加する。 気候と土地的変数を組み込んだブナ林の分布予測モデルである ENVI モデルを用いて、現在の気候および RCM20 と MIROC シナリオによる生態的生育適域（適域）の将来予測を行うと、将来のブナ林適域の総面積は減少し、2081～2100 年には RCM20 では現状の 37%、MIROC では 21%になる。このうち、ブナ林が実際に分布している地域の適域の変化をみると、現在に比べて RCM20 で 21%、MIROC で 4%に減少する。*【このパラは 32047 ではなく別の文献（松井ほか）から引用】* ブナが衰退しても無立木化することを直截的に意味するのではなく、温暖化の進行とともに低標高域に分布している他の樹種に置き換えられることを意味している。徐々に樹種の交代が進むと考えられているが、高木種の交代がスムーズに進行しない場合、若齢のその他の樹種に置き換わるため、一時的に林地の樹木根系による支持効果が低下し、崩壊が発生しやすい状況となる可能性がある。
	1980～1999 年までの各年で観測された年最大 24 時間雨量に、IPCC 第 4 次評価報告書で報告された年 9%の増加率分を上乗せして、100 年後雨量を推算。	100 年後	全国	*【浅層崩壊】*全土石流危険渓流の 6%程度で、土石流ピーク流量が増加する。 降雨強度を 1.2 倍に増大させた場合、崩壊メッシュ数は 1.77 倍に増加し、崩壊発生時間は 30 分早まるため警戒・避難活動はこれまで以上

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
				に迅速な対応が必要となる。 六甲砂防事務所が開発した流出解析・斜面安定解析システムでは、降雨量の増大に伴って斜面崩壊が増加し、土砂生産量も増加する。特に、崩壊危険度が高い危険度Ⅰメッシュについては、増加の割合が顕著となる。がけ崩れ発生数は、連続雨量 20%増加で、18%増加する。
	全国の土砂生産量強度の総和を求め、1 メッシュあたりの土砂生産量強度を算定し、各都道府県の年平均比流出土砂量を推算。それを年平均侵食深とみなして換算した。	100 年後	全国	【*長期土砂流出*】気温が 2℃上昇した場合、年平均侵食深は、現在の全国平均 0.38mm/年から 0.24mm/年に減少する。侵食深が最も大きいのは長野県であり、現在の 1.4mm/年から 1.1mm/年に減少する。
	雪崩発生分布域については、ブルース・トレンバー（2004）による雪崩発生気候タイプの分布域を温室ガス排出シナリオと連動させて検討。 雪崩発生数については、雪崩被害発生件数、積雪深偏差、突出積雪深観測点比率の経年変化より定性的に分析。 ・シナリオ:SRES A1B, SRES B1	100 年後	全国	【*雪崩*】雪崩の発生域については、1℃上昇では山陰の雪崩発生分布域はほぼ消滅し、北陸、東北でも現象するが、北海道では変化がない。2℃上昇では北陸、東北の山岳地と北海道に分布する。3℃上昇ではごく限られた高標高の山岳部となるが、北海道の分布域の減少はほとんどない。 雪崩の発生数については、気温上昇とともに積雪深は減少し、降雪量の変動幅が徐々に小さくなりながら、発生数は減少していくことが予想される。ただし、積雪斜面に降雨があると、スラッシュ雪崩が発生する可能性があるが、そのメカニズムは不明で、定量的な分析は実施されていない。
32066	日本列島全域を対象に、再現期間の 24 時間降雨極値を考慮した土砂災害危険度評価モデルの構築を行い、気候変化の目安として利用される再現期間 10 年および 30 年、大規模土木構造物の設計基準として利用される再現期間 100 年に対する降雨極値を利用し、土砂災害の発生確率を算定。	―	全国	地形・地質、24 時間降雨極値より導かれた動水勾配を条件に日本列島全域に対する土砂災害の発生確率モデルを構築。再現期間 10 年、30 年、100 年の発生確率分布図を作成し、土砂災害発生確率の時空間的な分布を把握。 1)再現期間 10 年の土砂災害発生確率では、急峻な山岳地を中心に高い発生確率が認められた ２）都市域の集中する中国山地の山裾部は、再現期間 10 年で高い発生確率を示す地域である。 ３）再現期間 10 年から 30 年に変化することで、発生確率 90%の地域がやや山裾側に拡大する傾向がある ４）再現期間 100 年の結果では、発生確率の上昇地域の拡大が認められ、更に、仙台に代表される丘陵を多く含む全国各地の都市にも発生確率上昇地点が分布する ５）解像度 1km は、50m の発生確率の情報も反映しており、概ね同値で示される関係がある ６）平野、丘陵の発生確率は、地形分類別の平均発生確率と比較して危険性を解釈する必要がある
32070	複数の気候予測モデルとシナリオを用いて、将来の降雨量を予測。 ・モデル：RCM20, GCM20, MIROC	50 年後 100 年後	全国	・RCM20（A2シナリオ）を用いた場合、100 年確率日最大降雨量が国内の多くの地域で 20%以上増加すること、北海道、東北では40%以上増加する地域も多く出現することが示されている。また、GCM20（A1Bシナリオ）の

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	・シナリオ：SRES A2, SRES A1B, SRES A1B			結果では、年最大日降雨量が北海道、東北では20%程度、その他の地域では10%程度増加することが示されている。【*中略*】いずれの結果でも、ごく一部（RCM20の紀伊南部）を除いて将来の年最大日降水量が増加する結果となっている。【*中略*】100km空間解像度のモデル（MIROC)による年最大3時間雨量の結果によると、シナリオSRESのA1Bに対して、50年後、100年後共に総じて年最大3時間雨量が増加する結果となっている。その程度は年最大日雨量の変化に比べて大きい。観測データの変化傾向と照らし合わせても、時間スケールの短い現象ほど将来の増加傾向が強いことが伺える。
32087	過去の降雨データと統計モデルにより、将来の降雨特性の変化を予測。	100 年後	全国	過去50年の降雨データと統計モデルを用いて、年最大時間雨量と年最大日雨量の長期変化傾向を調べ、100年後の降雨特性変化を予測。その結果、年最大時間雨量および年最大日雨量が現在よりも、それぞれ55~110%、5~25%の割合で増加する可能性があることが示された。
32091	モデル相互比較実験データベースにおける複数モデルによる予測を基に、積雪量の減少割合を予測。 ・シナリオ：RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5	2016 ～ 2035 年	北半球	複数のモデルによる2016～2035年における北半球の積雪量の減少割合の平均値は、RCP2.6シナリオで－5.9%±1.9%（21モデル）、RCP4.5シナリオで－5.3%±1.5%（24モデル）、PCR6.0で－4.5%±1.2%（16モデル）、RCP8.5シナリオで－6.0%±2.0%（24モデル）となる。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国。 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	過疎化、高齢化が進む中山間地域に大きな打撃となる。
	社会／経済／環境	社会：地域外への転出者の増加、限界集落の出現、さらにはコミュニティの崩壊【*人命損失、健康面の負荷、文化的資産への影響*】 経済：【*資産・インフラの損失、輸送網の広域的な寸断*】 環境：【*重要な種・ハビタット・景観の消失*】
緊急性	影響の発現時期	現状：未確認 将来：予測時期 ・2041～2065 年、2081～2100 年（31026） ・2020s,2030s,2040s,2050s,2060s,2070s,2080s,2090s（01002） ・2015～2039 年、2075～2099 年（31029,01005） ・2050 年、2100 年（32035） ・100 年後（32047, 32070, 32087） ・21 世紀末（01001）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし

評価の視点等		文献から得られた情報
確信度	研究・報告の量	29 件 現在の状況：18 件（31031, 32069, 32074, 32075, 32076, 32077, 32078, 32079, 32080 32081, 32082, 32083, 32084, 32085, 32087, 32090, 32091,32092） 将来予測される影響：14 件（01002, 01005, 01011, 31009, 31026, 31027, 31029, 31031, 32035, 32047, 32066, 32070, 32087, 32091）
	研究・報告の種類	モデル予測（12 件：01002, 01005, 01011, 31026, 31027, 31029, 32035, , 32047, 32066, 32070, 32087, 32091）
	研究・報告の整合性	・土砂災害の発生頻度の増加、発生時期の変化、発生規模の増加（31009） ・斜面崩壊発生確率の増加（310026, 01002） ・土砂災害発生確率の増加（31027） ・深層崩壊のリスクポテンシャルの増加（31029） ・大分県周防市と山口県竹田市の最大崩壊危険度の予測（01005） ・山地災害の規模や頻度の増大（31031） ・東北地方、北陸・東海地方、中国・四国地方の土砂生産量の著しい増加（32035） ・風化への影響（32047） ・土石流ピーク流量の増加、斜面崩壊の増加、土砂生産量の増加、がけ崩れ発生数の増加、年平均侵食深の減少、雪崩の発生数の減少（32047） ・深層崩壊の発生件数増加傾向（32076） ・土砂災害の発生件数･規模は降雨規模と関係がある（32069, 32077, 32078, 32079, 32080, 32081, 32082）
適応の可能性		施設による適応策（新規施設の整備、既存施設の安全性の維持・向上、既存施設の徹底した活用、流域における施設の整備、総合的な土砂管理の推進)、地域づくりと一体となった適応策（土砂災害警戒区域等における対策の推進、住まい方の工夫)、危機管理対応を中心とした適応策（大規模災害への備えの充実、新たなシナリオによるソフト施策の推進、洪水予報・土砂災害警戒情報や水防警報の予警報等の強化）など（※より詳細の記述あり）(31009) 森林の整備・保全と治山施設の整備の一体的な実施や、保安林の指定の推進による森林の適切な管理など（31031）
他の分野・項目との関係		*【農業・林業】【自然生態系】* *【産業・経済活動、国民生活・都市生活】*

（気候変動による影響の要因）

- 気候変動による短時間に強い雨や総降水量の大きい雨が降る確率の上昇、降雨の時空間分布の変化は、土砂災害の発生頻度の増加、発生タイミングの変化、発生規模の増大、発生形態の変化を引き起こす可能性がある。
- 降水量や気温の変化は、地盤や地表面の状況（植生等）を変化させ、崩壊や侵食の素因に影響を及ぼすことが想定される。また、降雪量や降雪の時空間分布の変化は、雪崩等の雪害に影響を及ぼすことが想定される。しかし、どのような影響を及ぼすかは現時点では不明確な部分が多い。

（現在の状況）

〔概　要〕

- 気候変動と土砂災害等の被害規模とを直接関連づけて分析した研究・報告は多くはなく、また、気候変動と土砂災害の発生形態との関係は現時点では不明確な部分が多い。

- ただし、過去 30 年程度の間で 50㎜／時間以上の豪雨の発生頻度は増加しており、集落等に影響する土砂災害の年間発生件数も増加しているとの報告がある。また、深層崩壊の発生件数も、データ数は少ないものの、近年は増加傾向がうかがえるとの報告がある。
- 一部の地域で暖冬小雪傾向の後に豪雪が続き、降積雪の年変動が大きくなる事例等が報告されているが、雪害の問題に関して、現時点で具体的な研究事例は確認できていない。

土石流、地すべり等、山地で発生する土砂災害は、直接的には豪雨や融雪を誘因として起きるが、その起こりやすさは、地質、地形、土壌、植生等、それぞれの地域、山地あるいは斜面に固有の地盤条件や地被条件等の素因の影響を受ける。

また、土砂移動現象は急斜面や急勾配渓流などの地形条件で発生し、生産された土砂は下流域へも流送される。したがって、土砂災害被害は山地のみで発生するわけではなく、丘陵地や市街地でも起こり得ることに留意する必要がある。

崩壊などの土砂移動現象の素因としては、地盤条件と地被条件があげられる。気象条件の変化により地盤の風化の程度に変化が生じ、森林植生の状態にも変化が現れる。これらの地盤条件や地被条件はどちらも崩壊や侵食に大きな影響を与えるので、気候変動により降雨の極端現象の頻度や強度が増加することが懸念される中、これらの条件がどのように変化するのかが問題である。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。

しかしながら、2014 年 8 月に広島で起きた土石流災害をはじめ、これまでに経験のないような豪雨による甚大な土砂災害が毎年のように多発している。

気候変化と土砂災害の発生形態との関係は、現時点では不明確な部分が多いが、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、変動の拡大は、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）、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）に繋がると考えられている。[31009, 31031)] 現に、過去 30 年程度の間で 50mm/hr 以上の豪雨の発生頻度は約 1.4 倍に増加しており、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。[32074,32075)] また、深層崩壊の発生件数も、データ数は少ないものの、近年は増加傾向が窺える。[32076)]

(a) 降雨規模と土砂災害の発生件数の関係

与えられる降雨条件が厳しくなれば、斜面崩壊等の土砂移動現象が多発するのは当然であり、近年発生した土砂災害時の降雨強度を引き延ばした場合、その比率と同等以上に斜面崩壊数が増加する可能性があるという検討結果もある。[32077)] 実際、降雨規模が 20 年に 1 度以上になると、急激に人的な被害が生じる土石流の発生頻度が高まることが明らかにされてきた。[32078)] 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分析から、深層崩壊はある閾値となる降雨量を超えるような範囲では、急激に発生密度が高まることが示されている。[32079)] これらは、降雨規模の増大に従い災害の程度が徐々に大きくなるのではなく、

降雨規模がある閾値を越えると急激に災害の程度が深刻になる可能性を示している。

また、単純に降雨規模だけではなく、当該地域の既往の降雨規模を上回るかどうかにより、深層崩壊発生確率に差があることも示されてきている。[32080)] すなわち、観測史上最大となるような降雨では、深層崩壊の発生確率が急激に増加する可能性を示唆している。

(b) 降雨規模と土砂災害の規模の関係

過去のがけ崩れデータからは、崩壊発生までの連続雨量や最大時間雨量が大きくなると、崩壊土砂量が大きなものまで発生する傾向が見られる。[32069)] また、同じ地域における斜面崩壊・土石流の発生数及び規模と降雨規模の関係を見ると、降雨規模が大きくなるに従い、斜面崩壊・土石流の発生数が増加する場合、平均の発生規模が大きくなる場合、あるいは、発生数及び発生規模が共に大きくなる場合があることが示されている。[32081)] 特に、48 時間雨量や累積雨量が大きい降雨では、深層崩壊の発生確率が高まることが明らかとなっている。[32080)]

(c) 斜面崩壊・土石流の規模と影響範囲・影響期間の関係

斜面崩壊や土石流の規模が大きくなると言うまでもなく、被害の程度は大きくなる。例えば、深層崩壊やそれに起因する土石流の場合、土砂がより長く移動することになり、被害が及ぶ範囲も拡大する。[32083)] また、非常に規模の大きい斜面崩壊が発生すると、天然ダムが生じることにより、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。[32084)] さらに、非常に規模が大きい土砂生産があると、下流域において河床が数年以上にわたり上昇し続けるなど、影響が広範囲に及ぶとともに、長期化する場合がある。[32085)] このように、規模の大きい斜面崩壊、土石流による被害は、影響範囲、影響期間が中小規模のものに比べて深刻になる可能性が高いと考えられる。

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、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。[32091,32090,01011)] 一方で、近年は暖冬少雪傾向の後に豪雪が続いており [32092)]、降積雪の年ごとの変動が大きくなったり、2014 年 2 月の関東甲信越地方を中心とした大雪のように、積雪寒冷地に指定されていない地域でも雪崩などの雪害の問題が発生することも考えられるが、詳細については今後の研究を待つ必要がある。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 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などを表す。)
  - 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
  - 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
  - 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

- 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
- 河川への土砂供給量増大による治水・利水機能の低下

（1）素因

気象条件が変化すれば、将来の素因の状態は大きく変化することが予想される。この点に着目した研究はいくつか見られ、その成果をまとめると次のようである。

(a) 地盤条件

土砂生産や斜面崩壊の素因としての地盤条件には物理的風化と化学的風化が影響しているので、気候変動による熱環境の変化、植生の変化、地下水の動態変化が地盤条件に影響を与える。熱環境としては、気温、日射量、日較差などが考えられ、これらは物理的風化の中でも凍結融解作用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、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解特性指標として影響評価を行った研究によると、気温が 2 度上昇すると同一標高、同一斜面勾配、同一斜面方向の裸地斜面の凍結融解強度分布は、東北地方では凍結融解強度が下がり、凍結融解が起こらない県も増加することが示されている。また、気温 2 度上昇による凍結融解強度指数の変化をある地点の標高別に見ると、低標高の地点は気温上昇と共に凍結融解強度の減少が認められるが、2000m の地点ではむしろ増加しており、凍結融解強度のピークが標高の高い位置に移動していることも示されている。ただし、気温上昇とともに積雪が少なくなると積雪による断熱効果が減少し、凍結融解がむしろ活性化される可能性もあるが、積雪分布の変化を考慮した研究は行われていない。

(b) 地被条件

急峻な地形、脆弱な地質、台風の常襲地帯という自然条件下にある我が国において、国土面積の 7 割近くを占める森林は、山地で発生する土砂災害への気候変動の影響を考える上で最も重要な地被条件である。 森林には下層植生や落枝落葉が地表の侵食を抑制するとともに、樹木が根を張り巡らすことによって土砂の崩壊を防ぐ機能があるが、気候変動にともなう大雨の頻度増加、局地的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が働いた際には、特に脆弱な地質地帯を中心として、山腹斜面の同時多発的な崩壊や土石流の増加が予想されている。[31031)] また、台風の強度の増加や強い台風の増加については不確実性が大きいが、台風による大雨や強風によって発生する風倒木等は山地災害の規模を大きくする可能性が指摘されている。[31031)] また、気候変動による植生分布への影響として、ブナ林の適域の変化が予測され、温暖化の進行にともなう樹種の交代がスムーズに進行しない場合、若齢のその他の樹種に置き換わるため、一時的に樹木根系による支持効果が低下する可能性が指摘されている [32047)] が、根系の支持効果の樹種や樹齢による違いの定量的予測には今後さらに研究を進める必要がある。

（2）土砂災害の変化

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%増加するという予測も複数あり[01011, 32087, 32070]、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ると考えられる。

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、以下のようなものが挙げられる。

① 観測史上最大となるような極めて激しい強度の降雨が増えることで、集中的な崩壊・がけ崩れ・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 同時多発の土石流等が発生することなどで土砂移動現象の規模が計画を上回り、砂防施設等のハード対策の効果も相対的に低下し、被害範囲が拡大する。

③ 強雨の降り始めから短時間で災害が発生することで、警戒避難のためのリードタイムが十分確保できず、ソフト対策の効果が相対的に低下し、人的被害が増大する。

④ 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、直接的および間接的（天然ダムの形成などによる）影響が長期化する。

⑤ 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生も含め、被害が拡大する。

⑥ 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、治水・利水機能を低下させる。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい
  【観点】社会／経済

現在、日本で50万個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全国に及ぶ。また、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。

- 緊急性：【評価】高い

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。今後も降雨条件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。

- 確信度：【評価】中程度

研究・報告数は一定程度ある。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、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、その増大傾向に関しては概ね一致した見解が示されている。

【その他】

（1）強風等

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 0 件。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 4 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測の概要	時期	地域	影響の内容
01005	モデルの海陸分布で陸と判別されたグリッドから半径 200km の領域内に存在した熱帯低気圧の観測分布を作成。領域は 9 つに分け、東日本、西日本、韓国、中国北部、中国中部、中国南部、台湾、フィリピン、東南アジアとした。領域内に熱帯低気圧が存在した頻度をストーム日数として定義し、解析を実施。 ・モデル：MRI-AGCM3.1S ・シナリオ：SRES A1B	2075～2099 年	東日本、西日本を含む東南アジア	将来変化に注目すると、東日本、西日本で約 10～30%の範囲で台風の接近頻度が減少する。領域内に存在した熱帯低気圧の最大風速平均（m/s）の統計によると、全ての領域で 1～9%熱帯低気圧の強度が増している。これは、多くの沿岸域で、台風の襲来の可能性が少なくなる一方で台風強度は強くなるので、いったん襲来すると被害が現在より増える可能性を示唆する。
	竜巻発生分布と対応が良い指標として CAPE≧200J kg かつ SReH≧150m2 s-2 の出現頻度を適用し、日本域と米国域を対象に現在から 21 世紀末にかけての出現頻度の変化を調査。また、竜巻強度と対応が良い TVP を使用し、竜巻強度の将来変化に関する予測を実施。 ・モデル：MRI-AGCM3.1S ・シナリオ：SRES A1B	現在：1979～2003 年、近未来：2015～2039 年、将来：2075～2099 年	全国	12～2 月では 21 世紀末の北海道～東海の太平洋側、3～5 月では 21 世紀末の全国及び近未来の北海道・東北・沖縄を除く各地域、9～11 月では 21 世紀末の日本海側と九州で高 TVPVlfc（竜巻の最大強度の将来変化を予測する指標）の出現頻度増加が優位となる。一方 6～8 月では 21 世紀末の北海道日本海側で優位な増加予測となるが、それ以外の地域での竜巻強度は将来むしろ弱まる。
	確率台風モデルを構成する各モデルのパラメーターのチューニングを気象モデルによる計算結果により実施。その結果を用いて、モンテカルロシミュレーションを行い、日本全国での風速の発生頻度の変化を求め、強風による建物の被害率の変化を求めた。 ・モデル：MRI-AGCM3.1S ・シナリオ：SRES A1B	2075～2099 年	全国	温暖化時の将来気候では年最大風速の中央値が下がるので日本全体としては建物の被害率は下がる。ただし、その傾向は地域によって異なり、太平洋側で建物の被害率は下がるが、日本海側では逆に建物の被害率が上がる地域が生じる。50 年再現風速を見ると、温暖化時の将来気候で大きくなる。すなわち、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は上昇する。建物の被害の程度は風速とともに大きくなるので、大きな被害の発生率が上昇する。
31009	社会資本整備審議会答申における定性的記述。	記載なし	日本（地域を特定していない）	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、台風の激化等により、土砂災害や風倒木災害の増大が想定される。土砂災害では、発生頻度の増加、発生時期の変化、発生規模の増大などによる直接的な被害の増加が想定される。

文献	予測の概要	時期	地域	影響の内容
33007	･モデル:CNRM CM3、ECHAM 5、GFDL CM2.0、MIROC 3.2 ・シナリオ：SRES A1B	記載なし	中央アメリカ カリブ海 北アメリカ 東アジア	太平洋側に低気圧や台風の影響とも見られるような，風の渦が多く確認された。夏季クラスタに対しても，(b) 夏季割合現在から将来に3 倍以上になるという結果になっていることから，将来予測として地球温暖化の影響から夏季において台風や強風の被害が増える可能性があると考えられる。GCM による 4 種の予測結果の平均値(Mendelsohn et al., 2012)によると、中央アメリカ、カリブ海、北アメリカ、東アジアにおいて、直接損害が増加すると予測している。
82054	気象庁気象研究所が開発した非静力学地域気候モデル（NHRCM）により 5km の解像度で力学的にダウンスケーリングした、21 世紀末の予測結果を示した報告書（近未来の予測等も含む）。 ・モデル：NHRCM ・シナリオ：SRES A1B	近未来（2016～2035 年） 21 世紀末（2076～2095 年）	日本	沖縄・奄美を除くと、すべての季節で EHI（スーパーセルや竜巻の発生しやすさ）、SWEAT（雷雨の発生しやすさ） 共に増加する。いずれも夏の増加が顕著である。沖縄・奄美では、EHI は春のみ顕著に増加するが、SWEAT は将来気候でどの季節も増加する。夏の EHI に着目すると、北日本から西日本では日本海側よりも太平洋側の増加が少なく、沖縄・奄美では減少している。 鉛直安定度は、近未来気候において沖縄・奄美を除いて不安定化の傾向で、将来気候と整合する傾向が現れている。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	過疎化･高齢化が進む中山間地域で管理の放棄等により森林の荒廃が進行すること
	社会／経済／環境	社会：【*人命損失、健康面の負荷、地域社会やコミュニティへの影響、文化的資産への影響*】 経済：【*資産・インフラの損失、輸送網の広域的な寸断*】 環境：【*重要な種・ハビタット・景観の消失*】
緊急性	影響の発現時期	現状：未確認 将来：予測時期 ・2075～2099 年（01005）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	4 件 現在の状況：0 件 将来予測される影響：4 件（01005, 31009, 33007, 82054）
	研究・報告の種類	モデル予測：3 件（01005, 33007, 82054）
	研究・報告の整合性	・台風の襲来の可能性が少なくなる一方、台風強度は強くなり、いったん襲来すると被害が増える（01005） ・竜巻強度の増加（月と地域により異なる）（01005） ・高風速による建物の被害の発生率が上昇する（01005） ・風倒木災害の増大（31009） ・台風による直接損害の増加（33007）
適応の可能性		記載なし
他の分野・項目との関係		【*農業・林業*】【*健康*】 【*産業・経済活動、国民生活・都市生活*】

(気候変動による影響の要因)

- 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る。
- 気候変動により強い竜巻を発生させるスーパーセル[7]の発現頻度が高くなることで、竜巻が増加し、それに伴う被害が生じる可能性がある。

(現在の状況)

〔概　要〕

- 気候変動に伴う強風・強い台風の増加等による被害の増加について、現時点で具体的な研究事例は確認できてない。
- 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ない。

気候変動に伴う強風・強い台風の増加等による被害の増加について現時点で具体的な研究事例は確認できてない。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しない。また、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ない。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- A1B シナリオ[8]を用いた研究では、近未来（2015～2039 年）から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。
- また、日本全域で 21 世紀末（2075～2099 年）には 3～5 月を中心に竜巻発生好適条件の出現頻度が高まることも予測されている。
- 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。

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 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）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。[82054)]

[7] 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。
[8] 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。

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。また、(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は上昇すると予測された。[01005] 竜巻強度の将来変化に関する研究（A1B シナリオを前提とした MRI-AGCM3.1S による気候予測情報を使用）によると、3～5 月を中心に日本域における竜巻発生好適条件の出現頻度増加が予測されている。また、同様の季節・地域において、竜巻強度に関係する指数も強まる傾向が予測された（ただし、6～8 月は北海道の一部を除き弱まる予測となった。[01005] 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。[31009]

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい
  【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】中程度

  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しない。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

  研究・報告数は少ない。気候予測モデルやシナリオを用いた予測がなされているが、特定のモデルを用いたものに偏っている。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（指数）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、インフラ、産業、人命等に対する影響の予測はほとんど行われていない。

３.５ 健康

※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。

【冬季の温暖化】

（１）冬季死亡率

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 2 件。

文献	地域	現在の状況
52066	全国（結果で示されているのは北海道、東京、愛知、大阪）	少なくとも我々が月ごとに実施した分析によると、寒い月の気温はどの月も、死亡率に影響しないことが明確に示された。Armstrong の発見や我々が月ごとに行った分析から、V 字型の寒冷側はインフルエンザの流行や他の季節的な要素が関係していることが提唱できる。
52071	海外	寒波が冬季死亡率全体にわずかな影響を及ぼすものであることは認められるべきである。結果として、寒波に起因する死亡率の変化が冬季死亡率全体を決定づける可能性はほとんどない。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 1 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
51001	メッシュ別の気温データ、死亡推定数、健康影響関数の値を用いて低気温関連死亡数等を予測した研究。 ・モデル：NICAM ・シナリオ：RCP4.5	1970 年代 2000 年代 2030 年代	日本・関東	2030 年代の冬季の平均気温は全国的に 2000 年代よりも上昇し、*【全死亡（非事故）に】*低気温関連死亡の占める割合は全国的に減少する。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、低気温関連死亡数自体は増加する。なお、超過死亡数*【低気温によって死亡がどの程度増加したかを示す指標】*は都市部で顕著にみられる。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：日本 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	高齢者人口の増加
	社会／経済／環境	社会：*【人命・健康】* 経済： 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状：未確認 将来：2030 年前後
	適応の着手等が必要な時期	記載なし *【好影響】*
確信度	研究・報告の量	3 件 現在の状況：2 件（52066, 52071） 将来予測される影響：1 件（51001）
	研究・報告の種類	モデル予測（1 件：51001）

評価の視点等	文献から得られた情報
研究・報告の整合性	冬季死亡率の全国的な減少（1 件：51001）
適応の可能性	記載なし
他の分野・項目との関係	記載なし

（気候変動による影響の要因）

- 気候変動による冬季の気温の上昇は、災害レベルの寒波・大雪などの頻度が減少すれば冬季の死亡数を低下させる可能性がある。日常レベルの日別にみた気温の低下では死亡リスクの上昇は認められていないため、単なる冬期の平均気温の上昇によって冬期の死亡率が低下するかどうかは不明である。

（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。

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確認できていない。

（将来予測される影響）

〔概　要〕

- 冬季の平均気温は、RCP4.5 シナリオ[1]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）に占める低気温関連死亡の割合が減少することが予測された。しかし、この予測は季節の影響と冬期における気温の相違による影響を分離して行われる前の研究である。季節の影響を分離すれば、低気温関連死亡の割合の減少は、この予測よりも小さくなることが想定される。

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、健康影響関数の値を用いて低気温関連死亡数等を予測した研究によれば、RCP4.5 シナリオを前提としたNICAM モデルによる予測情報を用いた場合、2030 年代の冬季の平均気温は全国的に 2000 年代よりも上昇し、全死亡（非事故）に占める低気温関連死亡の割合は全国的に減少する。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、低気温関連死亡数自体は増加する。なお、超過死亡数（低気温によって死亡がどの程度増加したかを示す指標）は都市部で多くみられる。

[1] 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。

51001)

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】「特に大きい」とは言えない

  冬季死亡率の低下そのものは好影響であり、人命損失や経済的損失、環境への影響などをもたらすものではない。

- 緊急性：【評価】低い

  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、既往の知見が確認できていないが、2030 年代に影響が生じることが予測されている。冬季死亡率の低下そのものは好影響であり、適応の着手が緊急に求められるものではない。

- 確信度：【評価】低い

  研究・報告数は限定的であるが、NICAM（全球大気モデル）と領域モデルを使用した定量的予測の研究例である。ただし、季節と季節内の気温の影響を分離していないため、気温上昇による好影響を過大評価している可能性がある。

【暑熱】

※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・睡眠阻害、暑さによる不快感等を主な対象として扱う。

（1）死亡リスク

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 2 件。

文献	地域	現在の状況
52069	東京 23 区	暑さ指数（WBGT）の月平均の空間分布は東京 23 区の熱リスクの不均一性を示している。暑さ指数は 23 区西部、特に北西で高い傾向にある。
53003	世界	暑い日数と死亡者の増加には大きな関連がある。IPCC の特別報告書（SREX）では、全球規模での「寒い日・夜の減少」と「暖かい日・夜の増加」が非常に確からしいと結論づけている。日最高気温が増加しているとすれば、熱関連死亡者の数も増加している可能性がある。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 6 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
01002	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変化を予測した研究 ・モデル：MIROC3.2-hires ・シナリオ： BAU（SRES B2、気温上昇は SRES B2 上限の＋3.8℃としている） 450s（2100 年時に約 2.1℃上昇）, 550s（2100 年時に約 2.7℃上昇）	2020s 2030s 2040s 2050s 2060s 2070s 2080s 2090s	日本	最も厳しい安定化レベル（450s）の場合には、死亡リスクの増加速度が今世紀末に向かって徐々に低下する。450s、550s、BAU で比較すると、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 倍と比較的小さな差にとどまるが、今世紀末（2090 年代）には安定化レベルによって死亡リスクに大きな差が現れ、約 2.1 倍、約 2.8 倍、約 3.7 倍に達する。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リスクの変化を生じるとされている。
01003	AR5 で用いられた最新の気候シナリオを用いて、複数の異なる気候安定化レベルや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。男女別、年齢階級別（0～19 歳、20～64 歳、65 歳以上）に影響関数を作成し、熱ストレスによる超過死亡数を計算。 ・モデル：GCM(MIROC5, MRI-CGCM3.0、GFDL CM3、HadGEM2-ES ・シナリオ：RCP2.6, 4.5, 8.5	2031～2050 年 2081～2100 年	日本	熱ストレス超過死亡数は、適応策がない場合、将来期間、RCP、年代によらず、すべての県において 2 倍以上となる。適応策ありの場合、その定義から、今回の設定（人口が現状）では超過死亡数が現状とほぼ同一となるが、実際には 100%の適応はありえず、適応なしよりは低くなるものの、超過死亡数は増加するものと考えられる。
03001	IPCC AR5 WG2 SPM における各分野のリスクに関する記述。	特定されていない	特定されていない	特に脆弱な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のリスク。
51003	地球温暖化による健康影響を包括的にレビューした研究（定性的な言及）	なし	日本等	地球温暖化により直接的に現れる影響として、呼吸器・循環器疾患等を有する人々の死亡率の増加が示されている。また、熱中症患者の増加やそれによる死亡数の増加も起こり得る。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
52046	アジアの複数都市を対象とした研究（定性的な言及）	なし	東京、武漢、南京	気候変動に起因する重大な直接影響として夏季の熱波の頻度が増加し、死亡率や罹患率に関係する熱ストレスの発生が増加する可能性がある。 ※52047 は同一筆者によるもので内容もほぼ同様。
53002	WHO に区分された地域別に暑さが原因の超過死亡数の推計を行った研究。 ・モデル：BCM2 ・シナリオ：SRES A1B	2030 年 2050 年	アジア	WHO に区分された地域の熱による死亡者数の将来予測結果によると、アジア地域は気候変動影響に対して脆弱である。一部の地域では熱による死亡が死因の 0.6%を占めている。また一部の高所得地域では 0.1～0.4%増加する。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：日本，全球 期間：現状（1961～1990 年）、2030 年、2050 年など
	影響が発生する可能性	*【ほぼ確実】*
	影響の不可逆性	*【死亡なので不可逆】*
	持続的な脆弱性・曝露	*【高齢者人口の増加】*
	社会／経済／環境	社会：*【人命・健康】* 経済： 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状：熱中症の増加は既に顕れているが、その他の疾患の死亡リスク増加も確認されており、熱中症よりも大きな影響がある。 将来： 01002：2020S～2090S 01003：2031～2050 年及び 2081～2100 年 53002：2030 年、2050 年
	適応の着手等が必要な時期	*【人命に直接影響が及ぶため直ちに適応への着手が必要】*
確信度	研究・報告の量	8 件 現在の状況：2 件（52069, 53003） 将来予測される影響：6 件（01002, 01003, 03001, 51003, 52046, 53002）
	研究・報告の種類	モデル予測（3 件：01002, 01003, 53002） レビュー文献（2 件：03001, 51003）
	研究・報告の整合性	熱ストレスによる死亡数あるいは死亡率の増加（5 件）
適応の可能性		記載なし
他の分野・項目との関係		記載なし

（気候変動による影響の要因）

- 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、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、また熱中症を増加させる。間接的には、気温上昇に伴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せる可能性がある。

(現在の状況)

〔概　要〕

- 気温の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）の増加は既に生じていることが世界的に確認されている。

現時点で収集された文献から、気温上昇による超過死亡の増加は既に生じていると報告されている。[53003)] 過去にも多くの地域ごとの文献があり、至適気温を超えると超過死亡が生じることが報告されている。近年、超過死亡のリスクが低くなりつつあるとの報告はあるが、消失したとする報告はない。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 東京を含むアジアの複数都市では、夏季の熱波の頻度が増加し、死亡率や罹患率に関係する熱ストレスの発生が増加する可能性があることが予測されている。
- 日本における熱ストレスによる死亡リスクは、450s シナリオ[2]及び BaU シナリオ[2]の場合、今世紀中頃（2050 年代）には 1981～2000 年に比べ、約 1.8～2.2 倍、今世紀末（2090 年代）には約 2.1～約 3.7 倍に達することが予測されている。
- RCP2.6 シナリオ[2]の場合であっても、.熱ストレス超過死亡数は、年齢層に関わらず、全ての県で 2 倍以上になると予測されている。

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のリスクを挙げている。[03001)]

アジアの複数都市を対象とした研究によれば、気候変動に起因する重大な直接影響として夏季の熱波の頻度が増加し、死亡率や罹患率に関係する熱ストレスの発生が増加する可能性がある。[52046)] 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 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リスクの変化を生じるとされている。[01002)] さらに、RCP2.6、4.5、8.5 シナリオ[2]を用い、全年齢を対象にして、2031～2050 年及び 2081～2100 年（2010 年基準）の超過死亡数を計算した研究（MIROC5 等複数モデルを使用）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、すべての県において 2 倍以上となる。[01003)]

[2] 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。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい
  【観点】社会

  影響の範囲は全国に及ぶ。また、我が国の高齢化の進行は当該影響に対する持続的な脆弱性の一要素となる。人命損失に直接つながるものであり、特に社会的な観点での重大性は高い。

- 緊急性：【評価】高い

  既に気候変動に起因する熱ストレスによる死亡リスクの増加は顕在化しているとされており、今世紀半ば～今世紀末にかけて影響が拡大することが予測されている。人命に関わる影響であり、可能な限り早く対応・意思決定が必要である。

- 確信度：【評価】高い

  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。

（2）熱中症

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 17 件。

文献	地域	現在の状況
01001	日本	熱中症による死亡者数には増加傾向があり、特に記録的な猛暑となった 2010 年には、過去最多の死亡者数となっている。また、日最高気温が高くなるにつれて熱中症の発生率は高くなる傾向にあるが、熱中症による死亡者数は、特に高齢者ほど多くなっている。
52002	全国政令市、沖縄県	2000 年以降、前年と比較して熱中症患者の減少した年（2003 年、2006 年、2009 年など）も見られるが、全体的には上昇傾向にある。
52003 52004	山梨県	山梨県においては、2008 年から 2010 年にかけて熱中症の発生数が増加している傾向がみられたと報告している。
52005	山梨県	2004 年から 2012 年までの熱中症発生データを用いて、地域（山梨県内を 6 地域に区分）別、行動別、年齢別、空間別、月別の熱中症発生状況について解析を行った。
52010	日本	全国の救命救急センター、日本救急医学会認定指導医指定施設を対象に調査を行った。2010 年調査結果では、重症度においては 2006 年に比べ II 度の患者割合は 18%から 27%へ、III 度患者は 20%から 29%へ増加したことは、本邦の夏の暑さが、かつてのものとは大きく変化していることを示している。更に参加施設は 66 から 94 施設と約 1.5 倍増に対し、登録症例数は 525 から 1,781 例と 3 倍以上にまで増加した。これは、温暖化による熱中症患者の単純増だけではなく、熱中症への一般市民、そして何より救急医療関係者の注目度の高まりによる影響と考えられる。
52045	特定されていない	大都市での夏の猛暑は昼夜の冷房装置の必要性を増す。冷房装置の使用は、一方で外気気温の上昇をもたらすとともに、他方で電力需要の増大による二酸化炭素放出を増加させる。これらの相乗作用の結果、一層の温暖化が進み、高齢者や乳幼児（さらに大都市に住む貧困層）に健康悪影響（熱中症など）を及ぼす。
52047	特定されていない	高齢者の間で、熱中症のような暑さからくる疾病の発症率が夏季の気温上昇に伴い、急速に増加している。
52057	北海道	1999 年 8 月の北海道は、最高気温、平均気温とも 1995～1998 年に比べて高く、また 30 度を超えた日数も過去よりも多かった。結果、1999 年 8 月の年齢調整死亡率は他よりも有意に高かった。
52060	関東	関東主要都市における 2000 年から 2009 年の熱中症による救急搬送患者の解析を行った。夏季の気温（apparent temperature）上昇は、熱中症が原因の救急搬送数の多さに関係している。
	日本	日本全国における、2012 年 7 月の熱中症による救急搬送者数が、過去の同時期と比較して 17%増加という急上昇を記録した。
52081	なし	暑熱への曝露、極端現象による心身ストレス、感染症、栄養条件の低下などは定量的に評価することは難しいが、これらの影響は労働者への大きな脅威となる。
53001	東京	東京では気温の上昇につれて、住民が熱中症や寝苦しさを含む、より多くの健康問題を経験している。どちらも夜間温度がより高くなっていることと関係している。
82002	広島県広島市	広島市内で救急搬送された熱中症患者数について、2000 年からの記録をみると、増加傾向にあり、2007 年には 267 人に達している。また、日最高気温が 32℃あたりから 1 日あたりの患者数が急激に増加している。
82005	福井県	2008 年は 178 名、2009 年は 83 名、2010 年は 375 名が熱中症により救急搬送された。搬送者数は年によってかなり違いがあり、この 3 年間では 2010 年が最も多く、2009 年に比較すると約 4.5 倍であった。月別の搬送者数は、2008 年は 7 月が最も多く、2009 年と 2010 年は 8 月が最も多かった。2008 年と 2009 年は 9 月には発生は一桁に減少したが、2010 年は 9 月に入ってからも 49 名が搬送されたのが特徴的であった。
82006	三重県	三重県では、近年、各地域の消防本部において熱中症による救急搬送者数や死亡者数の集計が順次開始されているが、夏季に発生する熱中症被害者数については、平成 21 年度以降、県内全ての消防本部において集計されるようになった。各消防本部の集計結果によると、過去 4 年間（平成 21～24 年度）における救急搬送者数のうち、平成 22 年度以降の 3 年間の報告数は平成 21 年度に比べ倍以上と多くなっている（平成 24 年度の救急搬送者数は 754 人）。
	三重県尾鷲市、北牟婁郡紀北町	尾鷲市と北牟婁郡紀北町を管轄する三重紀北消防組合消防本部は、平成元年から熱中症による救急搬送者数を集計している。この結果から、尾鷲市と紀北町で報告される救急搬送者数は集計開始年から増加傾向にあり、特に最近 5 年間に関しては年によって 15 人を超える搬送者数が報告されていることがわかる。
82007	三重県	三重県では、気候変動によるものと断定はできないものの、気温と何らかの関連性をもちながら既に生じつつあると考えられる事象として、熱中症患者の発生リスクの増加（県全体の長期にわたる傾向は把握できていませんが、例えば紀北消防組合消防本部の

文献	地域	現在の状況
		平成元年の記録からは熱中症救急搬送者数の増加傾向が読み取れます）が挙げられます。
82053	宮崎県、鹿児島県等	消防庁の資料によると、平成 20 年は宮崎県、鹿児島県等において、救急搬送者に占める熱中症患者の割合が比較的高い状況にあった。
	九州・沖縄地方	「現実に起きており、かつ深刻と考えている現象」として、健康担当部署の約 6 割が「熱ストレスによるリスク（熱中症患者など）の増加」を挙げている。 ＜地方自治体へのアンケート結果＞

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 5 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測の概要	時期	地域	影響の内容
01003	AR5 で用いられた最新の気候シナリオを用いて、複数の異なる気候安定化レベルや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。 ・モデル： GCM (MIROC5, MRI-CGCM3.0, GFDL CM3,HadGEM2-ES) ・シナリオ： RCP2.6, RCP 4.5, RCP 8.5	2031 ～ 2050 年 2081 ～ 2100 年	日本	温暖化の進行に伴い、熱ストレス超過死亡者数（適応なし）および熱中症搬送者数は急激に増加する。 熱中症搬送者数は、21 世紀半ばの RCP8.5 において、四国を除き、2 倍以上を示す県が多数となる。21 世紀末では、RCP2.6 を除き、年代によらずほぼ全県において 2 倍以上の搬送者数になると見積もられた。
03001	IPCC AR5 WG2 SPM における各分野のリスクに関する記述。	なし	なし	特に脆弱な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のリスク。
52002	救急搬送熱中症患者情報を基礎情報として、熱中症患者発生状況と温度指標の関係、地域や属性による差異について検討して得られた温度－影響関数を用いて、将来の熱中症患者予測を行った研究。 ・モデル：MIROC ・シナリオ：記載なし	2031 ～ 2050 年 2081 ～ 2100 年	日本	2031～2050 年、2081～2100 年の熱中症患者発生率は、九州、関西、愛知、首都圏が高く、北海道、東北、中部・東海・北陸が低い傾向が見られた。上位、中位、下位（各 1/3）で分類すると、それぞれに分類される都道府県は現在（1981～2000 年）とほぼ同様であった。一方、現在との比較（対 1981～2000 年比）では、現在発生率の高い地域ほど増加率は低く、現在発生率の低い地域ほど増加率は高い結果となった。増加率は、発生率以上に地域差が明確で、北海道、東北、関東で大きく、四国、九州・沖縄で小さい結果となった。具体的な増加率について見ると、北海道、沖縄を除く地域では、2031～2050 年は 1981～2000 年に比べて 2.2～2.8 倍、2081～2050 年は 5.1～6.6 倍で、それほど大きな地域差は見られなかった。しかしながら、北海道では 2031～2050 年 3.6 倍、2081～2100 年 17.1 倍と他地域に比べて増加率が大きく、逆に沖縄県では 2031～2050 年 1.5 倍、2081～2100 年 2.0 倍と他地域に比べて増加率が小さい結果となった。両地域については他地域と異なる温度－影響関数を使用したことも影響したと考えられる。また、2031～2050 年、2081～2100 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れば、その影響はより深刻と考えられる。
52047	日最高気温、日平均気温別の救急搬送患者をもとに、温暖化（+0.5℃、+1.0℃、+2.0℃、+4.0）時の影響を予測	2100 年	東京	東京都における熱中症患者（救急搬送）は 1994 年の 338 人から+2.0℃上昇時には 1,111 人、+4.0℃上昇時には 3,122 人に達すると考えられる。

文献	予測の概要	時期	地域	影響の内容
52068	メソ気象モデル（WRF）を利用して将来の熱ストレスを予測した研究。 ・モデル：CSIRO_Mk_3.0、MRI_CGCM2.3.2a、MIROC_3.2_medres ・シナリオ：SRES A1B	2070 年代	日本(主に東京、大阪､名古屋)	東京では、暑さ指数（WBGT）の厳重警戒レベルを超える時間が 2000 年代から 2070 年代にかけて、112 時間から 232 時間に増加する。これは 2010 年の猛暑に匹敵するものであり、日中の全時間の 62%で野外での激しい運動が制限されることを意味する。名古屋や大阪における将来の日中気温は東京のそれよりも不快になることが示された。

(重大性・緊急性・確信度等の情報)

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：日本 期間：
	影響が発生する可能性	〔高い〕
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	*【高齢者人口の増加】*
	社会／経済／環境	社会：*【人命・健康】* 経済： 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状：既に発現している。 将来： 2031～2050 年, 2081～2100 年（52002, 01003）、2070 年代（52068） 上昇温度ごとに影響予測（予測年次を特定していない）（52047）
	適応の着手等が必要な時期	〔今すぐ〕 *【人命に直接影響が及ぶ】*
確信度	研究・報告の量	20 件 現在の状況：17 件（01001, 52002, 52003, 52004, 52005, 52010, 52047, 52045, 52057, 52060, 52081, 53001, 82002, 82005, 82006, 82007, 82053） 将来予測される影響：5 件（01003, 03001, 52002, 52047,52068）
	研究・報告の種類	モデル予測（3 件：01003,52002,52068）
	研究・報告の整合性	熱中症患者数の増加（3 件）
適応の可能性		記載なし
他の分野・項目との関係		記載なし

(気候変動による影響の要因)

- 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、その影響がより深刻となる可能性がある。

(現在の状況)

〔概　要〕

- 気候変動の影響とは言い切れないものの、熱中症搬送者数の増加が全国各地で報告されている。
- 労働効率への影響等、死亡・疾病に至らない健康影響については、国内の報告は限られている。

気候変動の影響とは言い切れないものの､熱中症搬送者数の増加が全国各地で報告されている。

健康影響では死亡・疾病が一般にクローズアップされるが、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。ただし、このような非臨床的な影響についての報告は限られている。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。[52081)]

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 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。
- 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。
- RCP8.5 シナリオ[3]を用いた予測では、21 世紀半ばには、熱中症搬送者数は、四国を除き 2 倍以上を示す県が多数となり、21 世紀末には、RCP2.6 シナリオ[3]を用いた予測を除きほぼ全県で 2 倍以上になることが予測されている。
- 労働効率への影響等、気候変動の臨床症状に至らない健康影響について、国外では報告があり、IPCC 第 5 次評価報告書にも採り上げられている。一方で、国内では報告が少ない。

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のリスクを挙げている。[03001)] 一方、国内では、労働効率への影響等、気候変動の臨床症状に至らない健康影響についての報告は少ない。

将来の熱中症患者発生率を予測した研究（MIROC を使用）によれば、2031～2050 年、2081～2100 年の熱中症発生率は、九州、関西、愛知、首都圏が高く、北海道、東北、中部・東海・北陸が低い傾向がみられ、一方、現在との比較（対 1981～2000 年比）では、現在発生率の高い地域ほど増加率は低く、現在発生率の低い地域ほど増加率は高い結果となることなどが示されている。増加率は、発生率以上に地域差が明確で、北海道、東北、関東で大きく、四国、九州・沖縄で小さい結果となっている。また、2031～2050 年、2081～2100 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れば、その影響はより深刻と考えられる。[52002)] また、IPCC 第 5 次評価報告書で用いられた最新の気候シナリオを用い、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。[01003)]

[3] 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。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい
  【観点】社会

  影響の範囲は全国に及ぶ。また、我が国の高齢化の進行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、本分野で用いられた救急搬送患者数と死亡数（人口動態統計）には強い関連があり、患者数の増加は人命損失にもつながるものであり、重大性は高い。

- 緊急性：【評価】高い

  既に夏季の高温による熱中症患者数増加の傾向は確認されており、今世紀半ば～今世紀末にかけて影響が大きくなることが予測されている。人命にも関わる影響であり、できるだけ早く対応・意思決定が必要である。

- 確信度：【評価】高い

  研究・報告のベースとなっている救急搬送患者数のみならず、死亡数（人口動態統計）、医療機関受診者数でも熱中症患者数の発生（率）の増加傾向には一致がみられる。

  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)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われており信頼性は高い。

  一方、予測のベースとなる現在の熱中症患者数については、近年の患者数変動は必ずしも気象条件のみを反映したものとはいえず、熱中症によるリスクの認識の浸透等、社会的要因の影響も否定できない。しかしながら、将来予測における患者数の増加率については信頼性は高いと考えられる。

【感染症】

※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。

（1）水系・食品媒介性感染症

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 3 件。

文献	地域	現在の状況
01001	九州	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、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、海水表面温度が 20℃以上になると検出数が増加するが、この 20℃の北限線は近年北上する傾向がみられる。
52013	日本（本州、四国、九州）	近年、シガテラ中毒は亜熱帯地域だけではなく、（日本の本州、四国、九州地域を含む）温帯地帯でも報告されている。それゆえ、日本の沿岸地域の公衆衛生問題はより深刻さを増している。
	日本	日本の沿岸域を対象として数十年間に及び実施されてきた調査によると、シガテラ中毒を引き起こす毒を生成する Gambierdiscus spp.が亜熱帯地域や温帯地域から広く拡大していることが判明した。
52093	日本	ニワトリ飼育期間中の高気温と高湿度、短い日照時間は、気温上昇期においてブロイラーのニワトリ群中にカンピロバクターのコロニーの形成を促進した。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 3 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
01003	影響評価研究プロジェクト報告書のうち、総論としての定性的な記述箇所。	なし	なし	地球温暖化による感染症への影響として、（中略）水を介した感染症（水媒介性感染症）の発生数の増加がおこると考えられている。
51003	地球温暖化による健康影響を包括的にレビューした研究（定性的な言及）	なし	アジア（先進国）	地球温暖化により、影響を受ける感染症として、水や食物を介して感染する細菌性下痢症があげられる。特に、アジア（特に南アジア）におけるコレラ、ジアルジア、サルモネラなどの感染症の増加が予想されている。（中略）しかし、上下水道等の基盤や物流基盤が整備されている先進国においては、これらの基盤が大規模異常気象等によって破壊されない限り、地球温暖化による水系感染症の大きな増加はないと予想される。
			日本等	ビブリオ・バルニフィカス感染症の北海道への拡大
52012	現状の下痢症罹患率と、発病因子間での重回帰分析による将来の下痢症罹患率の推計 ・シナリオ : SRES A1B、SRES A2、SRES B1、SRES B2 （WHO による世界疫病負担調査 2000（GBD）の地域区分に基づき、地域別に GBD で報告された 2000 年（現状）の下痢発病率と、発病関連因子間で重回帰分析を行い、将来の下痢発病率を推計。）	2055 年	世界	現状給水率が既に 100%に達している地域（グループ I : AMRO_A、EURO_A、EURO_C、WPRO_A）の 2055 年の下痢発病率は、シナリオ間で気温上昇の度合いに応じ若干の差異があるものの、現状とほぼ変わらない低いレベル（0.20～0.25）となる。 【日本は WPRO_A に属する。数値の単位は回（下痢発病数）/年/人】

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	現状の下痢症罹患率と、発病因子間での重回帰分析による将来の下痢症罹患率の推計 ・シナリオ : SRES A1B、SRES A2、SRES B1、SRES B2 （WHO による世界疫病負担調査 2000（GBD）の地域区分に基づき、地域別に GBD で報告された 2000 年（現状）の下痢症罹患率と、発病関連因子間で重回帰分析を行い、将来の下痢症罹患率を推計。）	2025 年 2055 年	世界	下痢発病率に関しては、2025 年において A1B（0.49）、B1（0.45）、B2（0.51）、2055 年において A1B（0.39）、B1（0.35）、B2（0.40）となり、最も低い B1 でさえ 2055 年で 2000 年から約 50%の削減にとどまっており、さらなる削減努力が必要である。A2 に関しては、2055 年においても 0.54 と他のシナリオの 2025 年レベルにとどまっている。また、温暖化による発病率の増分(ベースラインケースとの差)は、A2 で最も大きくなる。 【数値の単位は回（下痢発病数）/年/人】
	水系感染症のうち下痢を評価対象とした研究。 （該当箇所の記述は IPCC 第 3 次評価報告書からの引用）	なし	世界	温暖化によるコレラやクリプトスポリジウムなど、下痢をもたらす感染症も増大することが懸念されている。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア： ・ビブリオ・バルニフィカス感染症は北海道への拡大) 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	*【高齢者人口の増加】*
	社会／経済／環境	社会：*【人命・健康】* 経済： 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状：ビブリオ・バルニフィカス菌による感染症が、九州地方で比較的多く報告されている（01001）。シガテラ中毒は日本の本州、四国、九州地域を含む温帯地帯でも報告されている（52013）。 将来：定性的に予測されているのみ。
	適応の着手等が必要な時期	*【人命に直接影響が及ぶ】*
確信度	研究・報告の量	6 件 現在の状況：3 件（01001, 52013, 52093） 将来予測される影響：3 件（01003, 51003, 52012）
	研究・報告の種類	モデル予測（1 件：52012 のモデル予測箇所） その他は定性的情報
	研究・報告の整合性	・ 水系感染症の罹患数の増加（2 件：01003, 52012） ・ 給水率 100%の地域における 2055 年の下痢症罹患率は、現状とほぼ変わらない低いレベル（1 件：52012 のモデル予測箇所）
適応の可能性		感染症サーベイランス、ワクチン接種、啓発活動、多数の対策の記載あり（51003）
他の分野・項目との関係		自然災害

（気候変動による影響の要因）

- 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、水系感染症のリスクを増加させることが想定される。
- 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。

(現在の状況)

〔概　要〕

- 気候変動による水系・食品媒介性感染症のリスクの増加について、現時点で研究事例は限定的にしか確認できておらず、気候変動との関連は明確ではない。

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[4]が、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、海水表面温度が 20℃以上になると検出数が増加するが、この 20℃の北限線は近年北上する傾向がみられる。[01001)] 欧米を中心にカンピロバクター感染症[5]と気温との正の関連が報告されており、日本でもニワトリ飼育期間中の高気温がブロイラーのニワトリ群におけるカンピロバクターのコロニー形成との正の関連が報告されている。

感染症ではないものの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、(日本の本州、四国、九州地域を含む) 温帯地帯でも報告されている。[52013)]

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 気候変動による水系・食品媒介性感染症の拡大が懸念されるが、現時点で研究事例は限定的にしか確認できていない。

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。[01003)]

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

- 重大性：【評価】現状では評価できない

  影響の範囲は全国に及ぶ可能性がある。人の健康に直接つながるものであるが、日本においては十分な研究がなされていない。

- 緊急性：【評価】現状では評価できない

  ビブリオ・バルニフィカス菌による感染症が既に九州地方で比較的多く報告されているが、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。人の健康に直接つながる

[4] ビブリオ・バルニフィカス感染症：海水や汚泥、そこに生息する魚介類に広く分布するビブリオ・バルニフィカス菌による感染症。経口または創傷感染する

[5] カンピロバクター感染症：主にカンピロバクター・ジェジュニに汚染された加熱不十分な鶏肉などが原因食品となる細菌性食中毒。

ものであるが、日本においては十分な研究がなされていない。

- 確信度：【評価】低い

  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、下痢症罹患率は現状とほぼ変わらない低いレベルとなるとしている予測もある。ただし、定性的な評価が主で、定量的評価が限られている。

（2）節足動物媒介感染症

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 4 件。

文献	地域	現在の状況
01001	東北、岩手県	ヒトスジシマカの分布は、年平均気温 11℃以上の地域とほぼ一致しており、1950 年以降、分布域は東北地方を徐々に北上していく傾向がみられる。岩手県では、2009 年と 2010 年の調査で、北限地点が約 30km 北上したことが確認され、これは気温の上昇が影響しているとの報告がある。
01003	日本	ヒトスジシマカは蚊媒介性ウイルス感染症のベクターとして最も重要である。ヒトスジシマカの分布域の調査と気温との関係に関する研究から、現在日本における分布域の北限が東北地方北部であり、この北限年々北上していることが明らかとなった。
82005	なし	国立感染症研究所の調査では、50 年以上前との比較でデング熱等を媒介するヒトスジシマカやネッタイシマカの生息域が拡大していることが指摘されている。
82006	日本	1945 年以降は国内での流行はなく、海外旅行等で感染し国内で発症する例がほとんどであるが、媒介蚊であるヒトスジシマカは国内に生息していることから、三重県においても引き続き警戒が必要である。2010 年には国内の総報告数が 245 例を記録したが、2012 年は 8 月 5 日時点で 2010 年を上回る 84 例が報告されている。 【デング熱に関する記述】
	石垣島、沖縄	インド、中国、東南アジアなどでは Culex vishnui が重要な日本脳炎媒介蚊であり、従来日本には分布していなかったが、1992 年に石垣島、2002 年に沖縄で存在が確認された。
	兵庫県、愛知県、京都府	セアカゴケグモ[6]はオーストラリア原産と考えられているクモで、コブラ毒に匹敵する毒をもっており、咬まれて毒が回ると発汗や吐き気、頭痛等の症状が出る。1995 年に高石市や四日市市で発見されたが、現在では大阪府や三重県以外にも兵庫県、愛知県、京都府などで確認されている。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 8 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
01001	国の気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポートの記載。	なし	日本	ヒトスジシマカの分布拡大は、直ちにデング熱等の流行に結びつくものではないが、今後デング熱流行のリスクを有する地域が拡大していくことを示唆しているといえる。
01003	ヒトスジシマカの分布調査と気象因子の比較から、生息のための気候パラメーターを明らかにし、気候変動に伴う分布域の変動を明らかにした。	なし	東北、北海道	ヒトスジシマカの分布域を定める気候パラメーターは年平均気温 11 度の気温であり、温暖化が進行すれば、いずれ東北地方全域、また北海道も年平均気温 11 度以上になると予想されることから、ヒトスジシマカはいずれ東北地方全域、さらには北海道に侵入すると推察される。したがって、温暖化によって、東北地方北部、北海道でも将来デング熱やチクングニア熱[7]の流行が起こるリスクが生ずることになる。

[6] セアカコケグモによる健康影響は感染症の範疇ではないが、動物由来の健康影響の一つとして本項で扱う。

[7] チクングニア熱:ヒトスジシマカ、ネッタイシマカ等の蚊によって媒介されるチクングニアウイルスの感染症。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	AR5 で用いられた最新の気候シナリオを用いて、複数の異なる気候安定化レベルや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。 モデル： MIROC5, MRI-CGCM3.0、GFDL CM3、HadGEM2-ES シナリオ：RCP2.6、4.5、8.5	2031～2050 年 2081～2100 年	日本、北海道、東北	【全国影響】ヒトスジシマカ分布域：現状は国土の約 40%弱であるが、21 世紀末の RCP8.5 シナリオ下においては、国土全体の約 75～96%に達すると見込まれる。 【地域別影響】北海道と東北を除き、生息可能域が広範囲に広がっている。将来期間によらず、現在生息可能域が少ない北海道と東北において現状の 2 倍以上となる。
	定性的な記載。	なし	なし	地球温暖化による感染症への影響として、蚊媒介性感染症の発生地域の拡大、流行規模・患者数増加や水を介した感染症（水媒介性感染症）の発生数の増加がおこると考えられている。
51003	地球温暖化による感染症への影響を包括的にレビューした研究（定性的な言及）	なし	世界	地球温暖化によって、媒介蚊の生息域の拡大、媒介蚊数の増加や活動の増加が起こることにより、蚊媒介性感染症発生地域が拡大し患者数も増加すると推察される。
			アジア、世界	IPCC 第 4 次報告書においても、気候変動によって、アジアや南北アメリカにおけるデング熱の流行、マラリアの流行地域の世界的な拡大の可能性が予想されている。
			東北、北海道	日本脳炎の患者発生は気温の変化によってのみによって左右されるわけではないと考えられるが、温暖化によって日本脳炎媒介蚊の生息域が拡大し、さらに蚊の活動が盛んになれば日本脳炎の発生地域が東北、北海道にも拡大し、患者数も増加することが予想される。
				温暖化が進行すれば、いずれ東北地方全域、また北海道も年平均気温 11℃以上になると予想されることから、ヒトスジシマカはいずれ東北地方全域、さらには北海道に侵入すると予想される。従って、温暖化によって、東北北部、北海道でも将来デング熱やチクングニア熱の流行が起こるリスクが生ずることになる。
			全国	現在の日本の住宅構造を考えると、毎晩多数の蚊に吸血されるという可能性は少なく、現在の生活基盤が大規模自然災害等で大きく破壊されない限り、マラリアの流行が起こる可能性は低い。ただし、これらの状況が気候変動によって大きく変化する事態になれば、再流行する可能性はありうると考えられる。
			関東、中部	都市部での蚊の発生密度の上昇 【本文中では、日本脳炎ウイルスの媒介蚊（コガタアカイエカなど）の分布域拡大、デング熱やチクングニア熱の媒介蚊であるヒトスジシマカの分布域の北方への拡大が予想されていることが記載されている。】
			四国以南、九州、沖縄	ネッタイシマカの侵入（四国以南）・定着（九州，沖縄） 【本文中では、ネッタイシマカが温暖化により台湾南部に生息するようになったことが、2000 年代以降、台湾においてデング熱の大きな流行が発生するようになった一つの要因であると記載されている。】

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
			東北～中国地方、四国以南	デング熱の東北～中国地方での小流行、四国以南の地域での流行 【本文中では、デング熱の媒介蚊であるヒトスジシマカは、現在日本における北限が東北地方であり、この北限が年々北上していることが報告されていること。温暖化が進行すれば、ヒトスジシマカはいずれ東北地方全域、さらには北海道に侵入すると予想されることが記載されている。一方で、近年年間50～100人のデング熱患者が帰国しているが、日本でデング熱の流行が起こっていないことからも推察されるように、ヒトスジシマカの分布域の拡大がただちにデング熱の流行に結びつくものではなく、おそらくはその密度も重要な意味を持っていると考えられるという記載もある。】
			東北	コガタアカイエカの東北地方での生息密度の上昇 【上記記述に関連する本文中の記述は以下のとおりである：日本脳炎ウイルスは、日本に常在する蚊媒介性ウイルスである。現在日本においては、コガタアカイエカ（Culex tritaeniorhynchus）が日本脳炎ウイルスの主たる媒介蚊である。年間の日本脳炎患者数は年 10 人未満であるが、日本脳炎ウイルスの活動（実際には感染蚊の活動）は、毎年夏季、北海道を除く全国においてみられる（ただし、年によっては北海道においても日本脳炎ウイルスの活動がみられる）。日本脳炎ウイルスの活動は、気候との関連があることが知られている。特に、夏季の気温が高い年には東北地方においても日本脳炎ウイルス活動が活発となり高い活動が観察される。日本脳炎の患者発生は気温の変化によってのみによって左右されるわけではないと考えられるが、温暖化によって日本脳炎媒介蚊の生息域が拡大し、さらに蚊の活動が盛んになれば日本脳炎の発生地域が東北、北海道にも拡大し、患者数も増加することが予想される。】
51004	2000年の1kmメッシュ気候値を基準に将来の年平均気温を1kmメッシュ単位で予測。 ・モデル：MIROC（K-1）	2035年 2100年	本州の北端、北海道	ヒトスジシマカは 2035 年には本州の北端まで、2100年には北海道まで分布可能域が拡大する。
		2100年	九州、四国、本州南部	デング熱を媒介しうるネッタイシマカは現在国内には分布していないが、平均気温の上昇に伴い、沖縄・奄美地方に加えて九州から関東地方の太平洋沿岸でも分布可能となる。
52012	定性的な記載（日本に限らない）。	なし	世界	地球温暖化がもたらす蚊や水を媒介して生じる感染症の増大など間接的な影響においては、マラリア、デング熱の流行地域の拡大（中略）が懸念されている。
52063	地球温暖化による感染症への包括的影響に関する簡潔な要約（定性的な言及）	なし	日本	温暖化によって日本脳炎媒介蚊（コガタアカイエカ）の生息域が拡大し、蚊の活動も盛んになれば日本脳炎の発生域が拡大し、ワクチン接種等の対策を十分にとらないと、患者数も増加していくことが予想される。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
		なし	全国	現在の日本の住宅構造を考えると、毎晩多数の蚊に吸血されるという可能性は少なく、現在の生活基盤が大規模自然災害等で大きく破壊されない限り、マラリアの流行が起こる可能性は低い。ただし、これらの状況が気候変動によって大きく変化する事態になれば、再流行する可能性はありうると考えられる。
		なし	全国	温暖化やヒートアイランドなどで年平均気温が 11℃以上になる地域が今後も増えると、ヒトスジシマカの分布が一層北上する可能性もあります。※なお、ヒトスジシマカの分布域が拡大することは、将来、デング熱流行のリスクがある地域が拡大することを意味します。しかし、これらの地域で、すぐに流行が起こるとか、感染の可能性が高まるなどが考えられる訳ではありません。
		なし	全国	(1) 蚊類の世代数が増加することで、居住環境における蚊の個体数も増加し、蚊の生息密度が高まる可能性がある。 (2) 卵、幼虫、成虫などで越冬する蚊の冬季死亡率の低下が翌年の個体数増加に関わる可能性が考えられる。 (3) 都市部の雨水マスは冬期に結氷することがなくなり、蚊が幼虫で越冬する。 (4) 夏期の大都市部およびその周辺地域における平均気温の上昇が蚊体内でのウイルスの増殖をより活発化する可能性がある。 (5) 人々が屋内外でより軽装（半ズボン、半袖など）になり、蚊に吸血される可能性が高まり、その結果として感染リスクが増大する。
82002	自治体による温暖化影響調査報告書の定性的な記載。	なし	全国	温暖化により気温や降水量が変わることで、感染症を媒介する動物が増えたり、分布が広がったりする可能性はあり、日本でも昔流行したマラリアやデング熱といった感染症は、媒介する蚊（ヒトスジシマカ、コガタハマダラカ）が現在も生息しており、再び流行する可能性はあり得る。
		なし	全国	衛生水準の高い我が国においては、直ちに感染が広がる懸念はないが、温暖化の進展によって、媒介昆虫の越冬可能域が拡大すれば、現代社会では人や物資が広範囲に移動していることから、原虫・ウイルス等が持ち込まれた場合の感染リスクが高まることが考えられることから、発生状況を監視していく必要がある。
82006	自治体による温暖化影響調査報告書の定性的な記載。	なし	三重県	国内に存在する感染症で気候変動との関係性が指摘されている代表的なものとして、デング熱、マラリア、日本脳炎がある。現在、三重県内においていずれも大きな流行は発生していないが、将来、気候変動により媒介蚊の生息域が拡大したりウイルスの活動が活発化すれば、再発・再流行する可能性は考えられる。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：日本 期間： 記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	*【高齢者人口の増加】*
	社会／経済／環境	社会：*【人命・健康】* 経済： 環境：
緊急性	影響の発現時期	・デング熱、チクングニア熱： 現状：デング熱等媒介蚊（ヒトスジシマカやネッタイシマカ）の生息域の拡大が確認されている（82005、01001、01003、52063）。 将来： 1) 21 世紀末の RCP8.5 シナリオ下におけるヒトスジシマカ（デング熱の媒介蚊）の分布域の拡大が、国土の 75%から 96%に到達（1 件：01003） 2) MIROC(K-1)モデル下において、ヒトスジシマカの生息域拡大が 2035 年には本州北端、2100 年には北海道まで拡大（1 件：51004） 3) MIROC(K-1)モデル下において、ネッタイシマカの分布域が、2100 年には沖縄・奄美地方に加え、九州から関東地方の太平洋沿岸まで拡大（1 件：51004） ・マラリア： 現状：媒介蚊（コガタハマダラカ）が現在も生息している(1 件：82002) 将来：記載なし ・日本脳炎： 現状：日本脳炎媒介蚊が 1992 年に石垣島、2002 年に沖縄で確認されている（1 件：82006）。 将来：記載なし
	適応の着手等が必要な時期	*【人命に直接影響が及ぶ（デング熱など）】*
確信度	研究・報告の量	9 件 現在の状況：4 件（01001, 01003, 82005, 82006） 将来予測される影響:8 件(01001, 01003, 51003, 51004, 52012, 52063, 82002, 82006) （内訳） ・デング熱、チクングニア熱:9 件(01001, 01003, 51003, 51004, 52012, 52063, 82002、82005, 82006 ） ・マラリア： 5 件（51003, 52012, 52063, 82002, 82006） ・日本脳炎： 3 件（51003, 52063, 82006）
	研究・報告の種類	モデル予測（2 件：01003, 51004） その他は定性的情報
	研究・報告の整合性	・節足動物媒介性感染症の感染リスクの拡大、流行域の拡大 （8 件：01001, 01003, 51003, 51004, 52012, 52063, 82002, 82006） ・マラリア：日本の住宅構造から毎晩蚊に吸血される可能性は少なく、自然災害等により生活基盤が破壊されない限りにおいて、マラリアの流行が起きる可能性は現状(2000 年)とほぼ変わらず、低い。(1 件：51003)
適応の可能性		感染症サーベイランス、ワクチン接種、啓発活動、媒介蚊対策等、多数の対策の記載あり（51003、52063）
他の分野・項目との関係		自然災害、産業経済・国民生活

（気候変動による影響の要因）

- 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の分布可能域を変化させ、節足動物媒介性感染症のリスクを増加させる可能性がある。

(現在の状況)

〔概　要〕

- デング熱等の感染症を媒介する蚊（ヒトスジシマカ）の生息域が東北地方北部まで拡大していることが確認されている。また、気候変動とは直接関係しないが、2014 年には都内の公園で多数の人がデング熱[8]に罹患する事象が発生した。
- 他にも気候変動により感染リスクが増加する可能性のある感染症があるが、現時点で日本における具体的な研究事例は確認できていない。

媒介動物の分布域と生息可能時期が拡大している。また、国外等から媒介動物の新たな侵入が懸念される。

2014 年夏には都内の公園で多数の人がデング熱に罹患する事象が発生した。このこと自体は気候変動とは直接には関係しないが、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、2010 年には東北地方北部にまで拡大している。[82005,01001,01003)] また、従来日本には分布していなかった日本脳炎[9]媒介蚊が 1992 年に石垣島、2002 年に沖縄で確認されている[82006)]。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- RCP8.5 シナリオ[10]を用いた予測では、ヒトスジシマカの分布可能域は、21 世紀末には、北海道の一部にまで広がることが予測されている。ただし、分布可能域の拡大が、直ちに疾患の発生数の拡大につながるわけではない。
- 他にも気候変動の影響を受ける可能性のある感染症はあるが、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できていない。

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）を考慮して、患者数を予測した定量的知見が非常に限られている。

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、全国的な傾向として、現状は国土の約 40%弱であるが、21 世紀末の RCP8.5 シナリオ下においては、国土全体の約 75～96%に達すると見込まれる。[01003)]

[8] デング熱：ヒトスジシマカ、ネッタイシマカ等の蚊によって媒介されるデングウィルスの感染症。
[9] 日本脳炎：コガタアカイエカ等の蚊によって媒介される日本脳炎ウィルスの感染症。
[10] 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。

（重大性、緊急性、確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい
  【観点】 社会

  影響の範囲は全国に及ぶ可能性がある。人の健康に直接つながるものであり、社会的な観点での重大性は高い。現時点では、病原体の分布が拡大しているとは言い切れないが、日本において十分な研究がなされていない疾患もある。ヒトスジシマカ等の媒介動物の分布域が拡大していることから、病原体の種類や分布等に関する研究が必要である。

- 緊急性：【評価】中程度

  気候変動の観点から見た緊急性は中程度と判断される。デング熱等の媒介蚊（ヒトスジシマカ）について既に分布域の拡大が確認されており、今世紀半ば～今世紀末にさらなる分布可能域の拡大が予測されている。しかし、媒介動物の分布可能域の拡大等が、直ちに病原体の分布の拡大や、疾患の発生数の拡大につながるわけではない。

- 確信度：【評価】中程度

  研究・報告は複数みられ、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。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）を考慮した患者数予測に関する知見が非常に限られている。これらについて、今後、調査・研究が必要である。

（3）その他の感染症

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 3 件。

文献	地域	現在の状況
52072	福岡県	感染性胃腸炎発生に最も強く働く環境因子は、気温であった。気温 1℃の上昇につき、感染性胃腸炎の発生が 7.7%増加した。
52073	福岡県	(15 歳以下の子供の）感染性胃腸炎発生が、気温 13℃以下、湿度の低い場合に増加し、また気温 13℃以上で発生数が減少する。特に、5 歳以下の子供が最も大きなリスクにさらされている。
82002	広島県広島市	広島市では、2005～2006 年のシーズンに、3 月下旬に終息状態にあったインフルエンザが 4 月中旬から再び増加し、5 月になっても流行が続くという、以前にはなかったパターンとなった。このことについて、広島市感染症情報センターは、温暖化に伴う冬季の気温上昇や、エアコン等の普及による年間温度差の少ない室内環境により、人を取り巻く環境が徐々に変化し、季節性が乏しくなって流行期間が分散・長期化していることも考えられるとしている。
	沖縄県	沖縄県では、2004～2005 年のシーズンに、3 月と 7 月に患者数がピークとなる異例な状況が発生している。 【インフルエンザ患者数に関する記述】

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 2 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
52073	子供が気候変動または、極端な天候変化に対して最も脆弱であると考えられている。	なし	なし	子供が気候変動または、極端な天候変化に対して脆弱であると考えられている。（中略）消化器系の疾患は、病原体にかかわらず気候変動の影響に関するエビデンスが限られている。
82002	自治体による温暖化影響調査報告書の定性的な記載（「気候変動への賢い適応」(2008 年）をふまえつつ現状の光化学オキシダントの推移とあわせて定性的に類推)。	なし	日本	衛生水準の高い我が国においては、直ちに感染が広がる懸念はないが、温暖化の進展によって、媒介昆虫の越冬可能域が拡大すれば、現代社会では人や物資が広範囲に移動していることから、原虫・ウイルス等が持ち込まれた場合の感染リスクが高まることが考えられることから、発生状況を監視していく必要がある。
	沖縄県のインフルエンザ流行形態の変化（定性的な予測）	なし	沖縄	東南アジアでは、インフルエンザの流行が例年 6～8 月にピークがあると言われ、2000～2002 年のタイの報告では、1～2 月と 6～7 月にピークがあり、この流行パターンと類似していることから、今後、温暖化に伴う気象変動により、沖縄県のインフルエンザ流行形態も東南アジア型に移行することも考えられるので夏場の監視を強化する必要があるとし・

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：日本 期間：
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会：*【人命・健康】* 経済：

評価の視点等		文献から得られた情報
		環境：
緊急性	影響の発現時期	・インフルエンザ 現状：沖縄県において、インフルエンザの流行期間の変化が既に見られ、発生のピークが 2 回の年が見られた。: 2004～2005 年（82002） 将来：記載なし ・感染性胃腸炎 現状：15 歳以下の感染性胃腸炎の発生には、気温 13℃以下では気温の 1℃上昇毎に発生リスクが 11.8%増加し、13℃以上では気温の 1℃上昇毎に発生リスクが 3.9%低下する。（福岡県）: 1999～2007 年（52072）、2000～2008 年（52073） 将来：子供が気候変動に対して脆弱と考えられるが、気候変動の影響に関するデータがない。
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	3 件 現在の状況：3 件（52072, 52073, 82002） 将来予測される影響：2 件（52073, 82002） （内訳） ・インフルエンザ：1 件（82002） ・感染性胃腸炎：2 件（52072, 52073）
	研究・報告の種類	・モデル予測：なし
	研究・報告の整合性	・インフルエンザ：東南アジア型流行形態へ移行のおそれ（1 件：82002） ・感染性胃腸炎：天候変化に対して特に子供が脆弱（1 件：52073）
適応の可能性		・インフルエンザ：夏場の監視の強化 ・感染性胃腸炎：気候変動と感染性胃腸炎の病原体への曝露との関係性を更に調査する
他の分野・項目との関係		記載なし

（気候変動による影響の要因）

- 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ことが想定される。
- ただし、その他の社会的要因、生物的要因の影響が大きいことから、現時点では詳細なメカニズムについての知見が十分ではない。

（現在の状況）

〔概　要〕

- 水系・食品媒介性感染症や節足動物媒介感染症以外の感染症においても、発生の季節性の変化や、発生と気温・湿度との関連を指摘する報告事例が確認されている。
- ただし、その他の社会的要因、生物的要因の影響が大きいことから、現時点では詳細なメカニズムについての知見が十分ではない。

インフルエンザ[11]については、沖縄県で流行の季節性変化が示されている。[82002)]

[11] インフルエンザ：インフルエンザウイルスを病原とする気道感染症。飛まつ感染と接触感染がある。

感染性胃腸炎[12]は、福岡県の事例から気温と湿度との関連が示されている。[52072、52073)]

ただし、その他の社会的要因、生物的要因の影響が大きいことから、現時点では詳細なメカニズムについての知見が十分ではない。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 水系・食品媒介性感染症や節足動物媒介感染症以外の感染症においても、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きる可能性があるものの、文献が限られており定量的評価が困難である。

インフルエンザ[82002)]、感染性胃腸炎[52073)]とも気温の上昇に伴い、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。今後、定量的リスク評価に関する研究が望まれる。

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

- 重大性:【評価】現状では評価できない

  影響の範囲は全国に及ぶ可能性がある。人の健康に直接つながるものであるが、現時点では研究事例が非常に限定される。

- 緊急性:【評価】現状では評価できない

  インフルエンザ、感染性胃腸炎においては、気候変動との関係について言及した文献が確認され始めているものの、現時点では研究事例が非常に限定される。

- 確信度:【評価】現状では評価できない

  研究・報告の件数がごく限定的であり、知見が非常に限られている。今後の調査・研究が必要である。

[12] 感染性胃腸炎:日本においてはノロウイルス、ロタウイルス、アデノウイルス等を病原とすることが多い。経口感染、飛まつ等の直接感染により感染する。

【その他】

（1）その他

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 7 件。

文献	地域	現在の状況
52074	フランス	ヨーロッパにおける 2003 年の熱波の際のデータを用いて、気温と地上のオゾン濃度が死亡者数にどのように影響するかを統計的に分析した。フランスの 12 都市の 6～8 月における、一日の最低気温、最高気温、オゾン濃度、死亡者数に相関があるかを解析したところ、最低気温とオゾンの濃度には相関があり、最低気温が上がるほどオゾン濃度も上がる。一方、最高気温とオゾン濃度には相関が見られない。また、最低気温、最高気温、オゾン濃度のいずれが上昇しても死亡者数は増加し、熱波のようなイベント時には、オゾンが健康に悪影響を及ぼす大きな要因になることが示唆された。
52080	アメリカ	妊婦が暑熱にさらされることで出生児の体重が低下することを示す証拠が複数ある。特に妊娠 2～3 ヶ月目に暑熱にさらされることで影響が出やすいとされている。
	ペルー	エルニーニョ現象が発生しペルーのリマにおける気温が平常時に比べて 5 度上昇した際、下痢症による来院患者の数が平常時に比べ 200%増加した。
52081	なし	暑熱への曝露、極端現象による心身ストレス、感染症、栄養条件の低下などは定量的に評価することは難しいが、これらの影響は労働者への大きな脅威となる。
52082	アメリカ	気温と死亡者数の関係をオゾン濃度がどのように修飾するかについて、1987～2000 年の 6～9 月における気温、死亡者数、オゾン濃度のデータより統計的に解析。気温とオゾン濃度が高いときに死亡者数も多くなり、気温上昇とオゾン濃度の上昇が複合的に健康被害をもたらすことを強く示唆。
52083	日本	日本の 20 都市における 65 歳以上の高齢者を対象に、オゾン濃度と心循環系疾患や呼吸器系疾患による死亡者数の関係を解析。春と秋にオゾン濃度と死亡者数に相関関係が見られた。
52084	アメリカ	2001～2007 年のミシガン湖に注ぐ河川の河口部の大腸菌の量を、大雨による下水のオーバーフローがある場合とない場合で比較した。下水のオーバーフローが生じると河口部の河川の汚染が進むことが統計的に示されている。
52085	ロンドン	気温をモデルにパラメータとして加えた場合、オゾン濃度－死亡リスクの相関関係は有意でなくなる。このことは、オゾン濃度－死亡リスクの相関は、気温という交絡因子で説明されるところが大きいことを示唆している。【交絡因子とは、モデル中で用いられているパラメータ以外の要因のこと】

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 8 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
51001	モデルを利用した PM2.5 の分布情報を用いて、都道府県別の PM2.5 による超過死亡を推定した研究。 ・モデル： NICAM-SPRINTARS ・シナリオ： RCP4.5, SRES A1	2030 年代	日本(都道府県別)	2030 年代の都道府県別の夏季および冬季の PM2.5 のカットオフ値（15μg/m3）を超えた場合の超過死亡数は、RCP4.5 のシナリオでは PM2.5 濃度が減少しているにも関わらず、人口の多い都市部での死亡数は不変～微増する。PM2.5 濃度が 2000 年代と同程度の SRES A1 シナリオでは超過死亡数は濃度の高い都道府県で 2000 年代に比べて著明に増加する。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
51003	定性的な記載。	なし	なし	地球温暖化にともない、大規模自然災害（例えば、大型台風やハリケーン、大雨による洪水、干ばつ）による直接的な健康への影響、あるいはこれらの災害による生活のインフラの破壊による健康影響が現れることも予想される。このような直接的な影響とともに、地球温暖化の水、食物、媒介動物、植生への影響を介する間接的なヒトの健康への影響として、感染症の増加や地域拡大、大気汚染との複合的な健康被害、アレルギー患者の増加や患者発生の地域、時期の変化が懸念される。
52039	定性的な記載。	なし	なし	気候変動の結果として起こる大気質の変化は人の健康に影響を及ぼすだろう。
52047	アジアの複数都市を対象とした研究（定性的な言及）	なし	東京、武漢、南京	地球温暖化により、夏季の大都市において、熱ストレスが発生する頻度の増加やとくにオゾンなどの光化学オキシダントの濃度が上昇する可能性がある。回帰分析によると、日平均気温と日最大気温が東京で 27℃、31℃、中国の武漢と南京で 31℃、35℃を超えると、熱中症患者数は指数関数的に増加することが示されている。
52080	気候変動が子供の健康に及ぼす影響に関する研究をレビュー。	なし	世界	気候変動による小児への影響に関しての評価が、世界的に必要とされている。また、小児の環境保健に関するモニタリングを通して、地域レベルで評価を行う必要もある。
52081	気候変動による暑熱以外の影響評価に関する研究をレビュー。	なし	なし	極端現象による心身ストレス、感染症、栄養条件の低下などは将来の気候変動によって増大する可能性がある。
82002	自治体による温暖化影響調査報告書の定性的な記載（「気候変動への賢い適応」(2008 年)をふまえつつ現状の光化学オキシダントの推移とあわせて定性的に類推）。	なし	日本、広島県	光化学オキシダントは、その成分のほとんどを占めるオゾンが気温の上昇によって生成が速まる性質があることや、気温の上昇により原因物質である揮発性有機化合物等の揮発量が増加することにより、温暖化により濃度が上昇すると考えられている。広島県内の一般測定局の光化学オキシダントの濃度の推移をみると、1980 年代から上昇傾向を示している。光化学オキシダント濃度の上昇は、日射や風速などの気象条件や、東アジア諸国からの窒素酸化物排出量の増加など、様々な要因が複合的に関連しているため、温暖化による直接的な上昇とは断定できないものの、今後温暖化が進めば、さらに濃度の上昇が加速する可能性もある。
82005	自治体による温暖化影響調査報告書にある記載だが、元文献は 2008 年の S-4 研究報告書。	なし	なし	大気汚染物質のなかで温暖化の影響を直接受けるものとして、温度上昇で生成反応が促進される光化学オキシダント(Ox)がある。工場や自動車交通が集中して Ox 濃度が高くなっている都市部では、温暖化によってさらに Ox 濃度が上昇し、光化学スモッグの発生頻度が増え、健康被害が増加することが予測される。
	自治体による温暖化影響調査報告書にある記載だが、元文献は 2008 年 5 月公表の S-4 研究報告書。	2081～2100 年	関東圏、関西圏	温暖化による気象変化がもたらす国内の Ox 上昇は、2081～2100 年において多いところでも 10ppb 以下と推定された。大陸からの越境汚染は今後数十年増加し続け、越境汚染による Ox 濃度の上昇は温暖化の影響をはるかに上回るものと考えられる。今回の予測では今後の越境汚染による Ox 濃度上昇を考慮していないが、基礎とした実際の Ox 濃度が上昇すれば、温暖化による濃度上昇はさらに大きくなることとなる。
	自治体による温暖化影響調査報告書において、2008 年 5 月公表の S-4	なし	福井	上記の予測は、関東圏や関西圏を対象として、越境汚染の程度が変化しない場合の温暖化の影響について解析したものであることから、日本海に面しア

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	研究報告書をふまえて定性的に推定されている内容。			ジア大陸からの越境汚染の影響を比較的受けやすいと考えられる福井県では、基礎となる Ox 濃度が高くなり、その結果、温暖化による Ox 濃度の上昇も、越境汚染の影響の少ない地域に比べてより大きく現れる可能性があると考えられる。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】 内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：日本 期間： 記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	*【高齢者人口の増加】*
	社会／経済／環境	社会：*【人命・健康】* 経済：*【労働者】* 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状： 将来:年次を設定した予測は 82005 が元文献としている S-4 研究報告書の光化学オキシダントのリスクに関する検討のみ。
	適応の着手等が必要な時期	記載なし *【人命に直接影響が及ぶ】*
確信度	研究・報告の量	13 件 現在の状況：7 件（52074, 52080, 52081, 52082, 52083, 52084, 52085） 将来予測される影響:8 件(51001, 51003, 52039, 52047, 52080, 52081, 82002, 82005,)
	研究・報告の種類	定量的な予測は 82005 が元文献としている S-4 研究報告書の光化学オキシダントのリスクに関する検討。
	研究・報告の整合性	・災害による影響：2 件（51003, 52081） ・大気汚染への影響：他の要因との関係への留意が必要としながらも今後の増加を予測している（4 件： 51001, 52047, 82002, 82005）
適応の可能性		記載なし
他の分野・項目との関係		自然災害、*【産業経済・国民生活】*

（気候変動による影響の要因）

- 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、様々な汚染物質の濃度を変化させることが想定される。
- 気候変動による局地的な大雨の増加に伴い合流式下水道越流水の頻度が増した場合に、汚染される閉鎖水系を水源とする地域において下痢症の発生に影響を及ぼすことが想定される。
- 高齢者、小児等は暑熱の影響に対して脆弱であり、気温上昇などでは影響が顕在化しやすいと想定される。
- 労働効率への影響等、死亡・疾病には至らないが、社会的・経済的に重要な影響が想定されるが、定量的知見は乏しい。

(現在の状況)

〔概　要〕

- 健康に係る複合影響として数多く報告されているのは、気温上昇と大気汚染に関するもので、気温上昇による生成反応の促進等により、粒子状物質を含む様々な汚染物質の濃度が変化していることが報告されている。
- 局地的豪雨に伴う洪水により合流式下水道での越流が起こると閉鎖的水域や河川の下流における水質が汚染され、下痢症発症をもたらすことが想定される。日本同様の雨水処理方式をとる米国で報告があるが日本では具体的な報告にはなっていない。
- 暑熱に対しての脆弱集団としては高齢者が取り上げられることが多いが、米国では小児あるいは胎児（妊婦）への影響が報告されている。日本ではこの部分の情報が欠落している。
- 労働効率への影響等、死亡・疾病に至らない健康影響についても、国内の報告は限られている。

この項には、複合影響、間接的な影響の他、他の項で取り上げていないが留意すべき影響について述べる。

複合影響については、今後レビューが見直されていく中で、定義を明確にする必要があるが、ここでは、ある程度独立の原因を持つ 2 つの要因が同じエンドポイントにインパクトを及ぼすこととしておく。ちなみに IPCC 第 5 次評価報告書の健康の章に複合影響は独立して扱われていない。複合影響として数多く報告されているのは、温暖化と大気汚染に関するもので、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。なかでもオキシダントの大半を占めるオゾン（O_3）の濃度が温暖化に伴って上がることを示唆した報告が多い。[52074, 52082] 一方で、大気汚染物質による温度−死亡率曲線の修飾は軽微とされている。[52085] 日本の複数都市においてオゾン濃度と高齢者の死亡との関連を解析したところ、欧米の既報とは異なり、春と秋にのみオゾンの影響が認められた。日本では春と秋にオゾンが高く、また換気回数が多い事が原因ではないかと推測されている。[52083]

気候変動によって増える極端現象の一つに局地的豪雨とこれに伴う洪水がある。豪雨で都市の下水が閉鎖水域に流入し、これを汚染することが報告されている。[52084] 日本においても雨天時の合流式下水道の越流水が問題となっている閉鎖水域は琵琶湖、東京湾などがある。気温と下痢症発症が正に相関するとの報告を考慮すると、気温の上昇と極端現象（局地的豪雨）は下痢症発症に複合的な影響をもたらす可能性がある。

気候変動に対し脆弱な集団への影響も報告されている。暑熱に対しての脆弱集団としては高齢者が取り上げられることが多いが、小児あるいは胎児（妊婦）への影響の報告も散見される。米国では、0〜4 歳児における暑熱に関連した超過死亡は、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。[52080] また、El Nino 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。[52080] なお、小児の脆弱性は感染症の項でも指摘されている。

健康影響では死亡・疾病が一般にクローズアップされるが、非臨床的な影響についての報告は限られている。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。[52081] 高温による労働者の生産性低下については暑熱（熱中症）の項で扱われている。労働者の生産性低下は GDP に負の影響を及ぼす。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 都市部での気温上昇によるオキシダント濃度上昇に伴う健康被害の増加想定されるものの、今後の大気汚染レベルによっても大きく左右され、予測が容易ではない。
- 大雨の増加による閉鎖性水域の汚染の増加に伴う下痢症の増加が想定されるものの、疫学データが不足している。
- 脆弱な集団への影響について、特に小児への影響についての情報が不足している。
- 労働効率への影響等、気候変動の臨床症状に至らない影響について、国外では報告があり、IPCC 第 5 次評価報告書にも採り上げられている。一方で、国内では報告が少ない。

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。[82005] 当然のことながら、これらの影響は今後の大気汚染のレベルによって大きく左右される。多くの緩和策・適応策が大気汚染のレベルそのものにも影響を与える（例えば、能動的移動手段への移行など）ことを考えると、将来の傾向を予測するのは容易ではない。

なお、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について十分な知見が得られておらず、現時点で評価をすることができない。

極端現象として豪雨が増え、合流式下水道越流水による閉鎖水域の汚染が頻繁になった場合、下痢症の増加に結びつく可能性があるが、疫学データが欠落している。

脆弱集団への影響については、特に小児影響についての情報が欠落している。[52080, 52081] 胎児期や小児の早い段階での環境要因の変動が一生涯の健康状態に影響を及ぼすという仮説（Developmental Origin of Health and 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要因についてはそれほど情報が集まっていない。影響の持続性という観点からも、この方面の情報の充実が望まれる。

臨床症状までには至らないような健康影響についても報告が少ない。しかし、健康影響の“程度”は断面的な重篤度のみならず、その持続時間を乗じて評価すべきであり、さらに社会・経済的インパクトでは、影響される人口サイズも考慮される必要がある。上記の労働効率のみならず、教育・学習の効率、特に極端現象（強い台風、熱波・寒波、洪水など）による心身ストレス、メンタル・ヘルスへの影響については、prioritization を可能にするような情報を整備すべきである

52080)。

本項で言及した健康影響は多岐にわたり、かつ個々の影響については情報が十分とは言えず、量的な評価は多くの場合難しい。現時点では、温暖化と大気汚染による複合影響、脆弱集団の評価、臨床症状に至らない健康影響の 3 点に大別して評価する。

（重大性・緊急性・確信度の評価と根拠）

＜温暖化と大気汚染の複合影響＞

- 重大性：【評価】現状では評価できない

  気温上昇とオゾン濃度との関係については、比較的多くの報告が存在している。しかし、将来的影響については、今後の大気汚染の状況の推移次第である。

- 緊急性：【評価】中程度

  大気汚染の緩和策は、複合影響を考えるまでもなく継続して行なわれるべき事項である。一方で、いわゆる co-benefit をもたらす適応策は早期に実行されれば速効性の部分も期待できる。

- 確信度：【評価】中程度

  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、すなわち影響の深刻化が概ね一致して示唆され、確信度は比較的高い。ただし、将来予測という観点からは、大気汚染の消長次第であり、社会シナリオ（汚染対策シナリオ）により大きな影響を受ける。

  国内においても地域差を報告している研究があることには留意が必要である。比較的小さいスケールで地域特異的な評価が必要とも考えられる。

＜脆弱集団への影響＞

- 重大性：【評価】現状では評価できない

  主として胎児・小児を想定している。情報が十分でないために、インパクトの大きさは評価できないが、一方で物理的・気象的な変動に対しては成人のうけるインパクトを上回ることが予想される。また、この時期に受ける環境変動のインパクトは生涯にわたる持続的・不可逆的なインパクトをもたらす可能性がある点も看過できない。

- 緊急性：【評価】高い

  脆弱集団の存在は、各項目の中で取り上げるべきものであるが、明示的に示す必要がある。情報の欠如を補う努力がすぐにでも開始されるべき、という意味で緊急性が高い、とする。

- 確信度：【評価】低い

  現時点では具体的な予測研究・報告の量等が限定的である。

＜臨床症状に至らない健康影響＞

- 重大性：【評価】現状では評価できない

  現時点では定量的情報が十分でないために、評価が困難である。

- 緊急性：【評価】低い

  現時点では量的情報が十分でないものの、影響の存在自体は自明であろう。ただちに人命にかかわるものではない、という意味では緊急性は低いが、実際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されるべきであろう。

- 確信度：【評価】 低い

  現時点では具体的な予測研究・報告の量等が限定的である。

  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、はじめて適切に評価されると考える。

3.6 産業・経済活動

【製造業】

（1）製造業

(現在の状況の概要情報)

収集文献は 1 件。

文献	地域	現在の状況
62021	長野県茅野市	・寒天業においては、生産に適した期間が短くなっていること、また、天候が読みにくくなっている（経験的判断が通じにくくなっていること）ことなどが挙げられている。また、生産可能期間の短期化にともなって生産効率が悪化すること、高温化によって品質が悪化すること等も挙げられている。 ・伝統産業という側面に注目すれば、次の世代への継承が重要であるが、そこにも影響が現れつつある。生産期間の短期化による生産効率の悪化に伴って、規模の小さな生産者では後継者への引き継ぎが困難化する状況が生じている。

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献は 4 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
62001	IPCCAR4 の最大海面上昇幅 0.59m における被害地域を GIS を用いて抽出し、該当地域の製造品出荷額等から生産損失額を推計。	2090s	東京湾周辺	0.59m の海面上昇によって、生産損失額は 8,034,320 百万円に上ることが予想され、経済的にも大きな影響を受けることがわかった【*防潮堤などの存在は考慮していない*】。製造にかかわる約 278,000 人の従業者に影響が及ぶことが予想されることがわかった。
62009	気候変動が企業の競争力に与える影響について定性的に言及。	特定していない。	特定していない。	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、物理的な影響を及ぼすとともに、国内で導入される気候政策を通じて要素価格や生産技術の選択、その他の生産費用と経営環境にも影響を及ぼす。
62013	気候がアパレル業界に与える影響について販売データと気象庁気象観測データを用いて分析。	特定していない。	特定していない。	気候は季節性を有する製品の売上げ、販売計画に影響する。
62021	気候変動が地域の気候に根ざした地場産業に与える影響について定性的に言及。	特定していない。	長野県茅野市	日最低気温がこれまでの傾向の延長線上で今後も推移すると仮定して推計した場合、12 月下旬から 2 月上旬までは、約 30 年後の 2040 年時点でも寒天を生産できる可能性が高い。日数にして 50 日程度は確保される。一方で、それ以外の期間は生産の可能性がほとんどなくなる。

(重大性・緊急性・確信度等の情報)

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし【*気候変動のイベントにより異なる*】

評価の視点等		文献から得られた情報
大性	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会：*【地域産業への影響】* 経済：*【資産・インフラの損失、雇用機会の損失、輸送網の広域的な寸断】* 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状： ・生産期間の変化による生産効率の悪化（62021） 将来： ・気候変動による経済への影響（2090s：62001）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし *【好影響：変化した気候に適した商品・サービスに対する需要の増加】*
確信度	研究・報告の量	4 件 現在の状況：1 件（62021） 将来予測される影響：4 件（62001, 62009, 62013, 62021）
	研究・報告の種類	モデル予測（0 件）
	研究・報告の整合性	気候変動は企業活動に影響を及ぼす（影響の内容はポジティブなものとネガティブなものの双方を含む）4 件（62001, 62009, 62013, 62021）
適応の可能性		・早期かつ精度の高い気象予測による販売戦略の確立、気象データと販売数のデータベース化による商品供給の最適化。（62013） ・生産期間の短縮、短期集中生産や備蓄、設備導入や工業化。（62021）
他の分野・項目との関係		*【自然災害・沿岸】【文化・歴史を感じる暮らし】*

（気候変動による影響の要因）

- 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、研究例が数少なく、メカニズム自体はっきりしているわけではない。
- 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所の選定に影響を及ぼすことを示唆するものがある。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・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る場合もあるとの研究例もある。

（現在の状況）

〔概　要〕

- 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限定的にしか確認できていない（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 1 事例の報告のみ）。現時点で、製造業に大きな影響があるとは判断されない。

長野県茅野市の伝統産業である天然寒天生産への気候変動影響に関する事例調査によれば、生産可能期間の短期化に伴う生産効率の悪化、高温化による品質の悪化等も挙げられている。[62021)]

(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く、現時点の知見からは、製造業への影響は大きいとは言えない。
  - 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。

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[1]、生産損失額は約 8 兆円に上ると予想されている。[62001)] ただし、海面上昇幅を下回った土地に立地している製造業の生産額すべてが失われるとの想定による試算であることに留意が必要である。

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、物理的な影響を及ぼすとともに、国内で導入される気候政策を通じて要素価格や生産技術の選択、その他の生産費用と経営環境等にも影響を及ぼす。[62009)] 例えば、気候に影響を受けやすいアパレル産業では、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密接に関係していることが示されている。[62013)] また、気候変動は、地域固有の文化・歴史を育む、地域固有の気候に根ざした地場産業にも影響する。[62021)] なお、産業への影響にはネガティブな影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。

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

- 重大性：【評価】「特に大きい」とは言えない

  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、多大な生産損失や雇用への影響を予測する報告もある。一方で、産業への影響をポジティブに予測する研究もある。

- 緊急性：【評価】低い

[1] 海面上昇幅 0.59m を想定した場合：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。

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要性は乏しい。また、影響の発現時期の観点からも、緊急性は低いと考えられる。

- 確信度：【評価】低い

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が考えられる。

【エネルギー】

（1）エネルギー需給

(現在の状況の概要情報)

収集文献は 0 件。

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献は 8 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
03001	IPCC 第五次評価報告書政策決定者向け要約における記載。エネルギー需給やエネルギー源への影響を予測している。	2109 年まで	全世界	気候変動は、住宅及び商業部門の暖房のエネルギー需要を低減させ、冷房のエネルギー需要を増大させると予測される（証拠が確実、見解一致度が高い）。気候変動は、エネルギー源（例：水力、風力、太陽光）、技術的過程（例：冷却）、又は立地（例：沿岸地域、氾濫原）次第で、エネルギー源や技術に対し異なった影響を与えると見込まれる。
61001	(マクロ評価) 電力、都市ガス、LPG、灯油に関する各種統計資料をもとにエネルギー消費量の月平均値を算出、各地域の月平均気温との関係を調査。 (ミクロ評価) ① 電力 電力供給区単位の時刻別電力供給量データを用いて、大阪市内の業務建物、大阪市内の住宅（都心住宅）及び豊中市内の住宅（郊外住宅）の 3 種類の夏季と冬季の時刻別気温感応度（気温が 1℃上昇した場合の電力消費量の変化）を調査。 ② ガス消費 住宅地域に設置された高圧ガバナー（整圧器）における時刻別ガス送出量を用いて、住宅における時刻別気温感応度を調査。 ③灯油消費 戸建住宅と集合住宅のそれぞれで灯油消費の気温影響の平均値を調査。 ④民生部門全体のエネルギー消費への気温影響 電力、ガス、灯油の各エネルギー消費を合計し、大阪府全域の気温が 1℃上昇した場合の民生部門のエネルギー消費量の気温影響を調査。	気温の上昇程度を指標にして予測。	マクロ評価：日本全土 ミクロ評価：大阪府	・マクロ評価) 運輸部門、産業部門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。民生部門では、家庭、業務（オフィスビル等）の両方で影響が見られ、夏季の気温上昇によりエネルギー消費が増加、冬季の気温低下でも増加するＶ字型の気温影響があることが分かった。また、家庭と業務ではエネルギー消費が最も少なくなる気温が 1～2℃異なる結果となった。通年で評価すると家庭は気温上昇により北海道・東北で 3～4%、その他の地域で 1～2%エネルギー消費は減少するが、業務は 1～2%増加することが分かった。 ・(ミクロ評価：民生部門全体のエネルギー消費への気温影響) 住宅・業務建物ともに夏季は増加、冬季は減少の気温影響が見られたが、その影響の程度は都心部に向かうほど大きくなることが分かった。合計で夏季は 5～7%、冬季は△3～△6%の変動がある。また、通年の評価を見ると、郊外地域では夏季と冬季が相殺されて影響がほとんど見られなかったが、都心部では 2.5%増加することが分かった。 ・(年間を通したエネルギー消費の気温上昇による影響) 年間を通してエネルギー消費の気温上昇による影響を見ると、夏季の増加と冬季の減少で相殺され、現状ではそれほど大きな影響とはならないと考えられる。しかし、夏季の気温上昇は特に電力供給のピーク部分を先鋭化させることに注意を払う必要

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
				がある。
62014	気候変動がエネルギー需給に与える影響について述べている（定性的な言及）。	特定していない。	特定していない。	暖房のエネルギー源は石油、石炭、ガス、電力など多様であるのに対し冷房エネルギーのほとんどは電力により賄われていることから、電力需要の増加が予想される。現在すでに冷房使用が通常である地域では平均気温の増加に対応した緩やかな電力需要の増加が想定される。一方、例えば北海道などの冷房使用が一般的でない地域において冷房設置が進む場合、電力需要は不連続に突発的に増加していく可能性がある。また、夏季の異常高温が頻発するような場合、需要のピークが最大供給可能量を上回る事態も想定される。
	気候変動がエネルギー需給に与える影響について述べている（定性的な言及）。	特定していない。	特定していない。	雨の降り方の変化では、短時間降雨強度の増加による、洪水時のダム操作や定常的な流量確保など電源運用面への影響、貯水池への土砂流入量の増加とそれに伴う堆砂対策や浚渫費用の増加、および土砂災害の増加が考えられる。 さらに、季節的に渇水時期が長期化した場合には、基底流量が減少し、緊急放水等の影響で貯水池の利用効率の低下も予想される。積雪融雪時期の変化は、ダム運用計画の見直しに繋がる可能性がある。 気温上昇に伴う水温上昇により、生物化学過程の変化による藻類の発生や、栄養塩の現象による水質悪化などから、安全な水を確保するための水処理費用の増加に繋がる可能性もある。
	気候変動がエネルギー需給に与える影響について述べている（定性的な言及）。	特定していない。	特定していない。	我国の大規模な火力・原子力発電所も、そのほとんどが沿岸域に建設されており、将来的には温暖化影響による被害リスクが増加することが考えられる。発電所施設にかかわる具体的な被害リスクとしては、海面上昇に伴う海岸侵食の進行と地下水位上昇による地盤の脆弱化、高潮被害の増加、熱帯低気圧強度の増加に伴う浸水被害の増加、海水温の上昇による発電効率の低下、ならびに港湾施設機能低下に付随する物流システムへの影響などが想定される。
	気候変動がエネルギー需給に与える影響について述べている（定性的な言及）。	特定していない。	特定していない。	陸上および沿岸域の生物相の変化は、電力施設の設計・運用・保守、および環境影響評価手法など、事業計画の策定に影響を及ぼす可能性がある。例えば、水力発電施設においては、貯水池内の水質環境保全対策の見直し、沿岸域の火力・原子力発電所における取水口への付着生物の増加に対する対策強化などが想定され、火災や極端な気象現象など陸域生態を撹乱する現象の頻度や強度の増加は、水源涵養機能を提供する集水域の森林分布にも影響を及ぼし、結果的に流出特性を変化させ、炭素クレジットとしての森林隔離量に対

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
				して脅威に成り得る。
62039	エネルギー消費と気温との関係に基づき影響予測を実施。エネルギー種別は、電力、都市ガスを対象とし、時日別供給実績データを使用。気温データにはAMeDASデータを使用。	特定していない。	大阪府	年間を通して気温が 1℃上昇した場合： ・住宅における年間エネルギー消費への気温影響に関して、年間を通した合計変動割合は、大阪市域で夏季の増加が冬季の減少を上回り、全体エネルギー消費に対して 0.4%の増加を示すのに対して、大阪市域外では冬季の減少が上回り、0.7%の減少に相当することが示された。なお、大阪府全域では 0.4%の減少が見込まれた。 ・業務建物における年間エネルギー消費への気温影響に関して、年間を通した合計変動割合は、夏季の増加が冬季の減少を上回り、大阪市域で2.2%の増加に対して、大阪市域外では 1.9%の増加に相当することが示された。大阪府全域では 2.1%の増加が見込まれた。 ・民生部門全体のエネルギー消費への気温影響に関しては、年間を通した合計変動割合は、大阪市域で 1.3%の増加に対して、大阪市域外では住宅の減少と業務建物の増加が概ね相殺されることが示された。なお、大阪府全域では 0.6%の増加が見込まれた。 ・産業部門におけるエネルギー消費への気温影響に関して、その影響は無視できることが示された。 ・運輸部門におけるエネルギー消費への気温影響に関して、年間を通した合計変動割合は、夏季の増加と冬季の減少が打ち消しあうため、大阪府全域で 0.1%の増加に相当することが示された。 ・各部門の総合影響に関して、年間変動量は民生部門で突出しており、民生部門の 2.5[PJ/year]の増加に対して、運輸部門では 0.2[PJ/year]の増加にとどまった。
62040	対象都市毎に、エネルギー消費と気温との関係に基づき影響予測を実施。エネルギー種別は、電力、都市ガス、LPG、石油製品類を対象とし、国や自治体の統計値を使用。気温データにはAMeDASデータを使用。	特定していない。	札幌市、仙台市、金沢市、横浜市、東京都、名古屋市、大阪市、福岡市	年間を通して気温が 1℃上昇した場合： ・家庭部門の年間電力消費量は札幌市および仙台市では減少する一方で、その他の分析対象地域では増加することが示唆された。全エネルギー源を総合した結果では、全ての分析地域で年間エネルギー消費量が減少することが示された。 ・業務部門の年間電力消費量は全ての分析対象地域で増加することが示された。全エネルギー源を総合した結果では、札幌市では年間エネルギー消費量が減少に転ずる一方で、その他の分析対象地域では増加を維持することが示された。 ・民生部門全体の年間エネルギー消費量は福岡市を除く各分析対象地域で減少することが示された。 ・東京都を対象として評価対象範囲

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
				を都心に向けて絞り込んだ際の影響程度の変化について検討を行った結果から、東京都全体や東京 23 区を評価領域とした場合には年間変化率が負の値を示すのに対して、都心 3 区（千代田区、中央区、港区）や千代田区では正の値を示しており、都心では年間を通して気温が 1℃上昇することによって年間エネルギー消費量は増加することが示された。
62041	電力供給と気温との関係に基づき影響予測を実施。電力データは関西電力より提供を受けた時日別電力供給実績データを使用。気温データには AMeDAS データを使用。	特定していない。	大阪府	・気温が 1℃上昇した際の電力の全体供給量に対する変動度を求めた結果、住宅用途の占める割合が増加すると変動度が上昇する傾向を示した。 ・大阪府を対象として気温が年間を通して全空間で一様に 1℃上昇した場合の冷暖房電力消費の変動量を求めた結果、住宅用途と業務用途とのいずれに関しても、「大阪市」と「大阪市を除く大阪府」の両地域で、夏季の電力消費増加が冬季の減少を上回った。 ・(大阪市では)、夏季には 1℃の上昇によって 1 時間当たり最大 324TJ/year の増加が見込まれ、日中には特に業務用途の影響が強い一方で、夜間には住宅用途の影響が強くなることが示された。冬季には 1℃の上昇によって 1 時間当たり最大 146TJ/year の減少が見込まれることが示された。
62042	東京の典型的な事務所街区における実測電力量（東京電力提供）と外気温湿度計測値（AMeDAS データ）を用いて、気温・外気湿度に対する電力需要感応度を算出。	特定していない。	東京都	東京の事務所街区では、外気湿度 1g/kg 上昇に対し、建築物内の床面積あたり電力需要は 1～3W/m^2 程度増加する。
63004	応用一般均衡モデル(CGE モデル)をベースに気候変動の影響や世界経済の動的流れを組み込んだ ICES（Inter-temporal Computable Equilibrium System）を用いて、気候変動が将来の農業、エネルギー需要、健康、海面上昇による農地損失、観光部門の GDP に気候変動が与える影響の正負について、2002 年の GDP を基準に予測。 ・モデル：応用一般均衡モデル ・シナリオ：1980～1999 年と比較して、気温が 2050 年に 1.5℃、2100 年に 3.03℃上昇（SRES A1B、A2、B1 シナリオを参考に設定している）。	2050 年 2100 年	全世界を 8 地域に分類。日本は 8 つの内の 1 つ。	GDP に与える影響は、2050 年、2100 年いずれにおいても、日本の農業、健康、観光、海面上昇の部門ではポジティブな影響となるが、【*家庭での*】エネルギー需要はネガティブな影響となる。全体として、極めてポジティブな影響となる。観光部門は、当初の期間はネガティブな影響を被るが、2050 年時点では極めてポジティブな影響となる。一方で、エネルギー需要は 2050 年時点においても極めてネガティブな影響を被る。

(重大性・緊急性・確信度等の情報)

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度(エリア・期間)	エリア:全国 期間:記載なし【気候変動のイベントや発電方式等により異なる】
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会/経済/環境	社会:【健康】 経済:【資産・インフラの損失】 環境:
緊急性	影響の発現時期	現状:記載なし 将来:エネルギー需要の変動(2050, 2100:63004)
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	8 件 現在の状況:0 件 将来予測される影響:8 件(03001, 61001, 62014, 62039, 62040, 62041, 62042, 63004)
	研究・報告の種類	モデル予測(0 件)
	研究・報告の整合性	家庭でのエネルギー消費量は減少するが、業務では増加する。(4 件:61001, 62039, 62040, 62041) 民生部門のエネルギー消費量は、年間ではそれほど大きな影響とはならない(1 件:61001) 対象地域での民生部門全体の年間エネルギー消費量は概ね減少する(1 件:62040)
適応の可能性		記載なし
他の分野・項目との関係		【健康】【自然災害・沿岸域】

(気候変動による影響の要因)

- 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ある。
- 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。

(現在の状況)

〔概　要〕

- 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確認できていない。

現時点で収集された文献からは、気候変動によりエネルギー需給への影響が既に生じているとの報告は確認できていない。

（将来予測される影響）

〔概　要〕

- 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限定的であるが、現時点の知見からは、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
  - 夏季の気温の上昇は、電力供給のピークを先鋭化させるとの指摘がある。

気温上昇程度に応じたエネルギー消費量を部門別にマクロ評価した報告によれば、運輸部門、産業部門[2]では気温上昇によるエネルギー消費への影響はほとんど見られなかったとの結果が示されている。一方、民生部門（家庭とサービス業等の業務系施設）では、通年で気温が 1 度上昇すると、家庭でのエネルギー消費量は北海道・東北で 3～4%、その他の地域で 1～2%減少するが、業務では 1～2%増加するとしている。また、大阪府を対象としたミクロ評価では、通年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が、年間を通じた評価では、夏季の増加と冬季の減少で相殺され、それほど大きな影響とはならないとの結果が示されている。[61001)] 気温の変化がエネルギー需給の変動に与える影響について日本の 8 都市域を対象とした研究では、対象地域の民生部門全体において概ね需要が低下することが予測されている。[62040)] しかし、夏季の気温上昇は特に電力供給のピーク部分を先鋭化させることに留意が必要との指摘がなされている。[61001)]

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、年間を通して気温が 1℃上昇した場合、民生、産業、運輸の各部門の総合影響のうち、民生部門でのエネルギー消費量の年間変動量が 2.5 PJ/年の増加と突出しており、運輸部門では 0.2 PJ/年の増加にとどまるとの結果が示されている。[62039)] また、やはり大阪府において、気温が 1℃変化した際の電力供給量の日変動を地区別に調査した報告では、地区に住宅の占める割合が大きい場合に供給量の変動度が上昇することが示されている。[62041)] さらに、東京都を対象に気温とエネルギー消費の関係について調査を実施した報告においては、年間を通して気温が 1℃上昇すると、東京都全体や 23 区では減少する一方で、都心では増加することが示されている。[62040)]

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

[2] 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 61001 では明示されていない。

るとする報告もある。[62042)]

さらに、気候変動がエネルギー需給に与える影響を包括的にまとめた報告によれば、気温上昇や降雨の時空間分布の変化、海面上昇、極端な気象現象や、それに伴う自然生態系の変化などは、冷暖房の需要などのエネルギー消費や、発電施設の運用面等のエネルギー供給にも様々な影響を与えることが予想されている。[62014)] 気候変動が GDP に与える影響に関して分析した研究（応用一般均衡モデルを使用）では、2050 年、2100 年いずれにおいても、家庭におけるエネルギー需要はネガティブな影響を被る、つまりエネルギー需要は低下することを予測している。[63004)] ただし、これはエネルギー需要の変動対象として家庭のみを考慮した予測結果であり、家庭部門以外での経済活動等におけるエネルギー需要の変動は考慮されていないことに留意が必要である。

（重大性、緊急性、確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】「特に大きい」とは言えない

  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部門や運輸部門ではほとんど変化しない一方、家庭部門では減少、業務部門では増加予測のネガティブな影響を受けるとする報告がある。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。

- 緊急性：【評価】低い

  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、将来のいつ頃に影響が生じるかについては、既往の知見は確認できていない。現時点で緊急性が高いと判断する材料は乏しい。

- 確信度：【評価】中程度

  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確認できていない。ただし、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。

【商業】

（1）商業

(現在の状況の概要情報)

収集文献は 1 件。

文献	地域	現在の状況
62079	米国	CDP（Carbon Disclosure Project）調査に対して、例えば、小売企業から以下のような回答を得ている。 ・Wal-Mart Stores 社 : ハリケーン・カトリーナによって約 200 店舗の一時閉鎖を余儀なくされ、そのうち 110 店舗は相当な物理的損害を受け、少なくとも 6 店舗は 3 か月以上閉鎖せざるをえず、2 店舗は廃止した。これらの 6 つの店舗が通常通り営業していたとすると、これまでに 5 億ドル以上を販売していただろう。また、2004 年から 2012 年までの 9 年間で、荒天による停電被害のために請求した保険料支払いは年間 300 万ドルを超え、荒天による被害総額は平均で年間 2 千万ドルに及ぶ。 ・GAP 社 : 降水パターンの変化は綿花の収穫の減少と綿花価格の上昇をもたらし、製品の平均コストと粗利益に影響を及ぼした。2010 年米国東海岸の多くの地域で起こった異常気象 (ハリケーンや大雪など) の期間と規模の拡大によって消費者の購入を減少させ、販売機会を失うことで事業に影響を与えた。

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献は 2 件。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
62013	気候がアパレル業界に与える影響について販売データと気象庁気象観測データを用いて分析。	特定していない。	特定していない。	気候は季節性を有する製品の売上げ、販売計画に影響する。
62079	2011～2013 年の CDP(Carbon Disclosure Project)調査への企業からの回答をレビューした文献。	特定していない。	米国	例えば、小売業から以下のような回答を得ている。 ・Starwood Hotels & Resorts Worldwide 社 : 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。現在の気候変動予測を用いると、2035 年まで冷房費用が 170%、暖房費用が 11%増えると予測している。年間平均 7%で冷房需要が増加した場合、当社全体の冷房費用に、年間 1,000 万～2,000 万ドル程度が追加で必要となる。

(重大性・緊急性・確信度等の情報)

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会： 経済：*【企業活動への影響】* 環境：
緊急	影響の発現時期	現状：記載なし 将来：記載なし

評価の視点等		文献から得られた情報
性	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	2 件 現在の状況：1 件（62079） 将来予測される影響：2 件（62013, 62079）
	研究・報告の種類	モデル予測：0 件
	研究・報告の整合性	異常気象や気温の変化は企業の経営や売上げに影響する（62013, 62079）
適応の可能性		2 週間程度の気象予報を把握することで店舗への最適な商品供給・展開が可能。気象データと販売数などの実績をデータベース化することによる最適な商品供給体制の構築（62013）。
他の分野・項目との関係		*【製造業】*

（気候変動による影響の要因）

- 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、研究事例の蓄積が少ないことから、メカニズム自体はっきりしているわけではない。
- 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につながるという考え方もある。

（現在の状況）

〔概　要〕

- 日本における商業への影響について、具体的な研究事例は現時点では確認できていない。

日本における商業への影響について、具体的な研究事例は現時点では確認できていない。

（将来予測される影響）

〔概　要〕

- 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うると指摘する研究がある。
  - CDP プロジェクトにおいて、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。

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、現時点で

は商業への影響は評価できない。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うると指摘する研究がある。[62013)]。また、CDP プロジェクトにおいて、個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[62079)]、日本の個別企業、業界においても同様の例がありうると考えられる。

- 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。
- 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。
- 小売：異常気象により店舗の閉鎖を余儀なくされる。

（重大性、緊急性、確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】現状では評価できない

  商業は業種も多様で、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、また文献が少ないことから、現時点では評価が困難である。

- 緊急性：【評価】現状では評価できない

  商業は業種も多様で、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、また文献が少ないことから、現時点では評価が困難である。

- 確信度：【評価】低い

  研究・報告が限定的であるため、確信度は低い。

【金融・保険】

（1）金融・保険

(現在の状況の概要情報)

収集文献は 5 件。

文献	地域	現在の状況
62044	日本	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、保険損害は、著しく増加していることが注目される。この背景としては、いくつかの要因が挙げられる。 第 1 に、人口集中によるリスク集積が進んだことである。都市化が進展して、人々の居住地が集中したことで、そうした地域に一旦災害が発生すると、損害が連鎖的かつ集積的に発生してしまう傾向が強まっている。 第 2 に、経済成長により経済的ストックは増大している。生活水準の増加にともない、個人資産が増えることで、全体としてのエクスポージャーが大きくなっており、以前発生した災害と同等であっても、潜在的な経済的損害は拡大している。 第 3 に、付保率が上昇したことである。人々のリスクに対する認識が高まり、その対処作として保険の普及が広がったことの影響も、保険損害の観点からすると大きい。言い換えれば、経済的損害のかなりの部分が保険に転換されているという理解ができる。 第 4 として、保険会社が積極的にリスク引き受けを拡大していることである。保険業界が成長し、また新たな保険技術の発展などにより、確実に引受け能力（キャパシティ）を高めている。保険会社は積極的にリスクを引き受けることで、収益機会を増やす一方で、自然災害の発生が、保険経営を大きく左右する状況にある。 第 5 に、近年の深刻さを増している異常気象による自然災害の増大が、保険損害となって表れていることがある。毎年のように発生する自然災害は、保険経営に大きな影響を及ぼしている。今後、保険業界は、自然災害リスクとの関連性を一層深めていくことになるだろう。
62045	日本	わが国の農作物保険制度としては、農業共済組合、農業共済組合連合会および国により運営される農業災害保障制度があるが、民間保険会社が運営する農作物保険制度はない。また、農業災害補償制度は農業者数の減少等により事業規模は縮小の一途を辿る一方で、共済掛金の国庫負担や巨大災害発生時の再保険等の財源確保は今後益々難しくなるなど、多くの課題を抱えている。さらに、わが国では 1995 年の食糧法施行以降、多くの米生産農家が価格変動リスクに直面するなど、従来の収穫量減少リスクを補償する農業災害補償制度だけでは、農業者の収入減少リスクに対応することは難しくなってきている。
62048	米国	2005 年度のハリケーンによる大災害によって、支払保険金額が大幅に増加してしまったために、米国の連邦洪水保険制度（NFIP）の連邦政府から借入金額も飛躍的に増加してしまった。2005 年以前では、制度上の上限であっても 15 億ドルに過ぎなかった借入額が、2010 年 4 月時点で、188 億ドルとなってしまっている。【中略】 つまり、2005 年の甚大な損害は、次のような 2 つの大きな問題を生じさせた。ひとつは、2004 年や 2005 年のように自然災害が今後も頻繁に発生するようであれば、現在の NFIP は赤字額を累積させる一方となり、仕組み自体が自律的な保険制度として維持できない。二つ目は、2004 年や 2005 年が異常気象の時期であったとしても、完済に 150 年以上も費やしてしまう莫大な負債を制度として抱えてしまったということである。 【中略】 しかし、制度自体に自律性がなければ、結果的には納税者に引き続き負担を強いることになるため、制度面での課題の整理と検討が議論されている。

62049	日本	・(2009 年) 7 月の中国・九州北部豪雨による保険金支払い見込み額は、8 月 31 日現在・協会会員会社 25 社合計を取りまとめた結果、約 127 億円という状況です。恒常的に被害が出る確率が毎年高まっていると思います。 ・気候変動による損害保険会社の経営への影響には強い危機感を持っています。相次ぐ巨大台風の発生、大洪水など、気候変動の影響といわれる異常気象による大規模災害は、90 年代以降急激に増加していますが、ただ保険金支払額を増加させているだけではありません。地球規模での豪雨や熱波といった極端な気象現象の頻度や気候の不確実性が今後増していくことから、保険のお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ます。保険会社では、過去のデータに依存した従来のリスク定量化の手法だけでは、将来予測が難しくなってきていますので、気候の将来シナリオに基づき、今後の気候変動の影響を考慮したリスクヘッジ・分散の新たな手法の開発が急がれます。いわゆる統計的な手法、バリューアットリスクのような考え方で計算してみると、過去の統計値に基づいて支払っていただいている保険料とはちょっとバランスが崩れていると思います。このへんを是正していかないといけないだろうと思います。
62097	日本	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動研究の成果から、自然災害による損害の将来リスクが不透明で、長期のリスク評価が難しくなったことを理由に、損害保険料率算出機構は火災保険の契約期間の最長年数を 35 年から 10 年に引き下げることとした。

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献は 5 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
62049	損害保険の視点から見た気候変動問題に関するインタビュー記事からの抜粋。	記載なし	記載なし	保険会社に求められているのは、いざという時にきちんとした保険料をお払いできる仕組みですから、それに備え、当社としては、まずは十分な異常危険準備金を積み上げていかないといけません。保険会社としては、一度の大きな額が出て行くのだから、それは備えとして、無税でも積み足していかないと間に合いませんが、今、国際会計基準では、異常危険準備金の負債計上を認めないという経理手法が検討されています。しかし、大数の法則が機能しない巨大災害リスクを引き受けるためには、こうした異常危険準備金のような制度を活用して、時間的なリスク分散を図ることが必要だと考えています。 もう一つ再保険の分野ですが、再保険会社も、過去の統計に基づいて引受を行っているわけですから、世界的にハリケーンやサイクロンが増加するということになれば、再保険料も上がってきます。したがって、ここについても、キャパシティをもっと大きくしていかなければなりません。 同時に、今まで保険会社は再保険でのリスクヘッジをしてきましたが、金融市場ではデリバティブという手法が出てきています。大災害のカタストロフィ・ロスだけを引き受けるデリバティブを組み込んだものをつくって、それを資本市場で買ってもらうということも今始まっているところです。このように、基本的なことですが、キャパシティを大きくすることと、自己資本を充実することが、保険会社の求められていると思うのです。
62051	損害保険事業総合研究所の書籍「諸外国の自然災害に対する保険制度の実態」からの抜粋。	記載なし	記載なし	巨大自然災害は短期間に連続して発生したり想定外の規模で発生したりする可能性がある。このため、民間保険会社のみでは負担ができないような巨大災害に関して国が最終的な負担者となるこうした政府保証は、万一、制度上資金不足となった場合でも、被災者への保険金支払いが確保でき、自然災害保険制度の機能を確保し、制度の持続性を維持する上で必要と考えられる。実際に、米国の連邦洪水保険制度（NFIP)やニュージーランドの地震保険制度（EQC)では甚大な損害が発生したが、政府保証があったことで制度の枠組みが維持されている。 ただし、仮に巨大災害が発生し政府保証による多額の支払がなされたときには、増税などの新たな負担が生じ、かつ

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
				後々の世代にまで負担を先送りすることになる。例えば、NFIP のように政策的に保険料率が低く抑えられている制度や、EQC のように建物の保険料で土地補償も行う制度では、リスクに見合う十分な保険料収入が得られず、巨大災害時における十分な支払キャパシティを確保する上で一定の制約を受けることになる。そのため、政府保証を有する制度であってもリスク相応の保険料率を適用し、巨大災害発生時にも政府保証による後年度負担が過大にならないような制度とすることが望ましいといえる。
62054	UNEP Finance Initiative の e-Lerning 教材「金融業における気候変動リスクと機会」からの抜粋。	記載なし	記載なし	・エネルギー関連のビジネスチャンスの創出。 ・プロジェクトファイナンスに対する気候変動要因の重要性の増加。 ・クリーンエネルギー市場の拡大。 ・金融市場、保険市場の損失の増大。 ・大規模気象災害コストの増加。 ・保険業界が行うリスク評価の精確性・確実性の向上の必要性。 ・健康保険に対する需要の増加。
62075	UNEP Finance Initiatives の Adaptation and Vulnerability to Climate Change: The Role of the Finance Sector からの抜粋。	2015 年 2025 年 2035 年 2045 年	世界各国	適応を行わない場合の金融セクターへの影響は以下の通りである； ・2015 年にかけて:銀行は影響を受けにくい。UNEP Financial Initiative による北アメリカタスクフォースの調査では、銀行による企業への融資は 3 年以下で、公共施設に対しては 6 年である。 保険については、2005 年のハリケーンシーズン後【カトリーナ、リタ、ウィルマ等】の再保険価格の急上昇に見られるように、価格の不確実性についてすでに影響を受けている。 ・2025 年にかけて：米国で定期的に異常気象が発生するため、保険会社はリスクが高い一部のマーケットから身を引く可能性がある。これにより、銀行の顧客は債務不履行となる可能性があり、いくつかの分野のファンドに影響を与える。異常気象は商品市場を不安定にさせる。 ・2035 年にかけて：プロパティーを扱う保険会社は、損失が増大し、再保険が高騰するため、投資家への利益還元の維持が困難になる。保険が欠如することで、銀行は中古資産の担保価値が下がると考える。気候の影響により、大規模プロジェクトのいくつかは失敗に終わる。 ・2045 年にかけて：少なくとも一度、異常気象にかかる直接費用が年間 1 兆ドル（2005 年価値）を上回る。これにより、金融市場に大きな影響を与える。大規模なプロジェクトは休止となり、信頼性が低下し、公共分野のローンは債務不履行となる。
63001	Rice Weather Relationship モデル（SIMRIW モデル）を用いて米収量を予想し、経験的な線形関係を用いて収量損失を評価する。 ・モデル： MRI-CGCM, TERC-RAM ・シナリオ: SRES A2	2070s	沖縄を除く日本全土	政府の稲作不良への保険金支払い額は、日本全体で、1990 年代の年平均 1,200 億円から 2070 年代には年平均 1,040 億円程度に減少する。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方で、関東、北陸、近畿地方でそれぞれ 18%、19%、11%増加する。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会： 経済：*【保険の支払い額への影響】【再保険料の増加】* 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状：既に発現している。 ・異常気象に伴う保険金支払額の増加（62044, 62045, 62048, 62049） 将来： ・稲作不良への保険金支払い額の変動（2070s：63001） ・金融・保険市場の損失の増大（62049, 6205162054, 62075） ・新たな金融・保険市場の創出（62054）
	適応の着手等が必要な時期	保険業では既に着手（62049）
確信度	研究・報告の量	9 件 現在の状況：5 件（62044, 62045, 62048, 62049, 62097） 将来予測される影響：5 件（62049, 62051, 62054, 62075, 63001）
	研究・報告の種類	モデル予測（1 件：63001）
	研究・報告の整合性	・冷夏の減少による稲作不良への保険の支払い額の減少（63001） ・金融市場、保険市場の損失の増大（62051, 62054, 62075） ・クリーンエネルギー市場の拡大（62054） ・健康保険の需要の増加（62054）
適応の可能性		・保険業：異常危険準備金の積み上げなどによるリスク分散、引受能力（キャパシティ）の拡大のために再保険に加えてリスクヘッジの新たな方法の開発や自己資本の拡充（62049） ・プロジェクトについてのリスク分析に将来の気候状況の予想も織り込む。（62054） ・気候変動の影響がリスクとビジネス・チャンスの中に盛り込まれるような形で信用調査、プロジェクト・ファイナンス、デュー・ディリジェンスといった事業の中核プロセスの適応を図ることにより、地球温暖化にうまく対処することが可能である。（62054） ・過去のパターンのみに頼るのではなく、将来の気候パターンについての最善の科学的助言を反映させて請求発生予想をモデル化する。各社共同の行動としては、保険規制当局や顧客といった他の利害関係者の問題への理解を促進する。（62054）
他の分野・項目との関係		*【農業】【自然災害・沿岸域】*

（気候変動による影響の要因）

- 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う保険支払額を増加させる可能性がある。
- 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やリスク分散のあり方に影響を及ぼす可能性がある。
- 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ることも想定される。
- 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定される。

(現在の状況)

〔概　要〕

- 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。
- 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。

現時点で収集された文献からは、日本については、特に保険分野への影響が既に生じているとの報告がある。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。

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、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っている。[62044,62049)] 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。極端な気象現象の頻度や将来の気候の不確実性が今後増していくことから、保険引受の際の保険料計算やリスク分散のあり方にも影響を及ぼしている。保険会社では、過去のデータに依存した従来のリスク定量化の手法だけでは適切な損害予測が難しくなってきているため、気候の将来リスクに基づき、今後の気候変動の影響を考慮したリスクヘッジ・分散の新たな手法の開発が必要となっている。[62049)] なお、2014 年に、保険会社等からなる損害保険料率算出機構は、自然災害による保険金支払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動研究の成果から、自然災害による損害の将来リスクが不透明で、長期のリスク評価が難しくなったことを理由に、火災保険の契約期間の最長年数を 35 年から 10 年に引き下げることとしている。[62097)]

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 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。
- 現時点で日本に関して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。

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れ、再保険料の増加が予測されている。[62049)] ただし、その定量的な予測の方法については明示されていない。

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を示している。1 つのシナリオ[3]は、2040 年までに単年で 1 兆米ドルを超える直接損失を少なくとも 1 回は生じさせるとの予測を示している。[62075)] また、保険・金融業への影響リスクについて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。[62049,62054,62075)]

1 つの研究は、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い (A2 シナリオ[4]を前提とした MRI-CGCM2 による気候予測情報を使用)、政府の稲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。[63001)]

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

- 重大性:【評価】特に大きい
  【観点】経済

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

[3] 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。

[4] 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。

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。

- 緊急性：【評価】中程度

※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し、準備するという意味で緊急性は高い。

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、一定の対応が始まっている。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、既往の知見が確認できていない。

- 確信度：【評価】中程度

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予測が行われている。

【観光業】

（1）レジャー

※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)。

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 1 件。

文献	地域	現在の状況
62020	特定していない。	製造業への影響としては、家電製品、衣料品、食料飲料製品等の売上げの変化（暖房器具、冬物衣料等の売上げの減少、エアコンや清涼飲料等の売上げの伸びなど）が、レジャー産業への影響としては、暖冬によるスキー場及び観光産業への影響が報告されている。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 13 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
61002	全国 275 箇所のスキー場を対象に、地球温暖化予測情報第 6 巻で予測されている積雪量を用い、MRI-RCM20 上の 2081～2100 年の積雪量の平均値で2031年以降積雪量を日別に除し日別の増減率を算定。気象庁の気候メッシュにおける積雪量にこの増減率を乗じ、各スキー場における年別積雪量を推計。また、23 箇所のスキー場への電話ヒアリング結果により、2008 年の滑走可能積雪量の下限値を尋ね、スキー場ごとの滑走可能日数を予測。 ・モデル：MRI-RCM20 ・シナリオ：SRES A2	2031～2050 年 2081～2100 年	全国	275 のスキー場のうち、2013～2050 年において積雪量が増加するのはわずか 24 箇所であり、残りは全て減少する。60～80%減少するスキー場が 108 箇所と最も多くなっている。2081～2100 年になると積雪量はさらに減少し、増加するスキー場は 3 箇所のみであり、60%以上減少するところがさらに多くなることがわかる。 どの都道府県でも、おしなべて減少しているスキー場が多い。増加しているスキー場は北海道、山形、長野にわずかに見られるが、2081～2100 年になると北海道ではすべてのスキー場が減少に転じているのがわかる。 ヒアリング回答が得られた 15 スキー場の 2008 年シーズンの滑走可能日数の平均は 125 日で、これが 2031～2050 年になると平均で 39 日と約 1／3 に減少し、2081～2100 年になると平均で 19 日と約 6／1 に減少することが明らかになった。
62008	気候モデルおよび気象庁の観測データから Tourism Climate Index（TCI : 観光快適度）の設定に必要な各要素の累積分布関数を設定し、現在および将来の TCI を推定し、その変化を評価する。将来の TCI 値の推定には気候モデルデータを統計的にダウンスケーリングした予測を用いる。 TCI は、①日中有効気温（CID）、②日平均気温（CIA）、③降雨量（R）、④日照時間（S）、⑤風力（W）の要素から成る。	将来の TCI 値： MIROC-3.2hires： 2041～2050 年 CMIP3 モデル: 2046～2055 年	全国 38 箇所のリゾート地	・低緯度地域では日平均実効温度が快適域に移動するため TCI が上昇する。現在 TCI が 50 を越えるのは北緯 25 度以南であるが、将来はこのラインが北上する。 ・6～8 月は、気温が上昇し不快域に達するため、北海道の一部を除いて日本全土で TCI が低下する。 近畿地方では降雨量の増加により TCI が低下する。 ・6～8 月を除くと TCI が 50 を超える地域が多くなる。 12～2 月：現在の 6 箇所→11 箇所、3～5 月：28→53 箇所、 6～8 月：43→13 箇所（減少）、 9～11 月：29→58 箇所。 現在最も観光旅行に適した季節は 6～8

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	TCI= 8CID+2CIA+4R+4S+2W 各要素は最も快適な状態で 5 点（例えば、20~27℃の気温の場合に CID=5 など）。 ・モデル : MIROC3.2-hires および、CMIP3 から 5 モデル（CSIRO-Mk3.5, MPI-ECHMAN5, GFDL-CM2.0, CSIRO-Mk3.0, MIROC-3.2-HIRES）を利用。 ・シナリオ：SRES A1B			月であるが、将来の気候においては、これが 3～5 月と 9～11 月に変化する。
62011	旅行費用法による、砂浜消失の経済評価モデルを構築し、海面上昇による砂浜消失の経済価値を評価。	海面水位上昇幅（30cm、65cm、100cm）に応じた予測。	日本全土	三村ら（1993,1994）の先行研究により、わが国では 30cm、65cm、100cm の海面上昇によって、各々【*日本の砂浜の*】56.6%、81.7%、90.3%が侵食される予測結果が得られている。したがって、30cm、65cm、100cm の海面上昇によって消失する砂浜のレクリエーション価値は、各々522 億円／年（現在価値 13,044 億円）、753 億円（同 18,829 億円）、832 億円（同 20,811 億円）と試算される。
62012	干潟の経済価値を、CVM（仮想市場評価法）及び TCM（旅行費用法）を用いて推計。	記載なし	日本全土	干潟単位面積当たりのレクリエーション価値（現在価値）は 228 円／m2 となる。一方、CVM で求めた干潟単位面積あたりの環境経済価値は 9,935 円/m2 である。CVM で価値を評価する手続きの上では、9,935 円/m2 の中にレクリエーション価値は含まれていないはずであるため、干潟単位面積あたりの経済価値は 9,935 円＋228 円=10,163 円／m2 である。【*干潟の経済価値試算事例。直接気候変動影響について言及するものではないが、参考として掲載。*】
62069	MRI-AGCM 全休気候モデル及び地表面熱収支モデル（SVAT)を素地位手、将来の積雪状況を推計する。 GCM から推計された現在地（1979～2003 年）と章尾ら位置（2075～2099 年）のデータに加え、SVAT と将来値（2075～2099 年）のデータを補足的に加えることで、観測された積雪量と整合的な将来積雪量を算定する。 富山県のスキー場 3 箇所の実績データを元に、スキー場への来客数と積雪量の関係を調査する。算出した将来積雪量より、将来の来客数及びスキー場の営業利益を算出する。 モデル：MRI-AGCM3.2S シナリオ：SRES A1B	2075～2099 年	富山県	1）平日は積雪量に関わらず来客数にばらつきがあるのに対し、休日は積雪量が多くなれば来客数も増加する傾向があることが分かった。 2）対象である富山県の 3 箇所のスキー場では、現在から 2075～2099 年にかけて約 50cm 程度の積雪量の減少が見込まれることが予想される。 3）富山県の 3 箇所のスキー場における来客と営業利益は、積雪量の減少によって、大幅に少なくなることが予測される。 4）アンケートの結果、積雪量の減少による来客数および営業利益の減少に対する対策として、リフト数の削減、駐車場数の削減、利用者サービスの促進、イベントなどの開催などという回答があった。また、降雪機の使用も考えているという意見が聞かれた。 5）アンケートの結果、積雪量が最低での 100cm ないと営業が難しいという意見が聞かれた。将来、3 月には営業ができず、実質 2 ヶ月の営業に短縮されてしまうことが懸念される結果となった。これによる来客数と営業利益への影響は甚大である。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
62070	世界遺産登録抹消を想定し、それによる白神山地観光訪問への影響を分析。まず、白神山地訪問者に対するアンケート調査を実施した。次に、旅行費用法に基づく仮想行動法を用いて、白神山地の世界遺産登録が維持された場合と温暖化によりブナ林が衰退することで登録が抹消された場合を想定し、観光訪問者 1 人あたりのレクリエーション価値の変化を推計した。そして、白神山地全体の観光訪問者数と今後 10 年間のレクリエーション価値の変化を推計した。	2011 年から 10 年間	白神山地	・世界遺産登録維持の場合と比較して、観光訪問者一人あたりのレクリエーション価値が 34%減少することがわかった。これより、世界遺産登録抹消は、白神山地のレクリエーション価値の減少に大きく影響する可能性が高いと言える。 ・観光訪問者数については、世界遺産登録維持時には 374 万人／年であるのに対し、世界遺産登録抹消時には約 247 万人／年と推計され、約 34%減少することが予測された。また、白神山地のレクリエーション価値については、世界遺産登録維持時には 2,314 億 876 万／年であるのに対し、世界遺産登録抹消時には 1,528 億 3,746 万／年となり、世界遺産登録抹消により約 786 億円／年の損失が予測された。ただし、これらの数値は今回の白神山地観光訪問者の意識に基づいて推計されたものであり、未訪問者の意識については考慮されていない。さらに、観光訪問者の飲食費や宿泊費が減少することによる他分野への経済波及、パックツアー（周辺の観光スポットと組み合わせた旅行）が組まれなくなることによる周辺観光への影響など、さらなる損失が発生することも考えられる。
62071	海面上昇は 0.10m から 1.0m まで、0.10m 毎に計算する。 将来予測される海面上昇に対する砂浜消失面積を、以下の 1）～3）の方法で予測し、比較のために 4)の三村らの結果も使用した。 1）国土地理院の基盤地図標高データ（5m メッシュ DEM データ）より得られる地形において、水位を上昇させた場合の現在の汀線からの水没面積 2）海岸情報データから得られる砂浜幅の条件において、砂浜勾配を仮定して現在の海面から水位を上昇させた場合の水没面積 3）海岸情報データから得られる砂浜幅の条件において、底質粒径と砂浜勾配を仮定して Bruun 則に従って汀線が後退した場合の消失面積 4）全国 9,688 海岸のデータセットから得られる砂浜幅・勾配等の条件において、底質粒径を仮定して Bruun 則に従って汀線が後退した場合の消失面積	海面水位上昇幅（0.1～1.0m）に応じて予測。	全国	日本全国の将来の砂浜消失； ・底質粒径を 0.3mm とすると、土砂移動による消失を考慮した場合の全国の砂浜消失率は、IPCC 第 5 次評価報告書の海面上昇量予測結果の下限値 0.26m であっても 46%で、上限値 0.82m では 91%に達すると予測された。また水没のみを考慮した場合でも、下限値 0.26m で 19%、上限値 0.82m で 58%に達すると予測された。全国の砂浜消失率は、海面上昇量が 0.4m 程度までは急激に増加するものの、0.4m をこえると増加率が小さくなる傾向にある。 ・県別では、青森県、茨城県、静岡県、鳥取県など、現在の砂浜幅が比較的大きい場所で消失率が小さく、山口県、長崎県、沖縄県など、砂浜幅が小さい場所で消失率が大きくなる傾向にあった。
62073	30cm 及び 65cm の海面上昇予測シナリオ別に日本	海面水位上昇幅（30cm、65cm）に	全国（都道	・砂浜侵食による日本全体の被害額は海面上昇 30cm、65cm でそれぞれ約 290 億

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	全国の砂浜を対象とし、都道府県別の砂浜侵食による被害額を算定する。また、過去の養浜事業を元に仮想的な適応政策を設定し、その効果を都道府県別の費用便益比として算定した。	応じて予測。	府県別)	円／年、約 530 億円／年と算定された。砂浜の被害額は砂浜侵食率が大きくなるにつれて、その効果も大きくなり、海面上昇 30sm では約 0.8 億円/年(徳島県)から約 60.0 億円/年（沖縄県)、海面上昇 65cm では、約 1.6 億円/年（徳島県）から約 72.5 億円/年（沖縄県）と推計された。 ・仮想的な養浜事業による費用対効果について、海面上昇 30cm では 39 都道府県中 17 都道府県、海面上昇 65cm では 39 都道府県中 20 都道府県で費用便益比で 1 を超えたことから、それらの地域では養浜事業の妥当性が高いことが示された。
62074	MIROC5 の海面水位データを用いて、気候変動に伴う 2031～2050 年および 2081～2100 年の 20 年平均の海面上昇量予測値に対する全国の砂浜侵食予測を行った。 モデル：MIROC5 シナリオ：RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5	2031～2050 年（近未来）， 2081～2100 年（将来）	全国	将来の日本沿岸の海面上昇量は、RCP2.6 で 0.20～0.23m、RCP4.5 で 0.21～0.24m、RCP6.0 で 0.21～0.23m、ならびに RCP8.5 で 0.28～0.31m であった。日本全国の将来の砂浜侵食面積は RCP2.6 では侵食面積が 55.0～128.8km^2、RCP4.5 で 57.9～135.6km^2、RCP6.0 で 57.7～135.1km^2、ならびに RCP8.5 で 77.5～181.4km^2 であり、RCP8.5 では他のシナリオの 1.4 倍程度と侵食量が大きかった。いずれのシナリオにおいても，近未来と比して将来は侵食が加速する結果となった. 底質粒径による砂浜侵食量予測の不確実性幅は，RCP シナリオによる不確実性幅と比べて大きかった。，また、海岸緒元に関する要因により，海面上昇量が大きくなるにつれて不確実性が増大する可能性があることが示唆された.
62096	旅行費用法において用いられるレクリエーション需要関数に関して積分可能性問題を解くことにより、気候変動により被害を受ける環境質を独立変数として持つ効用関数を導出し、その効用関数を統合した応用一般均衡モデルの理論的枠組みを開発する。その後、日本全国の砂浜を対象として、三村ら（1994）の砂浜浸食シナリオを用いた数値実験を行う。	海面水位上昇幅（30cm、65cm、100cm)に応じた予測。	日本全土	三村ら（1994）に基づく気候変動シナリオの数値実験結果に関して、0.30m、0.65m、1.00m の海面上昇量により、本研究の EV 及びΔCS は 247 億円／年、440 億円／年、551 億円／年の被害額に相当する。 *【EV（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。* *CS（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）】*
62098	汀線の後退に関する Bruum 則と Dean の式を基に、前浜勾配および護岸を考慮した Dean の式の修正式を用いて、汀線の後退距離を算定する。 砂浜の状態を細かく把握するために、茨城県の海岸を 55 の区間に区分した。これらの区間をさらに海岸性状の違いによって 214 の小区間に分け、空中写真（平成 2 年撮影）	2100 年	茨城県	*【茨城県の海岸の】*ほとんどで 100m 前後の汀線の後退が生じるという結果になっている。1m の海面上昇に対する静的な汀線の後退距離は、ほとんど 20～40m の間にあり、海面の上昇による付加的な侵食の効果が非常に大きいことがわかる。 茨城県全体で約 5.7km2 の砂浜が存在している。【砂浜の侵食面積の計算から】。0.3、0.65、1.0m の海面上昇によってそれぞれ 45.2%、77.5%、90.5%の砂浜が消失することになる。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	や海岸台帳を用いて砂浜の延長と幅、背後の護岸、崖の有無などを読み取った。			
62099	汀線の後退に関する【*Dean* の式および著者らの修正式を含む】Bruum 則モデルの妥当性を検討するため、地盤沈下を相対的な海面上昇ととらえて、新潟海岸を対象に、海岸侵食との関係を検討する。 その後、Bruum 則モデルを全国の海岸線に適用し、海面上昇によって日本全体でどの程度の砂浜の侵食が生じる可能性があるかを検討する。	海面水位上昇幅（30cm、65cm、100cm）に応じた予測。	日本全土	沖縄県を除いて考えると、30cm の上昇でも、全国で 10,810ha の砂浜が侵食され、それは現存している砂浜の 56.6%に相当する。【中略】65cm では 81.7%、100cm の上昇では実に 90.3%の砂浜が消失することになる。影響の現れ方は都道府県毎に異なり、65cm の上昇でほとんど全ての砂浜を失うところも多い。
63004	応用一般均衡モデル(CGE モデル)をベースに気候変動の影響や世界経済の動的流れを組み込んだ ICES（Inter-temporal Computable Equilibrium System）を用いて、農業、エネルギー需要、健康、海面上昇（による農地損失）、観光部門の GDP に気候変動が与える影響の正負について、2002 年の GDP を基準に予測。 ・モデル：応用一般均衡モデル ・シナリオ：1980～1999 年と比較して、気温が 2050 年に 1.5℃、2100 年に 3.03℃上昇（SRES A1B、A2、B1 シナリオを参考に設定している）。	2050 年 2100 年	全世界を 8 地域に分類。日本は 8 つの内の 1 つ。	GDP に与える影響は、2050 年、2100 年のいずれにおいても、日本の農業、健康、観光、海面上昇の部門ではポジティブな影響となるが、エネルギー需要はネガティブな影響となる。全体として、極めてポジティブな影響となる。観光部門は、当初の期間はネガティブな影響を被るが、2050 年時点では極めてポジティブな影響となる。一方で、エネルギー需要は 2050 年時点においても極めてネガティブな影響を被る。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会： 経済：*【観光地域での経済的損失】* 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状： ・暖冬によるスキー場への影響。(62020) 将来： ・スキー場での積雪深の減少、来客数の減少（2031～2050 年、2081～2100 年：61002, 2075～2099 年：62069） ・観光快適度の変化（2041～2050 年, 2046～2055 年：62008） ・世界遺産である白神山地のブナ林のレクリエーション価値の減少（2011 年

評価の視点等		文献から得られた情報
		から 10 年間：62070） ・砂浜侵食の加速（2031～2050 年 , 2081～2100 年：62074, 2100 年：62098） ・気候変動による観光部門を含めた経済活動への影響（2050 年, 2100 年：63004）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	14 件 現在の状況：1 件（62020） 将来予測される影響：13 件（61002, 62008, 62011, 62012, 62069, 62070, 62071, 62073, 62074, 62096, 62098, 62099, 63004）
	研究・報告の種類	モデル予測（4 件：61002, 62008, 62069, 62074）
	研究・報告の整合性	・スキー場での積雪深減少と来客数や営業利益への影響（61002, 62069） ・観光快適度の低下（62008） ・砂浜の消失による経済的損失（62011, 62073, 62074, 62096, 62098, 62099,） ・世界遺産登録が取り消されることによるレクリエーション価値の損失（62070）
適応の可能性		養浜（62073）
他の分野・項目との関係		*【自然生態系】【自然災害・沿岸域】*

（気候変動による影響の要因）

- 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、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。
- 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・資源に影響を及ぼす可能性がある。

（現在の状況）

〔概　要〕

- 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限定的にしか確認できていない。
- 気温の上昇によるスキー場における積雪深の減少の報告事例が確認されている。

暖冬によるスキー場への影響が報告されている。[62020)]

（将来予測される影響）

〔概　要〕

- A1B シナリオ[5]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[6]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。
- 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。

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-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[7]には、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、このラインが北上すると予測している。時期別にみると、6～8 月は気温が上昇して不快域に入るため日本全土で TCI が低下し、近畿地方では降雨量の増加も加わってさらに TCI が低下すると予測されている。一方、3～5 月と 9～2 月には TCI が 50 を超える地域が増加すること等が示されている。[62008)] 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測している。[63004)]

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、2031～2050 年には降雪量及び最深積雪は北海道と本州の内陸の一部地域を除いて減少し、ほとんどのスキー場で積雪深が大きく減少すると予測されている。[61002)] 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いくつか見られる。先行研究[62098, 62099)]の結果を踏まえて、30cm、65cm、100cm の海面上昇により 56.5%、81.7%、90.3%の日本全国の砂浜が消失すると仮定して消失する砂浜のレクリエーション価値を試算した例では、それぞれの海面上昇幅において、522 億円／年（現在価値 13,044 億円）、753 億円（同 18,829 億円）、832 億円（同 20,811 億円）としている。[62011)] また、前述した砂浜の消失率を用いて、レクリエーション需要量の減少に伴い生じる等価変分[8]及び消費者余剰[9]の変化を被害額として試算した例では、それぞれ 247 億円／年、440 億円／年、551 億円／年としている。[62096)] 一方、都道府県別の砂浜侵食率の違いを考慮した被害額から日本全体の経済的被害額（レクレーショ

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。
6 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。
7 正確には MIROC を用いた予測は 2041～2050 年、CMIP3 の 5 モデルを用いた予測は 2046～2055 年が対象である。
8 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。
9 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)

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 290 億円／年、約 530 億円／年としている。[62073)]

（重大性、緊急性、確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい
  【観点】経済

  観光部門全体としては、ポジティブな影響を受けるとする報告もあるが、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、ネガティブな影響も予測されている。ここでは、自然資産に依拠した観光について評価した。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、住民にとっては、重大性は特に大きい。

- 緊急性：【評価】中程度

  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、影響の範囲は限定的であり、緊急性は中程度である。

- 確信度：【評価】高い

  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、確信度は高いといえる。

【建設業】

（1）建設業

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 0 件。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 1 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
62089	IPCC 第 4 次評価報告書第 2 作業部会報告書の第 7 章における記載。建設業等の産業への影響や脆弱性を予測。	記載なし	全世界	建設業や土木作業では、エネルギー費用や建材、構造健全性（structural integrity）、建設工程などへの影響が予測されている。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会： 経済： 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状：記載なし 将来：記載なし
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	1 件 現在の状況：0 件 将来予測される影響：1 件
	研究・報告の種類	モデル予測：0 件
	研究・報告の整合性	建物そのものや建設工程等への影響（62089）
適応の可能性		気候変動影響（海面上昇や気温変化など）を考慮した設計等（62089）
他の分野・項目との関係		*【都市インフラ、ライフライン等】【健康】*

（気候変動による影響の要因）

- 気候変動による極端現象の頻度や強度の増加は、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。
- 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。
- 洪水や高潮等によるインフラ等への被害、適応策の導入を通じて、建設業に間接的な影響を及ぼすことも想定される。

(現在の状況)

〔概　要〕

- 現時点で、建設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、インフラ等への影響については別途検討されていることから、そちらを参照されたい。

現時点で、建設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。[10]

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 現時点で、建設業への影響について具体的な研究事例は限定的である。
- ただし、インフラ等への影響については別途検討されていることから、そちらを参照されたい。

現時点で、建設業への影響について具体的な研究事例は限定的である。[11]

(重大性、緊急性、確信度の評価と根拠)

- 重大性：【評価】現状では評価できない

  現時点で、予測・評価をした研究事例は限定的であり、評価が困難である。

- 緊急性：【評価】現状では評価できない

  現時点で、予測・評価をした研究事例は限定的であり、評価が困難である。

- 確信度：【評価】現状では評価できない

  現時点で、予測・評価をした研究事例は限定的であり、評価が困難である。これについては今後調査・研究が必要である。

[10] 現時点で、建設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が、建設業における熱中症による死亡災害などが発生している。厚生労働省の「職場での熱中症による死亡災害及び労働災害の発生状況」に関する統計から、平成 22～平成 24 年における熱中症による死亡災害の業種別発生状況をみると、約 4 割程度を建設業が占めている。<http://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei51/> 2015 年 1 月 13 日アクセス。これ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、今後気温が上昇すると、熱中症対策が必要になることが想定される。

[11] 現時点で、建設業への影響について具体的な研究事例は限定的であるが、関連学会や業界団体において建築設計の基準や前提条件の見直しを検討している。現在の建築設計の前提条件（例えば、構造設計の前提となる風荷重や積雪深、環境設備設計のための標準気象データ、等）は、過去の気象データの統計分析に基づき作成されており、気候変動により気象条件が大きく変化するとすれば、これら設計前提条件の見直しが必要となる。

【医療】

（1）医療

(現在の状況の概要情報)

収集文献は 3 件。

文献	地域	現在の状況
62100	特定していない。	病院では，平常時・災害時を問わず水の確保は必要不可欠であり、外傷患部の洗浄用水、透析用水、X 線撮影装置の自動現像器の洗浄用水、器具の滅菌・洗浄用水等の医療行為の他、手洗い、清掃、洗濯、入浴、調理といった患者の入院生活全般にわたり水道水が使用される。それだけに、災害時において水道の供給制限停止になれば、直ちに緊急医療活動に深刻な影響を及ぼすところとなる。【中略】 医療用水の中で、特に透析用水は多量の水が必要とされるため、水道の供給停止は深刻な事態を招くことになる。【中略】 1995 年の阪神･淡路大震災発生に際して兵庫県が医療機関に対して行った前出のアンケートでは、病院の医療機能を低下させた原因として「上水道の供給不能」が最も多く、全回答の 73.6% を占めた。【中略】 一方で、災害時等の水質変化への対応に関しても透析治療従事者からの懸念が示されている。一例として、地震時に水道管の振動などにより堆積していた濁質が巻き上げられ、原水中の濁度が急上昇することで、透析用水処理装置のプレフィルターが目詰まりを起こす事例が発生している。給水車により供給された水を透析に使用した際に透析用 RO 膜が目詰まりをした事例もあった。この原因として、給水車内部に残留した汚れや、水を供給した浄水場における浄水処理が不十分であったことが考えられている。
62101	山形県	平成 25 年 7 月 18 日、22 日、山形県村山地区は豪雨に見舞われた。豪雨期間中、数日にわたり同地区は断水に陥った。断水の原因は村山地区の水源である村山広域水道の原水が浄水器の性能を超えて混濁してしまったことによる。 断水の影響で透析施行が困難となったのは 7 月 12～25 日の 3 日間であった。2 施設は給水車による給水で透析を継続出来た。4 施設は他施設へ患者を移動させ透析を行った。
62102	特定していない。	透析医療に影響を与える可能性のある災害は，洪水，地震，津波，台風，集中豪雨，火山噴火などの自然現象によるものから，都市大火災，大規模停電，化学爆発，大規模交通災害，原子力災害，各種テロなど人為的な原因によって起こり得るものまで多種多様である。

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献は 0 件。

(重大性・緊急性・確信度等の情報)

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全国 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	透析患者数の増加
	社会／経済／環境	社会：【*人命・健康*】 経済： 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状：記載なし 将来：記載なし
	適応の着手等が必要な時期	記載なし。
確信度	研究・報告の量	3 件 現在の状況：3 件（62100, 62101, 62102） 将来予測される影響：0 件

評価の視点等		文献から得られた情報
	研究・報告の種類	モデル予測：0 件
	研究・報告の整合性	自然災害等による水道の供給停止は、医療活動に影響を及ぼす（62100, 62101, 62102）
適応の可能性		記載なし
他の分野・項目との関係		*【健康】【自然災害・沿岸域】*

（気候変動による影響の要因）

- 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与えることが想定される。
- 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加は、医療に影響を及ぼすことも想定される。

（現在の状況）

〔概　要〕

- 現時点で、医療産業への影響について、断水や濁水による人工透析への影響を除き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別途検討されていることから、そちらを参照されたい。

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。[62100, 62101, 62102)]

（将来予測される影響）

〔概　要〕

- 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別途検討されていることから、そちらを参照されたい。

（重大性、緊急性、確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】現状では評価できない

  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。

- 緊急性：【評価】現状では評価できない

  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。

- 確信度：【評価】現状では評価できない

  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。これについては今後調査・研究が必要である。

【その他】

（１）その他（海外影響等）

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 5 件。

文献	地域	現在の状況
03001	特定していない。	広範囲にわたる地域や作物を網羅している多くの研究に基づくと、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（確信度が高い）。
62080	特定していない。	・海外進出にあたっては、採算性や利便性だけでなく、自然災害リスク、特に地震や火山に比べて一般性に頻度の高い水害リスクについて事前のアセスメントが本来は必要だ、というのが 2011 年タイの大水害の教訓である。海外に進出する企業の損害保険に対する期待も高まっていると思われるが、損害保険会社としても対応を憂慮する場面があるとも聞く。 ・日本の損害保険会社が日系企業に支払う保険金の額は、再保険分も含めると 9,000 億円と、東日本大震災の企業向け地震保険支払い額の 6,000 億円を大きく超える見通しとなった。
62081	タイ	・すべての工業団地が被災したわけではなかったにもかかわらず、グローバル・サプライチェーンや他の工業団地の生産活動にも影響が及んだ。工業団地の中には、技術集約度の高い製品と関連部品メーカー（第 1 次サプライヤ、第 2 次サプライヤ）の進出により集積化したところもあり、このような工業団地が被災した場合の対策を事前に検討しておく必要も出てきた。 ・世界銀行の試算によれば、(2011 年）12 月 1 日時点での洪水の被害・損失額は、1 兆 4,250 億バーツ（約 3 兆 6,000 億円）に達する。被害・損失額が最も大きかったのは製造業で 1 兆バーツで、工業団地の浸水が大きく影響したことは疑いない。そのほか観光が 950 億バーツ、農業が 400 億バーツ、住宅が 840 億バーツであった。
	特定していない。	・タイの洪水で明らかになったことは、わが国が東日本大震災で経験した「生産拠点の自然災害リスクをいかに軽減するか」という課題が、国内だけでなく、海外にも存在するということである。加えて、気候変動リスクだけでなく、当該国の予防策や緊急措置体制の整備にまで視野を広げた自然災害リスクを検討しなければならない。 ・自然災害リスクからグローバル・サプライチェーンを守るという考え方は、「21 世紀型危機管理」といえる。企業は、海外進出する際に、当該国の自然災害リスクを検討しておくことが重要な検討項目となってきた。 ・日本企業はコスト削減を重視して、タイを含む東アジアへの海外進出を促進してきた。加えて、部品の共通化や集積化が、コスト削減だけでなく、製品の技術集約度を高めた。今回のタイの洪水において一極集中リスクが再認識されているが、自然災害リスクは他の国も抱える課題であり、立地の選定と同時に、災害が生じた場合のリスク軽減措置を検討しておく必要がある。そのひとつとして、サプライチェーンの具体的把握（見える化）がある。第 1 次サプライヤや第 2 次サプライヤ、第 3 次サプライヤに依存する製品やその生産場所を明らかにしておくことで、被害の大きさの迅速な把握や対応が可能になる。【中略】そのうえで、平時から生産の他地域への代替・移転の条件を検討しておけば、非常時の復旧能力を高めることが出来る。
62082	特定していない。	HDD サプライチェーンにおける日系企業の損失は約 3,150 億円と試算されている。しかし、サプライチェーンへの影響の試算は複雑・不透明であり、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不明である。
62083	特定していない。	2011 年のタイ洪水による HDD 業界への影響がこれほど大きくなった要因としては、①HDD 業界において寡占化が進展、②タイに HDD の生産が集中、③部材のサプライチェーンがタイに集積、という 3 点が挙げられる。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 3 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
03001	IPCC 第 5 次評価報告書政策決定者向け要約における記載。適応策を講じない場合における主要作物の生産性等を予測。	2109 年まで	全世界	・熱帯及び温帯地域の主要作物（麦、コメ、トウモロコシ）において、適応策をとらない場合、気候変動はその地域の気温上昇が 20 世紀後半の水準から 2℃またはそれ以上になる

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
				と、個々の場所では便益を受ける可能性はあるものの、気候変動は生産に負の影響を及ぼすと予想される（確信度が中程度)。 ・食料安全保障のあらゆる側面は、食料の入手可能性、利用、価格の安定などにおいて、潜在的に気候変動の影響を受けている（確信度が高い)。 ・将来の農村域への主要な影響は、近い将来とそれ以降、世界全体で食料及び非食料作物の生産地域が移転するなど､水の利用可能性及び供給、食料安全保障、並びに農業所得への影響を通して表れると予想されている（確信度が高い)。
62090	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	記載なし	英国	健康への影響： 環境の変化に伴い、海外での感染症のパターンが変化し、感染症媒介者の増加につながる。主に移住や旅行を通じて、国民に影響を与える。また媒介者・媒介物の輸入や汚染された食料の輸入、感染者が人から人へと直接的に伝染することにより、国内で感染症が集団発生するリスクも考えられる。 インフラへの影響： 2070 年までに、マイアミ、上海、広東省、東京、ニューヨーク、ホーチミン、大阪・神戸、バンコク、アムステルダム、ロッテルダムの 10 都市は海水面の上昇の影響を受けやすく、英国の貿易や金融、産業に重大な影響を与え得る。洪水や高潮の影響を受ける沿岸域の増加は、英国のサプライチェーンや資産に影響を与え、沿岸域を拠点としている英国の産業やインフラに影響を与える。 海上輸送への影響： 海上における暴風雨の増加や発生パターンの変化は、移動時間や輸送ルート変更の必要により、サプライチェーンを麻痺させ、製品や資源の輸送の遅れや費用の増加につながる。 エネルギー輸送への影響： エネルギー供給を行うインフラは海面上昇によりリスクが増加する。 農業・漁業への影響 異常気象の頻度や期間の増加や水資源の減少等の気候変動の悪影響は、世界の農業生産量に悪影響を与える。これにより、農作物の価格が変動し、供給保証や輸入農業製品の価格に影響を与える。海洋の酸性化、水温変化、海流の変化は漁業への悪影響を増大させ、養殖産業にとっても妨げとなる。これにより供給保証や魚類の価格に影響を与える。
63002	農業技術移転のための意思決定に関する生物物理モデル（DSSAT)に、作物の生育場所や管理技術に関するデ	2050s	全世界	「東アジア及び太平洋地域」では、2000 年時点で農作物の純輸入地域であり、気候変動の無いシナリオでの、2050 年時の輸入量は大幅に増加

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	ータセット(ISPAM データ)を組合わせた気候変動モデルの結果を、国際食糧政策研究所（IFPRI）による世界の需給予測モデル（IMPACT2009)に適用し、将来の食糧価格や輸出入について予測。 ・モデル：NCAR、CSIRO ・シナリオ：SRES A2 ※NCAR モデルとは米国立大気研究センターが開発した大気海洋結合モデル。CISRO はオーストラリア連邦科学産業研究機構が開発した気候モデル。			する。一方、CSIRO モデルによる予測では輸入量が若干低下し、NCAR モデルによる予測では純輸出地域に転じる。CO2 施肥効果を考慮すると CSIRO モデルによる予測では正の影響（輸入量が減少）、NCAR モデルによる予測では負の影響が生じる。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：全世界（東アジア及び太平洋地域についての言及を含む） 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会：*【健康への影響】* 経済：*【食料価格の変動】【サプライチェーンを通じた事業活動への影響】* 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状： ・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（03001） ・タイの洪水被害によるグローバルサプライチェーンへの影響（62080, 62081, 62082, 62083） 将来： ・農作物の輸入量の変化（2050s：63002）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	7 件 現在の状況：5 件（03001, 62080, 62081, 62082, 62083） 将来予測される影響：3 件（03001, 62090, 63002）
	研究・報告の種類	モデル予測（1 件：63002）
	研究・報告の整合性	・農作物生産量・価格の変動（3 件：03001, 62090, 63002）
適応の可能性		・立地の選定、災害が生じた場合のリスク軽減措置の事前検討、サプライチェーンの具体的把握。（62081） ・代替生産体制の構築、災害時に周辺国から部材調達ができるようなリスク分散策の実施。（62083）
他の分野・項目との関係		*【農業】【自然災害・沿岸域】*

（気候変動による影響の要因）

- 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・経済に影響を及ぼすメカニズムについては、要因が複雑であり、研究事例の蓄積が少ないことから、メカニズム自体はっきりしているわけではない。
- 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

響について言及している。

- 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がある。
- 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後れや輸送費用の増加等に繋がる可能性がある。
- 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格等に影響を与える可能性がある。
- 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。
- 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。

(現在の状況)

〔概　要〕

- 現時点では、気候変動による日本国外での影響が日本国内に及ぼす影響について、研究事例は確認できていない。
- 2011 年のタイ国チャオプラヤ川の洪水では、これが気候変動の影響によるものであるかどうかは明確に判断しがたいが、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を、再保険分も含めて 9,000 億円と見通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。[03001)] 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。[62080,62081,62082,62083)] チャオプラヤ川の洪水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、これらの報告によると、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 [62082)] 、日本の損害保険会社が日系企業に支払う金額を、再保険分も含めて 9,000 億円と見通していること [62080)] 、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 [62081)] などが指摘されている。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不明確であるとされている。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 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、社会科学分野が含まれる二次的な影響が中心であり、要因が複雑で、現時点では具体的な研究事例が確認できていない。
- ただし、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。

本分野は社会科学分野が含まれる二次的な影響が中心であり、要因が複雑で、まだ研究が十分進んでいない部分である。

気候変動による国外の影響が自国内に及ぼす影響について、英国では科学技術庁が 2011 年に取りまとめを行っている。[62090] その中には、英国だけでなく我が国においても同様に想定されうる内容が多く見受けられる。例えば、健康面では、海外での感染症パターンが変化することで感染症の媒介者が増加し、英国への移住や旅行を通じて国内で拡大する可能性があるとしている。また、企業の競争力の観点からは、海面上昇の影響を受けやすい海外の沿岸域に立地する英国企業のサプライチェーンを通じて、貿易や国内の金融、産業が影響を受ける可能性があることが指摘されている。加えて、海上における暴風雨の増加や発生パターンの変化は、海上輸送時間や輸送ルート変更をもたらし、サプライチェーンへの影響を生じさせ、製品や資源の輸送の後れや輸送費用の増加等に繋がることも指摘されている。エネルギーの輸入先においてエネルギー関連インフラが気候変動影響により損傷を受けることで、エネルギーセキュリティや燃料輸入価格等に影響し、さらに、農水産物の輸入先での極端現象の頻度や期間の増加、水資源の減少、海洋の酸性化、水温の変化等は、農水産物の輸入価格に影響を与える可能性があることも示唆されている。以上のような、海外への移住・旅行等を通じた感染症拡大の可能性、海外にサプライチェーンをもつ企業が現地での海面上昇あるいは極端現象等により経済活動上の大きな打撃を受ける可能性、エネルギーや農水産物の輸入価格変動の可能性等は、日本においても同様にその可能性を否定できないものであり、今後、このような分野の影響の顕在化あるいは将来生じる可能性についてのさらなる調査・研究が必要と考えられる。

また、将来の世界的な食料生産については、適応策をとらない場合、20 世紀末から 2℃またはそれ以上の地域の気温上昇が、熱帯及び温帯地域において、主要作物 (麦、コメ、トウモロコシ) の生産性に負の影響を及ぼすと示されており [03001] 、このような食料生産への影響が、海外食料依存度の高い日本に与える影響については、留意が必要と考えられる。

（重大性、緊急性、確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】現状では評価できない

  既往の文献では、東アジア及び太平洋地域における影響評価が行われているが、日本としての影響規模は不明である。東アジア及び太平洋地域におけ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はあるが、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。

  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。

- 緊急性：【評価】現状では評価できない

  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・報告は確認できていない。しかし、2011 年のタイ国チャオプラヤ川の洪水では、これが気候変動の影響によるものであるかどうかは明確に判断しがたいが、日系企業に大きな被害をもたらした。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、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、現時点で評価は難しい。

- 確信度：【評価】低い

  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限定的である。

3.7 国民生活・都市生活

【都市インフラ、ライフライン等】

（1）水道、交通等

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 6 件。

文献	地域	現在の状況
01001	全国	・大雨については、日降水量 200mm 以上の日数は増加傾向にあり、時間降水量 50mm 以上の発生回数も近年増加傾向が明瞭である。 ・宅地等の浸水面積の経年変化でみると、年毎の変動はあるものの減少傾向が見られる。こうした被害の減少は、治水対策や下水道等の整備による都市浸水対策等が進められてきたことも大きな要因である。ただし、大河川においては年超過確率 1/30～1/40 程度、中小河川においては年超過確率 1/5～1/10 程度の規模の降雨に対して防御する計画となっているが、防御されている区域の割合は約 63%であり、このような計画上の治水安全度は、現在の気候における大雨に対しても充分なものとはなっていない。 また、浸水面積は減少している一方で、氾濫域への資産集中が進んだため、浸水面積あたりの被害額は増加傾向にあり、ひとたび氾濫が起きた場合には被害が深刻化する傾向にある。さらに近年、都市部において大雨による内水氾濫が頻発し、人口や都市機能の集積した地区等において、毎年甚大な浸水被害が発生している。したがって、気候変動による大規模洪水や内水氾濫の発生頻度が上昇すると、現状よりも被害額が大幅に増大するおそれがある。
62020	福岡県福岡市、高知県室戸市、愛知県名古屋市	1999 年、福岡市博多駅周辺地区では、記録的な豪雨によりビルの地下浸水、停電、地下鉄の運転一時見合わせ等の被害が発生した。また、2004 年の高知県室戸市の菜生海岸では、台風に伴う高潮により海岸堤防が約 30m にわたって倒壊し、背後の家屋が被災、死亡者が出る惨事となった。また、1994 年の渇水の影響により、名古屋周辺地域では代替水源としての地下水利用の増加によって地盤沈下がもたらされた。
62029	北関東	異常な降雨と台風に伴う降雨の影響で、北関東自動車道茨城町インター付近の切土斜面が 2004 年から 2009 年にかけて 13 か所でパイピングによる崩壊が生じた。調査の結果、崩壊の原因は主として以下の 2 つであると結論された。 i）表面水の浸透による浅層での洗掘あるいは侵食 ii）表面水によって側溝が崩壊したために表面水が深層まで浸透したために起きたパイピング このとき確認された主な被害は、 ①のり面中～下部に発生したパイピングに伴う高速道路車線に達する多量の土砂流出 ②のり面の洗掘・陥没や構造物背面の空洞化 ③のり面上部に分布する凝灰質粘土の泥濘化やはらみ出し ③　り面の緩み進行に伴う側道部のクラック変状 等であった。
62033	全国	・渇水 平成 20 年は降雨量が平年よりも少なく、全国の 30 ダムにおいて取水制限が行われ、合計 144 万人が影響を受けた。特に四国の早明浦ダムでは一時貯水率が 0%となるほど深刻な渇水となり、124 日間の取水制限が行われる等大きな影響を受けた。 ・洪水 （1）平成 17 年 9 月、宮崎県宮崎市において洪水による浄水場浸水被害が発生した。台風 14 号によって、多いところでおよそ 1,000mm という約 380 年に一度の規模の大雨が発生し、この大雨によって浄水場全体が冠水した。浄水場の機能が停止し、約 18,500 世帯が断水となる被害が発生した。 （2）平成 21 年 7 月、山口県において集中豪雨により浄水場が浸水し、浄水処理が不可能となり約 35,000 戸が最長 10 日間断水となった。 （3）平成 21 年 7 月、長崎県において集中豪雨による土砂崩れで、道路下に埋設されていた水道管が破損し、約 17,500 戸が最長 5 日間断水となった。 ・濁水 （1）平成 19 年 9 月、東京都奥多摩地域では観測史上最大の降雨が発生し、東京都の水源である小河内ダムにおいて高濁水状態が 3 カ月以上続いた。小河内ダムを水源とする下流浄水場では取水量を減らし、減量分を別の水源を利用している浄水場から補てんする対応がとられた。 （2）平成 19 年 6 月、北海道北見市において、時間降水量 50mm の集中豪雨が上流で発生し、最高濁度 15,000 度の濁水が原因となり、市内全域（約 58,000 世帯）が長時間断水となる大規模な被害が発生した。

文献	地域	現在の状況
		(3) 給水人口 3,117 人の A 市簡易水道の水源河川に、集中豪雨により肥料施設から汚泥が流入し、取水停止となった。直後に水源を変更し給水を開始したが、400 世帯が断水となり、下流の養殖魚が全滅した。 ・高潮 平成 20 年 2 月、富山湾沿岸域で発生した高波により、飲用利用されている井戸水に海水が流入する塩水被害が発生した。被害の最も大きい富山県入善町の一部の井戸では、高い塩分濃度によって飲用ができない状態が 3 カ月以上続くなどの被害を受けた。
		【*先進国における飲料水による健康被害の状況を取りまとめている Steve E.ら (2004)* の】事例について、汚染の場所や原因及び浄水場での塩素消毒の有無などについての分類を行ったところ、原因としては、水源の汚染が 51 件 (74%) と最も多く、水源の汚染の原因が大雨による濁水の流入であったものが少なくとも 25 件 (36%) をしめており、うち、8 件は雪解けの影響も受けていると考えられた。このように、水道水源は大雨等による濁水により汚染されやすいことが確認された。 これらの健康被害が起きた事例では塩素消毒のみを行っているか全く処理を行っていない浄水場での割合が 42 件であり、簡易な浄水処理を行っているところでは汚染に対して弱く、健康被害につながりやすいと考えられた。また、塩素消毒が不足したことが原因となっているものが、19 件あり、不十分な消毒が原因で健康被害を引き起こしたと考えられ、健康被害の発生と拡大防止には消毒などの微生物汚染対策が不可欠と言える。しかしながら、「ろ過」や「ろ過+塩素処理」、「凝集沈澱+ろ過等」の処理を行っている事例も 27 件あり、ろ過等の処理施設を備えているところでも、原水水質の急激な変動や処理の不備、処理能力を超えた場合には事故が起こることを示していると考えられた。
62094	秋田県、岩手県、新潟県、福島県、兵庫県	・本論文では直接的に温暖化との関わりは言及しないが、全球の気候条件と関わりが深いため、今後、このような豪雨頻発の可能性が示唆される。 ・豪雨、および洪水氾濫による鉄道盛土被害に関しては、2009 年 8 月の台風 9 号に伴って兵庫県佐用町 JR 西日本姫新線の盛土被害が総延長 2.8km で発生し、全線再開まで 2 ヶ月を要した事例がある。 ・20011 年 7 月に生じた新潟・福島豪雨では只見川で流木等による多くの落橋が認められ、JR 只見線復旧の工期は 4 年以上と試算され、2014 年 7 月現在も不通の状態にある。 ・2013 年 8 月 9 日 5 時より秋田県北部、秋田県・岩手県堺付近で局所的に猛烈な降雨が認められ、死者 8 名、全壊 8 棟、鹿角市、大館市、北秋田市 (以上秋田県)、盛岡市、雫石町、矢巾町、紫波町、花巻市 (以上岩手県) で、床上・床下浸水を伴う災害が生じた。【中略】岩手県雫石町では、豪雨による土砂崩れや冠水で道路が寸断され多数の孤立集落が発生し、秋田県大館市、鹿角市や岩手県花巻市では、土砂災害や洪水被害により多くの被害が生じている。この中で社会基盤施設に対して豪雨が影響を与えた被害事例として①鉄道盛土の流出、②流木による河道閉塞がある。これらは、いずれも洪水氾濫に関わって生じた社会基盤施設の被災事例であり、いずれも通水不足が災害発生を誘発させている。
82005	福井県	地球温暖化によって暖冬化が進行する場合、積雪量の減少によって除雪費用も減少していくことが期待されるが、経年変化を見る限り 1981 年「56 豪雪」の除雪費用が突出していることを除くと、除雪費用は近年の積雪量の減少傾向に反してやや増加している傾向にも見える。 このように除雪費用と積雪量が比例しない主な要因としては、行政サービスとしての側面が挙げられる。すなわち、積雪の多少に関わらず住民ニーズに沿って出動する場合もあること、さらに 1 回あたりの除雪コストも積雪量でそれほど大きく変わるものではないことから、除雪費用には積雪量だけでなく出動回数も大きく影響しているものと考えられる。

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献は 5 件。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
03001	IPCC 第 5 次評価報告書第 2 作業部会政策決定者向け要約における記載。気候変動の程度や速度及び社会経済上の選択によって、いかにリスクや便益が影響を受けるかを検討。	今後数十年および 21 世紀後半とその後	全世界	・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がある。 ・多くの国々の重要なインフラや領域保全に及ぼす気候変動の影響は、国家安全保障政策に影響を及ぼすと予想される (証拠が中程度、見解一

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
				致度が中程度)。
62024	各種災害による水道事業への影響を流域を単位として可視化し、流域ごとの被害特性や問題点を抽出することを目的に、既存の各種ハザードマップ、各種統計データ、及び水道地図を GIS 上に重ね合わせたものを水道ハザードマップと定義する。 水道ハザードマップを用いて、自然災害による水道事業への影響を各種手法を用いて定量化し、評価を行った(例えば取水点・浄水場・配水池等への影響は ArcGIS を用いて分析など)。	記載なし	紀ノ川流域 大淀川流域	a) 紀の川流域 ・洪水浸水想定区域との重ね合わせによると、想定される降雨による 1.0m 以上の浸水被害は計 19 箇所の取水点及び計 8 箇所の浄水場で発生し、影響人口は計 84,426 人になると予測された。そのうち、特に深刻な影響を受ける 5.0m 以上の浸水被害は、5 箇所の取水点及び 2 箇所の浄水場で発生し、影響人口は 20,232 人になると予測された。 ・洪水災害危険箇所との重ね合わせによると、想定される洪水によりがけ崩れが発生する地域に 1 箇所の取水点及び 0.6km の管路が含まれると予測された。また、地すべり被害が発生する地域に 2 箇所の取水点及び 3 箇所の浄水場があり、管路被害は 1.4km、影響人口は 510 人と予測された。急傾斜による被害が発生する地域には、1 箇所の取水点及び 3 箇所の浄水場があり、管路被害は 3.2km、影響人口は 6,363 人になると予測された。さらに、土石流による被害が発生する地域に、3 箇所の取水点及び 1 箇所の浄水場があり、影響人口は 434 人になると予測された。 b) 大淀川流域 ・洪水浸水想定区域との重ね合わせによると、想定される降雨による 1.0m 以上の浸水被害は計 10 箇所の取水点及び計 2 箇所の浄水場で発生し、影響人口は計 162,865 人になると予測された。そのうち、深刻な影響を受ける 2.0m 以上の浸水被害は、4 箇所の取水点及び 1 箇所の浄水場で発生し、影響人口は 118,756 人になると予測された。 ・洪水災害危険箇所との重ね合わせによると、洪水による災害危険区域に 1 箇所の浄水場が含まれ、管路被害は 2.2km、影響人口は 118,756 人になると予測された。また急傾斜による被害が発生する地域には、2 箇所の取水点、1 箇所の浄水場、4 箇所の配水池があり、管路被害は 27.6km、影響人口は 1,187 人になると予測された。さらに土石流による被害が発生する地域に 11 箇所の取水点、5 箇所の浄水場、9 箇所の配水池があり、影響人口は 3,879 人となった。
62032	気候変動により、水資源にはさまざまな影響が出る可能性が予測されているが、本調査では、a) 降雨の時空間分布の変化による渇水頻度増加への対応能力、 b) 渇水の影響を吸収する可能性のある配水施設の余裕度、 c) 濁度、富栄養化の増加などの水質の変化への対応能	記載なし	日本全土	予測の概要に示す a),b),c),d) 項目に対する水道事業業務指標の】総合点では北海道、東北地方が得点が高く、中部、中国、四国、九州地方で得点が低くなっている。 それぞれの地方で、水源、配水、水質、経営についてそれぞれ脆弱だと考えられる L2 以下【*L1（最も評価が低い）～L9（最も評価が高い）*】となった事業体の割合を比較すると、経営、次いで水質について脆弱

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	力、 d) 気候変動に適応するための財源の健全性、 の 4 点について各上水道事業体の脆弱性を評価する。評価は、水道統計をもとに、平成 20 年度の業務指標（Performance Indicator、PI)をベースに全国の小規模上水道の現状及び課題の把握を行った。PI は上水道事業体が行っている業務を水道事業ガイドライン JWWAQ1006）に定義された方法により定量化したもので、本調査では、137 項目の PI のうち、水源、配水、水質、経営と関連すると考えられる項目それぞれを評価対象とした。			だと考えられる上水道事業体の割合が高くなっている。また、特に水源については北海道で、水質については東北地方で L2 以下の上水道事業体の割合が高い。配水については全ての地方で L2 以下の割合が非常に低く全国的に余裕のあることがわかる。経営については中部、近畿、中国、四国、九州地方で 3 から 4 割と、給水原価が比較的高い上に、供給単価を上回っている水道事業体の割合が非常に高くなっている。
62090	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。	記載なし	英国	鉄道・道路への影響： 北アメリカや北ヨーロッパ、中央・北・東・南アジアを含む多くの地域の鉄道は、2040 年には豪雨により影響を受けやすくなり、倉庫への洪水リスク、橋や堤防への被害等のリスクをもたらす。 気温が極端に上昇する地域や熱波による影響により、鉄道レールが折れ曲がるリスクも発生する。国外の道路ネットワークでも同様に洪水や地滑り、アスファルト道路の融解などリスクが発生する。 通信への影響： 英国外のデータストレージセンターや国際通信ネットワークのインフラは、洪水やその他の異常気象により影響を受けるリスクが増加する。 2009 年にトルコのボーダフォンのデータセンターが洪水により影響を受けたように、一部のデータストレージ施設ですでに被害が発生し、インターネットの使用や電話通信に影響を与えている。
62095	降雪量に関する既存の観測データには AMeDAS を用いる。①将来の北陸地方を中心とした日本海側地域の積雪量の変化は、SRES A1B シナリオを用いた CMP3 の 5 モデルの出力を Weather Research and Forecasting（WRF）モデル version.3.2.1 を用いた擬似温暖化手法（PGW）に適用することで 2030 年代を予測する。②また、同 5 モデルにおいて 850hPa で 2K 上昇を仮定し、モデルによる予測の違いを検討する。 モデル：WRF 3.2.1, CMIP3 (MIROC3.2hires,	① 2030 年代	日本海側地域（石川県、富山県、新潟県南部、岐阜県北部、長野県北部）	積雪量の減少比率は、高地と比較して低地のほうが大きくなる。累積最大積雪量の減少比は、短期の方が長期および年間積雪量の減少に比べて小さくなる。 全てのモデルにおいて 850hPa で 2K の気温上昇を仮定した結果、同様に、積雪量は高地よりも低地で減少が大きくなった。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	MIROC3.2medres, GFDL-CM2.1, MRI-CGCM2.3.2, CSIRO-Mk3.0) シナリオ：SRES A1B			

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：日本全土 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	記載なし
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	*【高齢者人口の増加】*
	社会／経済／環境	社会：*【インフラの損傷による生活への影響】* 経済：*【資産・インフラの損失、通信・輸送網の広域的な寸断】* 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状：既に発現が見られる。 ・自然災害によるインフラへの被害：5 件（01001, 62020, 62029, 62033, 62094） 将来:北陸地域を中心とした日本海側地域の平地での積雪深が減少（2030s：62095）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	11 件 現在の状況：6 件（01001, 62020, 62029, 62033, 62094, 82005） 将来予測される影響：5 件（03001, 62024, 62032, 62090, 62095）
	研究・報告の種類	モデル予測（1 件）
	研究・報告の整合性	・自然災害の増加による水道事業への被害の増加が予測されており、現在においても既に影響が生じていることが報告されている。(現在の状況：3 件：01001, 62020, 62033, 将来予測：3 件：03001, 62024, 62032) ・自然災害の増加による交通・通信への影響（2 件：62090, 62094） ・日本海側の平地では高地より積雪深の減少幅が大きい（62095）
適応の可能性		記載なし
他の分野・項目との関係		*【水資源・水災害、自然災害・沿岸域】*

（気候変動による影響の要因）

- 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、インフラ・ライフラインへ被害を及ぼす可能性がある。

（現在の状況）

〔概　要〕

- 近年、各地で、記録的な豪雨による地下浸水、停電、地下鉄への影響、渇水や洪水等による水道インフラへの影響、豪雨や台風による高速道路の切土斜面への影響等が確認されている。
- ただし、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。

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想定される。例えば、1999 年の福岡市での記録的な豪雨による地下浸水、停電、地下鉄の一時運転見合わせ等の被害、2004 年の高知県室戸市での台風による堤防の倒壊・家屋の損壊等、1994 年の名古屋市での渇水による地下水利用の増加とこれによる地盤沈下の発生等がある。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、気候変動が進行すれば、さらに増加すると考えられる現象である。[62020)] また、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が現在の気候における大雨に対して十分なものとなっておらず、都市部では内水氾濫の頻発などが報告されている。[01001)] 水道インフラについては、渇水、洪水、濁水や高潮の影響による取水制限や、水質の悪化に伴う断水や病原性微生物の増加による健康への悪影響が確認されている。[62033)] 豪雨、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の支障、流木による河道閉塞による被害も報告されている。[62029, 62094)]

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 気候変動が、インフラ・ライフラインにどのような影響をもたらすかについて、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可能性があると指摘されている。
- 一方、国内では、社会科学分野が含まれる二次的な影響が中心であり、要因が複雑であるため、現時点では研究事例は限定的にしか確認できていない。海外では通信・交通インフラにおけるリスクの増大等を指摘した検討事例等がある。
- 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、インフラ・ライフライン等に影響が及ぶことが懸念される。

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可能性があると指摘されている。[03001)] 一方、国内では、社会科学分野が含まれる二次的な影響が中心であることもあり、要因が複雑で、まだ研究が十分進んでいない部分である。

しかし、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河流域での自然災害に対する水道事業体の脆弱性を既存の各種ハザードマップを用いて評価した調査がある。本調査では、洪水による浄水場および取水点での浸水被害、がけ崩れによる水道管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。[62024)] 気候変動の進行により、洪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、水道事業体ごとにばらつきが大きいことが指摘さ

れている。[62032)]

将来の気候では、北海道内陸などの一部を除いて最深積雪が減少することが予測されているが、A1B シナリオ[1]を前提とした MIROC-3.2hires, MIROC3.2medres, GFDL-CM2.1, MRI-CGCM2.3.2, CSIRO-Mk3.0 モデルによる実験出力を境界条件に、領域気象モデル（WRF）を用いた擬似温暖化手法により北陸を中心とした日本海側地域の積雪の変化傾向を予測した研究では、低地ほど積雪量の減少幅が高地に比べて大きくなるとしており[62095)]、市街地の雪が減少し除雪などの負担が軽減される可能性が示唆される。一方で、例えば福井県では除雪費用は近年の降雪量の減少傾向に反して増加の傾向にあるとの報告も見られる。[82005)]

気候変動による海外の影響が自国内に及ぼす影響について、英国では科学技術庁が 2011 年に取りまとめを行っているが、その中には、通信や交通インフラについて、海外での影響の有無によらず、我が国においても想定されうる影響についての記述が見受けられる。例えば、豪雨により鉄道レール等への被害が生じやすくなる可能性、洪水や土砂崩れ等による道路への被害が生じやすくなる可能性などが指摘されている。また、通信インフラの面でも、洪水等の異常気象によりデータセンターや国際通信ネットワークが被害を受けることで、インターネット・電話通信に影響を与えるリスクの増大が指摘されている。[62090)] 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しうる内容を含んでいるものと考えられる。

（重大性、緊急性、確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい

  【観点】社会／経済

  現在でも豪雨や渇水等によるインフラ・ライフラインへの影響として、水道事業や交通機関への影響が確認されている。また、水道事業や交通機関等への将来の影響の可能性を示唆する予測研究事例も確認されている。

  これらが気候変動によるものであるかどうか明確に判断することは難しいが、将来、豪雨や渇水の頻度が増加することは予測されており、これらの予測のように気候変動が進行するとすれば、現在、確認されているインフラ・ライフラインへの影響と同様の被害が生じやすくなる可能性がある。

  インフラ・ライフラインの被害・損傷による社会・経済面への影響は大きいことから、重大性は特に大きい。

- 緊急性：【評価】高い

  現在でも豪雨や渇水等によるインフラ・ライフラインへの影響として、水道事業や交通機関への影響が確認されている。また、水道事業や交通機関等への将来の影響の可能性を示唆する研究事例も確認されている。

[1] 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。

これらが気候変動によるものであるかどうか明確に判断することは難しいが、将来、豪雨や渇水の頻度が増加することは予測されており、これらの予測のように気候変動が進行するとすれば、現在、確認されているインフラ・ライフラインへの影響と同様の被害が生じる可能性がある。

現在でもインフラ・ライフラインへの影響は確認されており、またインフラ・ライフラインの対策には時間を要することから、緊急性は高い。

- 確信度：【評価】低い

研究・報告数は一定程度あるが、気候モデルや排出/濃度シナリオを活用した事例は限定的である。

【文化・歴史などを感じる暮らし】

（1）生物季節、伝統行事・地場産業等

※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。

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 9 件。

文献	地域	現在の状況
62015	全国	1953 年以降、さくらの開花日は、10 年当たり 0.9 日の変化率で早くなっている。また、かえでの紅葉日は、10 年当たり 3.0 日の変化率で遅くなっている（いずれも信頼度水準 99%で統計的に有意）。
62016	長野県諏訪市	諏訪湖の「お神渡り」の記録では、「明海（結氷せず）」や「お神渡りなし」の頻度が 1979 年以降増加している。
62017	埼玉県	酒造りは 15℃くらいを最高温度とする低温での醗酵が必要で、なるべく低い気温が条件となることから、冬に仕込み、貯蔵、熟成させ秋に出荷している。昨今の温暖化により、初冬の気温が上昇していることから、仕込みの時期が遅れる影響の他、夏季の酒保管に冷蔵庫を使用する時間が増加するなどの影響が表れている。
	群馬県	・群馬県の冬期の観光資源として榛名湖と赤城山大沼での氷上の「わかさぎ釣り」が挙げられる。しかし、近年は解禁日の遅延、釣日の短縮や氷上開きの中止が多くなった。 ・温暖化の影響により結氷（全面凍結）の期間が変動することで、訪れる観光客数の減少や観光収入の減益など、影響が出ると考えられている。
62018	三重県	・三重県で育成した酒造好適米「神の穂」において吸水割れ（高度精白した米が醸造途中の洗米工程で吸水時に割れること）が認められ、問題となっている。 ・「神の穂」の吸水割れ程度と出穂後 10 日間の平均最高気温には正の相関が認められる。平均最高気温が高くなるにつれて吸水割れの発生程度が高くなる傾向にある。
62019	三重県	・*【気候予測モデルにより】*日本列島を通過する南岸低気圧の発生頻度が高まることが指摘されている。【中略】*【西太平洋海域で形成されやすい】*高圧帯の北側には亜熱帯ジェット気流が流れており、南岸低気圧の発生位置や移動経路も北上傾向にあることから、南岸低気圧が日本海に侵入して日本海低気圧と合体し、オホーツク海付近での異常発達が見られるようになった。その結果、中部地方では強い西よりの風の頻度が高まり、常滑沖に位置する中部国際空港（セントレア）の航空機への影響が懸念される。 *【伊勢平野における風向別おろし吹走日数の経年変化を調べた結果】*伊勢平野北部（四日市）の北西よりのおろし日日数が減少するなかで、平野中央部の亀山、南部の津では、西よりのおろし日が増加傾向にあることが判明した。*【亀山におけるおろし日の日平均風速の変化からは】*吹走日数の増加傾向が著しくなった 1990～2004 年度の 15 年間におけるおろし日の日平均風速が、徐々に強まる傾向にあった。 *【※冬に鈴鹿山脈や山麓に降雪をもたらした北西の季節風が、乾燥した「空っ風」となって平野部を吹き渡り伊勢湾へと吹き抜ける。この北西の季節風を「鈴鹿おろし」と呼ぶ（津地方気象台ホームページより）】*
62021	長野県茅野市	・寒天業においては、生産に適した期間が短くなっていること、また、天候が読みにくくなっている（経験的判断が通じにくくなっていること）ことなどが挙げられている。また、生産可能期間の短期化にともなって生産効率が悪化すること、高温化によって品質が悪化すること等も挙げられている。 ・伝統産業という側面に注目すれば、次の世代への継承が重要であるが、そこにも影響が現れつつある。生産期間の短期化による生産効率の悪化に伴って、規模の小さな生産者では後継者への引き継ぎが困難化する状況が生じている。
82002	広島県	世界遺産である厳島神社は、過去から回廊の冠水被害に見舞われている。厳島神社の回廊の冠水回数は、1990 年代が年間 1 ～ 3 回程度であったが、2000 年代には大幅に増加し、最大年 22 回を記録している。冠水回数の増加の要因としては、海水面の上昇、地盤沈下、黒潮の蛇行など、気温の上昇と他要因が複合的に関連していると考えられている。
82005	福井県	・ソメイヨシノの開花は、1953 年からの 50 年で 5.4 日早くなっている。特に、平成（1989 年～）になってからの開花が早まり、1999 年、2002 年、2009 年には、観測史上最も早い 3 月 26 日に開花している。 ・ススキは 1990 年前半までは 8 月末頃に開花していたが、近年では 9 月中旬頃に開花するようになっている。*【1981 年から】*30 年間で 15.5 日開花が遅くなっている。 ・*【1981 年から】*30 年間で、イロハカエデの紅葉は 24.2 日遅く、イチョウの黄葉は 24.1 日遅くなっている。近年では、イロハカエデ、イチョウともに 12 月になってようやく色づく年もある。

文献	地域	現在の状況
		・福井県における秋季は、福井の 100 年間で最も気温上昇の大きい季節にあたるため、イロハカエデの紅葉やイチョウの黄葉は地球温暖化の影響を受けていると推察され、今後、秋季の気温がさらに上昇すると、イロハカエデの紅葉やイチョウの黄葉は、ますます遅くなっていくと予想される。 ・*【1961 年から 50 年間で】*1980 年頃までの【アブラゼミの】初鳴き日の変動は比較的小さく推移しているが、その後大きく変動しながら初鳴き日が早まっている。50 年間で 11.8 日早くなっている。
82006	三重県	2011 年 9 月の台風 12 号による強風と高波の影響で、二見興玉神社（伊勢市二見町）の夫婦岩のしめ縄 5 本が全て切れてしまうという事態が生じた。しめ縄は、1 本約 35 メートル、重さ約 40 キロ、太さ 10 センチのもので、5 本を氏子らが昔ながらの手法で綯（な）い、毎年 3 回大注連縄張神事（おおめなわはりしんじ）で張り替えている。8 月 22 日に 3 本が切れ 2 本だけでつないでいたが、9 月 1 日には残りの 2 本も切れた。

（将来予測される影響の概要情報）

収集文献は 2 件。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
62010	開花から満開までの期間の気温に応じて発育する割合の指標である発育速度を日平均気温の関数で定義した開花－満開期間推定モデルに開花日推定モデルを組み合わせ、サクラの開花日と満開期間の将来予測を実施。 ・モデル：CGCM3_1, CSIRO_Mk3_0, CSIRO_Mk3_5, GFDL_CM2_0, MIROC3_2_Medres, MRI CGCM2 3 2 ・シナリオ：SRES A1B、A2	2046~2065 年 2081~2100 年	本州、四国、九州の 52 地点	・将来の開花日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が見られた。この傾向は、先行研究の丸岡・伊藤（2009）の結果と一致する。この傾向が現れる理由は、西南日本では、将来の地球温暖化時に冬季の必要な低温量が満たされず、休眠が十分にされなくなるためであると考えられる。 ・今世紀中ごろおよび今世紀末には、地球温暖化に伴い開花から満開までに必要な日数は短くなる結果となった。 ・推定した開花から満開までの期間（開花期間）の日数を地点別に現在および 2 つの将来の期間（2046～2065 年と 2081～2100 年）別に平均した結果、2 つの期間の将来の値は、6 つの GCM でほぼ差がなかった。また、SRES-A1B シナリオ下における、現在（1985～2009 年）の平均開花期間の日数との偏差割合の結果は、将来的に全てのケースで開花から満開までに要する日数は短くなることを示している。最も満開までの期間が短くなったのは SRES A2 シナリオの 2081～2100 年における松江の－4.7 日（現在平均期間の 55.3%短くなる）である。 ・同じ期間での排出シナリオの違いによる日数の差はあまり大きくない。また、同じ排出シナリオの場合に、今世紀中ごろと今世紀末の予測期間による日数の差も、排出シナリオの違いによる差と同程度である。開花期間が短縮する割合は今世紀末に近づくほど大きくなる傾向にあり、同じ予測時期では、SRES A2 シナリオでのほうが SRES A1B より大きくなる。 ・現在の気候条件では、全国平均して 8.3 日で開花から満開に至るが、

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
				2046～2065 年には 2.1 日減の 6.2 日で満開に至るようになる。すなわち、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が予想される。さらに観光産業にとっても、観光資源が減少するという負の影響が現れるかもしれない。*【以下、ゴールデンウィークごろにサクラが咲く地域での影響の事例あり】*
62021	気候変動が地域の気候に根ざした地場産業に与える影響について定性的に言及。	特定していない。	長野県茅野市	日最低気温がこれまでの傾向の延長線上で今後も推移すると仮定して推計した場合、12 月下旬から 2 月上旬までは、約 30 年後の 2040 年時点でも角寒天を生産できる可能性が高い。日数にして 50 日程度は確保される。一方で、それ以外の期間は生産の可能性がほとんどなくなる。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】 内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：本州、四国、九州（サクラの開花について） 期間：記載なし
	影響が発生する可能性	*【生物季節の変化や伝統行事・地場産業等への影響が既に確認されている】*
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	記載なし
	社会／経済／環境	社会：*【季節感の変化、伝統行事への影響】* 経済：*【観光業・地場産業への影響】* 環境：*【重要な種・景観の消失】*
緊急性	影響の発現時期	現状： ＜生物季節＞ ・サクラの開花日が早くなっている（62015, 82005） ・ススキの開花日が遅くなっている（82005） ・イロハカエデ、イチョウの紅葉・黄葉は遅くなっている（82005） ・アブラゼミの初鳴きは早くなっている（82005） ＜伝統行事・地場産業等＞ ・諏訪湖の御神渡りなしの頻度が増加している（62016） ・初冬の気温上昇により酒造りに影響が出ている（62017） ・椿名湖と赤城大沼での氷上わかさぎ釣り解禁日が遅延、短縮、中止が増加している（62017） ・厳島神社回廊の冠水回数が増加している（82002） ・出穂後 10 日間の平均最高気温の上昇につれ酒米の吸水割れの発生程度が高くなる傾向にある（62018） ・台風の影響により夫婦岩のしめ縄が切断された（82006） ・亀山、津で西よりの鈴鹿おろしが増加傾向にある（62019） ・生産期間の変化による生産効率の悪化（62021） 将来： ・サクラの開花日等に関する予測時期（2046～2065 年：62010、2081～2100 年：62010）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	10 件 現在の状況：9 件（62015, 62016, 62017, 62018, 62019, 62021, 82002, 82005, 82006） 将来予測される影響：2 件（62010, 62021）
	研究・報告の種類	モデル予測（1 件：62010）
	研究・報告の整合性	・サクラの開花日は北日本などでは早まるが、西南日本では遅くなる（先行研究と一致するとの記載あり）。今世紀中頃及び今世末には開花から満開までに必要な日数が短くなる。（62010）

評価の視点等	文献から得られた情報
	・生産期間の短縮、短期集中生産や備蓄、設備導入や工業化。(62021)
適応の可能性	記載なし
他の分野・項目との関係	*【自然生態系】【観光業】*

(気候変動による影響の要因)

- 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等の生物季節が変化する可能性がある。これに伴い、国民の季節感の変化や、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。
- 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。

(現在の状況)

〔概　要〕

- 国民にとって身近なサクラ、イロハカエデ、セミ等の動植物の生物季節の変化について報告が確認されている。ただし、それら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、現時点では具体的な研究事例は確認されていない。
- 気温の上昇等による諏訪湖での御神渡りなしとなる頻度の増加や地酒造りへの影響など地域独自の伝統行事や観光業・地場産業等への影響が報告されている。ただし、気候変動による影響であるかどうかについては明確には判断したがたく、現時点では研究事例も限定的にしか確認できていない。

生物季節に関しては、サクラ、ススキの開花日の早期化、イロハカエデ、イチョウの紅葉・黄葉の遅延、アブラゼミの初鳴きの早期化が報告されている。[62015, 82005)]

その他、諏訪湖での御神渡りなしとなる頻度の増加、厳島神社回廊の冠水回数の増加、天然寒天生産や地酒造りへの影響など、地域独自の伝統行事や観光業・地場産業等への影響が報告されている。[62016, 62017, 62018, 62019, 62021, 82002, 82006)]

（将来予測される影響）

〔概　要〕

- サクラの開花日及び満開期間について、A1B シナリオ[2]及び A2 シナリオ[2]の場合、将来の開花日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、今世紀中頃および今世紀末には、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ことが示されている。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。
- 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。

気候変動が 2046～2065 年及び 2081～2100 年におけるサクラの開花日および満開期間に及ぼす影響に関する研究（A1B シナリオ及び A2 シナリオを前提とした CGCM3_1, CSIRO_Mk3_0, CSIRO_Mk3_5, GFDL_CM2_0, MIROC3_2_Medres, MRI CGCM2 3 2 モデルによる気候予測情報を使用）によると、いずれの将来期間においても開花日は北日本などでは早まる傾向にあるが、西南日本では遅くなる傾向にあること、気温の上昇に伴い開花から満開までに必要な日数は短くなることが示されている。さらに、同研究では、開花から満開までの期間の短縮は、それだけ花見ができる日数が減ることになり、市民が楽しむ機会が減ること、観光産業にとっても観光資源が減少するという負の影響が現れるかもしれないこと（特に桜まつり等がゴールデンウィークに開催される地域）にも言及している。[62010)]

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される影響については、長野県の天然寒天生産における 1 事例の報告の他には具体的な文献は確認できていない。

（重大性、緊急性、確信度の評価と根拠）

- 重大性：

（生物季節）

【評価】「特に大きい」とは言えない

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、桜やかえで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。紅葉は桜に比べ期間が長いので影響は小さいと思われる。

[2] 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。

ただし、影響の程度について、定量的に予測をした研究事例はなく、現時点で影響が特に大きいとは言い難い。

（伝統行事、地場産業等）

【評価】現状では評価できない

影響が個々の事象で異なるため評価が困難である。

- 緊急性：

（生物季節）

【評価】高い

気象庁生物季節観測約 60 年の観測結果から見て、桜の開花、かえでの紅葉については、全国的に温暖化の影響が既に表れていると言える。

（伝統行事、地場産業等）

【評価】高い

気温上昇により影響を受けている事例は複数例報告されており、既に影響が現れていると考えられる。

- 確信度：

（生物季節）

【評価】高い

研究・報告数は限定的であるが、モデルやシナリオを用いた予測事例では、6 つの全球モデルの予測を用いており、その他のモデル結果からも日本の将来の気温は上昇することは疑いようがない。また、生物季節が地域の花見のできる時期や観光業に影響を及ぼす可能性を示唆する研究事例もある。ただし、西南日本でサクラの開花が遅れることについては、冬季何度くらいまで気温が下がる必要があるかという点を含めた調査が今後必要である。

（伝統行事、地場産業等）

【評価】低い

現時点で、予測・評価をした研究事例は長野県の天然寒天生産における 1 事例の報告の他には確認できていない。現在の影響に関する研究・報告は一定程度あるが、統計期間が短いものや事例数が少ないものが多い。また、現時点で収集できている文献は観光用パンフレット的なものが含まれ、論文数は少ない。温暖化と関連しているという確たる証拠に乏しい。過去の文献等の調査や長い期間の統計が必要である。

【その他】

（1）暑熱による生活への影響

※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。

（現在の状況の概要情報）

収集文献は 19 件。

文献	地域	現在の状況
62034	東京駅周辺の大手町・丸の内・有楽町地区	・東京管区気象台と都道の気温は若干の時間差があるがほぼ等しく、屋外アメニティ空間平均値（10 地点の平均値）は両値よりも最大で 2℃程度低く推移している（夏季）。 ・屋外アメニティ空間における温熱環境と利用状況を把握し、屋外を利用する際の温熱環境の許容範囲を推定することができた。外気温湿度や風速、日射量等の温熱環境要素や SET*（標準新有効温度）などの温熱快適性評価指標に対して人が利用できる許容範囲というものが存在すると考えており、その許容範囲内に温熱環境などをコントロールすることが重要である。その際に日当たりの良い空間では地表面温度を下げるだけでなく、日射を遮蔽する樹木や人工日除けなどを採用することが必要となる。
62035	都市部・地方部	日本の最近の気温の変化傾向への都市部の影響について、561 地点、27 年間のデータを用いて解析された。 非市街地（人口密度が低い地点（100 人/km2 未満）など）においても 0.3℃/10 年間の温暖化傾向がみられた。このことから、近年の日本の都市の急速な気温上昇は、都市部のヒートアイランドの進展だけでなく、大きなスケールでのバックグランドの気温上昇による部分が大きいことが確認される。 一方で解析結果は、都市化の影響の顕在化も示している。人口密度 3000 人/km2 より大きく、または都市部被覆率が 50%より大きいカテゴリー（カテゴリー6）では、都市化による昇温率は 0.1℃/10 年間であった。少し都市化されている地域（人口密度 100 人/km 以下、都市部被覆率 0.05 以下）では 0.03～0.05℃/10 年間であった。
62036	都市部・地方部	バックグラウンド（非都市）の日平均気温の上昇率は全国平均で 0.88℃/100 年であり、日最低気温（1.21℃/100 年）のほうが日最高気温（0.67℃/100 年）よりも昇温率が大きい。一方、周囲の人口密度が大きい地点ほど昇温率の大きい傾向があり、人口密度が 3000 人/km2 を超える地点の昇温率はバックグラウンドの値を 1℃/100 年以上上回る。また、人口密度 300～1000 人/km2 の地点でもバックグラウンドの値に比べて有意に昇温率が大きく、中小都市でも都市化による高温化バイアスが存在することが分かる。
62037	都市部	・都市化の進展に伴い顕著となっているヒートアイランド現象は、地球温暖化の影響と相まって、気温の上昇による生活上の不快さを増大させるのみならず、夏季を中心として熱中症等の健康への被害を生じさせているほか、乾燥化による呼吸器疾患等への影響や冬季における感染症を媒介する蚊の越冬といった生態系の変化が懸念されている。 ・各都市における長期変化傾向（統計開始(1931 年)から 2013 年までの統計による調査結果） 【都市の高温化】 ○各都市では、都市化による気温の長期的な上昇傾向がみられ、特に日最低気温で顕著である。1931 年以降、100 年あたりの年平均気温の上昇率は、都市化の影響が比較的少ないとみられる 15 地点平均の 1.5℃に対し、東京で 3.2℃、大阪で 2.7℃、名古屋で 2.9℃など、大都市で大きい傾向にある。 ○気温の長期的な上昇は、日最高気温が冬季、日最低気温が秋季に最大となる都市が多い。 ○各都市では、冬日の減少、熱帯夜や猛暑日、真夏日の増加が顕著に現れている。 【都市の乾燥化】 ○各都市では、都市化による相対湿度の長期的な減少傾向がみられる。 ○相対湿度の減少は秋季、冬季に最大となる都市や、梅雨時期に最小となる都市が多い。 ○各都市では、霧日数は著しく減少している。 【都市での降水量】 ○各都市では、大雨や短時間強雨の長期的な変化傾向は明瞭にみられない。
62055	東京都	人工排熱削減等のヒートアイランド現象の「緩和策」の視点に加え、暑熱環境がもたらす人への影響を軽減することに主眼を置いた「適応策」を並行して実施することで、ヒートアイランド現象による国民への影響を最小限にする必要がある。 街路樹が緑陰を形成するケースでは、熱ストレスは、全く街路樹のない歩道に比べ、7.5mの間隔でおよそ 17%低減し、10mの間隔では、約 9%低減できる。さらに 10mの間隔の街路樹に加え、信号待ちを緑陰で行うことで、熱ストレスは、約 23%低減することができ、交差点における日陰の形成が重要であることが判明した。 上着を着用しないクールビズを実施するケースの熱ストレスは約 11%低減し、さらに、

文献	地域	現在の状況
		日傘を併用すると合計約 20%軽減できるため、男女問わず日傘を活用することが望ましい。 保水性舗装等の街路の改良や、歩行途中にクールシェルター（冷房 28℃にした建物内、店舗等）に立ち寄ることも大きな効果がみこまれる。
62056	全国（都市部）	SET* (標準新有効温度）が 1 ℃変われば、人が感じる快適感にも影響が現れることが分かりますが、SET*には気温だけでなく、風速や湿度（相対湿度）、放射熱も大きく影響しています。SET*1℃上昇につながる各熱環境要素の変化量は、気温が約 1.3℃の上昇、風速が約 0.8m/s（風速 2～3m/s の場合）の低下、相対温度が約 4%の上昇、放射熱が 190W/m^2 の上昇となります。このように、気温以外の熱環境要素の変化によっても。SET*1℃以上の変化をもたらしうることが分かります。 *【※SET*（標準新有効温度）：温熱感覚および放熱量が実在空間におけるものと同様になるような相対温度 50%の標準環境の気温。気温、湿度、気流（風速）、放射（日射、路面等からの赤外放射）の環境要素と、人の服装を表す着衣量、運動状態を表す代謝から算出される。】*
62057	大阪市	夏期に発生する屋外の熱中症リスクについて、地域メッシュとして評価できる数値モデルを構築し､2007 年の大阪市街地を対象にシミュレーションを行った｡この計算からは、500m で細分化した大阪市内においても熱中症リスクの地域差が認められた。 屋外の熱中症リスクは、メッシュ街区の平均天空率と強い正の相関を示したが、これは日中の放射環境の影響を受けた結果であった。 熱中症リスクの地域差は、天空率のような街区構造パラメーターに加えて、沿岸と内陸といった気候特性の違いも因子として示唆された。 したがって本研究で提案する、メソスケール気象から都市や人体のスケールまで連成結合させた地域のメッシュ化によるシミュレーション手法が熱中症リスクの将来予測にも有効と考える。 観測期間：2007 年 7 月 20 日～8 月 30 日
62058	大阪府、大阪市	・ヒートアイランド現象による人間の健康影響について、その全貌の把握を試みるとともに、大阪府における夏季ヒートアイランド現象が、現在、人体健康に対してどの程度影響を及ぼしているのか推定した。 [熱中症の搬送者数の特徴について] ・年度によって 100 人~250 人と変動するが、これは夏季の平均気温と関連がある。男女比は圧倒的に男性が多い。年齢別では、13~19 歳の年齢層と 80 歳以上の高齢者が多い。 ・程度割合は、20 歳未満は約 80%が軽症で、年齢とともに中等症になる割合が増加する。80 歳以上では約 70%が中等症となる。 ・事業所が多くヒートアイランド現象が深刻な中心地域（北区・中央区）ほど、熱中症になる危険性は小さい可能性がある。これは、事業者数が多い北区や中央区では、労働者や買い物客など多くの人が空調のある屋内で活動するためと考えられる。 [暑熱順化について] ・日最高気温が約 31℃以上になると、日平均搬送者数が指数的に増加する。 ・33℃以上の範囲では同じ気温でも 6 月から 9 月の順で日平均搬送者が少なくなっている。
62059	東京都内オフィス屋外アメニティ空間	屋外アメニティ空間における人の利用状況と温熱環境の関係について調査した。これにより、屋外オフィスに必要な条件をまとめた。 ・SET*＝35℃が限界値であることが示唆された。 ・夏季は、微風があり、日射量が、200W/ m^2 以下にさえぎられる範囲が好まれ、秋季は、日差しが確保された環境が好まれる事が分かった。 ・屋外空間を整備することでワーカーの利用も増え多岐にわたる利用が可能となることが把握できた。 観測期間： 2013 年 8 月 13 日～17 日、10 月 24 日～31 日
62060	特定していない。	[季節の温熱環境が睡眠に及ぼす影響] ・寝室の気温は外気温に比例している。一方、相対湿度はどの季節でも 60%とどの季節でもほとんど変わらない。 ・光環境は、春が最も積算照度・平均照度ともに高い結果となり、夏・秋・冬では差はない。 ・就床時刻に季節による差は見られず、起床時刻は、春・夏のほうが秋・冬より早くなっている。しかし、有意な差は認められない。 ・睡眠時間帯中の中途覚醒時間は夏に最も長くなる。夏は、睡眠時間は最も短く、睡眠効率は最も悪くなっている。 [考察] ・暑熱環境は体温の低下を妨げ、睡眠効率を低下させた。 ・冷房時刻の影響は、就寝時の後半よりも前半に冷房したほうが徐波睡眠（深睡眠）の減少を抑制し、覚醒を増加させなかった。 ・後半に冷房した場合は、前半の暑熱で徐波睡眠が減少し、覚醒が増加したうえ、後半の冷房において、リバウンド現象が確認され、徐波睡眠がやや増えるが、睡眠・覚醒リ

文献	地域	現在の状況
		ズムへの影響が懸念される。 ・睡眠中の頭部冷却は、熱負荷を軽減させ、足元への送風は対流放熱を促進し、発汗を抑制して、睡眠効率を改善した。 ・睡眠効率が 90%以上となる睡眠環境を SET*で表すと 23℃～29℃となる（既往研究を含めた検討の結果)。
62061	東京 23 区	深夜 0 時気温が 1℃上昇するごとに 9.94%の住民が新たに睡眠障害になるという結果が得られた。1976~1980～1999~2003 の 23 年間に深夜 0 時気温が 26.7℃以上になる日が 15.4 日から 34.0 日に増加したことに伴って増加した睡眠障害者は、年平均で都区民全体の 0.85%であった。 ヒートアイランド現象の進展に伴う労働生産損失額は、作業効率低下による損失額年間 67 億 5700 万円、眠気を原因とする欠勤・遅刻・早退による損失額年間 3 億 2800 万円、計 70 億 9000 万円に上る。
62062	東京 23 区	夏季の環境影響は、睡眠障害 305 億円、熱ストレス 11.4 億円、熱中症 3.7 億円、寒冷ストレス－20.8 億円、エネルギー消費 71.3 億円。合計 371 億円となった。他影響と比較して、睡眠障害の被害量の大きさは、重み付け 0.05 とすると 10 倍以上であった。重み付け 0.01 でもエネルギー消費と同程度の影響があった。 通年の環境影響は、睡眠障害 301 億円、熱ストレス 11.4 億円、熱中症 3.7 億円、寒冷ストレス－80.5 億円、エネルギー消費－12.4 億円。合計 223 億円。重み付けの値によらず、睡眠障害の影響が支配的であると推定された。
62063	大阪市再開発計画敷地内広場	水景施設に薄い水膜を流化させる技術を適用した事例について、水膜形成による暑熱環境緩和効果を検討した結果、日中において舗装面と比較すると、表面温度で最大約 15℃、気温で最大約 1.5℃、平均放射温度（MRT）で約 9℃の低減効果が確認でき、舗装面に比べ放射環境が改善されていることが分かった。水盤による暑熱環境及びヒートアイランド緩和効果があると評価した。 観測期間：2008 年 7 月 23 日～25 日
62064	大阪市再開発計画敷地内広場	[温熱快適性評価] 水盤では、舗装に比べ温熱快適性は WBGT・SET*の両指数で向上した。これは放射環境向上効果の寄与が大きいものと推察する。 [熱収支特性] 熱収支の解析結果により、水盤の表面温度が低く維持される理由として、給水直後は流水が熱を奪う効果、その後は蒸発によって熱を消費する効果が考えられる。その結果、大気加熱量や蓄熱量が小さくなり、周囲の気温低減や夜間の温度上昇抑制の効果が見られるものと推察される。 *【※WBGT（湿球黒球温度）：環境要素から計算される指標であり、下式により算出される。$WBGT=0.7\times t_{nw}+0.2\times t_g+0.1\times t_a$　(t_{nw}：自然湿球温度(℃)、t_g：黒球温度(℃)、t_a：気温(℃))】*
62065	中国上海市浦東地区上海国際博覧会 N パビリオン	微細ミスト（粒径：数μm～２０μm 程度の水粒子）を空気中に噴霧し直接空気を冷却するミスト噴霧技術において、実建物の半屋外空間を対象として、夏季運用時の実測により効果を検証した。 気温 32℃、湿度 60%、風速 1.0m/s、人体発熱負荷 1 人/m^2 で気温を 2.0℃低下させることが明らかになった。 噴霧後の空間の気温・相対湿度の実測値が、設計時の予測値と良く合致しており、実建物への適用可能性を示すことができた。 観測期間：2010 年 7 月 18 日～19 日
62066	東京都内野外オフィス	屋外空間を利用したオフィスにより、ワーカーの気分転換や、知的活性度など、仕事効率においても高い評価がなされている。一方で、屋外での、夏季及び冬季の温熱環境が利用者にとって厳しく、特に、夏季では、日除けなどで日射を遮る工夫が必要である。日除けの下の屋外オフィス空間の温熱環境測定により温熱環境を把握した結果、夏季の SET*は 30℃を超え、日除けの下でも厳しい環境であるが、中間期では日除け下の SET*がほぼ 20～30℃の範囲にあり、屋外オフィスに許容できる環境に近づいたと考える。
62091	岡山県倉敷市街地（瀬戸内海から北に 10 km）を中心とする直径 7km の範囲	・日中は、北部の水田域や田畑が存在する南西部と南東部で低温地帯が形成されていた。 ・夜間には JR 倉敷駅の南側を中心にヒートアイランド強度１～3℃をもった明瞭なヒートアイランド現象が連日発生していた。これは晴天日条件ほど、より顕著化する。 ・天空率と夜間気温の間には有意な負の相関が認められた。 ・晴天日の夜間は、風速 U が小さい条件ほどヒートアイランド強度 HII が大きくなる関係が表れていた。ヒートアイランド強度 HII と風速 U の関係：HII＝-0.66U+2.6　という単回帰直線でよく表すことができる. ・観測日 48 日間中 18 時～翌朝 5 時までに 1℃以上のヒートアイランド現象が発生した日は 33 日間（出現率 69%）であった。 ・ヒートアイランドの水平規模は最大で東西南北約 4km である様子も明らかとなった。 ・夜間のヒートアイランドが土地利用形態の地理的分布に強く依存していると推測される。 ・熱帯夜日数の分布はヒートアイランドの水平分布とよく類似した。

文献	地域	現在の状況
62092	富山県富山市・砺波市	(1) 地方都市においても緑地の方が市街地よりも気温が低い傾向が定点硯測、移動観測の両調査で見られた。 (2) 地方都市でのヒートアイランド強度は人口規模・市街地密度の差により差が見られるが、規模の小さな都市においても現象が見られた。 (3) ヒートアイランド強度は特に冬期においては、日中に比べ夜間の方が強くなる傾向があり気温差が見られた。人口規模の小さい都市では差が少なかった。 また、日中と夜間ではヒートアイランドの分布特性が異なっていた。 (4) ヒートアイランド強度は夜間においては冬季の方が夏季よりも強く現れる傾向が見られた。日中 においては季節による差は少ない。
62093	長野県小布施町	(1) 夜間気温分布の特徴として、高温域は市街地とされる駅南東部に見られたが、最低温域は 5 月から 7 月と 10 月から 12 月では水田域に、ほかの期間では果樹園域に見られた。 (2) 日中の場合は灌水期と非灌水期ともに、駅南東側が高温域に、駅北側の水田域が低温域になり、 市街地中心部以外にも高温域が生じるなど、市街地を取り巻くような島状の等温線にならなかった。 (3) 積雪や灌水という土地被覆の季節変化がヒートアイランド強度の年変化に与える明瞭な影響は認められない。 (4) 夏季日中のヒートアイランド強度の月最大値は夏季夜間と同程度であった。 (5) ヒートアイランド強度の年間最大値は 5.4℃ であった。この値は従来指摘された 1 万 2 千人規模の日本の都市におけるヒートアイランド強度よりはるかに大きな値であり、北米の都市と同程度である。

(将来予測される影響の概要情報)

収集文献は 7 件。

【】内は文献からの引用でなく文献の内容を要約したもの。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
61003	夏季（8 月）と秋季（10 月）に東京、大阪、福岡の各都市で各 80 名、計 240 名を対象に、対象者の寝室の気温・湿度を測定するとともに、睡眠感に関するアンケート調査を実施。2007 年と 2008 年のデータを統合して、中途覚醒の解析を実施。	気温の上昇程度を指標にして予測。	東京、大阪、福岡	・就寝中の室内最高気温と中途覚醒の関係を見ると、室内の最高気温が 30℃以上になると約 3 割以上が就寝中に覚醒している。また、同じ室内温度であれば冷房を利用している場合のほうが、覚醒割合が高くなっている。 ・就寝中の屋外平均気温が高くなるにつれて就寝中に冷房を使用する割合が高くなっており、夜間の気温上昇が冷房利用を増加させることがわかる。冷房を使用していない場合には屋外平均の上昇とともに覚醒割合が単調に増加するものの、冷房を使用している場合には屋外気温により覚醒割合は屋外平均気温 27℃で約 4 割と最も多くなり、屋外気温が 28℃以上になると逆に覚醒割合が低下する傾向を示している。 ・「熱帯夜」の指標となる屋外最低気温で覚醒割合との関係を見ると、冷房利用の有無を含めた全データで、就寝中の屋外最低気温が 25℃を越えるとおおよそ 4 人に 1 人の割合で覚醒している。 ・冷房を使用していない場合には就寝中の屋外平均気温と室内平均気温の相関が強く、覚醒する割合も単調に増加する。一方、冷房を使用している場合には屋外気温の上昇に対する室内気温の変化は明確でなく、覚醒割合は屋外平均気温 28℃以上で

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
				低下する傾向にある。冷房を使用している場合には、就寝中屋外平均気温が 28℃以上になると冷房の使用時間が著しく増加するが、冷房使用時間が長くなることによって冷房運転の切断が少なくなり、就寝中の室内気温の変化が抑制されることが覚醒割合の低下に影響しているためと考えられる。
62038	都市部のヒートアイランド効果について、分散型都市シナリオとコンパクト都市シナリオを仮定し、領域気象モデル WRF(Weather Research and Forecasting)を用いてシミュレーションを実施。 分散型シナリオは自動車依存であり、1)自由に自動車は購入可能、2)自動車燃料費の制限なし、3)高速自動車料金は無料、を仮定。 コンパクトシナリオは 1)駅から 1km 以上離れた地域での住宅用土地を削減、2)自動車利用の禁止、を仮定。 全てのセルには、都市部とその他の土地利用要素の 2 つを、ランドサットデータを利用して設定し、各セルで熱収支を計算する。 ・モデル：WRF3.1.1 ・シナリオ：なし。	2010 年 7 月 25 日から 9 月 1 日の期間をシミュレーションし、8 月を分析。	東京都市圏（群馬県、埼玉県、東京都、神奈川県、栃木県、茨城県、千葉県）	・分散型都市では、東京都心を除いて首都圏全体で夜間地上気温の上昇が予想された。0.6℃以上の上昇が、千葉県および茨城県で予想される。これは同地域で都市部が拡大するためである。東京、神奈川、埼玉の既に開発されている地域では 0.3℃程度の上昇が予想される一方で、東京都心部では 0.1℃程度の低下が予想された。 ・首都圏全体では平均 0.34℃の夜間気温の上昇が予想され、その内 0.31℃は土地利用変化に起因し、0.03℃が人間活動に起因する。 ・コンパクト型都市では、分散型とは逆に、東京都心を除いて首都圏全体で夜間地上気温の低下が予想され、東京都心では約 0.1℃の上昇が予想された。首都圏全体では平均 0.09℃の低下が予想された。これはコンパクト化による都市部が集中するためである。人間活動の影響は、分散型都市と同様の 0.03℃であった。
62067	領域気象モデル WRF(Weather Research and Forecasting)を用いて、地球温暖化の影響と都市形態の変化を考慮した 2051 年代の名古屋都市圏温熱環境のシミュレーションを行い、都市形態の変化が将来の温熱環境に及ぼす影響を検討。シミュレーションでは、集中型都市モデルと分散型都市モデルについて、気温低減効果を検討した。 ・モデル:WRF ・シナリオ：SRES A1B	2050 年代 8 月	名古屋都市圏	真夏日の基準となる 14 時の気温が 30℃以上の地点数は、現状と比較して、集中型都市モデルは-2.0%、分散型都市モデルでは+0.9%となり、集中型都市モデルの方が少なくなっている。 気温の時間頻度分布は、現状と比較して、集中型都市モデルは、集中する名古屋市では高温の時間数が増加しているが、他の豊橋市、岐阜市、四日市市では大きな気温低下が生じている。分散型都市モデルでは、30℃以上の時間数が名古屋市は 9 時間減少するものの、名古屋市以外の 3 都市で 37 時間と大幅に増加している。 ［結論］将来の都市形態として分散型より集中型モデルの方が、気温低減効果が大きい結果となった。
62068	領域気象モデル WRF(Weather Research and Forecasting)を用いた力学的ダウンスケーリングにより三大都市圏の詳細な気候予測を行う。はじめに 2000～2009 年の各年の 8 月の現状再現実験を行い、気温・降水量等について観測値と比較し、再現性を確認した。次に、将来気候予測として	2070 年代 8 月	三大都市圏	地球温暖化とヒートアイランドの両方を考慮して、三大都市を対象とした夏季の気候の将来予測を行った。WRF が観測値を良好に再現している。 2070 年代を対象にした気候予測実験の結果は現状再現実験の結果と比べて、3℃程度上昇していることがわかる。とりわけ、その上昇量は濃尾平野で顕著に認められる。 気温上昇に伴い、WBGT（黒球湿球

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	A2 シナリオ下における2070年代の8月を想定し、擬似温暖化手法(佐藤2010)による将来予測計算を行った。現在気候として2000～2009年の各年8月のNCEP-FNL、将来気候にはNCEP-FNLに全球気候モデルMIROC T42で再現された温暖化前後の気候値の差分を加え、WRFの初期・境界条件として使用した。 ・モデル：WRF ・シナリオ：SRES A2			温度）も全体的に上昇傾向にあり、熱中症の厳重警戒域となる28℃以上の値の出現頻度が非常に高くなっていることがわかる。
62077	温暖化手法を併用した領域気象モデルWRF(Weather Research and Forecasting)により、2030年代、2050年代、2070年代、2090年代の夏季（8月）を対象とした名古屋都市圏の温熱環境・風環境の将来予測を行った。各年代の将来予測では、IPCC SRESA2シナリオとB1シナリオの2つの将来シナリオを導入し、シナリオの違いによる予測結果の比較を行うとともに、現在から2090年代までの中長期的な環境変化の推移を調べた。 ・モデル：WRF、MIROC3.2 ・シナリオ：SRESA2、B1	2030年代 2050年代 2070年代 2090年代	名古屋都市圏	名古屋における8月1ヶ月平均としての日最高気温や日最低気温、20年間ごとの気温上昇率、高温の時間数を見ると、2070年代以降において、今後100年間に渡り、CO2排出量が増加し続けるA2シナリオの結果の方が、2040年付近をピークにCO2排出量が減少するB1シナリオの結果に比べて、すべて大きな（高い／多い）値となった。一方、中期的な年代、特に2030年代では、それらの昇温に関する値はB1シナリオの方がA2シナリオよりも大きい結果となった。ただし、2030年代のように地球温暖化の進行が比較的浅い場合、地球温暖化による昇温量が数年から10年周期ぐらいの大規模な大気（気候）変動の幅より小さくなることがあるため、その評価には注意が必要である。
62078	LIME（Life-Cycle Impact assessment Method based on Endpoint Modeling）の枠組みおよび重み係数を用いて、現在の東京におけるヒートアイランド現象による環境影響を算出した。人間の健康への影響として東京の気温上昇による熱中症と熱/寒冷ストレスを考慮した。人間の健康の影響は障害調整生存年（DALY：Dissability-Adjusted Life Year）を用いて評価される。DALYは死ぬことが早まることによる生命損失年数（YLL: Years of Life Lost）と障害による相当損失年数（YLD: Years Lived with a Dissability）の和と定義されるが、熱中症や熱ストレスによるYLD変化の統計値が入手できないため、本稿ではYLLのみ評価した。	記載なし	東京	LIMEの地球温暖化における熱／寒冷ストレスの影響と同様に損失余命を2年とし、東京における熱・寒冷ストレスの影響を評価した。その結果、日最高気温が1℃上昇するごとに熱ストレスで5.96DALY/dの被害が発生する。逆に最適値から1℃下降するごとに寒冷ストレスで2.98DALY/dの被害が発生すると見積もられた。さらに統合化をおこなったところ、日最高気温が最適値より高温化すると57.8×106yen/℃-d、低温化すると28.9×106yen/℃-dの被害が発生すると評価された。 ヒートアイランド現象による人間への健康への影響を定量化した結果、気温が通年で低下した場合、寒冷ストレスによる被害が少なくないことが予想された。
63005	土地利用の変化を考慮したモデル結果と、気候変動のみを考慮したモデル結果から、それぞれの都市部の気温上昇への寄与を予測。	2070s	関東地方	・土地利用変化により海抜200m未満の領域の地上気温は千葉、茨城、埼玉で0.60～0.65℃、東京・群馬を加えた5都県の平均0.55℃上昇する。

文献	予測手法の概要	時期	地域	影響の内容
	・モデル： BCCR BCM2.0, CSIRO Mk3.0, GFDL CM2.0, SINTEX SXG, MRI-CGCM2.3.2, 及び 5 モデルのアンサンブルを利用。 ・シナリオ：SRES A1B			･GCM のマルチアンサンブルにおける気候変動による気温上昇は、約 2.18～2.35℃に達し、土地利用変化による気温上昇幅の約 4 倍程度である。 しかし、GCM モデルの違いにより気温上昇幅は 1.26～3.58℃にもなり、モデルにより 2℃程度の幅を有していることに留意する必要がある。

（重大性・緊急性・確信度等の情報）

【】内は文献からの引用でなく小委員会等での議論に基づく記述。

評価の視点等		文献から得られた情報
重大性	影響の程度（エリア・期間）	エリア：都市部 期間：*【主に夏季】*
	影響が発生する可能性	*【都市部でのヒートアイランド現象に伴う影響は既に顕在化している】*
	影響の不可逆性	記載なし
	持続的な脆弱性・曝露	*【高齢者人口の増加】【土地利用の変化】*
	社会／経済／環境	社会：*【生活の快適さへの影響増加】* 経済：*【都市生活上での経済損失】* 環境：
緊急性	影響の発現時期	現状：既に発現している。 ・全国的に気温が上昇しており、さらに主要な大都市、および中小都市ではこれにヒートアイランド現象の影響が加わっていることが報告されている。(62035, 62036, 62037, 62057, 62058, 62061, 62062, 62063, 62091, 62092, 62093) 将来： ・高温の時間数の増加（2030s, 2050s, 2070s, 2090s：62077） ・土地利用変化による気温上昇（2070s：63005）
	適応の着手等が必要な時期	記載なし
確信度	研究・報告の量	26 件 現在の状況：19 件（62034, 62035, 62036, 62037, 62055, 62056, 62057, 62058, 62059, 62060, 62061, 62062, 62063, 62064, 62065, 62066, 62091, 62092, 62093） 将来予測される影響：7 件（61003, 62038, 62067, 62068, 62077, 62078, 63005）
	研究・報告の種類	モデル予測（4 件： 62067, 62068, 62077, 63005）
	研究・報告の整合性	・就寝中の室内気温の上昇が覚醒を増加。(1 件：61003) ・気候変動による将来の気温上昇と大都市の気温上昇。(5 件：62038, 62067, 62068, 62077, 63005) ・日最高気温の変化に伴う熱・寒冷ストレス。(1 件：62078)
適応の可能性		・屋外利用促進のためのハード技術の適用によってヒートアイランド緩和効果を間接的に生み出す可能性がある。ハード技術の適用だけでなく人の利用という観点に立った空間の創出が、ヒートアイランド緩和に結果として結びつくようなまちづくり。(62034) ・ミスト噴射装置、街路樹、オーニング、クールビズ、情報提供、クールシェルター等。(62056) ・ヒートアイランド対策としては、夏季のエネルギー消費削減につながる対策と居住地区の夜間気温を下げる対策が重要であると考えられた。(62062)
他の分野・項目との関係		*【健康】*

（気候変動による影響の要因）

- 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、睡眠阻害、暑さによる不快

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。[3]

(現在の状況)

〔概　要〕

- 日本の中小都市における 100 年あたりの気温上昇率が 1.5℃であるのに対し、主要な大都市の気温上昇率は 2.0～3.2℃であり、大都市において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との報告が確認されている。
- 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。
- 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、熱中症リスクの増加に加え、睡眠阻害、屋外活動への影響等が生じている。

高層ビル群や建築物、道路舗装などが増えたことによる表面被覆の変化や、冷暖房・交通量の増加などに伴う人工排熱の増大により、都心部の気温が郊外に比べて 2～3℃以上高くなるヒートアイランド現象が発生している。1931 年から 2013 年までの観測値を基に調査した結果では、日本の中小都市の気温は 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 100 年あたり 2.0～3.2℃となっている。[62037)] このように，大都市では気候変動による広域の温暖化にヒートアイランドの進展による気温上昇が重なり､大きな気温上昇が引き起こされている。なお、ヒートアイランド現象は、東京や大阪などの大都市だけでなく、岡山県倉敷市や富山県富山市・砺波市、長野県小布施町といった地方の中小都市でも確認されており[62091,62092, 62093)]、中小都市においても、ヒートアイランドの影響を受け、都市化されていない場所に比べて長期的な気温上昇率が大きいことが報告されている[62035, 62036)]。

大都市を中心とした気温の上昇に伴う影響として､特に人々が感じる熱ストレスの増大が指摘され、その影響は熱中症患者の増大として顕在化している。人々が熱ストレスを感じるには、気温以外にも湿度や気流速、放射などの要素が関係しており、これらに基づいて実際に人が体感している温熱環境指標(体感温度や温熱快適性指標など､以下体感指標)の評価が進められている。[62055)] 特に、都市生活においては、気温の上昇に加えて、日射や高温となった表面被覆からの赤外放射が増加による放射環境の悪化、高度に密集した都市形態による風通しの悪化などが、温熱快適性を損なう要因として挙げられている。[62056)] 体感指標を用いることで、熱中症リスクや睡眠、屋外活動への影響が評価され、ヒートアイランド対策における適応策の指標として用いられている。

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の高いエリアがあることが示されている。[62057)] 大阪市内では、日最高気温が 31℃を超えると熱中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

[3] 気候変動の影響を考える上では、ヒートアイランド現象は都市の有する脆弱性を高める要素の一つと捉えられる。

度も若年層に比べ高くなる傾向が報告されている。[62058)] また、温熱快適性の観点では、SET*[4]やWBGT[5]等の体感指標を用いた評価により、屋外空間の利用と体感温度の関係を示した事例もみられ、夏季日中において、人々が熱ストレスを感じずに屋外空間を快適に活用するためには、体感温度を指標として空間を構成する必要性が示されている。[62034, 62059)] さらに、夏季の夜間においても、暑熱環境の進行による睡眠阻害が指摘されており、睡眠効率を 90%に維持するためには、体感指標として SET*を 23～29℃に維持する必要性[62060)]や、現状での睡眠阻害による年間の経済損失を約 301 億円と算出した事例[62061, 62062)]も報告されている。

ヒートアイランド対策の適応策は、都市生活における人々が受ける熱ストレスを低減させることを目的として、普及促進が進められている。日射の遮蔽や表面被覆対策、微細ミスト噴霧といった技術の適用により、人々が受ける熱ストレスを小さくなることが報告されており[62034, 62059, 62063、62064、62065、62066)]、暑熱環境下における快適な都市生活に向けた可能性が示唆されている。

以上の研究・報告から、大都市は、ヒートアイランド現象により、2～3℃／100 年と地方都市と比べて大きな気温上昇が確認され、その影響として熱ストレスの増大が指摘されており、結果として、熱中症リスク増大などの屋外空間活用の制限や、睡眠阻害などの都市生活への影響が顕在化している。

(将来予測される影響)

〔概　要〕

- 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ことが見込まれる。
- 例えば、名古屋において 2070 年代 8 月の気温を予測した事例（A2 シナリオ[6]を使用）では 2000～2009 年の 8 月の平均気温と比較して、3℃程度の上昇が予測されており、気温上昇に伴い、体感指標である WGBT も上昇傾向を示すことが予測されている。
- 将来の都市の気温の予測においては、都市の形態による違いが見られるものの、気温や体感指標の上昇が予測されており、上昇後の温熱環境は、熱中症リスクや快適性の観点から、都市生活に大きな影響を及ぼすことが懸念される。

国内大都市のヒートアイランドは、今後は小幅な進展にとどまると考えられるが、既に存在するヒートアイランドに加えて気候変動による昇温が進むため、気温は引き続き上昇を続けることが見込まれる。[63005)] 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示され

4 SET*(Standard New Effective Temperature):温熱指標の一つであり、標準新有効温度のこと。エス・イー・ティー・スターと呼ぶ。「温熱感覚および放熱量が実在空間におけるものと同様になるような相対湿度 50%の標準環境の気温」を指す。

5 WBGT(Wet Bulb Globe Temperature):温熱指標の一つであり、湿球黒球温度のこと。暑さ指数を指す。自然湿球温度(℃)、黒球温度(℃)、気温(℃)から算出される。

6 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。

ている。[62038)]

都市部（東京、大阪、名古屋）を対象に寝室内外の気温・湿度と睡眠感に関してアンケートを実施した調査によれば、室内最高気温の上昇及び室外最低気温が 25℃を超えることで覚醒する人の割合が増加すること､冷房を使用していない場合も覚醒する人の割合が増加することが示されている。[61003)]

気候変動のモデルを導入した数値解析により､将来の都市の気温上昇を予測した研究も進められている｡2050 年代における名古屋の気温を､集中型都市と分散型都市で比較をした事例[62067)]では、夏季 14 時の気温が 30℃を超える地点は、分散型都市で増加し集中型都市で減少する結果となっている。時間頻度分布では、高温となる時間数が増える地点が示されている。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[62077)]では、2070 年代においては、排出量が増え続ける A2 シナリオでは、2040 年より CO2 排出が減少する B1 シナリオ[7]に比べて気温上昇が大きく（それぞれ A2 シナリオで約 2.5℃､B1 シナリオで約 1.8℃）､2030 年代、2050 年代では、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℃、B1 シナリオで約 1.2℃と 1.3℃）。また、同じく名古屋において 2070 年代 8 月の気温を予測した事例（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℃程度の上昇が予測されており、気温上昇に伴い、体感指標である WGBT も上昇傾向に有り、熱中症予防の観点から影響が懸念される。[62068)]

気候変動を考慮した将来の都市気温の予測においては､都市の形態による違いが見られるものの、気温や体感指標の上昇が予測されており、上昇後の温熱環境は、熱中症リスクや快適性の観点から、都市生活に大きな影響を及ぼすことが懸念される。また、この影響は、現在ヒートアイランド現象の顕在化している大都市のみならず､地方の中小都市においても顕在化することが懸念される。

熱ストレスよる健康への影響は、高齢者などでインパクトが大きく、人々が熱ストレスを少しでも受けないようなまちづくり､体感指標に関する正しい知識の啓蒙や情報発信といった社会全体での取組が要求される。

（重大性、緊急性、確信度の評価と根拠）

- 重大性：【評価】特に大きい
  【観点】社会／経済

  都市部では、気温の上昇に加えて、土地利用の変化や人工排熱の増加等に伴う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。

[7] 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。

- 緊急性：【評価】高い

  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、今後は気候変動によってさらなる上昇が予想される。気温上昇に伴う都市生活への影響は、一部で顕在化しており、すでにヒートアイランド対策の適応策としての取組みによって効果を挙げた事例もみられる。今後、2070 年代には、さらに気温が上昇し熱中症リスクが高まることが予測されており、これらの事例を参照し、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。

- 確信度：【評価】高い

  現時点で研究・報告数は一定程度あるが、気候変動による将来の気温上昇はほぼ確実であるとされている。また、大都市の気温上昇も顕在化していることから、確信度は高いと言える。

4 気候変動による影響の評価（一覧表）

凡　例：
【重大性】：特に大きい　：「特に大きい」とはいえない　－：現状では評価できない　（観　点）　社：社会　経：経済　環：環境
【緊急性】：高い　：中程度　：低い　－：現状では評価できない
【確信度】：高い　：中程度　：低い　－：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			
農業・林業・水産業[1]	農業	水稲	●既に全国で、気温の上昇による品質の低下（白未熟粒[2]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。	●全国のコメの収量は今世紀半ばまで、A1B シナリオ[3]もしくは現在より 3℃までの気温上昇では収量が増加し、それ以上の高温では北日本を除き減収に転じると予測されている等、北海道では増収、九州南部などの比較的温暖な地域では現状と変わらないか、減少するという点で、ほぼ一致した予測となっている。 ●コメの品質について、一等米の比率は、登熟期間の気温が上昇することにより全国的に減少することが予測されている。特に、九州地方の一等米比率は A1B、A2 シナリオ[3]の場合、今世紀半ばに 30%弱、今世紀末に約 40%減少することを示す事例がある。 ●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、気温上昇との相互作用による不確実性も存在する。		社経	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。			
		野菜	● 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[4]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。 ● 施設野菜では、トマトの着果不良などが多発し、高温対策等の必要性が増している。一方、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。	● 野菜は、生育期間が短いものが多く、栽培時期の調整や適正な品種選択を行うことで、栽培そのものが不可能になる可能性は低いと想定される。 ● 現時点では、具体的な研究事例が限定的である。 ● ただし、今後さらなる気候変動が、野菜の計画的な出荷を困難にする可能性がある。	－		既に影響が現れているが、将来の影響が必ずしも明確ではないので、重大性の評価は困難である。			
		果樹	● 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[5]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。 ● 果実品質について、たとえば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、貯蔵性の低下につながっている。	● ウンシュウミカン、リンゴについて、IS92a シナリオ[3]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し、以下の通り予測されている。 ➢ウンシュウミカンでは、2060 年代には現在の主力産地の多くが現在よりも栽培しにくい気候となるとともに、西南暖地（九州南部などの比較的温暖な地域）の内陸部、日本海および南東北の沿岸部など現在、栽培に不向きな地域で栽培が可能となる。 ➢リンゴでは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。		社経	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。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。			

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。
2 白未熟粒：高温等の障害により、デンプンが十分に詰まらず白く濁ること。
3 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。
4 気候変動の影響に関して、品種改良などで長期間の影響を継続的に把握することが困難な場合は、短期的な気候の影響で判断していることがあることに注意が必要。

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	● 小麦では、冬季及び春季の気温上昇により、全国的に種をまく時期の遅れと穂が出る時期の早まりがみられ、生育期間が短縮する傾向が確認されている。 ● 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。	● 小麦では、種をまいた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予測されている。 ● 大豆では、高 CO_2 濃度条件下では（気温が最適温度付近か少し上では）、収量の増加、最適気温以上の範囲では、乾物重[5]、子実重、収穫指数[6]の減少が予測されている。 ● 北海道では、IS92a シナリオ[7]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。 ● 牧草の生産量等について予測した研究があるが、増収・減収等の傾向については一定の傾向が予測されていない。		社経	穀物の収量・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。			
		畜産	● 家畜の生産能力の推移から判断して、現時点で気候変動の家畜への影響は明確ではない。 ● 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。	● 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、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。		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。			
		病害虫・雑草	● 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。 ● 現時点で、明確に気候変動の影響により病害が増加したとされる事例は見当たらない。 ● 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。	● 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想されている。 ● 水稲害虫以外でも、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の可能性が指摘されている。 ● 病害については、高 CO_2 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。 ● 雑草については、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。		社経	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、かつ農薬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。			
		農業生産基盤[8]	● 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。 ● 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。	● 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、A2 シナリオ[7]の場合、農業用水の需要が大きい 4～5 月ではほとんどの地域で減少する傾向にあり、地域的、時間的偏りへの対応が必要になると推測される。 ● 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、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。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。			

5 乾物重（かんぶつじゅう）：乾燥して水を除いた後の重さであり、植物が実際に生産、蓄積した物質の重さ。
6 収穫指数（しゅうかくしすう）：全乾物重に対する収穫部位の乾物重の割合。
7 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。
8 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			
	林業	木材生産（人工林等）	● 一部の地域で、スギの衰退現象が報告されており、その要因に大気の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。スギの衰退と土壌の乾燥しやすさとの関連も明らかではない。 ● 現時点で、台風強度の増加によって、人工林における風害が増加しているかについては、研究事例が限定的であり、明らかでない。	● 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。 ● 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、マツ枯れ危険域が拡大するとの研究事例、ヤツバキクイムシの世代数増加によりトウヒ類の枯損被害が増加するとの研究事例がある。 ● 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	スギ、アカマツ、クロマツ、ヒノキ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の範囲は（北海道を除く）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、森林の生態系サービスの低下による山地、中山間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、森林の生態系サービスの低下（水源涵養（洪水調節）、土砂流出防備、水害防備、生物多様性保全、二酸化炭素吸収、風致・景観等）が挙げられる。	■	▦	
		特用林産物（きのこ類等）	● シイタケ栽培に影響を及ぼすヒポクレア属菌について、夏場の高温がヒポクレア菌による被害を大きくしている可能性があるとの報告がある。	● 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。	■	社経環	栽培キノコ類の生産額は林業産出額の半数にも及ぶ。栽培キノコの主たるシイタケ原木栽培への影響については、影響があればその影響の範囲は全国に及ぶ。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のへの影響、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。	■	▦	
	水産業	回遊性魚介類（魚類等の生態）	● 海水温の変化に伴う海洋生物の分布域の変化が世界中で報告されている。 ● 日本周辺域の回遊性魚介類においても、高水温が要因とされる分布・回遊域の変化が日本海を中心にブリ、サワラ、スルメイカで報告され、漁獲量が減少した地域もある。	● 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。 ➢ シロザケは、IS92a シナリオ[9]の場合、日本周辺での生息域が減少し、オホーツク海でも 2050 年頃に適水温海域が消失する可能性が指摘されている。 ➢ 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。 ➢ スルメイカは、A1B シナリオ[9]の場合、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。 ➢ 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。 ➢ 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。 ● 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	影響の範囲は全国に及ぶ。漁獲量の増減、分布域及び漁場の変化等は魚種によって異なる。主要水揚港がある地域では、漁獲量の増減による影響が特に大きくなることが懸念される。	■	▨	

9 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。

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			
		増養殖等	● 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。 ● 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。 ● 藻食性魚類による藻場減少で、イセエビやアワビの漁獲量が減少したことが報告されている。	● 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。 ● 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。 ● 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。 ● 内水面では、湖沼におけるワカサギの高水温による漁獲量減少が予想されている。 ● 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	影響は日本全国に及んでいる。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。			
水環境・水資源	水環境	湖沼・ダム湖	● 全国の公共用水域（河川・湖沼・海域）の過去約 30 年間（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。 ● ただし、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がある。 ● 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。	● A1B シナリオ[10]を用いた予測では、琵琶湖は 2030 年代には水温の上昇に伴う DO（溶存酸素）の低下、水質の悪化が予測されている。 ● 同じく A1B シナリオを用いた研究で、国内 37 の多目的ダムのうち、富栄養湖に分類されるダムが 2080～2099 年では 21 ダムまで増加し、特に東日本での増加数が多くなるとする予測も確認されている。 ● 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・ダム湖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。		社経環	影響の範囲は全国の湖沼・ダム湖と広範囲に及ぶ。湖沼や貯水池は、気温・水温の上昇により湖沼等内部での温度成層や植物プランクトンの活動が影響を受ける等、河川以上に厳しい水質変化が予想される。湖沼・ダム湖の水温・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、レクレ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。			
		河川	● 全国の公共用水域（河川・湖沼・海域）の過去約 30 年間（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。 ● ただし、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。	● 各々の河川に対する水温の将来予測はないが、雄物川における A1B シナリオ[10]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ことなどが予測されている。 ● 水温の上昇による DO の低下、溶存酸素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。			影響の範囲は全国の河川に及び、濁質の問題はあるものの、河川の水温・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。			
		沿岸域及び閉鎖性海域	● 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。	● 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、海面上昇に伴い、沿岸域の塩水遡上域の拡大が想定される。			影響の範囲は全国の海域（沿岸域および閉鎖性海域）に及び、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）	● 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。 ● 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。	● A1B シナリオ[10]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。		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、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。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。洪水、渇水の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。			

10 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。

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）	● 気候変動による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以外の要因も関係する。 ● 全国的な渇水となった 1994 年などの小雨年時に渇水時には過剰な地下水の採取により、地盤沈下が進行している地域もある。 ● 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。	● 気候変動による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は、一部、特定の地域を対象にした研究事例があるが、評価手法の精緻化等の課題がある。 ● 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。			影響の範囲は全国に及ぶ。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。			
		水需要	● 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、水需要に影響が生じている。	● 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。			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・曝露の要素となりうる。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。			
自然生態系[11]	陸域生態系	高山帯・亜高山帯	● 気温上昇や融雪時期の早期化等による高山帯・亜高山帯の植生の衰退や分布の変化が報告されている。 ● 高山植物の開花期の早期化と開花期間の短縮が起こることによる花粉媒介昆虫の活動時期とのずれ（生物季節間の相互関係の変化）も報告されている。	● 高山帯・亜高山帯の植物種について、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 が高まり、低木植物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。	生態系		環	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。			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
					サービス[12]	—	—	高山帯・亜高山帯の植物の分布域の変化や高山植物の消滅によるレクリエーション利用、水源涵養、国土保全などの生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。	—	—	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
		自然林・二次林	● 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、現時点で確認された研究事例は限定的である。 ● 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ある。	● 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	生態系		環	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、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対する持続的な脆弱性の一要素となる。重要な種・ハビタット・景観の消失につながるものであり、環境面での重大性が高い。			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

11 自然生態系は、人々の暮らしや各種産業の基盤となっており、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も含め、その保全は重要である。
本分野における気候変動による影響は、自然生態系そのものに及ぶ影響と生態系サービスに及ぶ影響の二つに大別して捉えることができる。これを踏まえ、本分野における重大性・緊急性・確信度の評価は、「生態系への影響」及び「生態系サービスへの影響（国民生活への影響）」の二つに分けて行っている。
気候変動による生態系サービスへの影響については、総じてまだ既往の研究事例が少なく、現状では評価が難しいという実態がある。しかし、それは、生態系サービスへの影響の重大性が低いということを意味するものではなく、今後、生態系サービスへの影響に関する研究を進めていくことが重要となる。
また、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・重要な意思決定の必要な時期」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。

12 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。

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			
				り、不確定要素が大きい。	サービス	—		自然林・二次林の植物の分布域の変化によるレクリエーション利用、水源涵養、国土保全などの生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。	—	—	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
		里地・里山生態系	● 気候変動に伴う里地・里山の構成種の変化の現状について、現時点で網羅的な研究事例はない。 ● 一部の地域において、ナラ枯れやタケの分布域の拡大について、気候変動の影響も指摘されているが、科学的に実証されてはいない。	● 一部の研究で、自然草原の植生帯[13]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、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。	生態系			研究・報告が限定的で、気候変動による影響の検証事例はないこと、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切れない。			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
					サービス	—		里地・里山生態系の変化による生態系サービスへの影響については、野生食用植物のうち、感受性の高い一部の種の生育適地の減少が報告されているが、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。	—	—	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
		人工林	● 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。	● 現在より 3℃気温が上昇すると、年間の蒸散量[14]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[15]）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 CO_2 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。 ● 現在より 1～2℃の気温の上昇により、マツ枯れの危険域が拡大することも予測されている。マツ枯れに伴い、アカマツ林業地帯やマツタケ生産地に被害が生じることが懸念される。	生態系		環	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
					サービス	—		人工林の変化による土壌浸食の抑制力低下など生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。	—	—	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
		野生鳥獣被害	● 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確認されている。 ● 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。 ● 野生鳥獣の分布拡大による生態系サービスへの影響について報告されているが、気候変動との直接の因果関係や、気候変動の寄与度については、明らかになっていない。	● 気温の上昇や積雪期間の短縮によって、ニホンジカなどの野生鳥獣の生息域が拡大することが予測されているが、研究事例は少数であり、今後の研究が望まれる。	生態系		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。 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。気候変動による影響が推測されるが、検証事例は限定的である。		—	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
					サービス	—		野生鳥獣の分布拡大による農作物や造林木への被害や、土壌の流出などの生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。	—	—	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

13 植生帯：各地域の気候帯や海抜高度に応じて帯状に成立する植生の分布。
14 蒸散量：植物の地上部から大気中へ放出される水蒸気の量
15 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。

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			
		物質収支[16]	● 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[17]は、1980 年から 2009 年にわたって、CO_2・N_2O の放出、CH_4 の吸収の増加が確認されている。 ● 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。	● 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[18]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。 ● 森林土壌の炭素ストック量は、A1B シナリオ[19]下で、純一次生産量[20]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。	生態系	大	環	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。	中	中	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
					サービス	—		森林の物質収支の変化により生じる生態系サービスへの影響については現時点で予測・評価をした研究事例は確認されていない。	—	—	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
	淡水生態系	湖沼	● 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。	● 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確認できていないものの、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 CO_2 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。	生態系	大	環	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、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・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、多くの生物種が影響を受ける可能性が高い。	中	高	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
					サービス	—		生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。	—	—	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
		河川	● 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。	● 最高水温が現状より 3℃上昇すると、冷水魚が生息可能な河川が分布する国土面積が現在と比較して約 20%に減少し、特に本州における生息地は非常に限定的になることが予測されている。 ● 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、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	生態系	大	環	温暖化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渓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。	中	高	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
					サービス	—		魚類の生物量などの生態系サービスへの影響も懸念されるが、現時点では研究・報告が確認できていない。	—	—	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

16 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。
17 土壌 GHG フラックス：土壌由来の温室効果ガスの放出や吸収
18 降雨流出応答の短期化：降雨開始から河川等への流出までの時間が短くなること
19 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。
20 純一次生産量：一年間の総一次生産（植物の光合成による炭素吸収量）から呼吸による炭素放出量を差し引いた値

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			
		湿原	● 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ない。 ● 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。	● 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。 ➢ 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	生態系		環	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合、多くの生物種が影響を受ける可能性が高い。			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
					サービス	―		気候変動による生態系サービスへの影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認できておらず、評価が困難である。	―	―	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
	沿岸生態系	亜熱帯	● 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。 ● 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。	● A2 シナリオ[21]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。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が、炭素固定能の評価にとどまり、生態系の将来変化予測は定性的なものに限られる。 ● 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。	生態系		環	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。			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
					サービス	―		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。一方で、亜熱帯性サンゴが北に分布域を広げる温帯域で、サンゴの北上による観光面でのプラス影響が考えられる。ただし、レクリエーション利用への影響や魚類の生物量の増減など、生態系サービスへの影響については予測した文献が見当たらず、評価が困難である。	―	―	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
		温帯・亜寒帯[22]	● 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。 ● 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。	● 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。 ● 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。	生態系		環	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。			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
					サービス	―		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。ただし、景観や文化への影響など生態系サービスへの影響については予測した文献が見当たらず、評価が困難である。	―	―	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

21 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。
22 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			
	海洋生態系[23]		● 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。ただし、未だ統一的な見解には収束していない。	● 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。	生態系		環	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。			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
					サービス		社	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。 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。	―		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
	生物季節[24]		● 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。	● 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。	生態系			影響の範囲は全国に及ぶ。また、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。気候変動の影響が生物種や生物現象のあいだ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おり、現実にも観測されている。こうした変化が種・個体群の存続や生態系サービスにマイナスの影響を与える可能性がある。ただし、その影響の深刻さについては、十分な判断材料はそろっていないのが現状である。			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
					サービス	―		気候変動の影響による生物季節の変動が生態系サービスにもたらす影響については、現時点で予測・評価をした研究事例は確認されていない。	―	―	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
自然生態系	分布・個体群の変動		● 昆虫などにおいて、分布の北限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むずかしい。 ● 気候変動による外来生物の侵入・定着に関する研究事例は現時点では確認されていない。 ● 野生鳥獣の分布拡大による生態系サービスへの影響について報告されているが、気候変動との直接の因果関係や、気候変動の寄与度については、明らかになっていない。	● 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。 ● 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、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ことも想定される。 ● ニホンジカなどの野生鳥獣の生息域が拡大しているが、気候変動が現在の分布拡大をさらに促進するかについては、研究事例は少数であり、今後の研究が望まれる。	在来	生態系		環	急速な気候の変動が、直接・間接の作用により、多くの種の絶滅を招く可能性がある。種ごとの分布可能域とその面積の気候変動による変化予測にもとづいて絶滅確率を推定した研究では、条件によっては 3 割以上の種が絶滅する危険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。			
						サービス	―	種の絶滅や分布域の変化が経済的・社会的なインパクトを与えることも考えられる。	―	―	
					外来	生態系		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。			

23 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。
24 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関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			
					サービス ―		気候変動により外来生物の分布等が変化することによる社会・経済への影響など、生態系サービスへの影響については現時点で予測・評価をした研究事例は確認されていない。	―	―	
自然災害・沿岸域	河川	洪水	● 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。この傾向が気候変動によるものであるとの十分な科学的根拠は未だ得られていない。 ● 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あげられる。一方、浸水面積あたりの被害額は増加傾向にある。 ● 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。	● A1B シナリオ[25]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し、同じ頻度の降雨量が 1～3 割のオーダーで増加することについて、多くの文献で見解が一致している。 ● 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氾濫可能エリアにおける氾濫発生の頻度が有意に増せば、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。		社経環	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・ゴミなどの堆積・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および頻度が増大する。			
		内水	● 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。これらの変化傾向が気候変動によるものであるとの十分な科学的根拠は未だ得られていない。 ● 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。 ● このような短時間に集中する降雨の頻度および強度の増加は、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。	● 局所的な強雨事象を対象にした気候変動影響の推定は、詳細な解像度の確保や局所的強雨をもたらす気象擾乱をモデル化すること自体が難しいため、本格化に至っていない。 ● 現在に至るまでの大雨事象の経年変化傾向と、これまでの 50 年の経年変化傾向を延長して 50 年後に向かって短時間降雨量が増大する可能性を示した文献は、内水被害をもたらす大雨事象が今後増加する可能性について有用な情報を与えている。 ● 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	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および頻度が増大する。特に都市域では、高密度な人間および経済活動、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。			

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。

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	● 1980 年以降の日本周辺の海面水位が上昇傾向（＋1.1 ㎜/年）にあることが、潮位観測記録の解析結果より報告されている。 ● 現時点で、海面水位の上昇により生じた障害の報告は無い。 ● 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変動の大きさを正確に評価することが必要である。	● 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[26]で 0.26 ～0.55m、RCP4.5 シナリオ[26]で 0.32～0.63m、RCP6.0 シナリオ[26]で 0.33～0.63m、RCP8.5 シナリオ[26]で 0.45～0.82m 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。 ● 80㎝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。 ● 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。 ● 河川や沿岸の人工物の機能の低下、沿岸部の水没・浸水、港湾及び漁港機能への支障、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海岸に及ぶ。海面上昇は、沿岸部に立地する港湾施設等のインフラ、産業施設、住宅地等の資産に広く甚大な被害を及ぼすため、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・曝露の要素となりうる。			
		高潮・高波	● 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、1975 年以降全世界的に増加している可能性が指摘されている。 ● 高波については、太平洋沿岸で秋季から冬季にかけての波高の増大等が、日本海沿岸で冬型気圧配置の変化による高波の波高及び周期の増加等の事例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。	● 高潮をもたらす主要因は台風であるが、気候変動による台風の挙動（経路、規模等）を予測する技術は開発途上にある。しかし、台風が沿岸域に到達した際に生じる水位の上昇、浸水の範囲等の予測計算の結果は一定の精度で評価できる。 ● 気候変動により海面が上昇する可能性が非常に高く、高潮のリスクは高まる。 ● 高波については、台風の強度の増加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、また、波高や高潮偏差の増大による港湾及び漁港防波堤等への被害等が予測されている。 ● 港湾・漁港、特に施設の設置水深が浅い港では、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、港湾及び港湾施設、漁港施設、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、沿岸部に立地する港湾及び漁港施設等のインフラ、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。			
		海岸侵食	● 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。	● 気候変動による海面の上昇や台風の強度の増加によって、海岸が侵食されることが予測されている。具体的には、30㎝、60㎝の海面上昇により、それぞれ、我が国の砂浜の約 5 割、約 8 割が消失する。 ● 一方で、気候変動による降雨量の増加によって河川からの土砂供給量が変化し、河口周辺の海岸などにおいて土砂堆積が生じる可能性も報告されている。しかし、気候変動による海岸侵食を補うだけの土砂量の増加の可能性は高くないと考えられ、海岸の侵食が現在よりもさらに進行することが想定されている。		社経環	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。			
	山地	土石流・地すべり等	● 気候変動と土砂災害等の被害規模とを直接関連づけて分析した研究・報告は多くはなく、また、気候変動と土砂災害の発生形態との関係は現時点では不明確な部分が多い。 ● ただし、過去 30 年程度の間で 50㎜／時間以上の豪雨の発生頻度は増加しており、集落等に影響する土砂災害の年間発生件数も増加しているとの報告がある。また、深層崩壊の発生件数も、データ数は少ないものの、近年は増加傾向がうかがえるとの報告がある。 ● 一部の地域で暖冬小雪傾向の後に豪雪が続き、降積雪の年変動が大きくなる事例等が報告されているが、雪害の問題に関して、現時点で具体的な研究事例は確認できていない。	● 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およ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などを表す。） ➢ 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 ➢ 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 ➢ 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 ➢ 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 ➢ 河川への土砂供給量増大による治水・利水機能の低下		社経	現在、日本で 50 万個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全国に及ぶ。また、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。			

26 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。

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	強風等	● 気候変動に伴う強風・強い台風の増加等による被害の増加について、現時点で具体的な研究事例は確認できてない。 ● 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ない。	● A1B シナリオ[27]を用いた研究では、近未来（2015～2039 年）から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。 ● また、日本全域で 21 世紀末（2075～2099 年）には 3～5 月を中心に竜巻発生好適条件の出現頻度が高まることも予測されている。 ● 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	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。			
健康[28]	冬季の温暖化	冬季死亡率	● 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。	● 冬季の平均気温は、RCP4.5 シナリオ [27] 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）に占める低気温関連死亡の割合が減少することが予測された。しかし、この予測は季節の影響と冬期における気温の相違による影響を分離して行われる前の研究である。季節の影響を分離すれば、低気温関連死亡の割合の減少は、この予測よりも小さくなることが想定される。			冬季死亡率の低下そのものは好影響であり、人命損失や経済的損失、環境への影響などをもたらすものではない。			
	暑熱[29]	死亡リスク	● 気温の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）の増加は既に生じていることが世界的に確認されている。	● 東京を含むアジアの複数都市では、夏季の熱波の頻度が増加し、死亡率や罹患率に関係する熱ストレスの発生が増加する可能性があることが予測されている。 ● 日本における熱ストレスによる死亡リスクは、450s シナリオ [27] 及び BaU シナリオ [27] の場合、今世紀中頃（2050 年代）には 1981～2000 年に比べ、約 1.8～2.2 倍、今世紀末（2090 年代）には約 2.1～約 3.7 倍に達することが予測されている。 ● RCP2.6 シナリオ [27] の場合であっても、熱ストレス超過死亡数は、年齢層に関わらず、全ての県で 2 倍以上になると予測されている。		社	影響の範囲は全国に及ぶ。また、我が国の高齢化の進行は当該影響に対する持続的な脆弱性の一要素となる。人命損失に直接つながるものであり、特に社会的な観点での重大性は高い。			
		熱中症	● 気候変動の影響とは言い切れないものの、熱中症搬送者数の増加が全国各地で報告されている。 ● 労働効率への影響等、死亡・疾病に至らない健康影響については、国内の報告は限られている。	● 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。 ● 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。 ● RCP8.5 シナリオ [27] を用いた予測では、21 世紀半ばには、熱中症搬送者数は、四国を除き 2 倍以上を示す県が多数となり、21 世紀末には、RCP2.6 シナリオ [27] を用いた予測を除きほぼ全県で 2 倍以上になることが予測されている。 ● 労働効率への影響等、気候変動の臨床症状に至らない健康影響について、国外では報告があり、IPCC 第 5 次評価報告書にも採り上げられている。一方で、国内では報告が少ない。		社	影響の範囲は全国に及ぶ。また、我が国の高齢化の進行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、本分野で用いられた救急搬送患者数と死亡数（人口動態統計）には強い関連があり、患者数の増加は人命損失にもつながるものであり、重大性は高い。			
	感染症[30]	水系・食品媒介性感染症	● 気候変動による水系・食品媒介性感染症のリスクの増加について、現時点で研究事例は限定的にしか確認できておらず、気候変動との関連は明確ではない。	● 気候変動による水系・食品媒介性感染症の拡大が懸念されるが、現時点で研究事例は限定的にしか確認できていない。	―		影響の範囲は全国に及ぶ可能性がある。人の健康に直接つながるものであるが、日本においては十分な研究がなされていない。	―		

27 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。
28 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。
29 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・睡眠阻害、暑さによる不快感等を主な対象として扱う。
30 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			
		節足動物媒介感染症	● デング熱等の感染症を媒介する蚊（ヒトスジシマカ）の生息域が東北地方北部まで拡大していることが確認されている。また、気候変動とは直接関係しないが、2014 年には都内の公園で多数の人がデング熱[31]に罹患する事象が発生した。 ● 他にも気候変動により感染リスクが増加する可能性のある感染症があるが、現時点で日本における具体的な研究事例は確認できていない。	● RCP8.5 シナリオ[32]を用いた予測では、ヒトスジシマカの分布可能域は、21 世紀末には、北海道の一部にまで広がることが予測されている。ただし、分布可能域の拡大が、直ちに疾患の発生数の拡大につながるわけではない。 ● 他にも気候変動の影響を受ける可能性のある感染症はあるが、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できていない。		社	影響の範囲は全国に及ぶ可能性がある。人の健康に直接つながるものであり、社会的な観点での重大性は高い。現時点では、病原体の分布が拡大しているとは言い切れないが、日本において十分な研究がなされていない疾患もある。ヒトスジシマカ等の媒介動物の分布域が拡大していることから、病原体の種類や分布等に関する研究が必要である。			
		その他の感染症	● 水系・食品媒介性感染症や節足動物媒介感染症以外の感染症においても、発生の季節性の変化や、発生と気温・湿度との関連を指摘する報告事例が確認されている。 ● ただし、その他の社会的要因、生物的要因の影響が大きいことから、現時点では詳細なメカニズムについての知見が十分ではない。	● 水系・食品媒介性感染症や節足動物媒介感染症以外の感染症においても、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きる可能性があるものの、文献が限られており定量的評価が困難である。	―		影響の範囲は全国に及ぶ可能性がある。人の健康に直接つながるものであるが、現時点では研究事例が非常に限定される。	―	―	
	その他		● 健康に係る複合影響として数多く報告されているのは、気温上昇と大気汚染に関するもので、気温上昇による生成反応の促進等により、粒子状物質を含む様々な汚染物質の濃度が変化していることが報告されている。 ● 局地的豪雨に伴う洪水により合流式下水道での越流が起こると閉鎖的水域や河川の下流における水質が汚染され、下痢症発症をもたらすことが想定される。日本同様の雨水処理方式をとる米国で報告があるが日本では具体的な報告にはなっていない。 ● 暑熱に対しての脆弱集団としては高齢者が取り上げられることが多いが、米国では小児あるいは胎児（妊婦）への影響が報告されている。日本ではこの部分の情報が欠落している。 ● 労働効率への影響等、死亡・疾病に至らない健康影響についても、国内の報告は限られている。	● 都市部での気温上昇によるオキシダント濃度上昇に伴う健康被害の増加想定されるものの、今後の大気汚染レベルによっても大きく左右され、予測が容易ではない。 ● 大雨の増加による閉鎖性水域の汚染の増加に伴う下痢症の増加が想定されるものの、疫学データが不足している。 ● 脆弱な集団への影響について、特に小児への影響についての情報が不足している。 ● 労働効率への影響等、気候変動の臨床症状に至らない影響について、国外では報告があり、IPCC 第 5 次評価報告書にも採り上げられている。一方で、国内では報告が少ない。	複合影響	―	気温上昇とオゾン濃度との関係については、比較的多くの報告が存在している。しかし、将来の影響については、今後の大気汚染の状況の推移次第である。			
					脆弱集団	―	主として胎児・小児を想定している。情報が十分でないために、インパクトの大きさは評価できないが、一方で物理的・気象的な変動に対しては成人のうけるインパクトを上回ることが予想される。また、この時期に受ける環境変動のインパクトは生涯にわたる持続的・不可逆的なインパクトをもたらす可能性がある点も看過できない。			
					非臨床的	―	現時点では定量的情報が十分でないために、評価が困難である。			
産業・経済活動	製造業		● 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限定的にしか確認できていない（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 1 事例の報告のみ）。現時点で、製造業に大きな影響があるとは判断されない。	● 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く、現時点の知見からは、製造業への影響は大きいとは言えない。 ➢ 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。			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、多大な生産損失や雇用への影響を予測する報告もある。一方で、産業への影響をポジティブに予測する研究もある。			

31 デング熱：ヒトスジシマカ、ネッタイシマカ等の蚊によって媒介されるデングウィルスの感染症。
32 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。

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	エネルギー需給	● 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確認できていない。	● 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限定的であるが、現時点の知見からは、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 ➢ 夏季の気温の上昇は、電力供給のピークを先鋭化させるとの指摘がある。			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部門や運輸部門ではほとんど変化しない一方、家庭部門では減少、業務部門では増加予測のネガティブな影響を受けるとする報告がある。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。			
	商業		● 日本における商業への影響について、具体的な研究事例は現時点では確認できていない。	● 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うると指摘する研究がある。 ➢ CDP プロジェクトにおいて、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。	—		商業は業種も多様で、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、また文献が少ないことから、現時点では評価が困難である。	—		
	金融・保険		● 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。 ● 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。	● 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。 ● 現時点で日本に関して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。		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[33]	● 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限定的にしか確認できていない。 ● 気温の上昇によるスキー場における積雪深の減少の報告事例が確認されている。	● A1B シナリオ[34]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[35]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。 ● 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、ポジティブな影響を受けるとする報告もあるが、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、ネガティブな影響も予測されている。ここでは、自然資産に依拠した観光について評価した。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、住民にとっては、重大性は特に大きい。			

33 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）。
34 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。
35 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。

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			
	建設業		● 現時点で、建設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、インフラ等への影響については別途検討されていることから、そちらを参照されたい。	● 現時点で、建設業への影響について具体的な研究事例は限定的である。 ● ただし、インフラ等への影響については別途検討されていることから、そちらを参照されたい。	―		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。	―	―	
	医療		● 現時点で、医療産業への影響について、断水や濁水による人工透析への影響を除き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別途検討されていることから、そちらを参照されたい	● 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別途検討されていることから、そちらを参照されたい。	―		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）	● 現時点では、気候変動による日本国外での影響が日本国内に及ぼす影響について、研究事例は確認できていない。 ● 2011 年のタイ国チャオプラヤ川の洪水では、これが気候変動の影響によるものであるかどうかは明確に判断しがたいが、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を、再保険分も含めて 9,000 億円と見通している事例がある。	● 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、社会科学分野が含まれる二次的な影響が中心であり、要因が複雑で、現時点では具体的な研究事例が確認できていない。 ● ただし、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。	―		既往の文献では、東アジア及び太平洋地域における影響評価が行われているが、日本としての影響規模は不明である。東アジア及び太平洋地域におけ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はあるが、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。 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。	―		
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	● 近年、各地で、記録的な豪雨による地下浸水、停電、地下鉄への影響、渇水や洪水等による水道インフラへの影響、豪雨や台風による高速道路の切土斜面への影響等が確認されている。 ● ただし、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。	● 気候変動が、インフラ・ライフラインにどのような影響をもたらすかについて、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可能性があると指摘されている。 ● 一方、国内では、社会科学分野が含まれる二次的な影響が中心であり、要因が複雑であるため、現時点では研究事例は限定的にしか確認できていない。海外では通信・交通インフラにおけるリスクの増大等を指摘した検討事例等がある。 ● 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、インフラ・ライフライン等に影響が及ぶことが懸念される。		社経	現在でも豪雨や渇水等によるインフラ・ライフラインへの影響として、水道事業や交通機関への影響が確認されている。また、水道事業や交通機関等への将来の影響の可能性を示唆する予測研究事例も確認されている。 これらが気候変動によるものであるかどうか明確に判断することは難しいが、将来、豪雨や渇水の頻度が増加することは予測されており、これらの予測のように気候変動が進行するとすれば、現在、確認されているインフラ・ライフラインへの影響と同様の被害が生じやすくなる可能性がある。 インフラ・ライフラインの被害・損傷による社会・経済面への影響は大きいことから、重大性は特に大きい。			
	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[36]	● 国民にとって身近なサクラ、イロハカエデ、セミ等の動植物の生物季節の変化について報告が確認されている。ただし、それら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、現時点では具体的な研究事例は確認されていない。 ● 気温の上昇等による諏訪湖での御神渡りなしとなる頻度の増加や地酒造りへの影響など地域独自の伝統行事や観光業・地場産業等への影響が報告されている。ただし、気候変動による影響であるかどうかについては明確には判断したがたく、現時点では研究事例も限定的にしか確認できていない。	● サクラの開花日及び満開期間について、A1B シナリオ[37]及び A2 シナリオ[37]の場合、将来の開花日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、今世紀中頃および今世紀末には、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ことが示されている。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。 ● 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、桜やかえで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。紅葉は桜に比べ期間が長いので影響は小さいと思われる。 ただし、影響の程度について、定量的に予測をした研究事例はなく、現時点で影響が特に大きいとは言い難い。			
					伝統、地場	―	影響が個々の事象で異なるため評価が困難である。			

36 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。
37 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。

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[38]	● 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 2.0～3.2℃であり、大都市において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との報告が確認されている。 ● 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。 ● 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、熱中症リスクの増加に加え、睡眠阻害、屋外活動への影響等が生じている。	● 国内大都市のヒートアイランドは、今後は小幅な進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ことが見込まれる。 ● 例えば、名古屋において2070年代8月の気温を予測した事例（A2シナリオ[39]を使用）では2000～2009年の8月の平均気温と比較して、3℃程度の上昇が予測されており、気温上昇に伴い、体感指標であるWGBT[40]も上昇傾向を示すことが予測されている。 ● 将来の都市の気温の予測においては、都市の形態による違いが見られるものの、気温や体感指標の上昇が予測されており、上昇後の温熱環境は、熱中症リスクや快適性の観点から、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、気温の上昇に加えて、土地利用の変化や人工排熱の増加等に伴う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。	■	■	

38 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。
39 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。
40 WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)：温熱指標の一つであり、湿球黒球温度のこと。暑さ指数を指す。自然湿球温度(℃)、黒球温度(℃)、気温(℃)から算出される。

（参考）気候予測に用いられている各シナリオの概要

1. RCP シナリオ

SRES シナリオ（次項を参照）には、政策主導的な排出削減対策が考慮されていないなどの課題があった。このため、政策的な温室効果ガスの緩和策を前提として、将来の温室効果ガス安定化レベルとそこに至るまでの経路のうち代表的なものを選んだシナリオが作られた。このシナリオを RCP（Representative Concentration Pathways）シナリオという。[1]

RCP シナリオは大気中の温室効果ガスの濃度が放射強制力に与える影響の大きさをもとに特徴づけられ、それぞれ RCP8.5（高位参照シナリオ）、RCP6.0（高位安定化シナリオ）、RCP4.5（中位安定化シナリオ）、RCP2.6（低位安定化シナリオ）と呼ばれ、産業革命以前と比較した今世紀末の放射強制力の目安がそれぞれ 8.5W/m^2、6.0W/m^2、4.5W/m^2、2.6W/m^2 となるシナリオに対応している（下表）。[2]

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

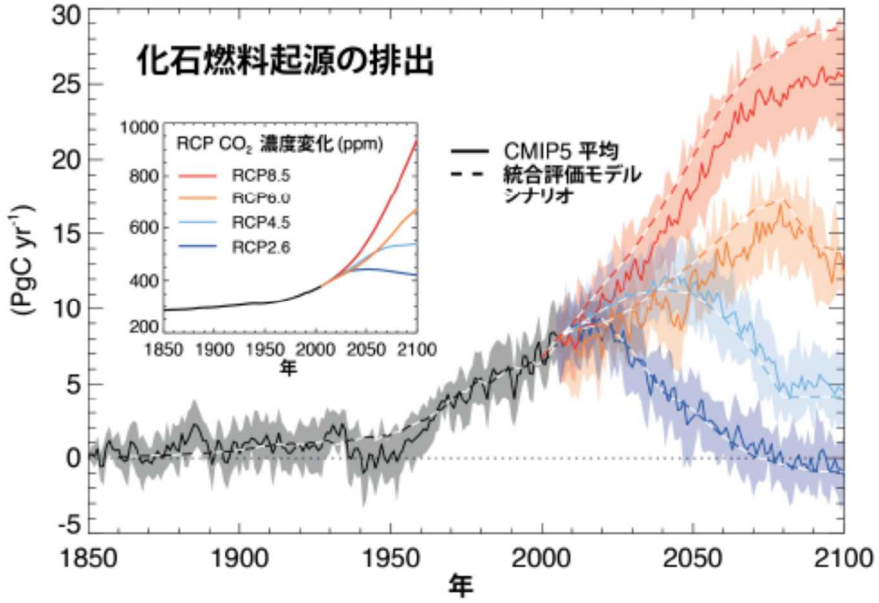


図 RCPシナリオに基づく放射強制力（図外側；RCP シナリオで定める4つの放射強制力の経路を実線で示す。比較のためSRES シナリオに基づいて求めた放射強制力を破線で示す。）とRCPシナリオに対応する化石燃料からの二酸化炭素排出量（図内側；地球システムモデルによる逆算の結果。細線：個々のモデルの結果、太線：複数のモデルの平均）

1 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）

2 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。

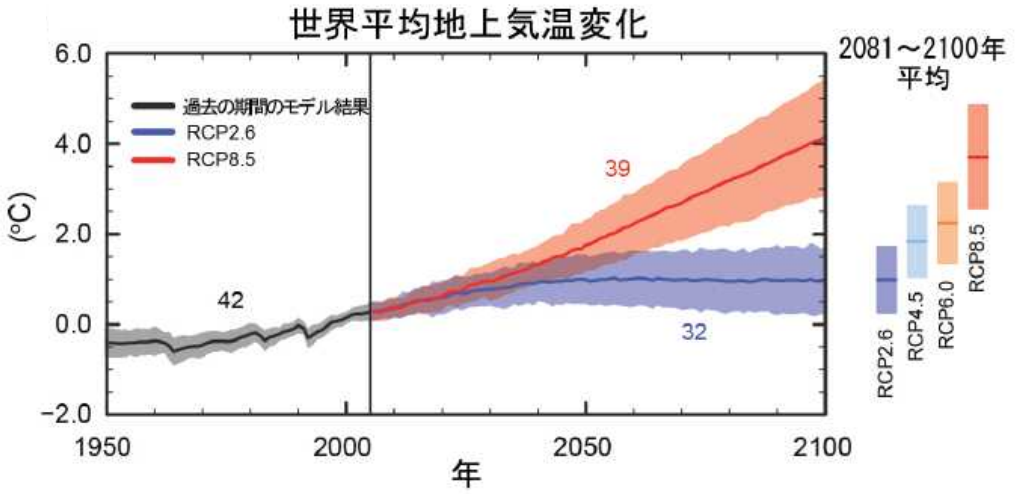


図 CMIP5 の複数のモデルによりシミュレーションされた時系列(1950 年から2100 年)。1986～2005 年平均に対する世界平均地上気温の変化。予測と不確実性の幅(陰影)の時系列を、RCP2.6(青)とRCP8.5(赤)のシナリオについて示した。黒(と灰色の陰影)は、復元された過去の強制力を用いてモデルにより再現した過去の推移である。全てのRCP シナリオに対し、2081～2100 年の平均値と不確実性の幅を彩色した縦帯で示している。数値は、複数モデルの平均を算出するために使用したCMIP5 のモデルの数を示している。
(出典:IPCC 第 5 次評価報告書第 1 作業部会報告書政策決定者向け要約 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（℃）		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。

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。

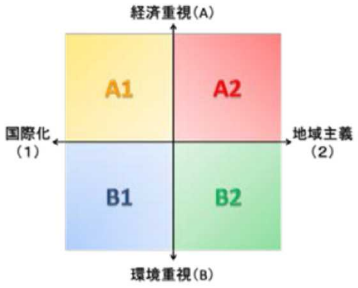


図 2. 2. 2　SRES シナリオにおける 4 つの世界像
A1 シナリオはさらに A1B、A1T、A1FI シナリオに細分されている。よく用いられる A1B シナリオは、「各エネルギー源のバランスを重視した高成長型社会シナリオ」である。
出典：国立環境研究所、2001 より作成

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）

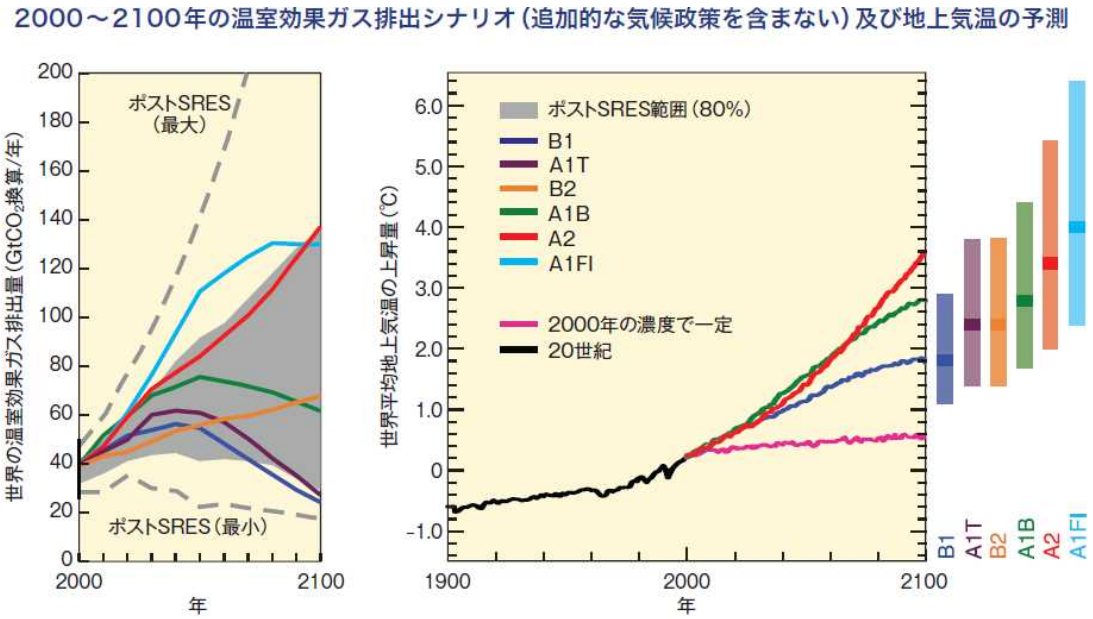


図　左の図：追加的な気候政策を含まない場合の世界の温室効果ガス排出量（CO_2換算）：6つのSRESマーカーシナリオ（彩色した線）、SRES以降に公表された最近のシナリオ（ポストSRES）の80パーセンタイル（灰色の彩色範囲）。点線はポストSRESシナリオ結果のすべての範囲を示す。排出量にはCO_2, CH_4, N_2O及びフロンガスが含まれる。
右の図：実線は、A2、A1B、B1シナリオにおける複数のモデルによる地球平均地上気温の昇温を20世紀の状態に引き続いて示す。これらの予測は短寿命温室効果ガス及びエーロゾルの影響も考慮している。ピンク色の線はシナリオではなく、2000年の大気中濃度で一定に保った大気海洋結合モデル（AOGCM）シミュレーションによるもの。図の右の帯は、6つの SRESシナリオにおける2090～2099年についての最良の推定値（各帯の横線）及び可能性が高い予測幅を示す。全ての気温は1980～1999 年との比較。
（出典：IPCC第4次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約 図SPM.5）

表　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

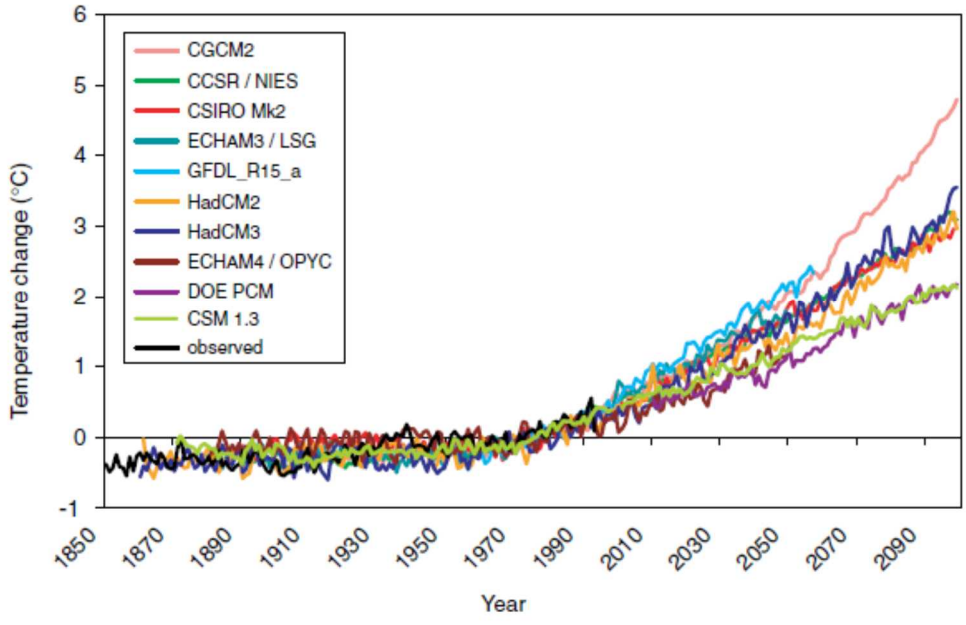
排出シナリオ	気温変化（℃） 長期(2090～2099 年)	海面水位変化（m） 長期(2090～2099 年)
SRES B1	1.1 ～ 2.9（1.8）	0.18 ～ 0.38
A1T	1.4 ～ 3.8（2.4）	0.20 ～ 0.45
B2	1.4 ～ 3.8（2.4）	0.20 ～ 0.43
A1B	1.7 ～ 4.4（2.8）	0.21 ～ 0.48
A2	2.0 ～ 5.4（3.4）	0.23 ～ 0.51
A1FI	2.4 ～ 6.4（4.0）	0.26 ～ 0.59

・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。

３. IS92a シナリオ

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、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 年の世界平均地上気温の上昇幅が最良の推定値で 1.3℃（硫酸エーロゾルの放射強制力を見込まない場合は 1.6℃）となるシナリオである。[3]

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。[4]



本図は硫酸エー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モデルのシミュレーションによる予測を示す。

[3] IPCC 第 3 次評価報告書第 1 作業部会報告書「9.3.1.2Projection of future climate from forcing scenario experiments (IS92a)に基づく。図は同報告書より抜粋。

[4] IPCC 第 2 次評価報告書第 1 作業部会報告書「6.3.3Temperature Projections」に基づく。

4. S-4 研究プロジェクトの安定化シナリオ（BaU、450s、550s）

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」では、BaU シナリオ（なりゆきシナリオ）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、③全球平均気温変化から地域別の気候シナリオ作成（パターンスケーリング）に使用した 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冷却効果も含む、という条件に基づき設定されている。[5]

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

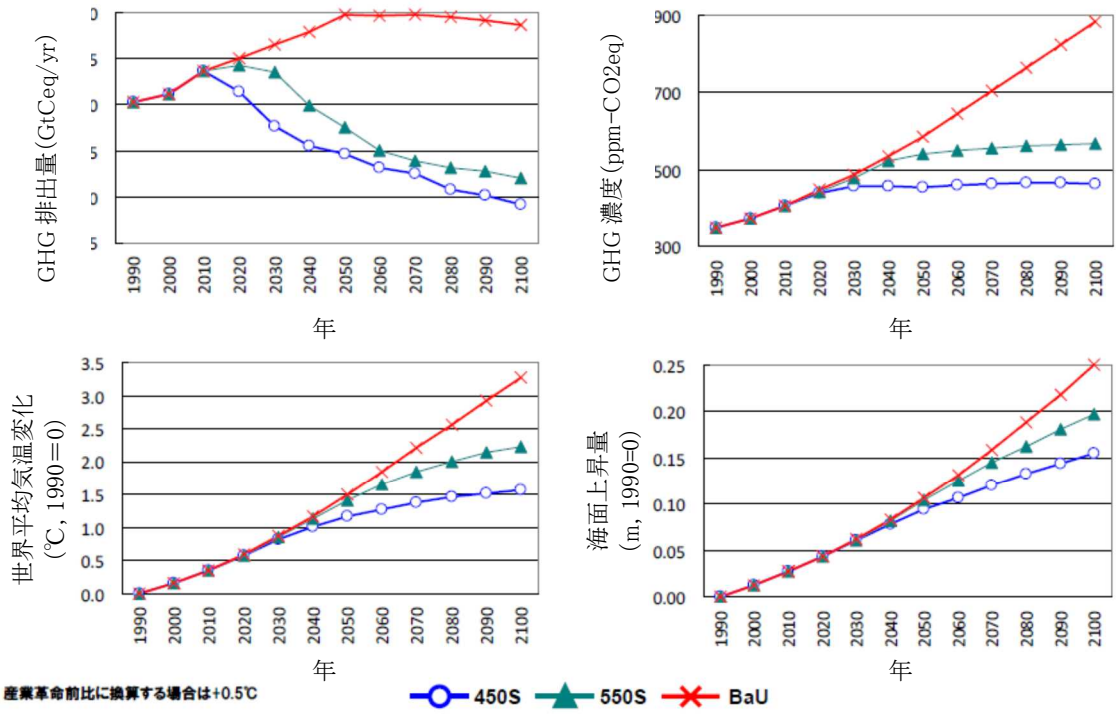


表 シナリオ別の温室効果ガス濃度（二酸化炭素等価濃度）と平均気温上昇

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

※1990 年比の気温上昇量は産業革命比－0.5℃。

[5] 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。

参考文献一覧

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
01001	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	
01002	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	
01003	S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究 2014 報告書 地球温暖化「日本への影響」－新たなシナリオに基づく総合的影響評価予測と適応策－	茨城大学地球変動適応科学研究機関(ICAS)、独立行政法人 国立環境研究所	2014	
01005	超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測に関する研究.	文部科学省研究開発局 21 世紀気候変動予測革新プログラム	2013	【pp.174-176】
01011	地球温暖化予測情報 第8巻	気象庁	2013	
03001	気候変動 2014 影響、適応及び脆弱性 政策決定者向け要約	環境省訳(元文献は IPCC による)	2014	
03002	気候変動 2013 自然科学的根拠 政策決定者向け要約	気象庁訳(元文献は IPCC による)	2014	
03003	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.	2013	チャプター13 を引用
11001	気候変化がわが国におけるコメ収量変動に及ぼす影響の広域評価	横沢正幸、飯島仁之直、岡田将誌	2009	温暖化影響総合予測プロジェクトチーム(2009):「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か影響の総合評価に関する研究」関連の論文
11002	Large scale evaluation of the effects of adaptation to climate change on rice production and quality in Japan.	Ishigaoka W, Fukui S, Hasegawa T, Kuwagata T, Nishimori M.	2013	
11003	地球温暖化が北日本のイネの収量変動に及ぼす影響	下野裕之	2008	
11004	年平均気温および年最低気温の変化推定によるタンカン適地の北上予測	杉浦俊彦、杉浦裕義、阪本大輔.、朝倉利員	2011	
11005	年平均気温の変動から推定したリンゴ及びウンシュウミカンの栽培環境	杉浦俊彦、横沢正幸	2004	
11006	平均気温の変動から推定したわが国の鶏肉生産に対する地球温暖化の影響	山崎信、村上斉、中島一喜、阿部啓之、杉浦俊彦、横沢正幸. 栗原光規	2005	文部科学省・気象庁・環境省(2013)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」(文献番号 01001)の原著論文

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
11007	地球温暖化が肥育豚の飼養成績に及ぼす影響	高田良三、山崎 信、杉浦俊彦、横沢正幸、大塚誠、村上斉	2007	文部科学省・気象庁・環境省(2013)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」(文献番号 01001)の原著論文
11008	Ocean ecosystem responses to future global change scenarios: a way forward.	Ito S, Rose KA, Miller AJ, Drinkwater K, Brander K, Overland JE, Sundby S, Curchitser E, Hurrell JW, Yamanaka Y.	2010	
11009	Impacts of climate change on growth, migration and recruitment success of Japanese sardine in the Western North Pacific.	Okunishi T, Ito S, Hashioka T, Takashi T. Sakamoto, Yoshie N, Sumata H, Yara Y, Okada N, Yamanaka Y.	2012	
11010	温暖化が与える日本海の主要回遊性魚類の既存産地への影響予測	木所英昭、渡邊達郎、田永軍. 井桁庸介、森本晴之、藤野忠敬	2011	
11012	温暖化による我が国水産生物の分布域の変化予測	桑原久実、明田定満、小林聡、竹下彰、山下洋、城戸勝利	2006	文部科学省・気象庁・環境省(2013)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」(文献番号 01001)の原著論文
11013	Trichoderma 属菌の分離調査からのシイタケほだ場の気象環境診断について	宮崎和弘、矢吹俊裕、奥田徹	2013	
11014	日本産昆虫、ダニの発育零点	桐谷圭治	2012	文部科学省・気象庁・環境省(2013)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」(文献番号 01001)の原著論文
12001	気候変動が圃場における水稲の生長に与える影響とその適応策に関する研究	辰己賢一	2013	
12002	Effects of high temperature on growth, yield and dry-matter production of rice grown in the paddy field.	Oh-e I, Saitoh K, Kuroda T.	2007	
12003	近年の日本における稲作気象の変化とその水稲収量・外観品質への影響	河津俊作、本間香貴、堀江武、白岩立彦	2007	
12005	高温・高 CO2 濃度環境が水稲の生育・収量に及ぼす影響 : 第 2 報 収量および収量構成要素について	金漢龍、堀江武、中川博視、和田晋征	1996	
12006	登熟期の高温が頴果の発育ならびに米質に及ぼす影響	長戸一雄、江幡守衛	1965	
12009	水稲登熟期の高温条件下における背白米の発生に及ぼす窒素施肥量の影響	若松謙一、佐々木修、上薗一郎、田中明男	2008	
12010	地球温暖化が道内主要作物に及ぼす影響とその対応方向(2030 年代の予測) 2. 水稲における影響予測	丹野久	2012	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
12011	戦略研究「地球温暖化と生産構造の変化に対応できる北海道農林業の構築－気象変動が道内主要作物に及ぼす影響の予測－」成果集	地方独立行政法人北海道立総合研究機構農業研究本部中央農業試験場編	2011	12010 の文献と同内容
12019	地球温暖化の実態とそれが生態系と農業活動に及ぼす影響」に関する研究会に関する報告	小林和彦、桑形恒男、広田知良、近藤純正、清水庸、見延庄士郎	2007	
12023	気候温暖化は 30 年後の果樹生産にどんな影響を及ぼすか(第 2 報)～近年の生育障害の特徴と将来の温度環境予測～	山梨県果樹試験場プロジェクト	2006	
12025	気候温暖化は 30 年後の果樹生産にどんな影響を及ぼすか(第 3 報)～発育速度モデルによる果樹生育の将来予測～	山梨県果樹試験場プロジェクト齊藤典義	2008	
12031	開花期の高温遭遇がオウトウ主要品種の胚珠退化に及ぼす影響	山梨県果樹試験場栽培部落葉果樹栽培科富田晃	2013	
12032	開花期の高温に対するオウトウの結実向上対策	山梨県果樹試験場栽培部落葉果樹栽培科富田晃	2013	
12037	近年の気温と降水量が飼料用トウモロコシの病害発生と乾物収量に及ぼす影響(2001～2012 年)	宇敷真子、横澤将美、高橋朋子	2013	
12039	Effect of global warming on the life history and population dynamics of Japanese chum salmon.	Kaeriyama M, Seo H, Qin Y.	2014	
12041	The effect of climate change on the growth of Japanese chum salmon (Oncorhynchus keta) using a bioenergetics model coupled with a three-dimensional lowert rophic ecosystem model (NEMURO).	Michio J.Kishi, Masahide Kaeriyama, Hiromich iUeno , Yasuko Kamezawa	2010	
12042	Environmental factors which affect growth of Japanese common squid, Todarodes pacificus, analyzed by a bioenergetics model coupled with a lower trophic ecosystem model.	Kishi M J, Nakajima K, Fujii M, Hashioka T.	2009	
12043	地球温暖化による海洋生態系の変化	岸道郎	2011	
12045	Effects of temperature, salinity and their interaction on growth of Japanese Gambierdiscus spp. (Dinophyceae).	Yoshimatsu T, Yamaguchi H, Iwamoto H, Nishimura T, Adachi M.	2014	
12047	気候変動による食糧生産への影響 -経済的影響の評価-	高橋潔、原沢英夫、松岡譲	－	
12054	平成 25 年地球温暖化影響調査レポート	農林水産省	2013	
12056	Projecting climate change impacts both on rice quality and yield in Japan.	Okada M, Iizumil T, Hayashi Y, Yokozawa M.	2011	
12057	Modeling the multiple effects of temperature and radiation on rice quality.	Okada M, Iizumi T, Hayashi Y, Yokozawa M.	2011	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
12068	ELPIS-JP データセットを用いた手取川の将来流出予測	西村拓、林祐誠、飯田俊彰、加藤千尋、多田和広	2014	
12069	掛流し灌漑時の用排兼用水路網における水温変動（Ⅱ） －気候変動下におけるシナリオシミュレーション－	木村匡臣、小林 聡、飯田俊彰、久保成隆	2014	
12074	Spikelet sterility of rice observed in the record hot summer of 2007 and the factors associated with its variation.	Hasegawa T, Ishimaru T, Kondo M, Kuwagata T, Yoshimoto Y, Fukuoka M.	2011	
12088	Rice cultivar responses to elevated CO2 at two free-air CO2 enrichment (FACE) sites in Japan.	Hasegawa T, Sakai H, Tokida T, Nakamura H, Zhu O, Usui Y, Yoshimoto M, Fukuoka M, Wakatsuki H, Katayanagi N, Matsunami T, Kaneta Y, Sato T, Takakai F, Sameshima R, Okada M, Mae T, Makino A.	2013	
12103	Overview of Recent Effects of Global Warming on Agricultural Production in Japan	Sugiura T, Sumida H, Yokoyama S, Ono H	2012	
12104	農業に対する温暖化の影響の現状に関する調査	杉浦俊彦、住田弘一、横山繁樹、小野洋	2006	
12105	Predicted Changes in Locations Suitable for Tankan Cultivation Due to Global Warming in Japan.	Sugiura T, Sakamoto D, Koshita Y, Sugiura H, Asakura T	2014	
12106	Changes in the taste and textural attributes of apples in response to climate change.	Sugiura T, Ogawa H, Fukuda N, Moriguchi T.	2013	
12108	温暖化がわが国の果樹生育に及ぼしている影響の現状	杉浦俊彦、黒田治之、杉浦裕義	2007	
12109	地球温暖化が果樹栽培に与える影響と対策	杉浦俊彦	2009	
12110	温暖化がわが国の野菜・花き生産に及ぼしている影響の現状について	杉浦俊彦、住田弘一、横山繁樹、小野洋	2006	
12111	温暖化が魚類の養殖業生産に及ぼす影響の評価と予測技術の開発	安藤 忠	2008	
12113	Decrease of abalone resources with disappearance of macroalgal beds around the Ojika Islands, Nagasaki, Southweatern Japan.	Kimoto S.	2013	
12116	水産資源ならびに生息環境における地球温暖化の影響とその予測	水産総合研究センター	2014	
12120	ブリの増殖に関する研究	原田輝雄	1965	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
12121	水温が伊勢湾産イカナゴ初期生活史の成長と加入資源量に与える影響	冨山実	2006	
12122	鹿児島湾における藻場の分布と特性	田中博春	2013	
12124	関東におけるノリ養殖の現状と課題 東海におけるノリ養殖の現状と課題 有明海におけるノリ養殖の現状と課題	林俊裕、岩出将英、横尾一成	2014	
12126	Shift from bottom-up to top-down control of the algal community due to climate change: impacts on the Japanese spiny lobster in southwestern Japan.	Yoshimura T.	2014	
12131	平成 22 年度高温適応技術レポート	農林水産省	2011	
12132	地球温暖化が牧草の地域区分と生産量に及ぼす影響	佐々木寛幸、神山和則、須山哲男、福山正隆	2003	
12133	近年の気候変動の状況と気候変動が農作物の生育等に及ぼす影響に関する資料集	農林水産省	2002	
12134	わが国のホルスタイン種育成雌牛の夏季増体量に及ぼす温暖化の影響.	野中最子、山崎信、田鎖直澄、樋口浩二、永西修、寺田文典、栗原光規	2010	
12135	高水温耐性ノリ新品種「ちばの輝き」の開発について	千葉県	2014	
12137	Prediction of a geographical shift in the prevalence of rice stripe virus disease transmitted by the small brown planthopper, Laodelphax striatellus (Fallén) (Hemiptera: Delphacidae), under global warming.	Yamamura K, Yokozawa M.	2002	
12138	How to analyze long-term insect population dynamics under climate change: 50-year data of three insect pests in paddy fields.	Yamamura K, Yokozawa M, Nishimori M, Ueda Y, Yokosuka T.	2006	
12139	温暖化による雑草の発生と分布の変化	冨永達	2001	
12141	九州地方に発生したコヒメビエの小穂と穂の形態と低温での種子の死亡条件から推定した定着不可能地点	森田弘彦	1996	
12142	Effects of Elevated Atmospheric CO2 Concentration on the Infection of Rice Blast and Sheath Blight.	Kobayashi T, Ishiguro K, Nakajima T, Kim H K, Okada M, Kobayashi K.	2006	
12143	小麦作への温暖化の影響と対策技術	中園江	2010	
12144	埼玉県の畑作試験圃場におけるコムギ「農林 61 号」の収量に対する気象条件の影響	箕田農尚	2010	
12145	北部九州におけるダイズの収量と気象条件との関係	内川修、福島裕助、松江勇次	2003	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
12146	2010 年の夏季異常高温が東北地域におけるダイズの生育, 収量, 品質に及ぼした影響	松波寿典、井上一博、工藤忠之、伊藤信二、長沢和弘、柴田康志、神埼正明、千田洋、二瓶直登、荒井義光、小林浩幸、山下伸夫	2013	
12147	山形県庄内地域における登熟期間の気温がダイズの百粒重に及ぼす影響	松田裕之、柴田康志、森静香、藤井弘志	2011	
12148	The effects of increased temperature on crop growth and yield ofsoybean grown in a temperature gradient chamber.	Tacarinduaa C R P, Shiraiwaa T, Hommaa K, Kumagaib E, Sameshimab R.	2013	
12150	Distribution range shift of two allied species, Nezara viridula and N. antennata (Hemiptera: Pentatomidae), in Japan,possibly due to global warming.	Yukawa J, Kiritani K, Gyotoku N, Ueichi N, Yamaguchi D, Kamitani S.	2007	
12151	Northward range expansion by Nezara viridula (Hemiptera: Pentatomidae) in Shikoku and Chugoku Districts, Japan, possibly due to global warming.	Yukawa J, Kiritani K, Kawasawa T et al.	2009	
12152	平成22年 異常高温・多雨等が農畜産物に与えた影響と今後の対策	北海道農政部食の安全推進局技術普及課	2011	
12155	温暖化に伴う海藻構成種の変化が土佐湾の魚類に及ぼす影響(特集 黒潮圏沿岸海域の温暖化と適応策)	中村洋平	2012	
12156	沿岸海洋の富栄養化と赤潮の拡大	今井一郎	2001	
12157	有害渦鞭毛藻 Heterocapsa circularisquama に関する生理生態学的研究－Ⅱ H. circularisquama の毒性および貝類斃死機構の解明	松山幸彦	2003	
12158	A simple method to estimate the potential increase in the number of generations under global warming in temperate zones.	Yamamura K, Kiritani K.	1998	
12200	気候予測計算結果をもとにした影響評価の結果について	環境省	2014	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(第 8 回) 参考資料2
12201	Climate forcing on marine ecosystems. In: Global Change and Marine Ecosystems.	Drinkwater K , Hunt G, Lehodey P, Lluch-Cota S, Murphy E J, Sakurai Y, Schwing F, Beaugrand G, Sundby S.	2010	
12202	Signature of ocean warming in global fisheries catch.	Cheung, W.W.L, Watson R, Pauly D.	2013	
12203	瀬戸内海の魚類に見られる異変と諸問題	重田利拓	2008	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
12204	Fishes in high-CO2, acidified oceans.	Ishimatsu A, Hayashi M, Kikkawa T.	2008	
12205	魚市場調査からみた五島列島福江島でのハタ科魚類の漁獲動向	中川雅弘	2014	
12206	長崎県母崎沿岸の浅海魚類相	田和篤史、竹垣毅	2009	
12207	近年の海水温上昇による筑前海沿岸魚類相の変化	西田高志、中園明信、及川信、松井誠一	2005	
12208	Seasonal and interannual variation of subtidal fish assemblages in Wakasa Bay with reference to the warming trend in the Sea of Japan.	Masuda R.	2008	
12209	藻場の長期モニタリング 背景と課題	寺田竜太	2011	
12210	湖沼の漁業生産安定化を目指した温暖化適応技術の開発	宮本幸太、沢木良宏、星河廣樹、河野成美、花里孝幸、君島祥、幡野真隆、伴修平	2014	
12211	マダイ養殖は高水温化に耐えられるか？	安藤忠、奥宏海	2009	
13001	Impacts of climate changes on the temperature of paddy waters.	Ohta S, Kimura A.	2007	
13002	Impact assessment of climate change on rice production in Asia.	Masutomi Y, Takahashi K , Harasawa H, Matsuoka Y.	2009	
13008	Impacts of climate change on growth, migration and recruitment success of Japanese sardine.	Okunishi T、 Ito S、Hashioka T, Okada N, Yamanaka Y、Hashioka T, Yamanaka Y, Sakamoto T, Yoshie N.	2012	
13009	Response of yellowtail, seriola quinqueradiata.	Tian Y, Kidokoro H, Watanabe T, Igeta Y, Sakaji H, Ino S.	2012	
21001	気候変動による水質等への影響解明調査 報告	環境省 水、大気環境局 水環境課	2013	【pp.26-31：湖沼・ダム湖】、【pp.42-45：河川】
21002	水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について(答申).	国土交通省 社会資本整備審議会	2008	【p.22-23】
21003	Sensitivity Analysis on LakeWater Quality Under the SRES Climate Change Scenario Using Biwa-3D	Yosuke Yamashiki	2013	文部科学省研究開発局(2013)21 世紀気候変動予測革新プログラム超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測に関する研究 【pp.179-180】も参照

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
21004	Assessment of potential suspended sediment yeild in Japan in the 21st century with reference to the general circulation model climate change senarios	S-8 研究関連:Mouri.G., Golosov.V., Chalov.S., Takizawa.S., Oguma.K., Yoshimura.K., Shiiba.M.., Hori.T., & Oki.T	2013	環境省環境研究総合推進費 「S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究(H22-H26)」関連の論文
21006	地球温暖化が農林水産業に及ぼす影響評価と緩和及び適応技術の開発	農林水産省 農林水産技術会議事務局	2011	
22001	浅い富栄養湖の水質に及ぼす気象の影響	福島武彦、上原弘晃、松重一夫、原沢英夫	1998	【pp180-187】
22002	地球温暖化による閉鎖性水域の水温、水質変動予測	梅田信	2012	【pp363-367】
22003	複合的な対策による諏訪湖水環境改善及び副次的 CO2 排出による地球温暖化への影響の統合的評価	稲葉陸太	2012	【pp635-640】
22006	地球温暖化がもたらす日本沿岸域の水質変化とその適応策に関する研究―沖縄県における海水温変動傾向について―	天願博紀	2011	
22007	水環境における温暖化影響に対する適応策	肱岡靖明	2012	【pp368-371】
22008	地球温暖化問題を考慮した水環境管理	花木啓祐	2006	【pp57-61】
22009	地球温暖化と下水道	森田弘昭	2006	【pp62-66】
22010	地球温暖化と地下水塩水化	神野健二、広城吉成	2006	【pp72-78】
22013	地球温暖化に対する東京都水道局の取り組み	増子敦	2012	【pp375-379】
22027	気候変動への賢い適応－地球温暖化影響・適応研究委員会報告書－第一部 気候変動への賢い適応(総論・各論の概要)	環境省 地球温暖化影響・適応委員会	2008	
22028	「地球温暖化がもたらす日本沿岸域の水質変化と適応策に関する研究」報告書	国立環境研究所 地域環境研究センター	2011	地方公共団体環境研究機関等と国立環境研究所との共同研究(C 型)
22029	雨天時負荷流出特性と市街地流域対策に関する研究	尾崎 平、石垣泰輔、戸田圭一	2010	
22032	気候変動に適応したダム貯水池の選択取水設備による水質改善方法の検討	崔 貞圭、矢島 啓	2014	
22033	浦山ダムにおける気候変動に伴う長期間の将来水質予測	崔 貞圭、矢島 啓、谷口 健司、馬籠 純	2014	
22036	気候変動による京都盆地水系地下水環境への影響評価	バトル アブドレイム、栗津進吾、城戸由能、中北英一	2012	
22037	GCM 空間解像度を考慮した地下水環境への気候変動影響の統計確率的評価手法に関する研究	城戸由能、北側有輝、中北英一	2014	
31001	地球温暖化に伴う洪水・渇水リスクの評価に関する研究	和田一範	2005	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
31002	国土技術政策総合研究資料 気候変動適応策に関する研究(中間報告).	国土交通省 国土技術政策総合研究所 気候変動適応研究本部	2013	【 p.II-131】元文献:服部ら(2012). 気候変化の治水施策への影響に関する全国マクロ評価, 河川技術論文集, 土木学会水工学委員会河川部会, 第 18 巻, pp. 481 - 486 【 p.II-56】元文献:Tsubasa Hashimoto(2012): The Effects of Future Increases in Heavy Rain on Measure for the Prevention of Inundation in Urban Areas, 9th International Conference on Urban Drainage Modelling, pp.1 - 7, Belgrade
31005	The Effects of Future Increases in Heavy Rain on Measure for the Prevention of Inundation in Urban Areas	Tsubasa Hashimoto, Hiroyuki Shigemura, Toshihiro Yokota	2012	
31009	水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について(答申)	社会資本整備審議会	2008	【p.23】
31010	期待越波・越流計算モデルを使った三大湾高潮浸水被害の地球温暖化に対する感度の分析	鈴木武、根木貴史	2011	
31011	超波・越流共存時の護岸通過流量のモデル化と三大湾高潮浸水被害の地球温暖化による感度の推定	鈴木武、柴木秀行	2011	
31012	地球温暖化影響を考慮した高潮浸水被害リスクマップと沿岸浸水被害関数の作成,	鈴木武	2012	
31013	地球温暖化による防波堤の滑動遭遇確率の変化	河合弘泰	1999	
31014	Variation of sliding failure probability of breakwater caisson due to global warming,	Hiroyasu Kawai	2000	
31015	地球温暖化に起因する気候変動に対する港湾政策のあり方(答申)	交通政策審議会	2009	【p.5】
31016	気候変動予測実験出力を直接用いた高潮リスクの評価	安田誠宏、中條壮大、金洙列、森信人、間瀬 肇、Kevin Horsburgh	2011	文部科学省研究開発局(2013)21 世紀気候変動予測革新プログラム超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測に関する研究. 【pp.169-170】
31018	21 世紀気候変動予測革新プログラム 超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測に関する研究.	野口賢二、諏訪義雄	2011	文部科学省研究開発局(2013)21 世紀気候変動予測革新プログラム超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測に関する研究. 【p.98】
31020	海岸保全施設の更新等に合わせた地球温暖化適応策検討マニュアル(案).	海岸における地球温暖化適応線戦略検討委員会	2011	【pp.22-23】
31021	日本の 5 海岸における過去の長期汀線変化特性と気候変動による将来の汀線変化予測	吉田惇、有働恵子、真野明	2012	環境省環境研究総合推進費 「S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究(H22-H26)」関連の論文

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
31022	海面上昇に伴う全国砂浜侵食量の推定	:須川太一、有働恵子、三村信男、真野明	2011	環境省環境研究総合推進費 「S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究(H22-H26)」関連の論文
31023	砂浜に対する海面上昇の影響評価 －予測モデルの妥当性の検証と全国規模の評価－	三村信男、井上馨子、幾世橋慎、泉宮尊司、信岡尚道	1994	温暖化影響総合予測プロジェクトチーム(2009):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か影響の総合評価に関する研究 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【pp.25-26】
31025	砂浜に対する海面上昇の影響評価	三村信男、幾世橋慎、井上馨子	1993	
31026	温暖化政策支援モデルを用いた気候変動に対する斜面崩壊影響評価	川越清樹、肱岡靖明、高橋潔	2010	環境省環境研究総合推進費 「S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究(H22-H26)」関連の論文
31027	Probabilistic modeling of rainfall induces landslide hazard assessment.	:Kawagoe.S., Kazama.S., Sarukkalige.P.R.	2010	環境省環境研究総合推進費 「S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究(H22-H26)」関連の論文
31029	全球大気モデルによる土砂災害関連指標降雨の将来変化	奥勇一郎、中北英一	2011	文部科学省研究開発局. 21 世紀気候変動予測革新プログラム(2013)超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測に関する研究.【pp.157-158】
31031	平成 23 年度気候変動に対応した森林の水土保全機能の向上方策検討調査	林野庁	2012	
32004	Global Warming Projection by an Atmospheric Global Model with 20-km Grid.	Kusunoki, S., J. Yoshimura, H. Yoshimura, R. Mizuta, K. Oouchi, and A. Noda	2008	
32010	気候変動に伴う農地・農業用施設に関する影響評価	平岩竜彦、松田光平、川久保素尚、松山茂	2011	
32012	気候変動が土構造物・基礎地盤に及ぼす影響,	安原一哉	1993	
32020	日本沿岸の潮位に見られる長周期変動と温暖化の影響	中野晋、田所真路、宇野宏司、藤本雅彦	2002	
32022	温暖化による海面上昇を考慮した防波堤の信頼性設計法	酒井和彦、岡安章夫	2004	
32024	周防灘における高潮と温暖化の海面上昇による沿岸域への影響	小島治幸、土持章、Shuguang YAN	2005	
32026	有明海における温暖化した将来の高潮の出現特性に関する研究	山城賢、橋本典明、河合弘泰、麻生紀子、荒木健人	2007	
32028	四国を対象とした温暖化による高潮浸水領域の変化の見積	鈴木武	2007	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
32029	気候変動に伴う洪水・氾濫リスクの将来予測 那珂川・久慈川流域における解析	横木裕宗、戸村達也、塙尚幸、桑原祐史、三村信男	2008	
32031	降雨極値データを利用した気候変動に伴う全国浸水被害額評価	佐藤歩、川越清樹、風間聡、沢本正樹	2008	
32032	九州地方における地球温暖化による高潮浸水リスクの変化	鈴木武	2008	文献番号【32028】と同様の検討を地域を変えて行った論文（※32028 は四国沿岸、本論文 32032 は九州沿岸）
32033	港湾構造物に及ぼす気候変動の影響とその定量的予測－防波堤を対象として－	高木泰士、柏原英広、柴山知也	2009	
32035	気候変動に伴う斜面崩壊に起因した土砂生産量の推計	川越清樹、小野桂介、青木春奈	2010	
32036	海域施設の温暖化適応策に向けた新しい性能評価指標の提案	関本恒浩、安野浩一朗、中嶋さやか、磯部雅彦	2010	
32040	オホーツク海の流氷減少が波浪に与える影響	菅原吉浩、大塚淳一、山本泰司、山下俊彦	2011	
32041	気候変動に伴う将来高潮予測の不確実性−東京湾をケーススタディーとして−	林祐太、安田誠宏、森信人、中條壮大、間瀬 肇、奥勇一郎	2011	
32043	気候変動予測実験出力を直接用いた高潮リスクの評価	安田誠宏、中條壮大、金洙列、森信人、間瀬 肇、HORSBURGH Kevin	2011	
32044	温暖化による台風強大化に伴う東京湾での最大級高潮と波浪の時空間分布	村上智一、深尾宏矩、吉野純、安田、孝志、飯塚聡、下川信也	2011	
32045	温暖化シナリオ A1B の下で今世紀末に予想される最大級台風による伊勢湾全域の高潮・高波	村上智一、深尾宏矩、吉野純、安田孝志	2011	
32046	気候変動に伴う梅雨期の集中豪雨の将来変化に関する領域気候モデルを用いた基礎的研究	中北英一、宮宅敏哉、Kim Kyoungjun、木島梨沙子	2012	
32047	流域の土砂生産・流出と自然環境変化の相互作用に関する研究報告書	社団法人砂防学会	2011	
32048	GHG 濃度経路に基づく気候変動予測を受けた高潮被害の予測	鈴木武、柴木秀行	2014	環境省環境研究総合推進費 S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究(H22-H26)関連の論文
32059	日本沿岸の季節別波浪特性の経年変化	関 克己、河合弘泰、佐藤 真	2011	文部科学省 気候変動リスク情報創生プログラム
32060	日本海沿岸における波浪の経年変化特性に関する研究	間瀬肇、田中遼、森信人、安田誠宏	2009	
32061	地殻変動を除去した長期海水位変動と海面水温の関係－本州沿岸域－	岩崎伸一、松浦知徳,、渡部勲	2002	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
32062	験潮場の GPS 連続観測点を用いた潮位データ解析手法の検討	三浦優司、川元智司	2013	
32063	Linkages among interannual variations of shoreline, wave and climate at Hasaki, Japan	Y. Kuriyama, M. Banno, and T.Suzuki	2012	
32064	潮位による影響及び時間的異質性を考慮した汀線変動モデルの構築と将来予測	伴野雅之、栗山善昭	2013	文部科学省 気候変動リスク情報創生プログラム
32065	海面上昇による全国の砂浜消失将来予測における不確実性評価	有働 恵子、武田百合子	2014	
32066	数値地理情報と降雨極値データを利用した土砂災害発生確率モデルの構築	川越清樹、風間聡、沢本正樹	2008	
32067	平成 14-15 年度地球温暖化に対応した漁場, 漁港漁村対策調査総合報告書	独立行政法人水産総合研究センター水産工学研究所	2004	
32069	気候変化が土砂災害に及ぼす影響に関する研究委員会最終報告	砂防学会「気候変化が土砂災害に及ぼす影響に関する研究委員会」	2011	
32070	気候変化が土砂災害の素因・誘因に及ぼす影響	藤田正治	2012	
32073	日本沿岸の海面水位の長期変化傾向	気象庁	2014	
32074	土砂災害対策の強化に向けて__提言	土砂災害対策の強化に向けた検討会	2014	
32075	現代砂防学概論	南哲行、小山内信智	2014	
32076	歴史的に見た近年の土砂災害の特徴	内田太郎、西口幸希	2011	
32077	一連降雨によって引き起こされる土砂移動現象の変化	小山内信智、冨田陽子、水野秀明、桂真也、山田孝、権田豊、菊池英明、島田徹、吉田真也、山下勝、石塚忠範、山越隆雄	2011	
32078	土砂災害被害と降雨確率規模、災害発生頻度の関係	林真一郎、内田太郎、蒲原潤一	2014	
32079	2011 年台風 12 号における降雨量と斜面崩壊特性	内田太郎、佐藤匠、水野正樹、林真一郎、岡本敦	2012	
32080	Catastrophic landslide disasters triggered by record-breaking rainfall in Japan	Hitoshi Saito, and Hiroshi Matsuyama	2012	
32081	降雨規模と斜面崩壊・土石流の発生確率及び生産土砂量の時系列的な関係分析	林真一郎、内田太郎、奥山悠木、丹波諭、蒲原潤一、武蔵由育、小林真之、鈴木伴征	2014	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
32082	深層崩壊を引き起こした降雨の特徴	内田太郎、岡本 敦、倉本和正	2012	
32083	Runout characteristics and grain size distribution of large-scale debris flows triggered by deep catastrophic landslides	Yuki NISHIGUCHI, Taro UCHIDA, Nagazumi TAKEZAWA, Tadanori ISHIZUKA, Takahisa MIZUYAMA	2012	
32084	日本の天然ダムと対応策	水山高久、森俊勇、坂口哲夫、井上公夫	2011	
32085	大規模土砂生産後の土砂流出	内田太郎、丹波諭、蒲原潤一	2014	
32087	統計学的手法による地球温暖化にともなう降雨特性変化の推定	國友優、寺田俊樹、柳原幸希、辻本浩史	2003	
32090	雪崩に関するレビューと今後の研究について	野呂智之、小山内信智、冨田陽子、川邊洋、辻本浩史、鈴木崇	2011	
32091	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.	2013	チャプター11 を引用
32092	気候変動監視レポート 2013	気象庁	2014	
32093	デジタル台風	国立情報学研究所		
32094	浸水リスク分析に基づく気候変動適応策	柳澤修、田村義昭		
32095	地球温暖化による豪雨発生頻度の変化と洪水氾濫への影響評価	東博紀、大楽浩司、松浦知徳	2006	IPCC の AR4 の WGⅡ報告書の 484 頁で引用
32096	Potential Changes in Extreme Events Under Global Climate Change	Koji Dairaku et al.	2008	
32097	全球気候モデル出力と洪水及び経済被害推定モデルを用いた中小河川の水害リスクの将来変動に関する研究	小林健一郎、寶馨、中北英一	2010	
32098	Global flood risk under climate change	Yukiko Hirabayashi et al.	2013	文部科学省 気候変動リスク情報創生プログラム
32099	伊勢湾台風擬似温暖化実験による淀川流域における洪水規模の変化予測	小林健一郎、奥勇一郎、中北英一、中野満寿男、寶馨	2014	文部科学省 気候変動リスク情報創生プログラム
32100	Climate Change 2014 Inpacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A:Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working GroupⅡ to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change	Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)	2014	第 3 章、第 5 章を引用

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
32101	地球温暖化が淀川流域の洪水と貯水池操作に及ぼす影響の評価	佐山敬洋、立川康人、寶馨、益田亜美加、鈴木琢也	2008	
32102	Global projections of changing risks of flood s and droughts in a changing climate	Yukiko Hirabayashi, Roobavannan Mahendran, Sujan Koirala, Lisako Konoshima, Dai Yamazaki, SatoshiWatanabe, Hyungjun Kim and Shinjiro Kanae	2008	
32103	気候変動に対する先行適応のための流域スケールでの洪水および渇水リスク評価	佐藤嘉展、森英祐、浜口俊雄、田中賢治、小尻利治、中北英一	2009	
32104	気候変化が日本の河川流量に及ぼす影響の予測	立川康人、滝野昌平、藤岡優子、萬和明、キムスンミン、椎葉充晴	2011	
32105	Estimation of a possible maximum flood event in the Tone River basin, Japan caused by a tropical cyclone	Hirohiko Ishikawa, Yuichiro Oku, Sunmin Kim, Tetsuya Takemi and Jun Yoshino	2013	文部科学省 気候変動リスク情報創生プログラム
32106	熱帯低気圧による降雨の将来変化が高知県鏡川流域の年最大流量に与える影響	井芹慶彦、鼎信次郎	2014	
32107	地域気候モデルを用いた地球温暖化に伴う洪水リスクの評価に関する考察	和田一範、川崎将生、冨澤洋介	2006	
32108	高解像度全球モデルおよび地域気候モデルを用いた地球温暖化にともなう洪水リスクの評価	和田一範、川崎将生、冨澤洋介、楠昌司、栗原和夫	2008	
32109	Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptaion (Summary for Policymakers)	Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)	2012	
32110	気候変化の治水施策への影響に関する全国マクロ評価	服部敦、板垣修、土屋修一、加藤拓磨、藤田光一	2012	
32112	第 16 回 気候変動に適応した治水対策検討小委員会資料	国土交通省	2014	
32114	社会資本整備重点計画	国土交通省	2012	
33003	A global ranking of port cities with high exposure to climate extremes.	Hanson, S., R. Nicholls, N. Ranger, S. Hallegatte, J. Corfee-Morlot, C. Herweijer, and J. Chateau,	2011	
33005	Future flood losses in major coastal cities.	Hallegatte, S., C. Green, R.J. Nicholls, and J. Corfee-Morlot,	2013	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
33006	Influence of global warning on coastal infrastructural instability.	Yasuhara, K., S. Murakami, N. Mimura, H. Komine, and J. Recio	2007	
33007	Observed and Projected Insured Losses from Weather Hazards	The impact of climate change on global tropical cyclone damage.	2012	
40002	日本におけるナガサキアゲハ(Papilio memnon Linnacus)の分布の拡大と気候温暖化の関係	北原正彦、入來正躬、清水剛	2001	
40003	いきものみっけ 事業成果取りまとめ冊子	環境省 自然環境局生物多様性センター	2013	
40005	生物多様性の地図化に関する検討調査業務報告書	財団法人 自然環境絵研究センター	2012	
40006	日本各地のサクラの開花時期	小池重人、繁田真由美、樋口広芳	2012	
40007	重要生態系監視地域モニタリング推進事業(モニタリングサイト1000)森林・草原調査. 第 1 期とりまとめ報告書.	環境省自然環境局 生物多様性センター	2009	
40008	全国クマゼミ調査	株式会社ウェザーニュース	2009	http://weathernews.com/ja/nc/press/2009/090909.html
40009	Environmental dependence of population dynamics and height growth of a subalpine conifer across its vertical distribution: an approach using high-resolution aerial photographs.	Shimazaki M, Sasaki T, Hikosaka K, Nakashizuka T.	2011	
41001	Assessing the potential impacts of climate change on the alpine habitat suitability of Japanese stone pine (Pinus pumila).	Horikawa M, Tsuyama I, Matsui T, Kominami Y, Tanaka N.	2008	環境省環境研究総合推進費 「S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究(H22-H26)」関連の論文
41002	温暖化に伴うブナ林の適域の変化と影響評価	松井哲、田中信行、八木橋勉、小南祐志、津山幾太郎、 高橋潔	2009	温暖化影響総合予測プロジェクトチーム(2009):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か影響の総合評価に関する研究 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
41004	Assessing the impact of land use and climate change on the evergreen broad-leaved species of Quercus acuta in Japan.	Nakao K T, Matsui M, Horikawa I, Tsuyama I, Tanaka N.	2011	文部科学省・気象庁・環境省(2013)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」(文献番号 01001)の原著論文
41005	Influence of nonclimatic factors on the habitat prediction of tree species and an assessment of the impact of climate change.	Higa M, Tsuyama I, Nakao K, Nakazono E, Masui T, Tanaka N.	2013	環境省環境研究総合推進費 「S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究(H22-H26)」関連の論文
41006	本州東部におけるチシマザサの潜在分布域の予測と気候変化の影響評価	津山幾太郎、松井哲哉、小川みふゆ、小南裕志、田中信行	2008	
41007	Climatic controls of a kaystone understory species, Sasamorpha borealis, and an impact assessment of climate change in Japan.	Tsuyama I, Nakao K, Matsui T, Higa M, Hirosawa M, Kominami Y, Tanaka N.	2011	環境省環境研究総合推進費 「S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究(H22-H26)」関連の論文

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
41008	Facrtors determining the distribution of a keystone understory taxon,dwarf bamboo of the section Crassinodi, on a national scale: applicationto impact assessment of climate change in Japan.	Tsuyama I, Hirosawa M, Nakao K, Matsui T, Kominami Y, Tanaka N.	2012	環境省環境研究総合推進費 「S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究(H22-H26)」関連の論文
41009	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か影響の総合評価に関する研究, 地球温暖化「日本への影響」-最新の科学的知見-	温暖化影響総合予測プロジェクトチーム	2008	
41010	気候変動適応策に関する研究(中間報告)	国土技術政策総合研究所	2013	
41011	水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について(答申).	国土交通省 社会資本整備審議会	2008	
41012	平成 23 年度生物多様性評価の地図化に関する検討調査業務報告書(16-② 地球温暖化に伴うイワナ類の生息適地の変化予測)	財団法人自然環境研究センター	2012	文部科学省・気象庁・環境省(2013)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」(文献番号 01001)の原著論文
41013	Ocean Acidification limits tempreture-induced poleward expansion of coral habitats around Japan.	Yara Y, Vogt M, Fujii M, Yamano H, Hauri C, Steinacher M, Gruber N, Yamanaka Y.	2012	
41014	Potential impact of global warming on spring bloom projected by an eddy-permitting 3-D ecosystem mode.	Hashioka T, Takahashi T, Sakamoto, Yamanaka Y.	2009	農林水産省、地球温暖化が農林水産業に及ぼす影響評価と緩和及び適応技術の開発 483 号に記載の影響の原典
42001	気候変動が森林動態に与える影響と将来予測:八甲田山のオオシラビソを例として	田中孝尚、嶋崎仁哉、黒川紘子、彦坂幸毅、中静透	2014	AR5 で参照されている文献
42002	気候変動に対する樹木の肥大成長と炭素安定同位体比の応答	宮田理恵、長谷川成明、甲山隆司	2014	
42005	大雪山国立公園における高山植生変化の現状と生物多様性への影響	川合由加、工藤岳	2014	
42007	Changes in the potential habitats of 10 dominant evergreen broad-leaved tree species in the Taiwan-Japan archipelago.	Nakao K, Higa M, Tsuyama I, Lin C-T, Sun S-T, Lin J-R, Chiou C-R, Chen T-Y, Matsui T, Tanaka N.	2014	
42008	Spatial conservation planning under climate change: Using species distribution modeling to assess priority for adaptive management of Fagus crenata in Japan.	Nakao K, Higa M, Tsuyama I, Matsui T, Horikawa M, Tanaka N.	2013	
42009	Indicator plant species selection for monitoring the impact of climate change based on prediction uncertainty.	Higa M, Nakao K, Tsuyama I, Nakazono E, Yasuda M, Matsui T, Tanaka N.	2013	
42010	Predicting the impact of climate change on potential habitats of fir (Abies) species in Japan and on the East Asian continent.	Tanaka N, Nakao K, Tsuyama I, Higa M, Nakazono E, Matsui T.	2012	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
42012	温暖化の日本産針葉樹 10 種の潜在生育域への影響予測	田中信行、中園悦子、津山幾太郎、松井哲哉	2009	
42014	Evaluation of habitat sustainability and vulnerability for beech (Fagus crenata) forests under 110 hypothetical climatic change scenarios in Japan.	Matsui T, Takahashi K, Tanaka N, Hijioka Y, Horikawa M, Yagihashi T, Harasawa H.	2009	
42015	日本におけるチマキザサ節の潜在分布域の予測と気候変化の影響評価	津山幾太郎、松井哲哉、堀川真弘、小南裕志、田中信行	2008	
42017	世界遺産白神山地ブナ林の気候温暖化に伴う分布適域の変化予測	松井哲哉、田中信行、八木橋勉	2007	
42018	天然林の分布を規定する気候要因と温暖化の影響予測:とくにブナ林について	田中信行、松井哲哉、八木橋勉、垰田宏	2006	
42019	Probability distributions, vulnerability and sensitivity in Fagus crenata forests following predicted climate changes in Japan.	Matsui T, Yagihashi T, Nakaya T, Taoda H, Yoshinaga S, Daimaru H, Tanaka N.	2004	
42021-1	気候温暖化の自然林への影響と適応策	田中信行	2013	
42021-3	地球温暖化は森林にどう影響するか？	田中信行、栗屋善雄	2012	
42022	The Potential Effect of Climate Change on the Transpiration of Sugi (Cryptomeriajaponica D. Don) Plantations in Japan.	Shigenaga H, Matsumoto Y, Taoda H, Takahashi M.	2005	
42023	温暖化に対するスギ人工林の脆弱性マップ	松本陽介、重永英年、三浦覚、長倉淳子、垰田宏	2006	
42024	森林炭素動態シミュレーションシステムを用いた気候変動が森林炭素吸収量に及ぼす影響評価の試行	光田靖、鹿又秀聡、松本光朗	2013	
42027	第 7 回自然環境保全基礎調査　生物多様性調査　種の多様性調査(北海道)報告書	環境省自然環境局生物多様性センター	2008	
42028	High potential for increase in CO2 flux from forest soil surface due to global warming in cooler areas of Japan.	Ishizuka S, Sakata T, Sawata S, Ikeda S, Takenaka C, Tamai N, Sakai H, Shimizu T, Kan-na K, Onodera S, Tanaka N, Takahashi M.	2006	
42029	Increasing trends of soil greenhouse gas fluxes in Japanese forests from 1980 to 2009.	Hashimoto S, Morishita T, Sakata T, Ishizaka S.	2011	
42030	Potential carbon stock in Japanese forest soils - simulated impact of forest management and climate change using the CENTURY model.	Hashimoto S, Ugawa S, Morisada K, Wattenbach M, Smith P, Matsuura Y.	2012	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
42031	気候変動下での山岳生態系のモニタリングの意義とその方向性	工藤岳	2014	
42032	空間情報を用いた高山帯の植生変化と環境変動のセンサス	金子正美、星野仏方、雨谷教弘	2014	
42033	Effects of temperature and salinity on spawning of the brackish water bivalve Corbicula japonica in Lake Abashiri, Hokkaido, Japan.	Baba K, Tada M, Kawajiri T, Kuwahara Y.	1999	
42037	Projected coral bleaching in response to future sea surface temperature rises and the uncertainties among climate models.	Yara Y, Fujii M, Yamano H, Yamanaka Y.	2014	文部科学省 気候変動リスク情報創生プログラム
42038	Responses of Manila clam growth and its food sources to global warming in a subarctic lagoon in Japan	Yoon S, Abe H, Kishi M J.	2013	
42039	Northward extension of geographic range of the sea urchin Hemicentrotus pulcherrimus in Hokkaido, Japan.	Agatsuma Y, Hoahikawa H.	2007	
42040	北海道日本海沿岸における水温変動とウニ類稚仔の発生状況	干川裕	2006	
42047	イヌケホシダの潜在分布域と気候変化シナリオに基づく分布変化の予測	堀川真弘、村上健太郎、津山幾太郎、大藪崇司、松井哲哉、森本幸裕、田中信行	2008	
42048	機能形質から種のニッチ、共存、そして消失を理解する:亜高山帯湿原群集を対象とした群集生態系と生理生態学からのアプローチ	彦坂幸毅、佐々木雄大、神山千穂、片渕正紀、及川真平、嶋崎仁哉、木村啓、中静透	2014	
42050	温暖化条件化で生育させたサザンカ'獅子頭'の開花と花の形態	中島敦司、櫛田達矢、十倉武司、中尾史郎、山田宏之、松本勝正、山田和司、養父志乃夫	2002	
42051	気候変動による森林流域の変化− 長良川流域を対象として−	篠田成郎、守利悟朗、和田祐典、亀原裕、山川淳平、片桐 猛	2004	
42052	温暖化政策支援モデルのための県別ブナ林影響関数の開発	高橋潔、松井哲哉、肱岡靖明、田中信行、原沢英夫	2008	
42053	わが国のサクラ(ソメイヨシノ)の開花に対する地球温暖化の影響	丸岡知浩、伊藤久徳	2009	
42054	夏季から秋季にかけての気温がキンモクセイの開花に及ぼす影響	中島敦司、山本将功、大南真緒、中里長浩、廣岡ありさ	2011	
42055	温暖化条件化で育成したヒノキの成長と生物季節	吉田尚美、中島敦司、山本将功、奥田尚孝、櫛田達矢	2005	
42056	湖水中の生き物の世界と、それに影響を与える地球温暖化	花里孝幸、永田貴丸	2011	
42057	ハクチョウ類やカモ類の越冬数に積雪や気温が及ぼす影響	植田睦之	2007	
42058	温暖化条件下で育成した Acer rufinerve Sieb. Et Zucc.の成長と生物季節	山本将功、中島敦司、松本尚子、吉田尚美	2006	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
42062	日本の潜在的な自然植生分布に対する気候変化の影響予測	神靖弘、清水庸、大政謙次	2003	
42063	気候環境から見た日本の自然草原の植生帯区分とその温暖化による変化予測（<特集>日本における自然草原の気候要因から見た植生帯区分とその温暖化による影響）	西村格、佐々木寛幸、浦野豊、小森谷祥明、井上聰、西村由紀	2001	
42068	Long-term trends earlier breeding of Japanese amphibians.	Kusano T, Inoue M	2008	
42075	高山生態系の脆弱性評価と適応策に関する研究	国立環境研究所	2004	
42076	高山生態系の脆弱性と指標性の評価	国立環境研究所	2001	
42077	Wintering range expansion and increase of sika deer in Nikko in relation to grobal warming,	Li Y, Maruyama N, Koganezawa M, Kanzaki N.	1996	
42078	生物季節による温暖化の影響と検出	増田啓子、吉野正敏、朴恵叔	1999	
42080	Climate change and extension of the Ginkgo biloba L. growing season in Japan.	Matsumoto K, Ohta T, Irasawa M, Nakamura T,	2003	
42084	Potential fragmentation and loss of thermal habitats for charrs in the Japanese Archipelago due to climatic warming.	Nakano S, Kitano F, Maekawa K.	1996	
42085	近年の海水温上昇による筑前海沿岸魚類相の変化	西田高志、中園明信、及川信、松井誠一	2005	
42087	Distribution of intertidal macrobenthos in 1993 around Hatakejima Island, central Japan, compared with 1969 and 1983-84.	Ohgaki S, Yamanishi R, Nabeshima Y, Wada K.	1997	
42089	Distribution range shift of two allied species,Nezara viridula and N. antennata(Hemiptera: Pentatomidae), in Japan, possibly due to global warming.	Yukawa J, Kiritani K, Gyoutoku N, Uechi N, Yamaguchi D, Kamatani S.	2007	
42143	Invasion of dwarf bamboo into alpine snow-meadows in northern Japan: pattern of expansion and impact on species diversity.	Kudo G, Amagai Y, Hoshino B, Kaneko M.	2011	
42144	Early onset of spring increases the phenological mismatch between plants and pollinators.	Gaku Kudo, Gakashi Y Ida	2013	
42146	Vulnerability of phenological synchrony between plants and pollinators in an alpine ecosystem.	Kudo G.	2014	
42148	温暖化により被害の拡大が危惧される森林病害虫	尾崎研一、北島博、松本和馬、神崎菜摘、太田祐子	2014	
42149	Ecological impacts of climate change in Japan: The importance of integrating local and international publications.	Ogawa-Onishi Y, Berry P.M.	2013	
42151	Extinction risk from climate change.	Chiris D. Thomas et.	2004	
42152	Alien species in a warmer world: risks and opportunities.	Walther G R, Roques A, Hulme P E et al.	2009	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
42153	Rapid poleward range expansion of tropical reef corals in response to rising sea surface temperatures.	Yamano H, Sugihara K, Nomura K.	2011	
42154	Warming off southwestern Japan linked to distributional shifts of subtidal canopy-forming seaweeds.	Tanaka K, Taino S, Haraguchi H, Prendergast G, Hiraoka M.	2012	
42155	Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: projections with CMIP5 models.	Bopp L, Resplandy J C, S C Doney S C, Dunne J P, Gehlen M, Halloran P, Heinze C, lyina T, Seferian R, Tjiputra J, Vichi M.	2013	
42156	Projected 21st century decrease in marine productivity: a multi-model analysis.	Steinnacher M, Joos F, Frolicher T L, Bopp L, Cadule P, Cocco V, Doney S C, Gehlen M, Lindsay K, Moore J K, Schneider B, Segschneider J.	2010	
42157	Sensitivity of global ocean biogeochemical dynamics to ecosystem structure in a future climate.	Manizza M, Buitenhuis E T, Le Quéré C.	2010	
42158	Projected impacts of climate change and ocean acidification on the global biogeography of planktonic foraminifera.	Roy T, Lombard F, Bopp L, Gehlen M.	2014	
42159	Global phytoplankton decline over the past century.	Boyce D G, Lewis M R, Worm B.	2010	
42160	Multi-decadal decrease of net community production in western subarctic North Pacific.	Ono T, Tadokoro K, Nishioka J, Saito T.	2002	
42161	Detection of anthropogenic climate change in satellite records of ocean chlorophyll and productivity.	Henson S A, Sarmiento J L, Dunne J P, Bopp L, Lima I, Doney S C, John J, Beaulieu C.	2010	
42164	Possible mechanisms of decadal-scale variation in PO4 concentration in the western North Pacific.	Tadokoro K, Ono T, Yasuda I, Osafune S, Shiomoto A, Sugiaki H.	2009	
42165	親潮域・混合域における海洋環境と低次生態系のモニタリングと影響評価	小埜恒夫、葛西広海、東屋知範、日下彰、川崎康寛、田中伸一、伊藤進一、清水勇吾、筧茂穂、齊藤宏明、桑田晃、高橋一生、中町美和、一宮睦雄、田所和明、岡崎雄二	2011	
42167	Factors explaining the extension of the sika deer's range in Nikko, Japan.	Li Y, Maruyama N, Koganezawa M.	2001	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
42168	Soil warming decreases inorganic and dissolved organic nitrogen pools by preventing the soil from freezing in a cool temperate forest.	Ueda MU, Muller O, Nakamura M, Nakaji T, Hiura T.	2013	
42170	Stoichiometric impacts of increased carbon dioxide on a planktonic herbivore.	Urabe J, Togari J, Elser JJ.	2003	
42171	Fluvial geomorphic disturbances and life history traits of riparian tree species.	Johnson E A,　Miyanishi K.	2007	
42172	The relationship between the snowmelt flood and the establishment of non-native brown trout (Salmo trutta) in streams of the Chitose River, Hokkaido, northern Japan.	Kawai H, Ishiyama N, Hasegawa K. and Nakamura, F.	2013	
42173	Effect of fine sediment deposition and channel works on periphyton biomass in the Makomanai River, northern Japan.	Yamada H, Nakamura F.	2002	
42174	Effects of fine sediment accumulation on the redd environment and the survival rate of masu salmon (Oncorhynchus masou) embryos.	Yamada H, Nakamura F.	2009	
42175	Potential effects ofelevated atmospheric carbon dioxide on benthic autotrophs and consumers in stream ecosystems: a test using experimental stream mesocosms.	Hargrave CW, Gary KP, Rosado SK.	2009	
42176	地球温暖化と日本　自然・人への影響予測	西岡 秀三、原沢 英夫	1997	
42177	Latest developments in peatland rerlated climate policies UNFCCC, IPCC and voluntary carbon markets.	Joosten H.	2012	
42178	Changes in riparian forests in the Kushiro Mire, Japan, associated with stream channelization.	Nakamura F, Jitsu M, Kameyama S, Mizugaki S.	2002	
42179	Climate Change, Potential Impacts and Interactions in Wetlands of the United States.	Burkett V, Kusler J.	2000	
42180	The importantce of further research and international cooperation on mangrove ecosystems.	Baba S.	1999	
42181	造礁サンゴにおける温度ストレスの生理学的影響と生態学的影響	中村崇	2012	
42182	Revisiting the winners and the losers a decade after coral bleaching.	van Woesik R, Sakai K, Ganase A, Loya Y.	2011	
42183	Species-specific responses of corals to bleaching events on anthropogenically turbid reefs on Okinawa Island, Japan, over a 15-year period (1995-2009).	Hongo C, Yamano H.	2013	
42184	Impacts of multiple disturbances on coral communities at Ishigaki Island, Okinawa, Japan during a 15 year survey.	Harii S, Hongo C, Ishihara M, Ishihara M, Ide Y, Kayanne H.	2014	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
42185	Significant drop of fertilization of Acropora corals in 1999: An after−effect of heavy coral bleaching?	Omori M, Fukami H, Kobinata H, Hatta M.	2001	
42186	Rapid response of an obligately corallivorous filefish Oxymonacanthus longirostris (Monacanthidae) to a mass coral bleaching event.	Kokita T, Nakazono A.	2001	
42187	海洋酸性化がサンゴ礁域の石灰化生物に及ぼす影響	諏訪僚太、中村崇、井口亮、中村雅子、 守田昌哉、加藤亜記、藤田和彦、井上麻夕里、酒井一彦、鈴木淳離、小池勲夫、 白山義久一、野尻幸宏	2010	
42188	Symbiosis increases coral tolerance to ocean acidification.	Ohki S, Irie T, Inoue, K Shinmen, H Kawahata, T Nakamura, A Kato, Y Nojiri, A Suzuki, K Sakai, R van Woesik	2013	
42189	Responses of calcification of massive and encrusting corals to past, present, and near−future ocean carbon dioxide concentrations.	Iguchi A, Kumagai M, Nakamura T, Suzuki A, Sakai K, Nojiri Y.	2014	
42191	Effects of CO2−driven ocean acidification on the early developmental stages of invertebrates.	Kurihara H.	2008	
42192	Effects of elevated pCO2 on the early development of the commercially important gastropod, Ezo abalone Haliotis discus hannai.	Kimura R, Takami H, Ono T, Onitsuka T , Nojiri Y.	2011	
42193	Effects of ocean acidification on the early developmental stages of the horned turban, Turbo cornutus.	Onitsuka T, Kimura R, Ono T, Takami H, Nojiri Y.	2014	
42194	Projecting the impacts of rising water temperatures on the distribution of seaweeds around Japan under multiple climate change scenarios.	Takao S, Kumagai N H, Yamano H, Fujii M, Yamanaka Y.	2014	
42195	北海道における沿岸水温環境とホタテガイ漁獲量の時空間変動解析.	柴野良太、藤井賢彦、山中康裕、山野博哉、高尾信太郎	2014	
42196	Seasonal and interannual variation of subtidal fish assemblages in Wakasa Bay with reference to the warming trend in the Sea of Japan.	Masuda R.	2008	
42197	Decline of the Ecklonia cava population associated with increased seawater temperatures in Tosa Bay, southern Japan.	Serisawa Y, Imoto Z, Ishikawa T, Ohno M.	2004	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
42198	Ranges of obligate coral-dwelling crabs extend northward as their hosts move north.	Yamano H, Sugihara K, Goto K, Kazama T, Yokoyama K, and Okuno J.	2012	
42199	藻場の長期モニタリング 背景と課題	寺田竜太	2011	
42200	国土地理院の湖沼湿原調査	国土地理院	2000	
42201	気候変動 2007 影響、適応と脆弱性 日本語訳	国立環境研究所・環境省訳（元文献は IPCC による）	2007	
42202	尾瀬国立公園シカ管理方針	尾瀬国立公園シカ対策協議会	2009	
42203	平成 21 年度 森林・林業白書	林野庁	2009	
42204	南アルプスにおけるシカ被害	元島清人(林野庁中部森林管理局)	2010	
42205	鳥獣被害対策の現状と課題	農林水産省	2014	
42206	ニホンジカの生息数増加による森林土壌への影響と現在の取組について	山田千尋、池田真之	2012	
42208	温暖化実験で生じた高山植物分布の変化-中央アルプス木曽駒ケ岳を例として-	財城真寿美、塚田友二、福與聡、GENET	2003	
42209	森林における鳥獣被害対策のためのガイド-森林管理技術者のためのシカ対策の手引き-（平成 24 年 3 月版）	林野庁森林保護対策室	2014	
42211	温暖化に対する日本の自然植生のリスク評価,	石神靖弘、清水庸、大政謙次	2005	
42212	Warming effects on growth, production, and vegetation structure of alpine shrubs: a five-year experiment in northern Japan.	Kudo G, Suzuki S.	2003	
42213	Habitat-Specific Responses of Alpine Plants to Climatic Amelioration: Comparison of Fellfield to Snowbed Communities.	Kudo G, Kimura M, Kasagi T, Kawai Y, Hirao A.	2010	
42214	Plot-scale evidence of tundra vegetation change and links to recent summer warming.	Elmendorf S C, Henry G H R, Hollister R D etal.	2012	
42215	最新の海面水位予測データを用いた海面上昇による全国砂浜侵食量の将来予測	有働恵子、武田百合子、吉田惇、真野明	2013	
42216	日本の干潟における過去の長期面積変化特性と海面上昇による将来の浸食予測	有働恵子、武田百合子、吉田惇、真野明	2012	
42217	上越山地平ヶ岳湿原の乾燥化に伴うハイマツ・チシマザサの侵入	安田正次、沖津進	2001	
42501	北海道における地球温暖化によるヤツバキクイムシの世代数変化予測	尾崎研一、上田明良、澤野真治.	2014	
42502	日本における森林気象害および林野火災の発生状況	鈴木覚、吉武孝、後藤 義明.	2009	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
42503	Relationships between stand ages and wind resistances of stand -Forest damage by Typhoon 7 in 1959 in the Tokyo regional forestry office, Japan-.	Fujimori T.	1995	
42504	Analysis of wind damage caused by multiple tropical storm events in Japanese Cryptomeria japonica forests.	Kamimura K, Saito S, Kinoshita H, Kitagawa K, Uchida T, Mizunaga H.	2013	
42505	Developing a decision support approach to reduce wind damage risk – a case study on sugi (Cryptomeria japonica (L.f.) D.Don) forests in Japan.	Kamimura K, Gardiner B, Kato A, Hiroshima T, Shiraishi, N.	2008	
42509	シイタケ原木栽培における夏場の高温状態の発生に及ぼす影響と寒冷紗施用による環境改善効果について	宮崎和弘	2014	
42510	暖冬下の乾シイタケ安定生産技術の開発(I)-温度条件の影響と水分管理について-	石井秀之、有馬忍	2003	
42511	暖冬下の乾シイタケ安定生産技術の開発(II)-温度条件の影響と水分管理について-	山下和久、石井秀之、有馬忍	2006	
42529	関東平野におけるスギ林衰退と土壌要因	伊藤江利子、吉永秀一郎、大貫靖浩、志知幸治他	2002	
42530	関東平野における樹木衰退の 1999 年～2001 年の状況	松本陽介、小池信哉、河原崎里子	2002	
42531	スギの水分生理特性と関東平野における近年の気象変動-樹木の衰退現象に関連して-	松本陽介、丸山温、森川靖	1992	
42532	温量指数によるマツ材線虫病自然抑制域・自然抑制限界域の推定－MB 指数のリニューアルを通して－	中村克典、野口絵美	2006	
42533	関東甲信・関西瀬戸内地方におけるスギの衰退現象	梨本真、高橋啓二	1991	
43001	High-resolution prediction of leaf onset date in Japan in the 21st century under the IPCC A1B scenario.	Hadano M, Nasahara K N, Motohka T, Noda H M, Murakami K, Hosaka M.	2013	
43003	Assessing the potential impacts of climate change and their conservation implications in Japan: A case study of conifers.	Ogawa-Onishi Y, Berry P.M, Tanaka N.	2010	
43007	Ocean ecosystem responses to future global change scenarios: a way forward	Ito, S., K. A. Rose, A. J. Miller, K. Drinkwater, K. Brander, J. E. Overland, S. Sundby, E. Curchitser, J. W. Hurrell, and Y. Yamanaka	2010	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
51001	平成 24 年度　大気環境物質のためのシームレス同化システムの構築とその応用（SALAS）報告書	中島映至ら	2012	文部科学省　気候変動適応研究推進プログラム（RECCA）大気環境物質のためのシームレス同化システム構築とその応用
51003	感染症への地球温暖化影響	倉根一郎	2009	文部科学省・気象庁・環境省(2013)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」(文献番号 01001)の原著論文
51004	Global warming and vector-borne infectious diseases	Kobayashi M, Komagata O, Nihei N	2008	文部科学省・気象庁・環境省(2013)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」(文献番号 01001)の原著論文
52002	2010 年夏　日本の猛暑	楠昌司　編	2012	
52003	甲府盆地の夏季温湿度データベースの構築	赤塚慎、宇野忠	2011	
52004	甲府盆地における夏季夜間のヒートアイランド現象	赤塚慎、宇野忠、十二村佳樹、杉田幹夫	2011	
52005	山梨県における熱中症発生の地域特性	赤塚慎、宇野忠、堀内雅弘	2014	
52010	本邦における熱中症の現状	日本救急医学会熱中症に関する委員会	2012	
52012	地球温暖化による水系感染症への影響	肱岡靖明、高橋潔、松岡譲、原沢英夫	2002	
52013	Genetic Diversity and Distribution of the Ciguatera-Causing Dinoflagellate Gambierdiscus spp. (Dinophyceae) in Coastal Areas of Japan	Tomohiro Nishimura, Shinya Sato, Wittaya Tawong, Hiroshi Sakanari, Keita Uehara, Md Mahfuzur Rahman Shah, Shoichiro Suda, Takeshi Yasumoto, Yohsuke Taira, Haruo Yamaguchi, Masao Adachi	2013	
52039	Adverse health effects of Asian dust particles and heavy metals in Japan.	Onishi, K., Otani, S., Yoshida, A., Mu, H., & Kurozawa, Y.	2012	
52045	地球環境研究の現状、課題および将来展望	不明	不明	
52046	Health Impacts of Global Climate Change	Mitsuru Ando, Warren T. Piver	1996	
52047	Outline of Health Effects of Global Climate Change	Mitsuru Ando, Kenji Tamura, Shouji Yamamoto, Chaoke Liang, Yunpeny Wu, Jiping Zhang, Zhicheng Mao, Mingmao Yang, Anlou Chen	1996	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
52057	Relationship between a High Mortality Rate and Extreme Heat During the Summer of 1999 in Hokkaido Prefecture, Japan	Dongmei Qiu, Takeo Tanihata, Hitoshi Aoyama, Toshiharu Fujita, Yutaka Inaba, Masumi Minowa	2002	
52060	Characterizing the effect of summer temperature on heatstroke-related emergency ambulance dispatches in the Kanto area of Japan	Chris Fook Sheng Ng, Kayo Ueda, Masaji Ono, Hiroshi Nitta, Akinori Takam	2013	
52063	地球温暖化と感染症 いま、何がわかっているのか？	環境省地球環境局総務課研究調査室	2007	
52066	Issues in health risk assessment of current and future heat extremes	Yasushi Honda and Masaji Ono	2009	
52068	Urban Climate Projection by the WRF Model at 3-km Horizontal Grid Increment: Dynamical Downscaling and Predicting Heat Stress in the 2070's August for Tokyo, Osaka, and Nagoya Metropolises	Hiroyuki KUSAKA, Masayuki HARA, Yuya TAKANE	2012	
52069	Numerical Simulations of Outdoor Heat Stress Index and Heat Disorder Risk in the 23 Wards of Tokyo	YUKITAKA OHASHI, YUKIHIRO KIKEGAWA, TOMOHIKO IHARA, NANAMI SUGIYAMA	2014	
52071	Winter mortality in a warming climate: a reassessment	Kristie L. Ebi and David Mills	2013	
52072	Effects of weather variability on infectious gastroenteritis	D. ONOZUKA, M. HASHIZUME AND A. HAGIHARA	2009	
52073	Weather variability and paediatric infectious gastroenteritis	D. ONOZUKA AND M. HASHIZUME	2010	
52074	Effects of temperature and ozone on daily mortality during the August 2003 heat wave in France	Keith Dear, Geetha Ranmuthugala, Tord Kjellström, Carol Skinner, Ivan Hanigan	2005	
52080	Global Climate Change and Children's Health: Threats and Strategies for Prevention	Perry E. Sheffield and Philip J. Landrigan	2011	
52081	Non-heat related impacts of climate change on working populations	Charmian M. Bennett and Anthony J. McMichael	2010	
52082	Ozone modifies associations between tempeerature and cardiovascular mortality analysis of the NMMAPS data	C Ren, G M Williams, L Morawska, K Mengersen, S Tong	2008	
52083	Seasonal variation in the acute effects of ozone C62on premature mortality among elderly Japanese	Chris Fook Sheng Ng & Kayo Ueda & Hiroshi Nitta & Ayano Takeuchi	2013	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
52084	Climate Change and Waterborne Disease Risk in the Great Lakes Region of the U.S.	Jonathan A. Patz, Stephen J. Vavrus, Christopher K. Uejio, Sandra L. McLellan	2008	
52085	Time series regression studies in environmental epidemiology	Krishnan Bhaskaran, Antonio Gasparrini, Shakoor Hajat, Liam Smeeth and Ben Armstrong	2013	
52093	Effects of climatic elements on Campylobacter-contaminated chicken products in Japan	K. Ishihara, R. Takahashi, M. Andoh, K. Makita, S. Kamiji, H. Ueno, Y. Muramatsu, Y. Tamura	2011	
53001	Urban Climate: Processes, trends, and projections. In: Climate Change and Cities: First Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network	Blake, R., A. Grimm, T. Ichinose, R. Horton, S. Gaffin, S. Jiong, D. Bader, and L. Cecil	2011	AR5 の引用文献
53002	Heat-related mortality risk model for climate change impact projection	Honda, Y., M. Kondo, G. McGregor, H. Kim, Y. Guo, Y. Hijioka, M. Yoshikawa, K. Oka, S. Takano, S. Hales, andR.S. Kovats	2013	AR5 の引用文献
53003	Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change	Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)	2014	チャプター11 を引用
61001	平成 16 年度 ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査	環境省環境管理局大気生活環境室	2004	
61002	地球温暖化がスキー場の積雪量や滑走可能日数に及ぼす影響予測-気象庁 RCM20 予測を用いて	中口毅博	2010	文部科学省・気象庁・環境省(2013)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」(文献番号 01001)の原著論文
61003	平成 20 年度 ヒートアイランド対策の環境影響等に関する調査業務.【pp.43-48】	社団法人環境情報科学センター	2008	
62001	気候変動に伴う影響 －東京湾周辺における海面上昇による影響の経済的損失の一考察-	山本桂香	2010	
62008	Evaluation of the Tourism Climate Index over Japan in a Future Climate Using a Statistical Downscaling Method	Hiroyasu KUBOKAWA, Tsuyoshi INOUE, Masaki SATOH	2014	
62009	気候変動と産業競争力	Kim Ho Seok	2012	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
62010	温暖化がサクラの開花期間に及ぼす影響	塚原あずみ、林陽生	2012	一般社団法人　国際環境研究会
62011	地球温暖化による砂浜消失の経済評価:旅行費用法によるアプローチ	大野栄治、杉山泰久、森杉壽芳、野原克仁	2009	一般社団法人　国際環境研究会
62012	CVM と TCM による干潟の経済価値の計測	大野栄治、佐尾博志	2008	
62013	アパレル・ファッション産業における気候リスク評価調査報告書	気象庁	2013	「6 産業・経済活動-3 商業」でも引用
62014	地球温暖化に挑む土木工学	土木学会	2009	土木学会地球温暖化対策特別委員会報告書
62015	気候変動監視レポート 2013	気象庁	2014	
62016	2013:過去 30 年のお渡り拝観式一覧表(2014.8.27 閲覧)	諏訪市博物館		ウェブページ
62017	気候変化レポート 2012-関東甲信・北陸・東海地方-	東京管区気象台	2012	
62018	酒造好適米「神の穂」の吸水割れ発生要因	川上拓、神田幸英、山川智大	2009	82006 で引用されている文献。三重農研　伊賀農業研究室。
62019	地球温暖化に伴う局地風の変容について	大和田道雄、鳥居司	2008	
62020	気候変動への賢い適応	環境省	2008	第 2 部第 7 章(国民生活・都市生活) 「7 国民生活・都市生活-1 都市インフラ、ライフライン等-1 水道、交通等」でも引用
62021	伝統産業と気候変動:茅野の天然寒天業への影響に関する事例調査	木村浩巳	2012	「7 国民生活・都市生活-2 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」でも引用
62024	水道ハザードマップを用いた自然災害による水道事業への影響評価	吉川泰代、矢部博康、小池亮、森本達男、子熊久美子、荒巻俊也、滝沢智	2012	直接的に将来を予測した文献ではないが、洪水やがけ崩れと水道事業への影響の因果関係を示しており、将来のリスクを示しうる。
62029	異常降雨による高速自動車道における切土斜面の崩壊と対策	安原一哉、金山義幸、中山伸一、伴夏男、小野澤宏之	2011	
62032	業務指標を用いた気候変動に対する小規模水道事業体の脆弱性評価	渡辺直子、矢部博康、小池亮、森本達男、荒巻俊也、滝沢智	2011	
62033	水源水質の変動と健康リスク	秋葉道宏、山田俊郎、 中村怜奈、小阪　浩司、浅見真理	2010	
62034	大丸有地区の屋外アメニティ空間における温熱環境と利用状況の調査	安藤邦明、西田恵、三坂育正	2012	
62035	Detection of urban warming in recent temperature trends in Japan	Fumiaki Fujibe	2009	
62036	Evaluation of background and urban warming trends based on centennial temparature data in Japan	Fumiaki Fujibe	2012	
62037	ヒートアイランド監視報告(平成 25 年)	気象庁	2014	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
62038	Moderation of summertime heat island phenomena via modification of the urban form in the Tokyo Metropolitan Area.	Adachi, S. A., F. Kimura, H. Kusaka, M. G. Duda, Y. Yamagata, H. Seya, K. Nakamichi and T. Aoyagi	2014	
62039	昇温が大阪府域のエネルギー消費に及ぼす影響	鳴海大典、二浦尾友佳子、下田吉之、水野稔	2007	「平成 21 年度 ヒートアイランド現象による環境影響等に関する調査業務報告書」の参照文献。
62040	民生部門エネルギー消費の気温影響に関する地域特性	鳴海大典、橋本早紀、下田吉之、水野稔	2007	「平成 21 年度 ヒートアイランド現象による環境影響等に関する調査業務報告書」の参照文献。
62041	気温変化が地域の電力消費に及ぼす影響	鳴海大典、二浦尾友佳子、下田吉之、水野稔	2007	「平成 21 年度 ヒートアイランド現象による環境影響等に関する調査業務報告書」の参照文献。
62042	東京の事務所街区における電力需要の湿度依存性,	井原智彦、佐藤貴文、 玄地裕、山口和貴、 遠藤康之	2006	「平成 21 年度 ヒートアイランド現象による環境影響等に関する調査業務報告書」の参照文献。
62044	自然災害補償と官民役割分担	堀田一吉		
62045	損保総研レポート第105号(2013 年 10 月） わが国と諸外国の農作物保険制度 ― 米国の連邦農作物保険制度を中心に―	福留竜太郎		
62048	米国の国家洪水保険制度（National Flood Insurance Program）	有賀平		
62049	＜インタビュー＞ 保険事業の視点から見た「地球環境問題」 ―気候変動における「適応と緩和」を目指して―	―		
62051	諸外国の自然災害に対する保険制度の実態	損害保険事業総合研究所 研究部		書籍
62054	UNEP Finance Initiative e-Learning Course on Climate Change: Risks and Opportunities for the Finance Sector	UNEP FI	2009	
62055	ヒートアイランド現象に対する適応策の効果の試算結果について、平成 22 年度ヒートアイランド現象に対する適応策の検討調査	環境情報科学センター	2010	
62056	ヒートアイランド対策マニュアル	環境省	2012	
62057	数値気象モデルを利用した屋外熱中症リスクの評価手法に関する研究	大橋唯太、亀卦川幸浩、井原智彦	2011	
62058	都市域における気温変化が人間の健康面に及ぼす影響	廉林篤、二浦尾友佳子、鳴海大典、下田吉之、水野稔	2007	
62059	人が利用する屋外空間における環境評価に関する研究 その4 都内オフィスビルの屋外アメニティ空間における調査	安藤邦明、三坂育正、成田健一	2013	
62060	夜間就寝時の温熱環境が睡眠に及ぼす影響	都築和代、久保博子	2008	
62061	東京都 23 区の夜間高温化による睡眠障害の定量化と睡眠障害に伴う経済損失の評価	玄地裕、井原智彦、岡野泰久	2007	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
62062	東京 23 区におけるヒートアイランド現象による睡眠障害の影響評価	玄地裕、井原智彦、岡野泰久	2007	
62063	水景施設を活用した暑熱環境改善に関する研究 その1 調査概要と暑熱環境緩和効果の検討	安藤邦明、三坂育正、幡谷尚子、庄田英行、畑中哲夫、有尾清二郎	2009	
62064	水景施設を活用した暑熱環境改善に関する研究 その2 温熱快適性と熱収支の評価	三坂育正、安藤邦明、幡谷尚子、庄田英行、畑中哲夫、有尾清二郎	2009	
62065	微細ミストによる暑熱環境緩和に関する研究(第 2 報)半屋外の実空間への適用と効果評価	三坂育正、黒木友裕、野崎尚子、瀬川淳、井田寛、阿久津太一	2011	
62066	人が利用する屋外空間における環境評価に関する研究 その 1 屋外オフィスにおける日除けを対象とした温熱環境評価	安藤邦明、三坂育正、野崎尚子、小林昭彦、竹野淳一	2011	
62067	WRF による名古屋都市圏温熱環境・風環境シミュレーション(その 8)将来の都市形態の変化が温熱環境に及ぼす影響評価	近藤由美、飯塚悟、伊藤奨、黒木美早衣、日下博幸、原政之	2013	
62068	三大都市圏を対象とした夏季気候の再現計算と将来予測	日下博幸、高田智行、原政之、足立幸穂	2010	
62069	地球温暖化による積雪量の変化がスキー場の営業に及ぼす影響―富山県を対象として―.	大田原望海、大西暁生、佐藤嘉展、佐尾博志、森杉雅史	2014	
62070	温暖化による世界自然遺産への影響分析―仮想行動法によるレクリエーション価値の変化の推計―	森龍太、今井海里、大野栄治、森杉雅史	2014	
62071	海面上昇による全国の砂浜消失将来予測における不確実性評価.	有働恵子、武田百合子	2014	
62073	気候変動による砂浜侵食の地域別被害計測並びに適応政策の検討	佐尾博志、 森杉雅史、 大野栄治、 坂本 直樹、 中嶌一憲、 森杉壽芳	2013	文部科学省 気候変動リスク情報創生プログラム
62074	最新の海面水位予測データを用いた海面上昇による全国砂浜侵食量の将来予測	有働恵子、 武田百合子、 吉田惇、 真野明	2013	
62075	UNEP Finance Initiatives, Adaptation and Vulnerability to Climate Change: The Role of the Finance Sector	UNEP FI	2006	
62077	複数の IPCC SRES シナリオに基づく 2030 年代・2050 年代・2070 年代・2090 年代の名古屋都市圏温熱環境・風環境の将来予測の比較:領域気象モデル WRF による名古屋都市圏の温熱環境シミュレーション (その 3)	黒木美早衣、飯塚悟、伊藤奨、日下博幸、原政之	2012	
62078	被害算定型 LCIA 手法によるヒートアイランド現象の環境影響評価(その 1) LCIA 手法を用いた環境影響評価の枠組みと人間の健康に与える影響	井原智彦、岡野泰久、玄地祐	2006	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
62079	Major public companies describe climate-related risks and costs: A review of findings from CDP2011-2013 disclosures	Carbon Disclosure Project	2014	
62080	チャオプラヤ川における 2011 年の大洪水とタイの水害	沖大幹	2012	
62081	タイの洪水をどう捉えるか	大泉啓一郎	2012	
62082	2011 年タイ王国チャオプラヤ川洪水における緊急災害対応-政府機関の組織間連携と情報共有に着目して-	川崎昭如、古森大輔、中村晋一郎、木口雅司、西島亜佐子、沖一雄、沖大幹、目黒公郎	2012	
62083	タイ洪水による HDD サプライチェーンへの影響	清水誠	2011	
62089	Industry, settlement and society. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to theFourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change	M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E.Hanson, Eds.	2007	
62090	International dimention of climate change	Governmant Office of Science, UK	2011	「7 国民生活・都市生活-1 都市インフラ、ライフライン等-1 水道、交通等」でも引用
62091	岡山県倉敷市における夏季ヒートアイランド現象の長期観測	佐藤真由美、大橋唯太	2011	岡山理科大学自然植物園の研究報告集
62092	地方都市における移動・定点観測によるヒートアイランド特性	天野智順、岡田拓、須田祥平	2009	
62093	長野県小布施町におけるヒートアイランド強度と郊外の土地被覆との関係	榊原保志	1999	
62094	豪雨発生が社会基盤施設に及ぼした被害に関する研究	松林由里子、渡辺一也、川越清樹	2014	
62095	Altitude dependency of future snow cover change over Central Japan evaluated by a regional climate model	佐尾博志、 森杉雅史、 大野栄治、 坂本 直樹、 中嶌一憲、 森杉壽芳	2013	文部科学省 気候変動リスク情報創生プログラム
62096	旅行費用法と整合的な応用一般均衡モデルの開発	坂本直樹、中嶌一憲	2012	
62097	【火災保険】参考純率改定のご案内	損害保険料率算出機構	2014	http://www.giroj.or.jp/service/ryoritsu/ksiryo201407.pdf
62098	砂浜に対する海面上昇の影響評価	三村信男、幾世橋 慎、井上馨子	1993	
62099	砂浜に対する海面上昇の影響評価(2)-予測モデルの妥当性の検証と全国規模の評価	三村信男、井上馨子、幾世橋 慎、泉宮尊司、信岡尚道	1994	
62100	医療における水供給の課題-災害時の医療用水確保および人工透析用水の利用を例として-	島崎大、金見拓、岸田直裕、秋葉道宏	2010	
62101	豪雨による断水被害 山形県からの報告	伊東稔	2014	第 59 回日本透析医学会学術集会・総会抄録(P-2-73)

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
62102	東日本大震災学術調査報告書−災害時透析医療展開への提言−	一般社団法人日本透析医学会医学会、東日本大震災学術調査ワーキンググループ	2013	
63001	Climate Change Impact on Rice Insurance Payouts in Japan	Iizumi Toshichika, Masayuki Yokozawa, Yousay Hayashi, Fujio Kimura	2008	
63002	The Role of International Trade in Climate Change Adaptation	Gerald Nelson, Amanda Palazzo, Claudia Ringler, Timothy Sulser, Miroslav Batka	2009	
63004	Climate change feedback on economic growth: explorations with a dynamic general equilibrium model.	Fabio Eboli, Ramiro Parrado, Roberto Roson	2010	「6 産業・経済活動等−5 観光業―1 レジャー」でも引用
63005	Comparison of the impact of global climate changes and urbanization on summertime future climate in the Tokyo Metropolitan Area	Sachiho A ADACHI, Fujio KIMURA, Hiroyuki KUSAKA, Tomoshige INOUE, Hiroaki UEDA,	2012	
71001	国土交通省 社会資本整備審議会 水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について(答申)	社会資本整備審議会	2008	
71004	気候変化が日本の河川流量に及ぼす影響の予測.	立川康人、滝野昌平、藤岡優子、萬和明、キムスンミン、椎葉充晴	2011	文部科学省研究開発局(2013). 21 世紀気候変動予測革新プログラム 超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測に関する研究.【pp.164−165】
71005	我が国の水利用の現状と気候変動リスクの認識	国土交通省	2008	文部科学省・気象庁・環境省(2013). 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」【p.38】
71006	地球温暖化による海面上昇がゼロメートル地帯の地下水環境に及ぼす影響に関する実験的研究	増岡健太郎、藤縄克之、古川正修、長野宇規、渡辺紹裕	2005	文部科学省・気象庁・環境省(2013). 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」【p.38】
71008	平成 20 年度 ヒートアイランド対策の環境影響等に関する調査業	社団法人 環境情報科学センター	2008	
72004	気候変動が灌漑主体流域における農業水利用に与える影響の定量的評価法	工藤亮治、増本隆夫、吉田武郎、堀川直紀	2012	
72005	手取川流域における積雪水資源量の長期間分析と地球温暖化による影響予測	能登史和、丸山利輔、早瀬吉雄、瀧本裕士、中村公人	2011	
72010	手取川山地流域におけるタンクモデルを用いた積雪水資源量の評価	能登史和、丸山利輔、早瀬吉雄、瀧本裕士、中村公人	2010	
72016	猛暑に対応した水稲作付け体系が用水需要変動に及ぼす影響	坂田賢、友正達美、内村求	2013	文部科学省 気候変動リスク情報創生プログラム

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
72018	神流川沿岸地区における水稲高温障害に対する農業用水管理	志野尚司、柄澤昭司、田澤裕之、山本和雄	2013	
72019	「山田錦」における高温障害抑制のための掛流し灌漑試験	竹下伸一,.池上勝、平山嘉一郎、土田利一	2013	
72020	気象の極端化のウンシュウミカンへの影響を軽減する「マルドリ方式」	島崎昌彦、草場新之助、根角博久・森永邦久	2013	
72021	掛流し灌漑による高温障害対策時の用排兼用水路の水温形成	木村匡臣、飯田俊彰、光安麻里恵、久保成隆	2013	
72022	水田地域を多く含む流域における農業用水の温度変化	新村麻実、谷口智之	2013	
72026	気候変動に伴うわが国の農業用水・土地改良施設への影響	室本隆司、桑原耕一	2011	
72028	気候変動が水・土地資源に及ぼす影響評価と対策技術の開発研究	増本隆夫、石田聡	2011	
72034	地球温暖化が流域水循環・食料生産に及ぼす影響	増本隆夫	2010	
72042	農業水利における地球温暖化対応のための気象・水文事象の評価	高橋順二、加藤敬、北村浩二、小山潤	2008	
72050	わが国の年降水量の変動について	近森邦英、紙井泰典	2000	
72052	長期にわたる森林放置と植生変化が年蒸発散量に及ぼす影響	谷誠、細田育広	2012	
72057	長期観測資料に基づいた温暖化の水資源への影響評価について	盛谷明弘、丹羽 薫	1991	
72060	気候変動が積雪地域の水循環と水利用へ与える影響について	川村一人、中津川誠、臼谷友秀	2010	
72062	気候変動下における積雪地域の利水への影響を踏まえたダム管理のあり方について	川村 一人、中津川 誠	2011	
72064	気候変動による利水への影響を踏まえたダム貯水池群の最適操作に関する研究	川村一人、中津川誠、杉原幸樹	2012	
72073	地球温暖化により豪雨や農地の洪水リスクは増加するのか	皆川裕樹、増本隆夫	2012	
72074	温暖化に伴う降水量と内部波形変化の予測と低平地排水への影響	皆川裕樹、増本隆夫	2012	
72075	Variability in Intensity of Heavy Rainfall due to Climate Change and its Impact on Paddy Inundation in Low-lying Areas of Japan.	Minakawa H,　Masumoto T.	2013	
72076	気候変動と水田の水利用	増本隆夫	2012	
72078	モンスーンアジアの稲作と水文環境を考慮した温暖化適応策	増本隆夫	2009	
72079	気候変動がため池群の洪水緩和効果に与える影響の評価	吉迫 宏、皆川裕樹、増本隆夫	2013	

文 献 コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
72080	全国水田水利システムの構築と気候変動に対するマクロ的影響評価事例	工藤亮治、増本隆夫、堀川直紀、吉田武郎、皆川裕樹	2013	文部科学省 気候変動リスク情報創生プログラム
72081	気候変動に対する降雪量変化の標高依存性と地域性評価の試み	工藤亮治、吉田武郎、増本隆夫、皆川裕樹、名和規夫	2014	
72082	地球温暖化と地下水塩水化	神野健二、広城吉成	2006	
72083	気候変動影響統計レポート	環境省	2011	
72084	気候変動への賢い適応	環境省	2008	
72085	平成 26 年度版日本の水資源	国土交通省	2014	
73001	Reconsideration of reservoir operations under climate change: case study with Yagisawa Dam,	Kim, S., Y. Tachikawa, E. Nakakita, and K. Takara,	2009	IPCC AR5 の引用文献、将来評価
73003	Estimates of climate change impact on river discharge in Japan based on a super-high-resolution climate model.	Sato, Y., T. Kojiri, Y. Michihiro, Y. Suzuki, and E. Nakakita	2013	IPCC AR5 の引用文献、世界の影響
73004	Is snowmelt runoff timing in the Japanese Alps region shifting toward earlier in the year?	Yamanaka, T., Y. Wakiyama, and K. Suzuki	2013	IPCC AR5 の引用文献、現況評価
82002	平成 20 年度広島県内における温暖化影響調査報告書	広島県環境県民局環境部環境政策課	2009	
82004	えこなび vol.13	いしかわ環境パートナーシップ県民会議	2014	
82005	「福井県から見る地球温暖化」調査研究報告書	福井県衛生環境研究センター	2012	
82006	平成 24 年度くらしにおける温暖化適応策推進事業 気候変動適応策検討業務委託報告書	三重県	2013	
82007	平成 25 年度くらしにおける温暖化適応策推進事業 気候変動適応策検討業務委託報告書	三重県	2014	
82053	地球温暖化による九州・沖縄地方への影響を知り、適応を進めるために	環境省 九州地方環境事務所	2012	
82054	地球温暖化予測情報第 8 巻	気象庁	2013	

検討体制

（1）中央環境審議会地球環境部会気候変動影響評価等小委員会

（敬称略・五十音順）

委員等	氏　　名	職　　名
専門委員	秋葉　道宏	国立保健医療科学院　統括研究官
専門委員	秋元　圭吾	公益財団法人地球環境産業技術研究機構 システム研究グループグループリーダー・主席研究員
臨時委員	磯部　雅彦	公立大学法人高知工科大学 副学長
専門委員	江守　正多	独立行政法人国立環境研究所　地球環境研究センター 気候変動リスク評価研究室長
専門委員	沖　　大幹	国立大学法人東京大学生産技術研究所　教授
専門委員	河宮未知生	独立行政法人海洋研究開発機構地球環境変動領域 気候変動リスク情報創生プロジェクトチームプロジェクトマネージャー
専門委員	鬼頭　昭雄	国立大学法人筑波大学　生命環境系　主幹研究員
専門委員	木所　英昭 （平成 26 年 8 月 7 日より）	独立行政法人水産総合研究センター　日本海区水産研究所 資源管理部　資源管理グループ長
専門委員	木本　昌秀	国立大学法人東京大学大気海洋研究所　副所長・教授
専門委員	倉根　一郎	国立感染症研究所　副所長
専門委員	小池　俊雄	国立大学法人東京大学大学院工学系研究科　教授
専門委員	佐々木秀孝	気象研究所 環境・応用気象研究部 第三研究室長
委　　員	◎住　　明正	独立行政法人国立環境研究所　理事長
専門委員	高橋　　潔	独立行政法人国立環境研究所社会環境システム研究センター 統合評価モデリング研究室　主任研究員
専門委員	高橋　正通	独立行政法人森林総合研究所　研究コーディネータ
臨時委員	高村ゆかり	国立大学法人名古屋大学大学院環境学研究科　教授
専門委員	武若　　聡	国立大学法人筑波大学　システム情報系　教授
専門委員	田中　　充	法政大学社会学部・同大学院政策科学研究科　教授
専門委員	中北　英一	国立大学法人京都大学防災研究所 気象・水象災害研究部門水文気象災害研究分野　教授
臨時委員	中静　　透	国立大学法人東北大学大学院生命科学研究科　教授
専門委員	野尻　幸宏	独立行政法人国立環境研究所 地球環境研究センター上級主席研究員
専門委員	橋爪　真弘	国立大学法人長崎大学　熱帯医学研究所　教授

委員等	氏　　名	職　　名
臨時委員	原澤　英夫	独立行政法人国立環境研究所　理事
専門委員	藤田　光一	国土交通省国土技術政策総合研究所　研究総務官
臨時委員	古米　弘明	国立大学法人東京大学大学院工学系研究科　教授
専門委員	増井　利彦	独立行政法人国立環境研究所社会環境システム研究センター 統合評価モデリング研究室　室長
専門委員	松本　光朗	独立行政法人森林総合研究所　研究コーディネータ
専門委員	森永　健司 （平成 26 年 8 月 6 日まで）	独立行政法人水産総合研究センター　中央水産研究所 海洋・生態系研究センター　主幹研究員
専門委員	八木　一行	独立行政法人農業環境技術研究所　研究コーディネータ
専門委員	安岡　善文	国立大学法人東京大学　名誉教授
専門委員	山田　　正	中央大学理工学部都市環境学科　教授

◎：委員長

（２）気候変動の影響に関する分野別ワーキンググループ（環境省請負検討会）

① 農業・林業・水産業分野

（敬称略・五十音順）

委員等	氏　　名	職　　名
臨時委員	安藤　　忠	独立行政法人水産総合研究センター　西海区水産研究所 資源生産部　主幹研究員
臨時委員	永西　　修	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 家畜生理栄養研究領域　上席研究員
委　　員	河宮未知生	独立行政法人海洋研究開発機構　地球環境変動領域 気候変動リスク情報創生プロジェクトチーム　プロジェクトマネージャー
委　　員	木所　英昭	独立行政法人水産総合研究センター　日本海区水産研究所 資源管理部　資源管理グループ長
臨時委員	小島　克己	国立大学法人東京大学アジア生物資源環境研究センター 生物資源開発研究部門教授
臨時委員	杉浦　俊彦	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構　果樹研究所 栽培・流通利用研究領域上席研究員
委　　員	高橋　　潔	独立行政法人国立環境研究所　社会環境システム研究センター 統合評価モデリング研究室　主任研究員
臨時委員	西森　基貴	独立行政法人農業環境技術研究所　大気環境研究領域上席研究員
臨時委員	二宮　正士	国立大学法人東京大学大学院農学生命科学研究科教授
臨時委員	増本　隆夫	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構　農村工学研究所 資源循環工学研究領域　領域長

委員等	氏　　名	職　　名
委　　員	松本　光朗	独立行政法人森林総合研究所　研究コーディネータ
臨時委員	渡邊　朋也	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター情報利用研究領域長
委　　員	○八木　一行	独立行政法人農業環境技術研究所　研究コーディネータ

○：座長

② 水環境・水資源、自然災害・沿岸域分野

（敬称略・五十音順）

委員等	氏　　名	職　　名
委　　員	秋葉　道宏	国立保健医療科学院　統括研究官
委　　員	磯部　雅彦	公立大学法人高知工科大学 副学長
委　　員	江守　正多	独立行政法人国立環境研究所　地球環境研究センター 気候変動リスク評価研究室長
委　　員	沖　　大幹	国立大学法人東京大学生産技術研究所　教授
臨時委員	小山内信智	独立行政法人土木研究所　つくば中央研究所 土砂管理研究グループグループ長
委　　員	木本　昌秀	国立大学法人東京大学大気海洋研究所　副所長・教授
委　　員	栗山　善昭	独立行政法人港湾空港技術研究所　特別研究官
委　　員	○小池　俊雄	国立大学法人東京大学大学院工学系研究科　教授
委　　員	高橋　正通	独立行政法人森林総合研究所　研究コーディネータ
委　　員	武若　　聡	国立大学法人筑波大学　システム情報系　教授
臨時委員	坪山　良夫	独立行政法人森林総合研究所　水土保全研究領域　領域長
委　　員	中北　英一	国立大学法人京都大学防災研究所 気象・水象災害研究部門水文気象災害研究分野　教授
臨時委員	肱岡　靖明	独立行政法人国立環境研究所　社会環境システム研究センター 環境都市システム研究室室長
委　　員	藤田　光一	国土交通省国土技術政策総合研究所　研究総務官
臨時委員	藤田　正治	国立大学法人京都大学防災研究所 防災研究所附属流域災害研究センター　教授
委　　員	古米　弘明	国立大学法人東京大学大学院工学系研究科　教授
臨時委員	増本　隆夫	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構　農村工学研究所 資源循環工学研究領域　領域長
臨時委員	八木　　宏	独立行政法人水産総合研究センター　水産工学研究所 水産土木工学部水産基盤グループグループ長

委員等	氏　　名	職　　名
委　　員	山田　　正	中央大学理工学部都市環境学科　教授

○：座長

③　自然生態系分野

（敬称略・五十音順）

委員等	氏　　名	職　　名
臨時委員	一ノ瀬友博	慶應義塾大学環境情報学部環境情報学科教授
委　　員	江守　正多	独立行政法人国立環境研究所　地球環境研究センター 気候変動リスク評価研究室長
臨時委員	小埜　恒夫	独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所グループ長
臨時委員	工藤　　岳	国立大学法人北海道大学大学院環境科学院 生物圏科学専攻准教授
臨時委員	竹中　明夫	独立行政法人国立環境研究所　生物・生態系環境研究センター 上級主席研究員　生物多様性研究プログラム総括
臨時委員	田中　　浩	独立行政法人森林総合研究所　林業生産技術研究担当 研究コーディネータ
委　　員	○中静　　透	国立大学法人東北大学大学院生命科学研究科　教授
臨時委員	中村　太士	国立大学法人北海道大学大学院農学研究科 森林生態系管理学研究室教授
委　　員	野尻　幸宏	独立行政法人国立環境研究所 地球環境研究センター上級主席研究員
臨時委員	丸山　　温	日本大学生物資源科学部森林資源科学部教授
委　　員	安岡　善文	国立大学法人東京大学　名誉教授
臨時委員	山野　博哉	独立行政法人国立環境研究所　生物・生態系環境研究センター 生物多様性保全計画研究室室長

○：座長

④　健康分野

（敬称略・五十音順）

委員等	氏　　名	職　　名
臨時委員	小野　雅司	独立行政法人国立環境研究所エコチル調査コアセンターフェロー
委　　員	鬼頭　昭雄	国立大学法人筑波大学　生命環境系　主幹研究員
委　　員	○倉根　一郎	国立感染症研究所　副所長
委　　員	高橋　　潔	独立行政法人国立環境研究所社会環境システム研究センター 統合評価モデリング研究室　主任研究員
委　　員	橋爪　真弘	国立大学法人長崎大学　熱帯医学研究所　教授

委員等	氏　　名	職　　名
臨時委員	本田　靖	国立大学法人筑波大学体育系教授
臨時委員	渡辺　知保	国立大学法人東京大学大学院医学系研究科教授

○：座長

⑤　産業・経済活動、国民生活・都市生活分野

（敬称略・五十音順）

委員等	氏　　名	職　　名
委　　員	秋元　圭吾	公益財団法人地球環境産業技術研究機構 システム研究グループグループリーダー・主席研究員
委　　員	佐々木秀孝	気象研究所 環境・応用気象研究部 第三研究室長
委　　員	高村ゆかり	国立大学法人名古屋大学大学院環境学研究科　教授
委　　員	田中　　充	法政大学社会学部・同大学院政策科学研究科　教授
委　　員	○原澤　英夫	独立行政法人国立環境研究所　理事
臨時委員	藤部　文昭	気象研究所環境・応用気象研究部部長
委　　員	増井　利彦	独立行政法人国立環境研究所社会環境システム研究センター 統合評価モデリング研究室　室長
臨時委員	三坂　育正	日本工業大学工学部建築学科教授

○：座長