

日本における気候変動による影響に関する評価報告書

平成 27 年 3 月

中央環境審議会 地球環境部会
気候変動影響評価等小委員会

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	21
(3) 果樹	23
(4) 麦、大豆、飼料作物等	26
(5) 畜産	29
(6) 病害虫・雑草	31
(7) 農業生産基盤	34
【林業】	37
(1) 木材生産（人工林等）	37
(2) 特用林産物（きのこ類等）	40
【水産業】	42
(1) 回遊性魚介類（魚類等の生態）	42
(2) 増養殖等	44
3.2 水環境・水資源	47
【水環境】	47
(1) 湖沼・ダム湖	47
(2) 河川	50
(3) 沿岸域及び閉鎖性海域	53
【水資源】	55
(1) 水供給（地表水）	55
(2) 水供給（地下水）	58
(3) 水需要	61
3.3 自然生態系	63
【陸域生態系】	63

(1) 高山帯・亜高山帯.....	63
(2) 自然林・二次林.....	67
(3) 里地・里山生態系.....	71
(4) 人工林.....	74
(5) 野生鳥獣による影響.....	77
(6) 物質収支.....	80
【淡水生態系】	83
(1) 湖沼.....	83
(2) 河川.....	86
(3) 湿原.....	90
【沿岸生態系】	93
(1) 亜熱帯.....	93
(2) 温帯・亜寒帯.....	97
【海洋生態系】	100
(1) 海洋生態系.....	100
【生物季節】	103
(1) 生物季節.....	103
【分布・個体群の変動】	107
(1) 分布・個体群の変動.....	107
3. 4 自然災害・沿岸域.....	112
【河川】	112
(1) 洪水.....	112
(2) 内水.....	117
【沿岸】	120
(1) 海面上昇.....	120
(2) 高潮・高波.....	123
(3) 海岸侵食.....	126
【山地】	129
(1) 土石流・地すべり等.....	129
【その他】	134
(1) 強風等.....	134
3. 5 健康.....	136
【冬季の温暖化】	136
(1) 冬季死亡率.....	136
【暑熱】	138
(1) 死亡リスク.....	138
(2) 熱中症.....	140
【感染症】	142
(1) 水系・食品媒介性感染症.....	142

(2) 節足動物媒介感染症.....	144
(3) その他の感染症.....	146
【その他】	148
(1) その他.....	148
3.6 産業・経済活動.....	152
【製造業】	152
(1) 製造業.....	152
【エネルギー】	154
(1) エネルギー需給.....	154
【商業】	157
(1) 商業.....	157
【金融・保険】	159
(1) 金融・保険.....	159
【観光業】	162
(1) レジャー.....	162
【建設業】	165
(1) 建設業.....	165
【医療】	167
(1) 医療.....	167
【その他】	168
(1) その他（海外影響等）	168
3.7 国民生活・都市生活.....	171
【都市インフラ、ライフライン等】	171
(1) 水道、交通等.....	171
【文化・歴史などを感じる暮らし】	174
(1) 生物季節、伝統行事・地場産業等.....	174
【その他】	177
(1) 暑熱による生活への影響.....	177
4 気候変動による影響の評価（一覧表）	181
(参考) 気候予測に用いられている各シナリオの概要	197
参考文献一覧.....	202
検討体制	234
(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	234
(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）	235

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、IPCC¹総会における最新の科学的知見をまとめた第 5 次評価報告書（自然科学的根拠に関する報告書、影響・適応・脆弱性に関する報告書、緩和策に関する報告書、統合報告書）が承認・公表された。第 5 次評価報告書では、気候システムの温暖化は疑う余地がないことや、人間による影響が温暖化の支配的な要因であった可能性が極めて高いことなどが示されている。また、気温上昇の程度をかなり低くするために必要となる温暖化対策をとった場合のシナリオでは、1986 年から 2005 年を基準とした 2081 年から 2100 年における世界平均地上気温の変化は、0.3～1.7℃、世界平均海面水位の上昇は 0.26～0.55m、温室効果ガスのか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一項目、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、我が国における気候変動による影響を中心に、IPCC 第 5 次評価報告書などの知見も含めて、査読付き論文などの文献を収集し、本小委員会等における審議の末、最終的に本報告に 509 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、「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」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、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	
		病虫害・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に加わる「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 <ul style="list-style-type: none"> ● 影響の程度（エリア・期間） ● 影響が発生する可能性 ● 影響の不可逆性（元の状態に回復することの困難さ） ● 当該影響に対する持続的な脆弱性・曝露の規模 		重大性の程度と、重大性が「特に大きい」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 <ul style="list-style-type: none"> ● 人命の損失を伴う、もしくは健康面の負荷の程度、発生可能性など（以下、「程度等」という）が特に大きい 例) 人命が失われるようなハザード（災害）が起きる 多くの人の健康面に影響がある ● 地域社会やコミュニティへの影響の程度等が特に大きい 例) 影響が全国に及ぶ 影響は全国には及ばないが、地域にとって深刻な影響を与える ● 文化的資産やコミュニティサービスへの影響の程度等が特に大きい 例) 文化的資産に不可逆的な影響を与える 国民生活に深刻な影響を与える 	「特に大きい」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 <ul style="list-style-type: none"> ● 経済的損失の程度等が特に大きい 例) 資産・インフラの損失が大規模に発生する 多くの国民の雇用機会が損失する 輸送網の広域的な寸断が大規模に発生する 	「特に大きい」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 <ul style="list-style-type: none"> ● 環境・生態系機能の損失の程度等が特に大きい 例) 重要な種・ハビタット・景観の消失が大規模に発生する 生態系にとって国際・国内で重要な場所の質が著しく低下する 広域的な土地・水・大気・生態系機能の大幅な低下が起こる 	「特に大きい」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

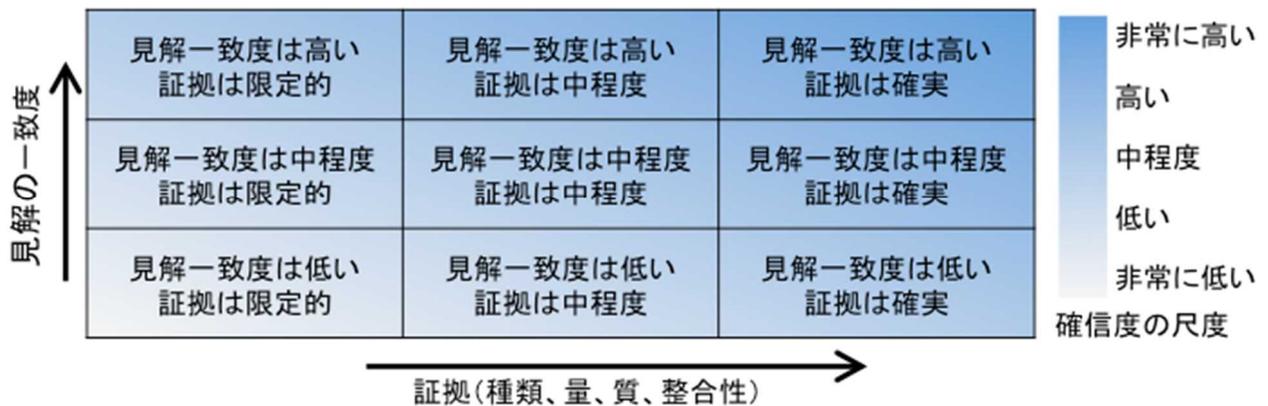


図 1：証拠と見解の一致度の表現とその確信度との関係。確信度は右上に行くほど増す。

一般に、整合性のある独立した質の高い証拠が複数揃う場合、証拠は最も頑健となる。

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

- ・ 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。

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

「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、既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について、本取りまとめに当たり、可能な限り網羅的に影響を把握することを目指したが、ここに挙げたものが全てではない。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¹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²や脆弱性³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 文献により、気候予測モデル、排出/濃度シナリオ、影響評価モデルなどが異なっていることから、本報告に記載された「将来予測される影響」も、それぞれ参考とした文献の前提条件に基づいて記載している。

² 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。

³ 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)

〔概要〕

- 既に全国で、気温の上昇による品質の低下（白未熟粒¹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。¹⁰⁰¹⁾

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。¹⁰⁰¹⁾ 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。¹⁰⁰⁵⁾ 実際に 1994 年以降は、夏季の異常高温の発生頻度が全国的に増加傾向にあり、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。¹⁰⁰²⁾

品種別に見ると、高温耐性品種²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。¹⁰⁰⁵⁾

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。¹⁰⁰¹⁾ 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。¹⁰⁰³⁾

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³が発生した。高温不稔の発生には、気温よりも

¹ 白未熟粒(しろみじゅくりゅう):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。

² 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。

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

イネの穂温との関係が深い¹⁰⁰⁴⁾ほか、品種や肥培管理とも関係しているとされる。

(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⁴⁾もしくは現在より 3°C 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⁴⁾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。

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¹⁰⁰⁷⁾、もしくは 3°C 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¹⁰⁰⁶⁾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⁴⁾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)¹⁰¹⁴⁾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¹⁰¹⁷⁾等の不確実性が存在する。

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、CO₂ 濃度の上昇が大きく関わっている。実際の水田で CO₂ を現在よりも約 200ppm 高めた東北と関東での FACE (開放系大気 CO₂ 増加) 実験⁵⁾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、CO₂ の施肥効果の評価にも不確実性が存在する。¹⁰²²⁾

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

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。

⁵⁾ FACE 実験: 高 CO₂ 濃度が作物に与える影響を調べるため、屋外の囲いのない条件で作物群落や自然植生における大気 CO₂ 濃度を高める実験

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¹⁰¹⁹⁾、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¹⁰⁰⁷⁾、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)¹⁰²³⁾、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, B1⁶⁾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)¹⁰²⁴⁾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。

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。

(2) 野菜

(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⁷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既に温暖化の影響が現れていると報告されており、全国的に温暖化の影響が現れていることは明らかである。^{1025, 1026} とくに露地野菜においては、葉菜類（キャベツ、レタス、ハクサイ、ホウレンソウ、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。^{1025, 1026} 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。^{1025, 1026} 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^{1002, 8001, 8002}、イチゴの花芽分化の遅れ¹⁰⁰²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。^{1025, 1026} 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。^{1025, 1026}

(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、

⁷ 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。

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、野菜に関する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。

1026)

(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)

〔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⁸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、既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。¹⁰²⁵⁾ 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¹⁰²⁶⁾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¹⁰²⁷⁾ため、気候変化に特に弱い作物である。¹⁰³⁰⁾ しかも、気温の低かった1980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。¹⁰³⁰⁾ このため、カンキツでは浮皮、水腐れ症、生理落果、リンゴでは着色不良、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。^{0001, 1027, 1028, 1029, 1030)} 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。¹⁰²⁸⁾ 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な問題である。¹⁰²⁷⁾

(将来予測される影響)

⁸ 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。

〔概要〕

- ウンシュウミカン、リンゴについて、IS92a シナリオ⁹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。¹⁰³²⁾

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⁹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。¹⁰³⁷⁾

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°C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°C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。¹⁰³³⁾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。¹⁰³⁴⁾

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。

3 日本における気候変動による影響の評価結果

3.1 農業・林業・水産業【農業】(3)果樹

(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)

[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。¹⁰³⁹⁾ 関東における 45 年間の栽培データからは、播種から出穂までの平均気温の上昇、出穂期以降の降水量増加により減収する傾向がある。¹⁰⁴⁰⁾ 北海道では 2010 年に、春季の低温（穂数やサイズの増加）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。¹⁰⁴⁴⁾

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。¹⁰⁴³⁾ 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。¹⁰⁴²⁾ 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。¹⁰⁴¹⁾

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¹⁰⁾」と「根腐病¹¹⁾」）の発生率が増加していた。¹⁰³⁸⁾

(将来予測される影響)

¹⁰⁾ 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。

¹¹⁾ 根腐病(ねぐされびょう):細菌によって根が腐敗する病気

〔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 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 CO₂ 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¹²、子実重、収穫指数¹³の減少が予測されている。
- 北海道では、IS92a シナリオ¹⁴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¹⁵後の高温による生育促進で幼穂形成¹⁶および茎立ち¹⁷が早まると凍霜害¹⁸リスクが高まる。また高 CO₂ はタンパク質含量を低下させ、高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 CO₂ 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。¹⁰⁴⁶ 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。¹⁰⁴⁶ 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。¹⁰¹⁵

気候変化メッシュデータ（日本）2003¹⁹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。¹⁰¹⁵

「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、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

¹² 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。

¹³ 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。

¹⁴ 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。

¹⁵ 播種(はしゅ):種子をまくこと。

¹⁶ 幼穂形成(ようすいけいせい):穂の元が形成されること。

¹⁷ 茎立ち(くきだち):茎の節と節の間が伸びはじめること。

¹⁸ 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。

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

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。¹⁰⁴⁵⁾

(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)

[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²⁰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。¹⁰⁰²⁾ 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²¹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。⁰⁰⁰¹⁾

(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)2003²²⁾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。

²⁰ へい死：動物が死ぬこと。

²¹ 廃用：家畜としての用をなさなくなること。

²² 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。

る。¹⁰⁴⁷⁾

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。¹⁰⁴⁸⁾

ホルスタイン種育成牛²³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。

²³ 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)

[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。^{0001, 1051, 1052)}

(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)

水稻への直接被害は明らかではないが、水田や周辺の雑草であり奄美諸島以南に分布していたコヒメビエが、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。¹⁰⁵⁰⁾

(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。
- 水稻害虫以外でも、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CO₂条件実験下（現時点の濃度から200ppm上昇）では、発病の増加が予測された事例がある。
- 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°C の関東地方で各月の平均気温が 2°C ずつ上昇したと仮定して、年間世代数（1 年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。^{1053,1059)}

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。¹⁰⁵³⁾

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²⁴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。¹⁰⁵⁵⁾ また、過去の個体群動態データから冬季と夏季の気温の影響を推定し、2031~2050 年の動態を予測（A2 シナリオ²⁴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。¹⁰⁵⁶⁾

水稻害虫以外では野菜、果樹、茶のチョウ目、カメムシ類、アザミウマ、カイガラムシ、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。¹⁰⁵⁴⁾

(病害)

野外水田において CO₂ を人為的に増加させる FACE（Free-Air CO₂ Enrichment）実験水田での発病調査により、高 CO₂ 条件下（現時点の濃度から 200ppm 上昇）ではイネ紋枯病の発病株率が増加するが、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。¹⁰⁵⁸⁾

気温上昇による作物病害の発生動態への影響が水稻、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。¹⁰⁵⁴⁾

(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。¹⁰⁵⁰⁾ 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。¹⁰⁵⁷⁾

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

(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

病虫害雑草の分布域や発生量の増加は、作物の収量・品質に影響が及び、かつ農薬をはじ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・難防除病虫害・雑草は増加しており、侵入警戒・防除対策は重要である。

- 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²⁵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。

²⁵ 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、農業用排水路等）

(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。²⁰²³⁾ また、1875年以降の年降水量データを用いて、北海道から沖縄まで12地域に分け、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。²⁰²⁴⁾

また、コメの品質低下²⁰²⁰⁾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^{2018, 2025)}、掛け流し灌漑^{2019, 2021)}が、実施されるなど、水資源の利用方法に影響が生じている。また、水温に関する影響の調査²⁰²²⁾も行われている。

(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²⁶⁾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。

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。

3 日本における気候変動による影響の評価結果

3.1 農業・林業・水産業【農業】(7)農業生産基盤

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）。²⁰²³⁾ 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。²⁰³³⁾ 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。²⁰²⁸⁾

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、気温上昇により融雪流出量が減少し、頭首工²⁷⁾における取水に影響を与えることが予測されている（文献2026はA1Bシナリオ²⁸⁾を前提としたMIROC3.2-hiresモデルによる気候予測情報を使用。）。^{2026, 2038)}

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²⁰³⁵⁾や、堤防護岸相当の降雨強度の発生確率が、現状の29年確率（中央集中型）から8年確率相当に変化するとの予測²⁰⁴⁰⁾もある。このような降雨強度の増加による洪水の農業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2036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2037はA1Bシナリオを前提としたMIROC3.2-hiresモデルによる気候予測情報を使用。）。^{2035, 2036, 2037)}

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。^{2038, 2039)}

（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

²⁷⁾ 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。

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。

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)

〔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^{1064,1065,1068}、これは大気の乾燥化による水ストレスの増大が原因であると指摘する論文がある。¹⁰⁶⁶ スギの衰退が報告されている地域と蒸散降水比が高い地域とが概ね対応していたことから、蒸散量と降水量がスギの衰退と関連するかもしれない。¹⁰⁷⁰ しかし、大気の乾燥化あるいはそれによるスギの水ストレスの増大が、温暖化あるいは温暖化による降水量の減少によって生じているかについては明確な証拠はない。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。¹⁰⁷⁰ 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^{1064,1068}、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。¹⁰⁶⁷ 気温以外の要因もマツ枯れの被害に影響を与えるるので、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¹⁰⁶⁰ 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¹⁰⁶² 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°C 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。¹⁰⁶⁹⁾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°C の気温上昇下で現在よりも増加し、特に降水量が少ない地域で、スギ人工林の脆弱性を増加させる懸念があるとする論文がある。¹⁰⁶⁹⁾2081~2100年の蒸散降水比の分布を温暖化シナリオ(気象庁・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。¹⁰⁷⁰⁾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²⁹⁾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。¹⁰⁷¹⁾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。

外気温に追従させて $+1.0^\circ\text{C}$ 、 $+2.0^\circ\text{C}$ 、 $+3.0^\circ\text{C}$ 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。¹⁰⁷²⁾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³⁰⁾を前提として気候感度 3°C 想定で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。⁰⁰⁰²⁾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。

²⁹⁾ 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。

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。

3 日本における気候変動による影響の評価結果

3.1 農業・林業・水産業【林業】(1)木材生産(人工林等)

ヤツバキクイムシの平均世代数³¹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)¹⁰⁷³⁾、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¹⁰⁶¹⁾、樹高の高い林分ほど風害が発生しやすい¹⁰⁶³⁾という研究があり、温暖化により強い台風が増加する可能性があるという中長期の予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。

³¹ 平均世代数：1年間に卵から親までを繰り返す回数

(2) 特用林産物(きのこ類等)

(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。¹⁰⁷⁴⁾

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。¹⁰⁷⁵⁾ 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。¹⁰⁷⁵⁾ シイタケの原木栽培において、夏場の気温と病害菌の発生¹⁰⁷⁴⁾あるいは子実体発生量の減少¹⁰⁷⁵⁾との関連が指摘されているが、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。^{1076,1077)} 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

3 日本における気候変動による影響の評価結果

3.1 農業・林業・水産業【林業】(2)特用林産物(きのこ類等)

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

- 確信度：【評価】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)

〔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。¹⁰⁷⁹⁾ 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。⁰⁰⁰¹⁾ 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¹⁰⁷⁸⁾、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³²⁾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。
 - 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。

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。

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。

3 日本における気候変動による影響の評価結果

3.1 農業・林業・水産業【水産業】(1)回遊性魚介類(魚類等の生態)

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。⁰⁰⁰⁵⁾

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する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。^{1084,1085,1087)}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¹⁰⁸⁸⁾他、既存産地における品質低下が危惧されている。¹⁰⁸²⁾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¹⁰⁸²⁾が予測されている。加えて、日本海におけるサイズの低下¹⁰⁸⁶⁾、産卵期の変化¹⁰⁸⁷⁾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。¹⁰⁸⁰⁾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。¹⁰⁸¹⁾

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)

[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¹⁰⁹⁸⁾や採取魚種数^{1099, 1100)}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。¹¹⁰¹⁾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。¹⁰⁹⁶⁾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。⁸⁰⁰¹⁾

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。¹¹⁰²⁾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。¹⁰⁹¹⁾

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。^{1092, 1103)}

生態系の変化を介した影響としては、発生が長期化傾向にある赤潮^{1094, 1095)}による真珠貝(アコヤガイ)の大量へい死¹⁰⁹⁵⁾や熱帯性有毒プランクトンによる貝類の毒化¹⁰⁹⁰⁾が報告されている。また、藻食性魚類(ノトリスズミなど)の摂食行動の活発化と分布域の拡大により藻場が減少し、イセエビ¹⁰⁹³⁾やアワビ¹⁰⁸⁹⁾の漁獲量減少が報告されている。さらに、南方系エイ(ナルトビエイ)の瀬戸内海への分布拡大¹⁰⁹⁰⁾と、それに伴う同種の食害によるアサリ資源再生の妨げの可能性⁸⁰⁰¹⁾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。^{0005, 1097)}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

34 へい死：動物が死ぬこと

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。
- 海水温の上昇に係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。¹⁰⁸³⁾ 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。¹⁰⁸³⁾ 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。¹¹⁰⁴⁾

ブリ養殖では、飼育実験による成長と温度の関係¹¹⁰⁶⁾ から高水温による夏季のへい死の懸念と同時に、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。¹¹⁰⁵⁾ また、養殖産地については、ブリ¹⁰⁹⁰⁾、トラフグ¹⁰⁸³⁾、ヒラメ^{1083,1090)}の産地が北上化し、不適になる海域が出ることが予測されている。特に中部以北には、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。¹¹¹⁰⁾ 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¹¹⁰⁷⁾、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。¹¹⁰⁹⁾ 他に、高水温化により赤潮発生の頻度が増加し^{1094,1095)}二枚貝等のへい死リスクの上昇も懸念される。

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。⁰⁰⁰⁵⁾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

(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。⁰⁰⁰¹ 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²⁰⁰²。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²⁰⁰³。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²⁰⁰¹。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⁰⁰⁰¹⁾。

(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 モデルに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^{2001,2006)}、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。²⁰⁰¹⁾ 埼玉県のパ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。^{2013,2014)} 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²⁰⁰¹⁾、浅い富栄養湖である霞ヶ浦での TN (全窒素) 濃度の上昇²⁰⁰²⁾ 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。²⁰⁰⁷⁾

(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

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。

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。

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、レクリエーション価値の低下や損失も無視できない。生態系への影響も含め、一度悪化した水環境は簡単に元に戻せるものではない。

● 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

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

(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。⁰⁰⁰¹⁾ 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²⁰⁰³⁾。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。²⁰⁰¹⁾ 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)²⁰⁰⁵⁾、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)⁰⁰⁰⁴⁾、などが予測されている。さらに、水温の上昇による DO の低下、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²⁰¹⁰⁾、藻類の増加による異臭味の増加²⁰¹²⁾ 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。^{0003, 2004)}

(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

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。

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

(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²⁰¹⁶⁾。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²⁰¹⁵⁾。

(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²⁰⁰⁴⁾。

(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)

(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。⁰⁰⁰⁵⁾

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。²⁰⁴⁷⁾ 渇水が発生している四国の吉野川では、ダムを計画した際の基準年の降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。⁰⁰⁰¹⁾ 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。²⁰²³⁾ 1875年以降の年降水量データを用いて、北海道から沖縄まで12地域に分け、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。²⁰²⁴⁾ また1980～2009年の高山帯の融雪時期も時期が早くなる傾向が

あるが、流域によっては年変動が大きかった。²⁰⁴⁸⁾ 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。²⁰⁴⁶⁾

(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。⁰⁰⁰¹⁾ 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。²⁰⁵¹⁾

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。²⁰²⁸⁾ 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。²⁰⁵²⁾ 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に、渇水時にも維持すべき流量（維持用水）が定められているが、渇水の深刻化によってこの流量を確保できず維持用水の枯渇が生じれば、自然生態系や水産業、水利用等への影響が生じる。

加えて、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。）

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。

3 日本における気候変動による影響の評価結果
3.2 水環境・水資源【水資源】(1) 水供給(地表水)

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。²⁰⁴⁶⁾

(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)

(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。²⁰⁵³⁾

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。²⁰⁵⁴⁾

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。²⁰⁵³⁾

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。^{2055, 2056)}

海面上昇による地下水の塩水化により、地下水の取水への影響が懸念される²⁰⁰⁴⁾。沖積平野の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。²⁰⁵⁷⁾ 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。²⁰⁵⁷⁾

(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

(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。²⁰⁵⁸⁾

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。²⁰²⁵⁾

(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。²⁰⁵⁸⁾ 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。²⁰²⁸⁾

(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の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

(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。

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。

- 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。³⁰⁰⁵⁾ 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。³⁰⁰⁴⁾

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³⁰⁰⁷⁾ とエゾノハクサンイチゲ個体群の衰退³⁰⁰³⁾ が進行している。

石川県白山では、越年雪溪の縮小が観察されている。³⁰⁰⁶⁾

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。³⁰⁰⁸⁾

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。^{3001, 3002)}

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。³⁰⁰⁹⁾

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。³⁰⁰³⁾

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。

青森県八甲田山では、プラス 1~2°C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°Cの上昇では生育適地がほぼ消失すると予測されている。³⁰⁰²⁾ 他の予測モデルにおいても、亜高山帯林は温暖化に伴い分布域の縮小と高標高・高緯度へのシフトが予測されている。^{3011, 3013)} 一方、北海道東部におけるア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も示唆されている。³⁰¹⁰⁾

(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子岳域に及ぶ。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壤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))

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¹²Cと¹³Cが常に安定な安定同位体であり、¹²Cに対する¹³Cの割合を炭素安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$)という。

【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

(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。⁰⁰⁰¹⁾ 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。^{3020, 3021, 3035)}

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。³⁰²⁵⁾

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。³⁰¹⁹⁾

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 150,542km² であるが、温暖化後は A2 シナリオ (RCM20) で 180,411km²、A1B シナリオ (MIROC) で 175,635km² 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。³⁰³⁵⁾ 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。³⁰²⁰⁾

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。³⁰⁴⁰⁾ 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 1km²) を除いて消滅すると予測されている。³⁰³⁰⁾

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)

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。

【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、人為攪乱の影響も大きく、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、種間の相互作用や攪乱体制の変化といった動的なメカニズムを考慮する必要がある。

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

(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。³⁰²¹⁾ 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。³⁰²¹⁾ 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。³⁰²⁷⁾ 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

⁵ 植生帯:各地域の気候帯や海拔高度に応じて帯状に成立する植生の分布。

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。

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。

3 日本における気候変動による影響の評価結果
3.3 自然生態系【陸域生態系】(3)里地・里山生態系

● 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

(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 CO₂ 濃度の上昇は光合成速度や気孔反応など樹木の生理過程に影響を与えると考えられる。
- 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。¹⁰⁷⁰⁾

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°C 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、高蓄積で呼吸量が多い 40 か

⁶ 蒸散量：植物の地上部から大気中へ放出される水蒸気量

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。

ら50年生の林分が多いことから、炭素蓄積量および吸収量に対してマイナスに作用する結果となる。ただし、当該予測では、大気中のCO₂濃度の上昇による影響は考慮されていない。スギ人工林生態系に与える影響予測のためには樹木の生理的応答などさらなる研究が必要である。

- 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。

現在の気候下では、スギの年間蒸散量は、日本北部で450mm⁻¹、南部で850mm⁻¹であるが、3℃の気温上昇下では、年間65mm⁻¹~100mm⁻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。¹⁰⁶⁹⁾ さらに、有効保水容量含水率(土壌保水力)および、年蒸散量と年降水量の比(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。¹⁰⁷⁰⁾

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-3.2hiモデルによる気候予測情報を用い、2050年までの影響を予測した場合、気温が高く、森林呼吸量が多い九州や四国で人工林率が高いこと、高蓄積で呼吸量の多い40から50年生の林分が多いことから、呼吸量増加の影響が大きく、日本全体で見ると、気温上昇の影響が炭素蓄積量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。¹⁰⁷¹⁾

温暖化は主に大気CO₂濃度の上昇によるものであるが、大気CO₂濃度の上昇は光合成速度や気孔反応など樹木の生理過程に影響を与えられられる。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。³⁰³⁸⁾

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。³⁰⁴¹⁾

(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

(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。³⁰⁴²⁾

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。^{3043, 3044)}

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。^{3045, 3046, 3047)}

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。^{3046, 3048, 3049, 3050)}

(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ジカが拡大する可能性が示唆されている。³⁰⁵¹⁾

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

3 日本における気候変動による影響の評価結果

3.3 自然生態系【陸域生態系】(5)野生鳥獣による影響

・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）を表したものの。

(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、CO₂・N₂Oの放出、CH₄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。³⁰⁵²⁾

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。³⁰⁵³⁾

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

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

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。³⁰⁵³⁾ただし、これらは状況証拠的に推察されたメカニズムであり、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。³⁰⁵⁵⁾

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。³⁰⁵⁶⁾

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：

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

(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

(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 CO₂ 濃度の上昇は、成層化を強め、栄養豊富な深層水の湧昇を減少させる。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、既に大きな変貌を遂げてきた。このため、温暖化のみの影響を検出しにくい状況にあり、直接的に温暖化影響を明らかにした研究は日本にはない。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。³⁰⁵⁷⁾

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 CO₂ 濃度上昇が、動物プランクトンの成長量を低下させることが明らかになっている。

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。³⁰⁵⁹⁾

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。³⁰⁵⁷⁾

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

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

(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°C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。³⁰⁶⁰⁾ 同様な考え方で、冷水性の魚種であるオシ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°C)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。³⁰⁶²⁾

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。³⁰⁶³⁾ 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。³⁰⁶⁴⁾

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。³⁰⁶⁰⁾ その結果、魚類の産卵床や底生動物、付着藻類等に影響を及ぼすと考えられる。^{3065, 3066)} また、渇水は、水温を上昇させ、溶存酸素量を減少させるため、少なからず河川生物相に影響を与えることは容易に想像できる。

一方で、止水環境の室内実験で確かめられたCO₂増加による藻類生産の上昇そして質の低下から高次生産量は減少するという現象は、流水環境の室内実験では異なる結果を得ている。藻類生産の質の低下は起こるが、生産量の増加とともに底生動物の密度、サイズ、生物量は増加することが明らかになっている。³⁰⁶⁷⁾

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溪流でより顕著に表れると予想される。また、卵や若齢の個体は、水温上昇に弱いと考えられる。水温上昇等の生息環境の変化に対して、魚類は上流部生息適地への移動を試みると考えられるが、日本の場合、山地部に部分的な分布がある種や、ダムや堰構造物等により連続性が遮断されている場合が多く、移動が困難になる。魚類に比べて、水生昆虫など成虫段階で飛翔できる昆虫類への影響は小さいと予想される。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、融雪出水等の攪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、既に歴史的に強い人為的影響を受けてきた。そのため、既に多くの生物種が絶滅、もしくは絶滅に瀕しており、温暖化との複合影響も含

3 日本における気候変動による影響の評価結果
3.3 自然生態系【淡水生態系】(2)河川

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

(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。八島ヶ原高層湿原ドーム地形の亀裂から乾燥化を指摘した研究では、気候変動による降水量の減少や湿度低下が大きな影響を与えている可能性を指摘している。³⁰⁶⁸⁾ 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。³⁰⁷¹⁾

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。⁰⁰⁰⁵⁾

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。³⁰⁶⁹⁾ このため、今世紀末までに、すべてのRCPシナリオにおいて、日本の平均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氣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³⁰⁷²⁾、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CO₂下で増加すると指摘されているが、温度や降水量など、さ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 km²で、現在は820.99km²に減少しており、その61%が失われたことになる。³⁰⁷⁰⁾ このように、現存する湿地は全国的にも希少な生態系であり、既に多くの人為的影響が及んでいることを考えると、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

(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れるとそこに生息する生物が影響を受ける可能性がある。

(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。^{3075,3076,3077,3078,3079} 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。^{3081,3082} 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。³⁰⁷³

また、沖縄地域では、土壌流出が一部のサンゴの熱ストレスに対する回復力低下を引き起こしていることが最近報告されている。³⁰⁷⁶ 水温上昇以外に土砂流出もサンゴ礁に影響を与えている実態はあるが、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どう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。

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。⁰⁰⁰⁵⁾

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。³⁰⁸³⁾ 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³⁰⁸⁴⁾、その結果至適海域から外れた既存のサンゴ礁が完全に消失するかどう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、その炭素固定能の評価にとどまり、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。³⁰⁸⁵⁾

海面上昇による砂浜の侵食が予測されている³⁰⁸⁶⁾ が、その生物への影響について予測した文献が見当たらない。

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：

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。

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】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：

(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する適応が困難である。

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。

(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 CO₂ が海洋に溶解し、海水中の炭酸系の化学平衡が変化して、水素イオン濃度が増大 (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 CO₂ の量が増大し、大気中の CO₂ 濃度が高まっているため、海洋に溶解する CO₂ 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。

1100, 1101, 1103, 3087, 3088, 3089, 3090, 3091, 3092)

有明海、八代海、東京湾において干潟面積が減少している。³⁰⁹³⁾

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。^{3094,3095)}

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。⁰⁰⁰⁵⁾炭酸カルシウム骨格・殻を有する軟体動物、棘皮動物、造礁サン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。^{3097,3098,3099)}

また、海岸域に分布する塩性湿地などは、海水面の上昇に伴い破壊される恐れもある。³⁰⁹⁶⁾

海面上昇による砂浜と干潟の侵食が予測されている^{3086,3093)}が、その生物への影響について予測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

(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。^{3102,3105,3106}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、^{3105,3106}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。^{3104, 3105, 3106}

(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

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

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。⁰⁰⁰⁵⁾

気候変動に伴い、植物現存量と一次生産力に変動が生じる可能性がある。^{3107,3108,3109,3110,3111)} 植物現存量と一次生産力は、全球で見れば熱帯・亜熱帯海域で低下し、亜寒帯海域では増加するという予測で多くのモデルが一致するので^{3108,3109,3110,3111)}、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^{3107,3110,3111)}、海域毎の変化予測は現状困難である。動物プランクトンの予測は、これら植物プランクトンと一次生産力の予測結果を用いるものであるため、日本周辺海域の予測の信頼性が高いとはいえない。

(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係る生物季節を主に扱う。

(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。⁰⁰⁰⁵⁾

国内でも、動植物の生物季節の早期化³⁰⁰⁴⁾等について多数の報告が現時点で確認されている。ヒダカソウ³⁰⁰⁴⁾、ツバキ³¹¹²⁾、ウメ³¹¹²⁾、サクラ^{3112,3113,8002)}、ノダフジ³¹¹²⁾、ヤマハギ³¹¹²⁾、イチヨウ³¹¹²⁾、サルスベリ⁸⁰⁰¹⁾等の開花日の早期化、ヒバリ⁸⁰⁰¹⁾、ウグイス⁸⁰⁰¹⁾、ニイニイゼミ⁸⁰⁰¹⁾、アブラゼミ⁸⁰⁰¹⁾、ツクツクボウシ⁸⁰⁰¹⁾の初鳴き日が早まり、一方で、イロハカエデ^{3114,8001,8005)}等の紅葉の遅れ、モンシロチョウの初見日の遅れ^{3004,8001)}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。³¹¹⁶⁾

その他、サザンカの開花の遅れ³¹¹⁵⁾、キンモクセイの開花の遅れと開花期間の長期化³¹¹⁷⁾、ヒノキの成長期間の長期化¹⁰⁷²⁾、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³¹¹⁸⁾、落葉樹の着葉期間の早期化³¹²²⁾、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

3 日本における気候変動による影響の評価結果
3.3 自然生態系【生物季節】(1)生物季節

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

(既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する確信度は高い。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

ば確かである。

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

(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ものが想定される。

(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。⁰⁰⁰⁵⁾

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、³¹²⁵⁾ ナガサキアゲハの北方への分布拡大、³¹²³⁾ ツマグロヒョウモンの北方への分布拡大、³¹²⁴⁾ アガボシゴマダラの分布域拡大³¹²⁴⁾ 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。⁸⁰⁰⁵⁾

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。^{3046, 3048, 3049, 3050)}

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従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。⁰⁰⁰⁵⁾

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³¹²⁸⁾では、条件によっては3割以上の種が絶滅する危険(2℃を超える気温上昇を仮定)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ジカが拡大する可能性が示唆されている。³⁰⁵¹⁾

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當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くらい変化するのか・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

3 日本における気候変動による影響の評価結果

3.3 自然生態系【分布・個体群の変動】(1)分布・個体群の変動

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

(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。⁰⁰⁰¹⁾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。^{0001,4001)}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頻度が有意に増せば、水害の起こりやすさは有意に増す。

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。

- 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。
0005)

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、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、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。^{3060,4002,4004,4006,4007,4019}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。^{3060,4004,4006,4019}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）。³⁰⁶⁰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）^{4002,4003}、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。⁴⁰¹⁴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。²⁰⁰⁴（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しことから、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

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。

される。(0005, 2004, 4003)

(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的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

(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。⁴⁰⁰¹⁾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。⁴⁰²⁰⁾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一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⁴⁰²⁰⁾、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。⁰⁰⁰¹⁾

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。²⁰⁴⁵⁾ 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

(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(+1.1mm/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、潮位観測記録の解析結果より報告されている。^{4023,4024,4025} 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。⁴⁰²² 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。⁴⁰²⁵

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。

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

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。

- 80cm 海面が上昇した場合、三大湾のゼロメートル地帯の面積が現在の 1.6 倍に増加するなど、影響の範囲は全国の海岸に及ぶ。
- 海面上昇が生じると、台風、低気圧の強化が無い場合にも、現在と比較して高潮、高波による被災リスクが高まる。
- 河川や沿岸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）。⁰⁰⁰⁵⁾

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。⁰⁰⁰⁶⁾

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。⁴⁰³⁶⁾

【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）が暮らしている。ゼロメートル地帯は、浸水リスクが非常に高く、仮に海面水位が 60cm 上昇すると、ゼロメートル地帯の面積とそこに暮らす人口が 5 割も拡大するため、将来の海面水位の上昇は、深刻な事態をもたらす恐れがある。⁰⁰⁰¹⁾ また、海面上昇量によっては、台風の強度の増加と相まって浸水面積が増加する。⁴⁰²⁶⁾

【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。⁴⁰²⁸⁾ 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のが重要になる。

（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で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

(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。²⁰⁰⁴⁾ 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。⁴⁰⁴¹⁾

【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。⁴⁰³⁹⁾ 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。⁴⁰⁴⁰⁾

(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。⁰⁰⁰⁷⁾ 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。⁰⁰⁰⁵⁾

【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、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。⁰⁰⁰¹⁾

【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）。⁰⁰⁰¹⁾ 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。^{4027,4028,4044)} 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。⁴⁰²⁷⁾ 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
【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。

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。

● 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

(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。⁴⁰⁵⁶⁾

(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に変化し、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。^{4057,4058,4059,4060} また、台風の強度の増加によっても海岸が侵食される。^{4057, 4058} 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^{2004, 4062}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⁴⁰⁵⁸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。⁰⁰⁰⁶

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。⁰⁰⁰¹ 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。

（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

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。

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

(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 50mm/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溪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が問題である。しかし、気象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。^{4004, 4063} 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。^{4065, 4066} 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。⁴⁰⁶⁷

(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。⁴⁰⁶⁸ 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。⁴⁰⁶⁹ 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。⁴⁰⁷⁰ これらは、降雨規模の増大に従い災害の程度が徐々に大きくなるのではなく、降雨規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。⁴⁰⁷¹ 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。⁴⁰⁶⁴ また、同じ地域における斜面崩壊・土石流の発生数及び規模と降雨規模の関係をみると、降雨規模が大きくなるに従い、斜面崩壊・土石流の発生数が増加する場合、平均の発生規模が大きくなる場合、あるいは、発生数及び発生規模が共に大きくなる場合があることが示されている。⁴⁰⁷² 特に、48 時間雨量や累積雨量が大きい降雨では、深層崩壊の発生確率が高まることが明らかとなっている。⁴⁰⁷¹

(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いうまでもなく、被害の程度は大きくなる。例えば、深層崩壊やそれに起因する土石流の場合、土砂が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。⁴⁰⁷⁴ 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。⁴⁰⁷⁵ さらに、非常に規模の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。⁴⁰⁷⁶ 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。^{0007,0009,4078)} 一方で、近年は暖冬少雪傾向の後に豪雪が続いており⁴⁰⁷⁹⁾、降積雪の年ごとの変動が大きくなったり、2014年2月の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。⁴⁰⁶³⁾ また、台風の強度の増加や強い台風の増加については不確実性が大きいですが、台風による大雨や強風によって発生する風倒木等は山地災害の規模を大きくする可能性が指摘されている。⁴⁰⁶³⁾ 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⁴⁰⁸⁴⁾ が、根系の支持効果の樹種や樹齢による違いの定量的予測には今後さらに研究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^{0009, 4077, 4086)}、土砂災害の増加については概ね一致した見解が示されていると考えられる。

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

3 日本における気候変動による影響の評価結果
3.4 自然災害・沿岸域【山地】(1) 土石流・地すべり等

現在、日本で 50 万箇所以上が土砂災害危険箇所等として把握されているが、それ以外の場所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、その関連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

(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

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。

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) とともに、沖縄・奄美を除き、すべての季節で当該指標が増加することが予測されている。
0009)

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。⁰⁰⁰⁴⁾ 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。⁰⁰⁰⁴⁾ 国土交通省の審議会答申では、過疎化、高齢化が進む中山間地域において、管理の放棄等により森林の荒廃が進む中で、降水量や短時間降雨強度の増加、台風の激化等による、風倒木災害の増大の懸念が言及されている。²⁰⁰⁴⁾

(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

(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、

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。

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。

5003)

(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

(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。⁵⁰⁰⁵⁾ 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

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。

病のリスクを挙げている。⁰⁰⁰⁵⁾

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、死亡率や罹患率に關係する熱ストレスの発生が増加する可能性がある。⁵⁰⁰⁷⁾ 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。⁰⁰⁰²⁾ 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。⁰⁰⁰³⁾

(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

(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。

5018)

(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

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。

病のリスクを挙げている。⁰⁰⁰⁵⁾ 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。⁵⁰⁰⁹⁾ 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。⁰⁰⁰³⁾

(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

(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。⁰⁰⁰¹⁾ 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プ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。⁵⁰²¹⁾

(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。

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。

3 日本における気候変動による影響の評価結果
3.5 健康【感染症】(1)水系・食品媒介性感染症

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。

0003)

(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

(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⁶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。^{0001,0003,8002} また、従来日本には分布していなかった日本脳炎⁷媒介蚊が1992年に石垣島、2002年に沖縄で確認されている⁸⁰⁰⁵。

(将来予測される影響)

[概要]

- RCP8.5シナリオ⁸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。

⁶ デング熱：ヒトスジシマカ、ネッタシマカ等の蚊によって媒介されるデングウイルスの感染症。

⁷ 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イルスの感染症。

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。

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。⁰⁰⁰³⁾

(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

(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⁹については、沖縄県で流行の季節性変化が示されている。⁸⁰⁰¹⁾

感染性胃腸炎¹⁰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。^{5026, 5027)}

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⁸⁰⁰¹⁾、感染性胃腸炎⁵⁰²⁷⁾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。

⁹ 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。

¹⁰ 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。

3 日本における気候変動による影響の評価結果
3.5 健康【感染症】(3)その他の感染症

(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。

【その他】

(1) その他

(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 (O₃) 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。^{5028, 5030)} 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。⁵⁰³³⁾ 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。⁵⁰³¹⁾

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。⁵⁰³²⁾ 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。⁵⁰²⁹⁾ 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。⁵⁰²⁹⁾ 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。⁵⁰¹⁸⁾ 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。⁸⁰⁰²⁾ 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。^{5018, 5029} 胎児期や小児の早い段階での環境要因の変動が一生の健康状態に影響を及ぼすという仮説（Developmental Origin of Health and 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⁵⁰²⁹。

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ですが、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別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

(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こともある。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。⁶⁰⁰¹⁾

(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。⁶⁰⁰² 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。⁶⁰⁰³ 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。⁶⁰⁰⁴ 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。⁶⁰⁰¹ 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

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。

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。

【エネルギー】

(1) エネルギー需給

(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マイクロ評価では、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。⁶⁰⁰⁵ 気温の変化がエネルギー需給の変動に与える影響について日本の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。⁶⁰⁰⁸ 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。⁶⁰⁰⁵

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。⁶⁰⁰⁷ 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。⁶⁰⁰⁹ 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。⁶⁰⁰⁸

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るとする報告もある。⁶⁰¹⁰

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。⁶⁰⁰⁶ 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。⁶⁰¹¹ 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

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6005では明示されていない。

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

(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。⁶⁰⁰⁴⁾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⁶⁰¹²⁾、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

(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。^{6013,6016} その結果保険金支払額が増大し、保険会社の経営への影響が増している。極端な気象現象の頻度や将来の気候の不確実性が今後増していくことから、保険引受の際の保険料計算やリスク分散のあり方にも影響を及ぼしている。保険会社では、過去のデータに依存した従来のリスク定量化の手法だけでは適切な損害予測が難しくなっているため、気候の将来リスクに基づき、今後の気候変動の影響を考慮したリスクヘッジ・分散の新たな手法の開発が必要となっている。⁶⁰¹⁶ 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

な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。⁶⁰¹⁷⁾

(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。⁶⁰¹⁶⁾ 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。⁶⁰²⁰⁾ 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。^{6016, 6019, 6020)}

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

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。

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。⁶⁰²¹⁾

(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）。

(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。²⁰⁰³⁾

(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,

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。

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。⁶⁰²³⁾ また、気候変動がGDPに与える影響に関して分析した研究(応用一般均衡モデルを使用)では、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。⁶⁰¹¹⁾

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。⁶⁰²²⁾ 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^{4059, 4060)}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。⁶⁰²⁴⁾ 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。⁶⁰²⁹⁾ 一方、都道府県別の砂浜侵食率の違いを考慮した被害額から日本全体の経済的被害額(レクリエーション価値の損失)を試算した例では、海面上昇幅30cm、65cmでそれぞれ約290億円/年、約530億円/年としている。⁶⁰²⁸⁾

(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

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年を対象である。

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)

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

(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

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/anzensei51/>> 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。

(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。

【医療】

(1) 医療

(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。 6031, 6032, 6033)

(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)

(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。⁰⁰⁰⁵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。^{6034,6035,6036,6037}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⁶⁰³⁶、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⁶⁰³⁴、特定の工業団地に技術集約度の高い製品と関連部品メーカーの集積が進んだことによりグローバルサプライチェーンにまで影響が及んだこと⁶⁰³⁵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。⁶⁰³⁸その中には、英国だけでなく我が国においても同様に想定され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す、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⁰⁰⁰⁵⁾、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

(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。²⁰⁰³⁾ 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。⁰⁰⁰¹⁾ 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。⁷⁰⁰²⁾ 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。^{7001, 7003)}

(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言われている。
- 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して指摘されている。⁷⁰⁰⁵⁾ 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。⁷⁰⁰⁴⁾ 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。⁷⁰⁰⁵⁾

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⁷⁰⁰⁶⁾、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。⁸⁰⁰²⁾

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。⁶⁰³⁸⁾ これらは、我が国の通信・交通インフラにおいても同様に想定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)

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。

● 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。

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。

(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。4079, 8002)

その他、諏訪湖での御神渡りなしとなる頻度の増加、巖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。6001, 7007, 7008, 7009, 7010, 8001, 8005)

(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

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。

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。⁷⁰¹⁾

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。

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 つのグローバル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の的なものが含まれ、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・睡眠障害、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。

(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、睡眠障害、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、睡眠障害、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。⁷⁰¹⁵⁾ 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^{7028,7029,7030)}、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^{7013,7014)}。

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。⁷⁰¹⁶⁾ 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

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。

快適性を損なう要因として挙げられている。⁷⁰¹⁷ 体感指標を用いることで、熱中症リスクや睡眠、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。⁷⁰¹⁸ 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、その症状の程度も若年層に比べ高くなる傾向が報告されている。⁷⁰¹⁹ また、温熱快適性の観点では、SET*⁴やWBGT⁵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。^{7012, 7020} 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⁷⁰²¹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^{7022, 7023}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^{7012, 7020, 7024, 7025, 7026, 7027}、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WBGT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

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。

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。⁷⁰³⁶⁾ また、都市計画の内容次第で都市域の気温分布が変化する可能性が示されている。⁷⁰³¹⁾

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。²⁰⁵⁸⁾

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⁷⁰³²⁾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⁷⁰³⁴⁾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も上昇傾向にあり、熱中症予防の観点から影響が懸念される。⁷⁰³³⁾

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。

熱ストレスに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たく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

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。

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。

● 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、既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」とは言えない		—: 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		—: 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		—: 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	水稻	●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。 ●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。		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。		—							
		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 ³ 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	<ul style="list-style-type: none"> ●小麦では、冬季及び春季の気温上昇により、全国的に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。 	<ul style="list-style-type: none"> ●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CO₂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	<ul style="list-style-type: none"> ●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。 	<ul style="list-style-type: none"> ●影響の程度は、畜種や飼養形態により異なると考えられるが、温暖化とともに、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	<ul style="list-style-type: none"> ●西南暖地(九州南部などの比較的温暖な地域)の一部に分布していたミナミアオカメムシが、近年、西日本の広い地域から関東の一部にまで分布域が拡大し、気温上昇の影響が指摘されている。 ●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。 	<ul style="list-style-type: none"> ●害虫については、気温上昇により寄生性天敵、一部の捕食者や害虫の年間世代数(1年間に卵から親までを繰り返す回数)が増加することから水田の害虫・天敵の構成が変化することが予想されている。 ●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CO₂条件実験下(現時点の濃度から200ppm上昇)では、発病の増加が予測された事例がある。 ●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、かつ農業をはじめとする様々な防除手段を講じる必要があるため、直接的・間接的に、農家の収入低下等の経済的損失につながる可能性がある。	●	●	
		農業生産基盤 ⁸	<ul style="list-style-type: none"> ●農業生産基盤に影響を及ぼしうる降水量の変動について、1901～2000年の最大3日連続降雨量の解析では、短期間にまとめて強く降る傾向が増加し、特に、四国や九州南部でその傾向が強くなっている。 ●また、年降水量の10年移動変動係数をとると、移動平均は年々大きくなり、南に向かうほど増加傾向は大きくなっている。 ●コメの品質低下などの高温障害が見られており、その対応として、田植え時期や用水時期の変更、掛け流し灌漑の実施等、水資源の利用方法に影響が生じている。 	<ul style="list-style-type: none"> ●水資源の不足、融雪の早期化等による農業生産基盤への影響については、気温上昇により融雪流出量が減少し、用水路等の農業水利施設における取水に影響を与えることが予測されている。具体的には、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、農業用排水路等)

4 気候変動による影響の評価(一覧表)

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考
					観点	判断理由			
林業	木材生産(人工林等)	<ul style="list-style-type: none"> ●一部の地域で、スギの衰退現象が報告されており、その要因に大気乾燥化による水ストレスの増大を挙げる研究報告例もある。ただし、大気乾燥化あるいはそれによるスギの水ストレスの増大が気候変動による気温の上昇あるいは降水量の減少によって生じているか明確な証拠はない。スギの衰退と土壌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。 	<ul style="list-style-type: none"> ●気温が現在より3℃上昇すると、蒸散量が増加し、特に降水量の少ない地域でスギ人工林の脆弱性が増加する可能性を指摘する研究事例がある。 ●現状と同じ林業活動を仮定し、日本のスギ人工林の炭素蓄積量及び炭素吸収量の低下を予測した研究事例がある。 ●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)	<ul style="list-style-type: none"> ●シイタケ栽培に影響を及ぼすヒボクレア属菌について、夏場の高温がヒボ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。 	<ul style="list-style-type: none"> ●シイタケの原木栽培において、夏場の気温上昇と病害菌の発生あるいはシイタケの子実体(きのこ)の発生量の減少との関係を指摘する報告がある。 ●冬場の気温の上昇がシイタケ原木栽培へ及ぼす影響については、現時点で明らかになっていない。 	●	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)	<ul style="list-style-type: none"> ●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。 	<ul style="list-style-type: none"> ●回遊性魚介類については、分布回遊範囲及び体のサイズの変化に関する影響予測が数多く報告されている。具体的には以下の通り。 <ul style="list-style-type: none"> ➢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	<ul style="list-style-type: none"> ●各地で南方系魚種数の増加や北方系魚種数の減少などが報告されている。 ●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。 	<ul style="list-style-type: none"> ●生態系モデルと気候予測シナリオを用いた影響評価は行われていないものの、多くの漁獲対象種の分布域が北上すると予測されている。 ●海水温の上昇による藻類の種構成や現存量の変化によって、アワビなどの磯根資源の漁獲量が減少すると予想されている。 ●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。 ●海水温の上昇に關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	<ul style="list-style-type: none"> ●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℃を超えるアオコの発生確率が高くなる傾向を示す報告もあり、長期的な解析が今後必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ●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、レクリエーション価値の低下や損失も無視できない。生態系への影響も含め、一度悪化した水環境は簡単に元に戻せるものではない。			
		河川	<ul style="list-style-type: none"> ●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。 	<ul style="list-style-type: none"> ●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	<ul style="list-style-type: none"> ●全国207地点の表層海水温データ（1970年代～2010年代）を解析した結果、132地点で有意な上昇傾向（平均：0.039℃/年、最小：0.001℃/年～最大：0.104℃/年）が報告されている。なお、この上昇傾向が見られた地点には、人為的な影響を受けた測定点が含まれていることに留意が必要である。 ●沖縄島沿岸域では、有意な水温上昇あるいは下降傾向は認められなかったとの研究報告もある。 	<ul style="list-style-type: none"> ●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）	<ul style="list-style-type: none"> ●年降水量の年ごとの変動が大きくなっており、無降雨・少雨が続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。 	<ul style="list-style-type: none"> ●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。

4 気候変動による影響の評価(一覧表)

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考				
					観点	判断理由							
		水供給(地下水)	<ul style="list-style-type: none"> ●気候変動による降水量や降水の時間推移の変化に伴う地下水位の変化の現状については、現時点で具体的な研究事例は確認できていない。 ●一般的に、地下水利用量の変化には気候変動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いない。 	<ul style="list-style-type: none"> ●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もの、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懸念がある。 ●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、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懸念がある。 	◇	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	<ul style="list-style-type: none"> ●気温上昇と水使用量の関係について、東京では、気温上昇に応じて水使用量が増加することが実績として現れている。 ●農業分野では、高温障害への対応として、田植え時期や用水時期の変更、掛け流し灌漑の実施等、水需要に影響が生じている。 	<ul style="list-style-type: none"> ●現時点で、気候変動による影響を定量的に予測した研究事例は確認できていないもの、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な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	<ul style="list-style-type: none"> ●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。 	<ul style="list-style-type: none"> ●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			
		自然林・二次林	<ul style="list-style-type: none"> ●気候変動に伴う自然林・二次林の分布適域の移動や拡大の現状について、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。 	<ul style="list-style-type: none"> ●冷温帯林の構成種の多くは、分布適域がより高緯度、高標高域へ移動し、分布適域の減少が予測されている。特に、ブナ林は21世紀末に分布適域の面積が現在に比べて減少することが示されている。 ●暖温帯林の構成種の多くは、分布適域が高緯度、高標高域へ移動し、分布適域の拡大が予測されている。 ●ただし、実際の分布については、地形要因や土地利用、分布拡大の制限などにより縮小するという予測もある。 							●	▲	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	<ul style="list-style-type: none"> ●気候変動に伴う自然林・二次林の分布適域の移動や拡大の現状について、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。 	<ul style="list-style-type: none"> ●冷温帯林の構成種の多くは、分布適域がより高緯度、高標高域へ移動し、分布適域の減少が予測されている。特に、ブナ林は21世紀末に分布適域の面積が現在に比べて減少することが示されている。 ●暖温帯林の構成種の多くは、分布適域が高緯度、高標高域へ移動し、分布適域の拡大が予測されている。 ●ただし、実際の分布については、地形要因や土地利用、分布拡大の制限などにより縮小するという予測もある。 							●	▲	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

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の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・重要な意思決定が必要な時期」の観点で評価を行うことは難しく、「影響の発現時期」の観点のみで評価を行っている。

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	—		—	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	<ul style="list-style-type: none"> ● 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いない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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					緊急性評価の内訳； 【影響の発現時期】：中程度 【適応の着手・重要な意思決定が必要な時期】：中程度
		人工林	<ul style="list-style-type: none"> ● 一部の地域で、気温上昇と降水の時空間分布の変化による水ストレスの増大により、スギ林が衰退しているという報告がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 現在より 3℃気温が上昇すると、年間の蒸散量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 CO₂濃度の上昇による影響は考慮されていない。スギ人工林生態系に与える影響予測のためには樹木の生理的応答などさらなる研究が必要である。 ● 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			緊急性評価の内訳； 【影響の発現時期】：中程度 【適応の着手・重要な意思決定が必要な時期】：中程度
		野生鳥獣被害	<ul style="list-style-type: none"> ● 日本全国でニホンジカやイノシシの分布を経年比較した調査において、分布が拡大していることが確認されている。 ● 積雪深の低下に伴い、越冬地が高標高に拡大したことが確認されている。 ● 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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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		—	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	—		—	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拔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。

4 気候変動による影響の評価(一覧表)

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					
淡水生態系	物質収支 ¹⁶		<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動に伴う物質収支への影響の現状について、現時点で研究事例は限定的である。 ● 日本の森林における土壌 GHG フラックス¹⁷は、1980 年から 2009 年にわたって、CO₂・N₂O の放出、CH₄ の吸収の増加が確認されている。 ● 降水の時空間分布の変化傾向が、森林の水収支や土砂動態に影響を与えている可能性があるが、長期データに乏しく、変化状況を把握することは困難な状況となっている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 年平均気温の上昇や無降水期間の長期化により、森林土壌の含水量低下、表層土壌の乾燥化が進行し、細粒土砂の流出と濁度回復の長期化、最終的に降雨流出応答の短期化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	●	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。	▲	▲	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
	湖沼	<ul style="list-style-type: none"> ● 湖沼生態系は、流域土地利用からの栄養塩負荷の影響を受けるため、気候変動の影響のみを検出しにくく、直接的に気候変動の影響を明らかにした研究は日本にはない。 ● ただし、鹿児島県の池田湖において、暖冬により循環期がなくなり、湖底の溶存酸素が低下して貧酸素化する傾向が確認されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 現時点で日本における影響を定量的に予測した研究事例は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 CO₂ 濃度上昇が、動物プランクトンの成長量を低下させることが明らかになっている。 	生態系	●	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。	▲	■	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	<ul style="list-style-type: none"> ● 我が国の河川は取水や流量調節が行われているため気候変動による河川の生態系への影響を検出しにくく、現時点で気候変動の直接的影響を捉えた研究成果は確認できていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 積雪量や融雪出水の時期・規模の変化による、融雪出水時に合わせた遡上、降下、繁殖等を行う河川生物相への影響 ➢ 降雨の時空間分布の変化に起因する大規模な洪水の頻度増加による、濁度成分の河床環境への影響、及びそれに伴う魚類、底生動物、付着藻類等への影響 ➢ 渇水に起因する水温の上昇、溶存酸素の減少に伴う河川生物への影響 	生態系	●	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。	▲	■	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	<ul style="list-style-type: none"> ● 湿原の生態系は気候変動以外の人為的な影響を強く受けており、気候変動による影響を直接的に論じた研究事例はない。 ● 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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 現時点で定量的に予測をした研究事例は確認できていないものの、以下のような影響が想定される。 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 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	<ul style="list-style-type: none"> ● 沖縄地域で、海水温の上昇により亜熱帯性サンゴの白化現象の頻度が増大している。 ● 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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。	—	—	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⁾	<ul style="list-style-type: none"> ● 日本沿岸の各所において、海水温の上昇に伴い、低温性の種から高温性の種への遷移が進行していることが確認されている。 ● 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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 海水温の上昇に伴い、エゾバフンウニからキタムラサキウニへといったより高温性の種への移行が想定され、それに伴い生態系全体に影響が及ぶ可能性があるが、定量的な研究事例が限定されている。 ● 海洋酸性化による影響については、中～高位の二酸化炭素排出シナリオの場合、特に極域の生態系やサンゴ礁といった脆弱性の高い海洋生態系に相当のリスクをもたらすと考えられる。炭酸カルシウム骨格・殻を有する軟体動物、棘皮動物、造礁サンゴに影響を受けやすい種が多く、その結果として水産資源となる種に悪影響がおよぶ可能性がある。また、水温上昇や低酸素化のような同時に起こる要因と相互に作用するために複雑であるが、影響は増幅される可能性がある。 ● 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。

4 気候変動による影響の評価(一覧表)

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	環	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いつい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・間接的作用により、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。			
				在来	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關係する生物季節を主に扱う。

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考	
					観点	判断理由				
					サービス	—		—		
自然災害・沿岸域	河川	洪水	<ul style="list-style-type: none"> ● 既往降雨データの分析によると、比較的多頻度の大雨事象については、その発生頻度が経年的に増加傾向にあることが示されている。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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● AIB 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	<ul style="list-style-type: none"> ● 既往降雨データの分析によると、比較的多頻度の大雨事象については、その発生頻度が経年的に増加傾向にあり、年超過確率1/5や1/10の、短時間に集中する降雨の強度が過去50年間で有意に増大してきている。これ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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。

4 気候変動による影響の評価(一覧表)

分野	大項目	小項目	現在の状況	将来予測される影響	重大性		緊急性	確信度	備考
					観点	判断理由			
	沿岸	海面上昇	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動による海面上昇については多くの研究が行われている。 ● 1986～2005年平均を基準とした、2081～2100年平均の世界平均海面水位の上昇は、RCP2.6シナリオ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。 ● 80cm海面が上昇した場合、三大湾のゼロメートル地帯の面積が現在の1.6倍に増加するなど、影響の範囲は全国の海岸に及ぶ。 ● 海面上昇が生じると、台風、低気圧の強化が無い場合にも、現在と比較して高潮、高波による被災リスクが高まる。 ● 河川や沿岸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	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動による海面上昇や台風の強度の増加が高潮や高波に与える影響及びそれに伴う被害に関しては、現時点で具体的な研究事例は確認できていない。高潮については、極端な高潮位の発生が、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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動による海面の上昇や台風の強度の増加が、既に海岸侵食に影響を及ぼしているかについては、現時点で具体的な研究事例は確認できていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候変動による海面の上昇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増加し、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	<ul style="list-style-type: none"> ● 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50mm/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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 降雨条件が厳しくなるという前提の下で状況の変化が想定されるものとして以下が挙げられる。(ここで、厳しい降雨条件として、極端に降雨強度の大きい豪雨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50万箇所以上が土砂災害危険箇所等として把握されているが、それ以外の場所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	<ul style="list-style-type: none"> ● 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いない。 ● 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いない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● AIB 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	<ul style="list-style-type: none"> ● 冬季の気温の上昇に伴い冬季死亡率が低下しているという具体的な研究事例は現時点では確認できていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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、死亡率や罹患率に關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	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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倍以上になると予測されている。 ● 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	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。

4 気候変動による影響の評価(一覧表)

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									
産業・経済活動	製造業	節足動物媒介感染症	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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を予測されている。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	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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、文献に限られており定量的評価が困難である。 						-	-				
		その他	<ul style="list-style-type: none"> ● 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流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。 ● 暑熱に対する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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ● 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流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。 ● 暑熱に対する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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。 	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。	●	■							
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ● 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流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。 ● 暑熱に対する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。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 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。 							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。			

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イルスの感染症。
 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	エネルギー需給	<ul style="list-style-type: none"> ●現時点では、気候変動によるエネルギー需給への影響に関する具体的な研究事例は確認できていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ●気候変動によるエネルギー需給への将来影響を定量的に評価している研究事例は限定的であるが、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。 <ul style="list-style-type: none"> ✓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			<ul style="list-style-type: none"> ●日本における商業への影響について、具体的な研究事例は現時点では確認できていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ●日本における気候変動による商業への将来影響を評価している研究事例は乏しく、商業への影響は現時点では評価できない。 ▶アパレル業界では、気候変動は季節性を有する製品の売上、販売計画に影響を与え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			<ul style="list-style-type: none"> ●1980年からの約30年間の自然災害とそれに伴う保険損害の推移からは、近年の傾向として、保険損害が著しく増加し、恒常的に被害が出る確率が高まっていることが確認されている。 ●保険会社では、従来のリスク定量化の手法だけでは将来予測が難しくなっており、今後の気候変動の影響を考慮したリスクヘッジ・分散の新たな手法の開発を必要としているとの報告もなされている。 ●日本における金融分野への影響については、具体的な研究事例が確認できていない。 	<ul style="list-style-type: none"> ●自然災害とそれに伴う保険損害が増加し、保険金支払額の増加、再保険料の増加が予測されている。ただし、現時点では、日本に関する研究事例は限定的にしか確認できていない。 ●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。 <ul style="list-style-type: none"> (保険業) <ul style="list-style-type: none"> ▶付保できない分野の登場、再保険の調達困難などの脅威 ▶保険需要の増加、新規商品開発の可能性などのビジネス機会。 (金融業) <ul style="list-style-type: none"> ▶資産の損害や気象の変化による経済コストの上昇などの脅威 ▶適応事業融資、天候デリバティブの開発などのビジネス機会 ●金融分野への影響については、現時点で日本に関する具体的な研究事例は確認できていない。 		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	<ul style="list-style-type: none"> ●気温の上昇、降雨量・降雪量や降水の時空間分布の変化、海面の上昇は、自然資源（森林、雪山、砂浜、干潟等）を活用したレジャーへ影響を及ぼす可能性があるが、現時点で研究事例は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。 	<ul style="list-style-type: none"> ●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。 		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、自然資源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。

4 気候変動による影響の評価(一覧表)

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		<ul style="list-style-type: none"> ●現時点で、建設業への影響について具体的な研究事例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。 	<ul style="list-style-type: none"> ●現時点で、建設業への影響について具体的な研究事例は限定的である。 ●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		<ul style="list-style-type: none"> ●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。 	<ul style="list-style-type: none"> ●現時点で、医療産業への影響について具体的な研究事例は確認できていない。 ●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)	<ul style="list-style-type: none"> ●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。 	<ul style="list-style-type: none"> ●国外での影響が、日本国内にどのような影響をもたらすかについては、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。 	—		<p>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。</p> <p>なお、英国の科学技術庁が2011年に取りまとめた、気候変動による海外の影響が自国内に及ぼす影響の評価では、輸入先での異常気象の頻度や期間の増加、水資源の減少、海洋の酸性化、水温の変化等が農水産物の輸入価格に影響を与えると予測されている。</p>	—		
国民生活・都市生活	都市インフラ、ライフライン等	水道、交通等	<ul style="list-style-type: none"> ●近年、各地で、記録的な豪雨による地下浸水、停電、地下鉄への影響、濁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。 	<ul style="list-style-type: none"> ●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は、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濁水の増加、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	<p>現在でも豪雨や濁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、豪雨や濁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。</p>			
	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	<ul style="list-style-type: none"> ●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ど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。 	<ul style="list-style-type: none"> ●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	<p>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。</p> <p>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られ、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。</p> <p>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。</p>			
					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	<ul style="list-style-type: none"> ●日本の中小都市における100年あたりの気温上昇率が1.5℃であるのに対し、主要な大都市の気温上昇率は2.0～3.2℃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、睡眠障害、屋外活動への影響等が生じている。 	<ul style="list-style-type: none"> ●国内大都市のヒートアイランドは、今後は小幅な進行にとどまると考えられるが、既に存在するヒートアイランドに気候変動による気温の上昇が加わり、気温は引き続き上昇を続けることが見込まれる。 ●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WGBT⁴⁰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障害など、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・睡眠障害、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 WGBT (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/m²、6.0W/m²、4.5W/m²、2.6W/m² 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

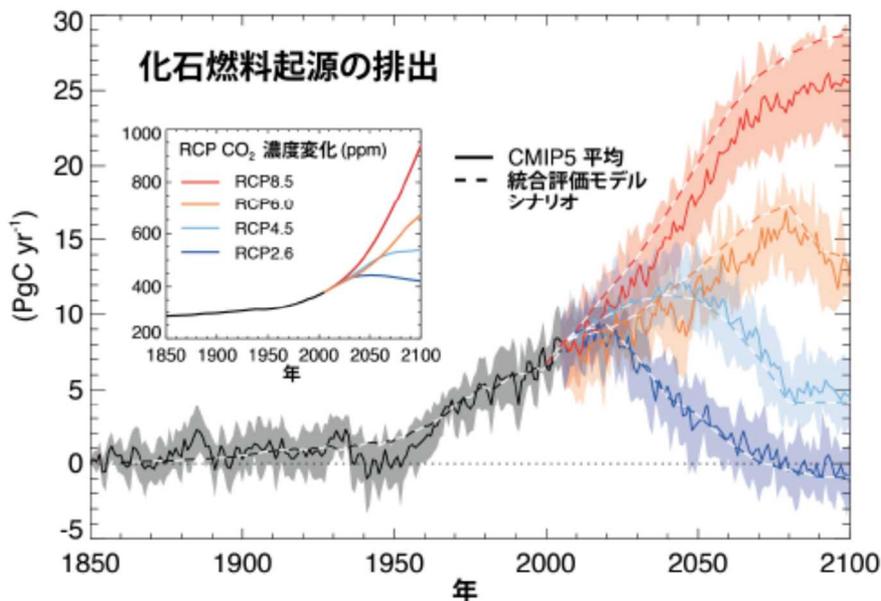


図 RCPシナリオに基づく放射強制力(図外側;RCP シナリオで定める4つの放射強制力の経路を実線で示す。比較のためSRES シナリオに基づいて求めた放射強制力を破線で示す。)とRCPシナリオに対応する化石燃料からの二酸化炭素排出量(図内側;地球システムモデルによる逆算の結果。細線:個々のモデルの結果、太線:複数のモデルの平均)

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。

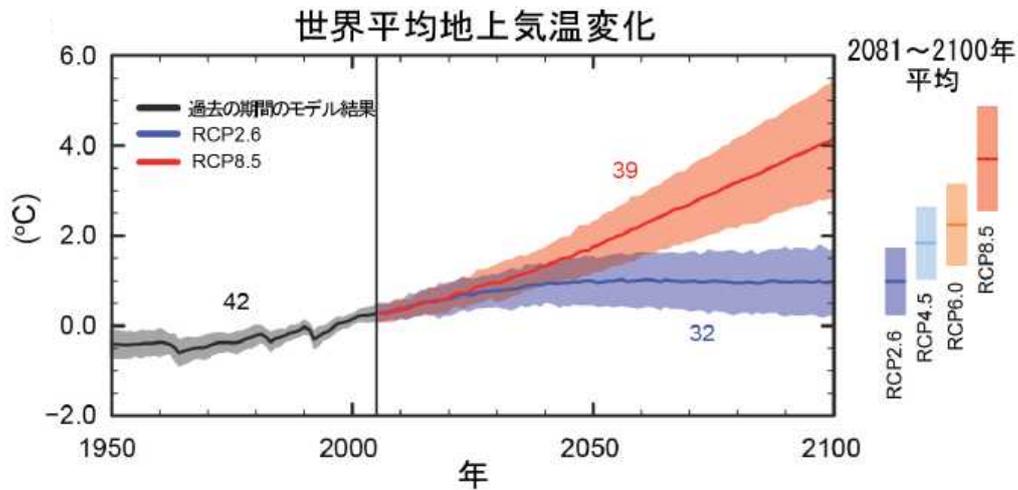


図 CMIP5 の複数のモデルによりシミュレーションされた時系列(1950年から2100年)。1986～2005年平均に対する世界平均地上気温の変化。予測と不確実性の幅(陰影)の時系列を、RCP2.6(青)とRCP8.5(赤)のシナリオについて示した。黒(と灰色の陰影)は、復元された過去の強制力を用いてモデルにより再現した過去の推移である。全てのRCPシナリオに対し、2081～2100年の平均値と不確実性の幅を彩色した縦帯で示している。数値は、複数モデルの平均を算出するために使用したCMIP5のモデルの数を示している。

(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 (°C)		海面水位変化 (m)	
	中期 (2046～2065年)	長期 (2081～2100年)	中期 (2046～2065年)	長期 (2081～2100年)
RCP 2.6	0.4～1.6(1.0)	0.3～1.7(1.0)	0.17～0.32(0.24)	0.26～0.55(0.40)
4.5	0.9～2.0(1.4)	1.1～2.6(1.8)	0.19～0.33(0.26)	0.32～0.63(0.47)
6.0	0.8～1.8(1.3)	1.4～3.1(2.2)	0.18～0.32(0.25)	0.33～0.63(0.48)
8.5	1.4～2.6(2.0)	2.6 4.8(3.7)	0.22～0.38(0.30)	0.45～0.82(0.63)

・予測は、1986～2005年平均を基準とした変化量。

・()の値は、予測の平均値を示す。

以下の出典より事務局作成。

IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

注)

・SRESシナリオに基づく気候予測は第4次評価報告書での評価結果、RCPシナリオに基づく気候予測は第5次評価報告書での評価結果であり、排出シナリオだけでなく気候予測の手法についても違いがある。

2. SRES シナリオ

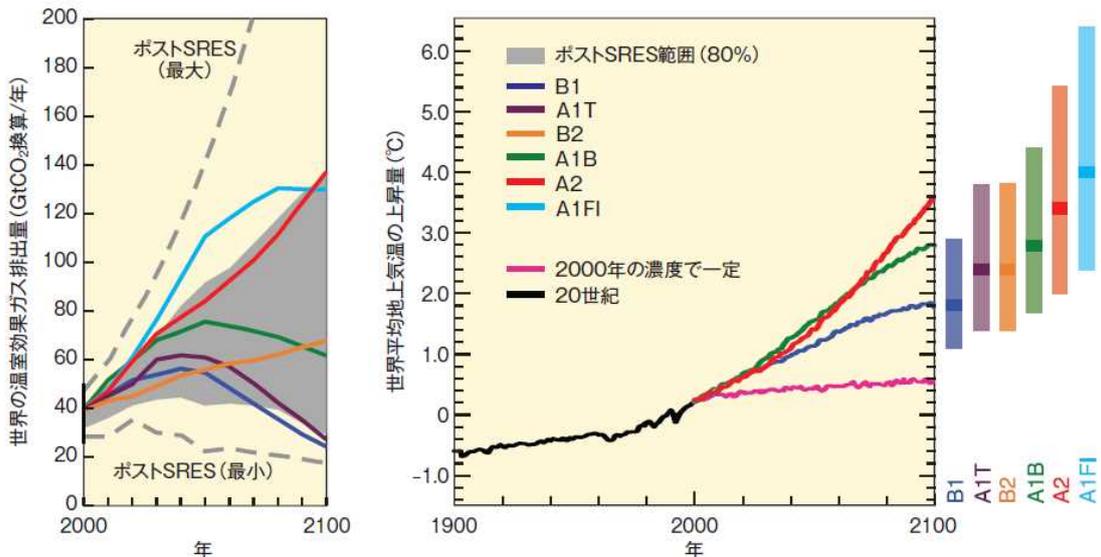
IPCC 第4次評価報告書において評価された気候予測実験で共通想定として用いられた排出シナリオであり、A1 シナリオ (高成長型社会シナリオ)、A2 シナリオ (多元化社会シナリオ)、B1 シナリオ (持続発展型社会シナリオ)、B2 シナリオ (地域共存型社会シナリオ) に分類している。A1 シナリオは、A1FI (化石エネルギー源を重視)、A1T (非化石エネルギー源を重視)、A1B (各エネルギー源のバランスを重視) に更に区分されている。



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 年より作成

出典：「気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート『日本の気候変動とその影響 (2012 年度版)』」(文部科学省 気象庁 環境省、2013 年)

2000～2100年の温室効果ガス排出シナリオ (追加的な気候政策を含まない) 及び地上気温の予測



左の図: 追加的な気候政策を含まない場合の世界の温室効果ガス排出量 (CO₂換算): 6つのSRESマーカーシナリオ (彩色した線)、SRES以降に公表された最近のシナリオ (ポストSRES) の80パーセント (灰色の彩色範囲)。点線はポストSRESシナリオ結果のすべての範囲を示す。排出量にはCO₂、CH₄、N₂O及びフロンガスが含まれる。

右の図: 実線は、A2、A1B、B1シナリオにおける複数のモデルによる地球平均地上気温の昇温を20世紀の状態に引き続いて示す。これらの予測は短寿命温室効果ガス及びエアロゾルの影響も考慮している。ピンク色の線はシナリオではなく、2000年の大気中濃度で一定に保った大気海洋結合モデル (AOGCM) シミュレーションによるもの。図の右の帯は、6つの SRESシナリオにおける2090～2099年についての最良の推定値 (各帯の横線) 及び可能性が高い予測幅を示す。全ての気温は1980～1999 年との比較。

(出典: IPCC第4次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約 図SPM.5)

表 シナリオ別の世界平均気温の変化と世界平均海面水位の変化の予測

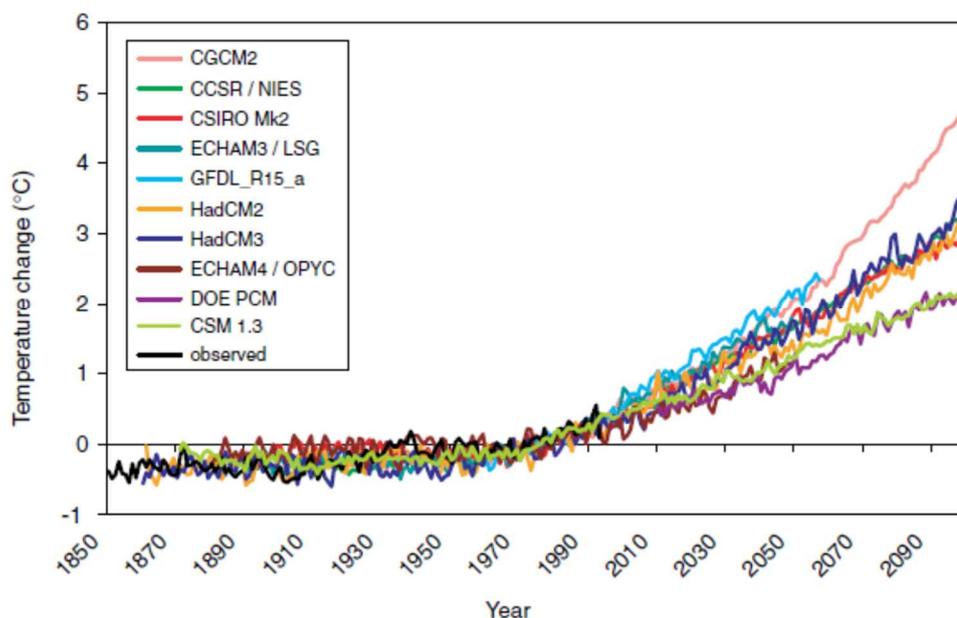
排出シナリオ	気温変化 (°C)	海面水位変化 (m)
	長期(2090~2099年)	長期(2090~2099年)
SRES B1	1.1 ~ 2.9 (1.8)	0.18 ~ 0.38
A1T	1.4 ~ 3.8 (2.4)	0.20 ~ 0.45
B2	1.4 ~ 3.8 (2.4)	0.20 ~ 0.43
A1B	1.7 ~ 4.4 (2.8)	0.21 ~ 0.48
A2	2.0 ~ 5.4 (3.4)	0.23 ~ 0.51
A1FI	2.4 ~ 6.4 (4.0)	0.26 ~ 0.59

- ・ 予測は、1980~1999年平均を基準とした変化量。
- ・ () の値は、最良の推定値 (best estimate) を示す。

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°C（硫酸エアロゾルの放射強制力を見込まない場合は1.6°C）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°C）の場合、IS92a 排出シナリオでは、1990年に対して2100年に2.0°C気温が上昇する（エアロゾルが1990年レベルと変わらない場合には2.4°C）ことが示されている。⁴



本図は硫酸エアロゾルの影響も考慮している。黒線は観測された気温変化を示し、他の線はデータセンターの各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「9.3.1.2 Projection 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「6.3.3 Temperature 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

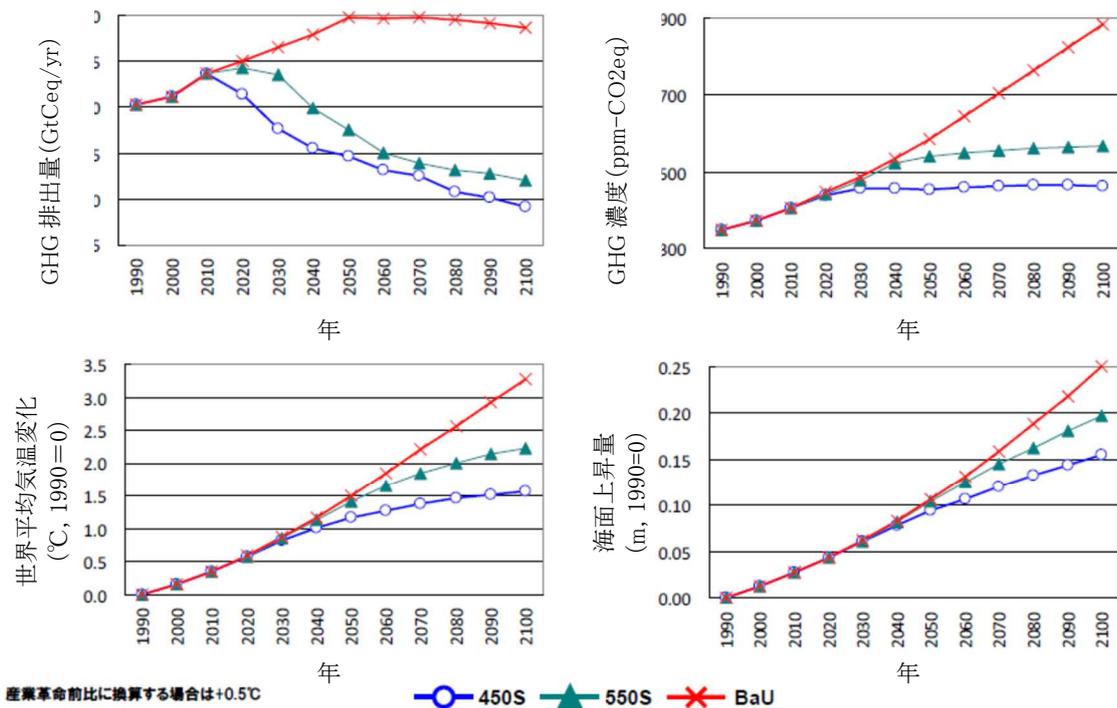


表 シナリオ別の温室効果ガス濃度 (二酸化炭素等価濃度) と平均気温上昇

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
0001	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	
0002	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	
0003	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	
0004	超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測に関する研究 平成 23 年度研究成果報告書	文部科学省研究開発局 21 世紀気候変動予測革新プログラム	2013	【pp.174-176】
0005	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	
0006	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	
0007	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	【沿岸-高潮・高波】第 13 章を引用 【山地-土石流・地すべり】第 11 章を引用
0008	Climate Change 2014 Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II 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
0009	地球温暖化予測情報 第8巻	気象庁	2013	
1001	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	
1002	平成 25 年地球温暖化影響調査レポート	農林水産省	2013	
1003	Modeling the multiple effects of temperature and radiation on rice quality.	Okada M, Iizumi T, Hayashi Y, Yokozawa M.	2011	
1004	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	

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
1005	平成 22 年度高温適応技術レポート	農林水産省	2011	
1006	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化影響の総合評価に関する研究」関連の論文
1007	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	
1008	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	
1009	気候変動が圃場における水稻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	
1010	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	
1011	高温・高 CO2 濃度環境が水稻の生育・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	
1012	登熟期の高温が穎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	
1013	水稻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、上蘭一郎、田中明男	2008	
1014	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. 水稻における影響予測	丹野久	2012	
1015	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	1014 の文献と同内容
1016	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) 1.2030 年代の機構予測および技術的対応方向(総論)	中辻敏郎、丹野久、谷藤健、梶山努、松永浩、三次智明、佐藤仁、寺見裕、志賀弘行	2011	
1017	温暖化フォーラム(北海道)報告	広田知良、中辻敏郎、濱寄孝弘、小沢聖、永田修、古賀伸久、井上聡、志賀弘行、岡田益己、大政謙次	2012	
1018	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	－	
1019	Projecting climate change impacts both on rice quality and yield in Japan.	Okada M, Iizumi T, Hayashi Y, Yokozawa M.	2011	
1020	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	

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
1021	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	
1022	Rice cultivar responses to elevated CO ₂ at two free-air CO ₂ 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	
1023	Impacts of climate changes on the temperature of paddy waters.	Ohta S, Kimura A.	2007	
1024	Impact assessment of climate change on rice production in Asia in comprehensive consideration of process/parameter uncertainty in general circulation models.	Masutomi Y, Takahashi K, Harasawa H, Matsuoka Y.	2009	
1025	Overview of Recent Effects of Global Warming on Agricultural Production in Japan	Sugiura T, Sumida H, Yokoyama S, Ono H	2012	
1026	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	
1027	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	
1028	Changes in the taste and textural attributes of apples in response to climate change.	Sugiura T, Ogawa H, Fukuda N, Moriguchi T.	2013	
1029	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	
1030	地球温暖化が果樹栽培に与える影響と対策	杉浦俊彦	2009	
1031	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	
1032	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に対する地球温暖化の予測	杉浦俊彦、横沢正幸	2004	
1033	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	
1034	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	
1035	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	

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
1036	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	
1037	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	
1038	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	
1039	小麦作への温暖化の影響と対策技術	中園江	2010	
1040	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	
1041	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	
1042	2010年の夏季異常高温が東北地域におけるダイズの生育、収量、品質に及ぼした影響	松波寿典、井上一博、工藤忠之、伊藤信二、長沢和弘、柴田康志、神崎正明、千田洋、二瓶直登、荒井義光、小林浩幸、山下伸夫	2013	
1043	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	
1044	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	
1045	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	
1046	The effects of increased temperature on crop growth and yield ofsoybean grown in a temperature gradient chamber.	Tacarindua C R P, Shiraiwaa T, Homma K, Kumagai E, Sameshima R.	2013	
1047	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 0001)の原著論文
1048	地球温暖化が肥育豚の飼養成績に及ぼす影響 -「気候温暖化メッシュデータ(日本)」によるその将来予測-	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 0001)の原著論文
1049	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	
1050	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	

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
1051	Distribution range shift of two allied species, <i>Nezara viridula</i> and <i>N. antennata</i> (Hemiptera: Pentatomidae), in Japan, possibly due to global warming.	Yukawa J, Kiritani K, Gyotoku N, Ueichi N, Yamaguchi D, Kamitani S.	2007	
1052	Northward range expansion by <i>Nezara viridula</i> (Hemiptera: Pentatomidae) in Shikoku and Chugoku Districts, Japan, possibly due to global warming.	Yukawa J, Kiritani K, Kawasaki T, Higashiura, Y., Sawamura, N., Nakada, K., Gyotoku, N., Tanaka, A., Kamitani, S., Matsuo, K., Yamauchi, S., & Takematsu, Y	2009	
1053	日本産昆虫、ダニの発育零点と有効積算温度定数: 第2版	桐谷圭治	2012	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 0001)の原著論文
1054	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	
1055	Prediction of a geographical shift in the prevalence of rice stripe virus disease transmitted by the small brown planthopper, <i>Laodelphax striatellus</i> (Fallén) (Hemiptera: Delphacidae), under global warming.	Yamamura K, Yokozawa M.	2002	
1056	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	
1057	温暖化による雑草の発生と分布の変化	富永達	2001	
1058	Effects of Elevated Atmospheric CO ₂ Concentration on the Infection of Rice Blast and Sheath Blight.	Kobayashi T, Ishiguro K, Nakajima T, Kim H K, Okada M, Kobayashi K.	2006	
1059	A simple method to estimate the potential increase in the number of generations under global warming in temperate zones.	Yamamura K, Kiritani K.	1998	
1060	日本における森林気象害および林野火災の発生状況(1954年度～2003年度)	鈴木覚、吉武孝、後藤 義明.	2009	
1061	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	
1062	Analysis of wind damage caused by multiple tropical storm events in Japanese <i>Cryptomeria japonica</i> forests.	Kamimura K, Saito S, Kinoshita H, Kitagawa K, Uchida T, Mizunaga H.	2013	
1063	Developing a decision support approach to reduce wind damage risk - a case study on sugi (<i>Cryptomeria japonica</i> (L.f.) D.Don) forests in Japan.	Kamimura K, Gardiner B, Kato A, Hiroshima T, Shiraishi, N.	2008	

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
1064	関東平野におけるスギ林衰退と土壌要因	伊藤江利子、吉永秀一郎、大貫靖浩、志知幸治、松本陽介、峠田宏	2002	
1065	関東平野における樹木衰退の1999年～2001年の状況	松本陽介、小池信哉、河原崎里子上村章、原山尚徳、伊藤江利子、吉永秀一郎、大貫靖浩、志知幸治、奥田史郎、石田厚、峠田宏	2002	
1066	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	
1067	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	
1068	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	
1069	The Potential Effect of Climate Change on the Transpiration of Sugi (<i>Cryptomeria japonica</i> D. Don) Plantations in Japan.	Shigenaga H, Matsumoto Y, Taoda H, Takahashi M.	2005	
1070	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、峠田宏	2006	
1071	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	
1072	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	
1073	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	
1074	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	
1075	シイタケ原木栽培における夏場の高温状態の発生に及ぼす影響と寒冷紗施用による環境改善効果について	宮崎和弘、中武千秋	2014	
1076	暖冬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	
1077	暖冬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	
1078	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	
1079	Signature of ocean warming in global fisheries catch.	Cheung, W.W.L, Watson R, Pauly D.	2013	

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
1080	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	
1081	Impacts of climate change on growth, migration and recruitment success of Japanese sardine (<i>Sardinops melanostictus</i>) in the Western North Pacific.	Okunishi T, Ito S, Hashioka T, Takashi T, Sakamoto, Yoshie N, Sumata H, Yara Y, Okada N, Yamanaka Y.	2012	
1082	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	
1083	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 0001)の原著論文
1084	Effect of global warming on the life history and population dynamics of Japanese chum salmon.	Kaeriyama M, Seo H, Qin Y.	2014	
1085	The effect of climate change on the growth of Japanese chum salmon (<i>Oncorhynchus keta</i>) using a bioenergetics model coupled with a three-dimensional lower trophic ecosystem model (NEMURO).	Michio J.Kishi, Masahide Kaeriyama, Hiromich iUeno , Yasuko Kamezawa	2010	
1086	Environmental factors which affect growth of Japanese common squid, <i>Todarodes pacificus</i> , analyzed by a bioenergetics model coupled with a lower trophic ecosystem model.	Kishi M J, Nakajima K, Fujii M, Hashioka T.	2009	
1087	地球温暖化による海洋生態系の変化	岸道郎	2011	
1088	Response of yellowtail, <i>seriola quinqueradiata</i> .	Tian Y, Kidokoro H, Watanabe T, Igeta Y, Sakaji H, Ino S.	2012	
1089	Decrease of abalone resources with disappearance of macroalgal beds around the Ojika Islands, Nagasaki, Southwestern Japan.	Kimoto S., Tagawa,M., Nakamura,Y., Horii,T., Watanabe,A., Tozawa,T., Yatsuya,K., Yoshimura,T., & Tamaki,A.	2013	
1090	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	
1091	鹿児島湾における藻場の分布と特性	田中博春、吉満敏、今吉雄二、石賀好恵、寺田竜太	2013	

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
1092	平成 26 年度日本水産学会春季大会講演要旨集 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	
1093	Shift from bottom-up to top-down control of the algal community due to climate change: impacts on the Japanese spiny lobster in southwestern Japan.	Yoshimura T., Yatsuya, K., Yaneda, T., Kiyomoto, S., & Yoshida, G.	2014	
1094	沿岸海洋の富栄養化と赤潮の拡大	今井一郎	2001	
1095	有害渦鞭毛藻 <i>Heterocapsa circularisquama</i> に関する生理生態学的研究－II <i>H. circularisquama</i> の毒性および貝類斃死機構の解明	松山幸彦	2003	
1096	瀬戸内海の魚類に見られる異変と諸問題	重田利拓	2008	
1097	Fishes in high-CO ₂ , acidified oceans.	Ishimatsu A, Hayashi M, Kikkawa T.	2008	
1098	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	
1099	長崎県野母崎沿岸の浅海魚類相	田和篤史、竹垣毅	2009	
1100	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	
1101	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	
1102	藻場の長期モニタリング 背景と課題	寺田竜太	2011	
1103	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	
1104	Effects of temperature, salinity and their interaction on growth of Japanese <i>Gambierdiscus</i> spp. (Dinophyceae).	Yoshimatsu T, Yamaguchi H, Iwamoto H, Nishimura T, Adachi M.	2014	
1105	温暖化が魚類の養殖業生産に及ぼす影響の評価と予測技術の開発	安藤 忠、奥宏海、奥澤公一、伊藤文成、阿保勝之、徳田雅治、坂見知子	2008	
1106	ブリの増殖に関する研究－特にいけす網養殖における餌料と成長との関係－	原田輝雄	1965	
1107	水温が伊勢湾産イカナゴ初期生活史の成長と加入資源量に与える影響	富山実	2006	
1108	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	

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
1109	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	
1110	地球温暖化とさかな	安藤忠、奥宏海	2009	
2001	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】
2002	浅い富栄養湖の水質に及ぼす気象の影響	福島武彦、上西弘晃、松重一夫、原沢英夫	1998	【pp180-187】
2003	気候変動への賢い適応	環境省	2008	
2004	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】
2005	Assessment of potential suspended sediment yeild in Japan in the 21st century with reference to the general circulation model climate change scenarios	Mouri.G., Golosov.V., Chalov.S., Takizawa.S., Oguma.K., Yoshimura.K., Shiiba.M., Hori.T., & Oki.T	2013	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
2006	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
2007	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】
2008	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、中谷隼、荒巻俊也、荒木啓祐	2012	【pp635-640】
2009	水環境における温暖化影響に対する適応策	脇岡靖明	2012	【pp368-371】
2010	地球温暖化問題を考慮した水環境管理	花木啓祐	2006	【pp57-61】
2011	地球温暖化と下水道	森田弘昭	2006	【pp62-66】
2012	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】
2013	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	
2014	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	
2015	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	
2016	「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	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	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)
2017	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	

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
2018	神流川沿岸地区における水稻高温障害に対する農業用水管理	志野尚司、柄澤昭司、田澤裕之、山本和雄	2013	
2019	「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	
2020	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	
2021	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	
2022	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	
2023	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	
2024	わが国の年降水量の変動について	近森邦英、紙井泰典	2000	
2025	猛暑に対応した水稻作付け体系が用水需要変動に及ぼす影響	坂田賢、友正達美、内村求	2013	文部科学省 気候変動リスク情報創生プログラム
2026	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	
2027	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】
2028	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】
2029	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】
2030	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	
2031	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	
2032	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	
2033	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	
2034	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	
2035	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	

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
2036	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	
2037	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	
2038	気候変動と水田の水利用	増本隆夫	2012	
2039	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	
2040	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	
2041	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
2042	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	
2043	気候変動に伴う農地・農業用施設に関する影響評価	平岩竜彦、松田光平、川久保素尚、松山茂生	2011	
2044	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	
2045	Reconsideration of reservoir operations under climate change: case study with Yagisawa Dam, Japan	Kim, S., Y. Tachikawa, E. Nakakita, and K. Takara,	2009	IPCC AR5 の引用文献、将来評価
2046	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	
2047	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	
2048	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
2049	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	
2050	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	
2051	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	
2052	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
2053	気候変動影響統計レポート	環境省	2011	
2054	平成 26 年度版日本の水資源	国土交通省	2014	
2055	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	
2056	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	
2057	地球温暖化と地下水塩水化	神野健二、広城吉成	2006	

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
2058	平成 20 年度 ヒートアイランド対策の環境影響等に関する調査業務報告書	社団法人 環境情報科学センター	2008	
3001	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	
3002	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
3003	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	
3004	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	
3005	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	
3006	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、静岡大学、石川県立白山自然保護センター	2004	
3007	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	
3008	Vulnerability of phenological synchrony between plants and pollinators in an alpine ecosystem.	Kudo G.	2014	
3009	Assessing the potential impacts of climate change on the alpine habitat suitability of Japanese stone pine (<i>Pinus pumila</i>).	Horikawa M, Tsuyama I, Matsui T, Kominami Y, Tanaka N.	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
3010	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	
3011	Predicting the impact of climate change on potential habitats of fir (<i>Abies</i>) species in Japan and on the East Asian continent.	Tanaka N, Nakao K, Tsuyama I, Higa M, Nakazono E, Matsui T.	2012	
3012	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	
3013	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	
3014	高山生態系の脆弱性と指標性の評価	国立環境研究所、東京大学、静岡大学、石川県立白山自然保護センター	2001	
3015	温暖化実験で生じた高山植物分布の変化-中央アルプス木曾駒ヶ岳を例として-	財城真寿美、塚田友二、福與聡、GENET	2003	
3016	Warming effects on growth, production, and vegetation structure of alpine shrubs: a five-year experiment in northern Japan.	Kudo G, Suzuki S.	2003	
3017	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	

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
3018	Plot-scale evidence of tundra vegetation change and links to recent summer warming.	Elmendorf S C, Henry G H R, Hollister R D et al.	2012	
3019	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化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
3020	Assessing the impact of land use and climate change on the evergreen broad-leaved species of <i>Quercus acuta</i> 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 0001)の原著論文
3021	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
3022	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	
3023	Climatic controls of a keystone understory species, <i>Sasamorpha borealis</i> , 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
3024	Factors determining the distribution of a keystone understory taxon, dwarf bamboo of the section <i>Crassinodi</i> , on a national scale: application to 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
3025	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	
3026	Spatial conservation planning under climate change: Using species distribution modeling to assess priority for adaptive management of <i>Fagus crenata</i> in Japan.	Nakao K, Higa M, Tsuyama I, Matsui T, Horikawa M, Tanaka N.	2013	
3027	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	
3028	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	
3029	Evaluation of habitat sustainability and vulnerability for beech (<i>Fagus crenata</i>) forests under 110 hypothetical climatic change scenarios in Japan.	Matsui T, Takahashi K, Tanaka N, Hijioka Y, Horikawa M, Yagihashi T, Harasawa H.	2009	

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
3030	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	
3031	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	
3032	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、埴田宏	2006	
3033	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	
3034	気候温暖化の自然林への影響と適応策	田中信行	2013	
3035	地球温暖化は森林にどう影響するか?	田中信行、粟屋善雄	2012	
3036	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	
3037	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	
3038	温暖化により被害の拡大が危惧される森林病虫害	尾崎研一、北島博、松本和馬、神崎菜摘、太田祐子	2014	
3039	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	
3040	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	
3041	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	
3042	生物多様性の地図化に関する検討調査業務報告書	財団法人自然環境研究センター	2012	
3043	Wintering range expansion and increase of sika deer in Nikko in relation to global warming,	Li Y, Maruyama N, Koganezawa M, Kanzaki N.	1996	
3044	Factors explaining the extension of the sika deer's range in Nikko, Japan.	Li Y, Maruyama N, Koganezawa M.	2001	
3045	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	
3046	平成 21 年度 森林・林業白書	林野庁	2009	
3047	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	
3048	鳥獣被害対策の現状と課題	農林水産省	2014	

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
3049	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	
3050	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	
3051	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	
3052	Increasing trends of soil greenhouse gas fluxes in Japanese forests from 1980 to 2009.	Hashimoto S, Morishita T, Sakata T, Ishizaka S.	2011	
3053	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	
3054	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	
3055	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	
3056	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	
3057	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	
3058	Stoichiometric impacts of increased carbon dioxide on a planktonic herbivore.	Urabe J, Togari J, Elser JJ.	2003	
3059	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	
3060	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	
3061	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0001)の原著論文
3062	Potential fragmentation and loss of thermal habitats for charrs in the Japanese Archipelago due to climatic warming.	Nakano S, Kitano F, Maekawa K.	1996	
3063	Fluvial geomorphic disturbances and life history traits of riparian tree species.	Futoshi Nakamura, Satomi Inahara	2007	
3064	The relationship between the snowmelt flood and the establishment of non-native brown trout (<i>Salmo trutta</i>) in streams of the Chitose River, Hokkaido, northern Japan.	Kawai H, Ishiyama N, Hasegawa K. and Nakamura, F.	2013	

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
3065	Effect of fine sediment deposition and channel works on periphyton biomass in the Makomanai River, northern Japan.	Yamada H, Nakamura F.	2002	
3066	Effects of fine sediment accumulation on the redd environment and the survival rate of masu salmon (<i>Oncorhynchus masou</i>) embryos.	Yamada H, Nakamura F.	2009	
3067	Potential effects of elevated atmospheric carbon dioxide on benthic autotrophs and consumers in stream ecosystems: a test using experimental stream mesocosms.	Hargrave CW, Gary KP, Rosado SK.	2009	
3068	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	
3069	Latest developments in peatland related climate policies UNFCCC, IPCC and voluntary carbon markets.	Joosten H.	2012	
3070	国土地理院の湖沼湿原調査	国土地理院	2000	
3071	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	
3072	Changes in riparian forests in the Kushiro Mire, Japan, associated with stream channelization.	Nakamura F, Jitsu M, Kameyama S, Mizugaki S.	2002	
3073	Rapid poleward range expansion of tropical reef corals in response to rising sea surface temperatures.	Yamano H, Sugihara K, Nomura K.	2011	
3074	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	
3075	Revisiting the winners and the losers a decade after coral bleaching.	R. van Woesik, K. Sakai, A. Ganase, Y. Loya	2011	
3076	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	
3077	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	
3078	Significant drop of fertilization of <i>Acropora</i> corals in 1999: An after-effect of heavy coral bleaching?	Omori M, Fukami H, Kobinata H, Hatta M.	2001	
3079	Rapid response of an obligately corallivorous filefish <i>Oxymonacanthus longirostris</i> (Monacanthidae) to a mass coral bleaching event.	Kokita T, Nakazono A.	2001	
3080	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	

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
3081	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	
3082	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	
3083	Ocean Acidification limits temperature-induced poleward expansion of coral habitats around Japan.	Yara Y, Vogt M, Fujii M, Yamano H, Hauri C, Steinacher M, Gruber N, Yamanaka Y.	2012	
3084	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
3085	The importance of further research and international cooperation on mangrove ecosystems.	Baba S.	1999	
3086	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	
3087	Effects of temperature and salinity on spawning of the brackish water bivalve <i>Corbicula japonica</i> in Lake Abashiri, Hokkaido, Japan.	Baba K, Tada M, Kawajiri T, Kuwahara Y.	1999	
3088	Northward extension of geographic range of the sea urchin <i>Hemicentrotus pulcherrimus</i> in Hokkaido, Japan.	Agatsuma Y, Hoahikawa H.	2007	
3089	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	
3090	Warming off southwestern Japan linked to distributional shifts of subtidal canopy-forming seaweeds.	Tanaka K, Taino S, Haraguchi H, Prendergast G, Hiraoka M.	2012	
3091	Decline of the <i>Ecklonia cava</i> population associated with increased seawater temperatures in Tosa Bay, southern Japan.	Serisawa Y, Imoto Z, Ishikawa T, Ohno M.	2004	
3092	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	
3093	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	
3094	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	
3095	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	

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
3096	Climate Change, Potential Impacts and Interactions in Wetlands of the United States.	Burkett V, Kusler J.	2000	
3097	Effects of CO ₂ -driven ocean acidification on the early developmental stages of invertebrates.	Kurihara H.	2008	
3098	Effects of elevated pCO ₂ on the early development of the commercially important gastropod, Ezo abalone <i>Haliotis discus hannai</i> .	Kimura R, Takami H, Ono T, Onitsuka T, Nojiri Y.	2011	
3099	Effects of ocean acidification on the early developmental stages of the horned turban, <i>Turbo cornutus</i> .	Onitsuka T, Kimura R, Ono T, Takami H, Nojiri Y.	2014	
3100	Projecting the impacts of rising seawater temperatures on the distribution of seaweeds around Japan under multiple climate change scenarios.	Takao S, Kumagai N H, Yamano H, Fujii M, Yamanaka Y.	2014	
3101	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	
3102	Global phytoplankton decline over the past century.	Boyce D G, Lewis M R, Worm B.	2010	
3103	Multi-decadal decrease of net community production in western subarctic North Pacific.	Ono T, Tadokoro K, Nishioka J, Saito T.	2002	
3104	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	
3105	Possible mechanisms of decadal-scale variation in PO ₄ concentration in the western North Pacific.	Tadokoro K, Ono T, Yasuda I, Osafune S, Shiimoto A, Sugiaki H.	2009	
3106	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、笥茂穂、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	
3107	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
3108	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, Iyina T, Seferian R, Tjiputra J, Vichi M.	2013	

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
3109	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	
3110	Sensitivity of global ocean biogeochemical dynamics to ecosystem structure in a future climate.	Manizza M, Buitenhuis E T, Le Quéré C.	2010	
3111	Projected impacts of climate change and ocean acidification on the global biogeography of planktonic foraminifera.	Roy T, Lombard F, Bopp L, Gehlen M.	2014	
3112	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	
3113	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	
3114	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	
3115	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、榎田達矢、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	
3116	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	
3117	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	
3118	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	
3119	Long-term trends earlier breeding of Japanese amphibians.	Kusano T, Inoue M	2008	
3120	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	
3121	Climate change and extension of the Ginkgo biloba L. growing season in Japan.	Matsumoto K, Ohta T, Irasawa M, Nakamura T,	2003	
3122	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	
3123	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、入来正躬、清水剛	2001	
3124	いきものみつけ 事業成果取りまとめ冊子	環境省 自然環境局生物多様性センター	2013	
3125	全国クマゼミ調査	株式会社ウェザーニューズ	2009	http://weathernews.com/ja/nc/press/2009/090909.html

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
3126	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	
3127	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	
3128	Extinction risk from climate change.	Chiris D. Thomas et.	2004	
3129	Alien species in a warmer world: risks and opportunities.	Walther G R, Roques A, Hulme P E et al.	2009	
4001	社会資本整備重点計画	国土交通省	2012	
4002	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	
4003	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	
4004	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	
4005	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	
4006	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 WG II 報告書の 484 頁で引用
4007	Potential Changes in Extreme Events Under Global Climate Change	Koji Dairaku, Seita Emori, and Hironori Higashi	2008	
4008	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	
4009	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
4010	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
4011	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	
4012	Global projections of changing risks of flood s and droughts in a changing climate	Yukiko Hirabayashi, Roobavannan Mahendran, Sujan Koirala, Lisako Konoshima, Dai Yamazaki, Satoshi Watanabe, Hyungjun Kim and Shinjiro Kanae	2008	
4013	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	

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
4014	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
4015	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	
4016	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、富澤洋介	2006	
4017	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、富澤洋介、楠昌司、栗原和夫	2008	
4018	Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (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	
4019	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	
4020	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	
4021	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		
4022	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	
4023	地殻変動を除去した長期海水位変動と海面水温の関係ー本州沿岸域ー	岩崎伸一、松浦知徳、渡部勲	2002	
4024	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	
4025	日本沿岸の海面水位の長期変化傾向	気象庁	2014	
4026	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	
4027	地球温暖化による防波堤の滑动遭遇確率の変化	河合弘泰	1999	
4028	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】
4029	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戦略検討委員会	2011	【pp.22-23】
4030	気候変動が土構造物・基礎地盤に及ぼす影響	安原一哉	1993	
4031	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	

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
4032	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	
4033	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	
4034	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	
4035	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	
4036	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	
4037	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	
4038	Future flood losses in major coastal cities.	Hallegatte, S., C. Green, R.J. Nicholls, and J. Corfee-Morlot	2013	
4039	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
4040	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	
4041	デジタル台風	国立情報学研究所		
4042	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	
4043	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	
4044	Variation of sliding failure probability of breakwater caisson due to global warming.	Hiroyasu Kawai	2000	
4045	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】
4046	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】
4047	沿岸域における気候変動の影響とその適応策	横木裕宗	2012	
4048	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	
4049	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	
4050	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【4049】と同様の検討を地域を変えて行った論文(※4049 は四国沿岸、本論文 4050 は九州沿岸)

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
4051	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	
4052	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	
4053	温暖化による台風強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	
4054	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	
4055	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	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
4056	Linkages among interannual variations of shoreline, wave and climate at Hasaki, Japan	Y. Kuriyama, M. Banno, and T.Suzuki	2012	
4057	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
4058	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
4059	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	
4060	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	
4061	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
4062	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	
4063	平成 23 年度気候変動に対応した森林の水土保持機能の向上方策検討調査	林野庁	2012	
4064	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	
4065	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	
4066	現代砂防学概論	南哲行、小山内信智	2014	
4067	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	
4068	一連降雨によって引き起こされる土砂移動現象の変化	小山内信智、富田陽子、水野秀明、桂真也、山田孝、権田豊、菊池英明、島田徹、吉田真也、山下勝、石塚忠範、山越隆雄	2011	

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
4069	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	
4070	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	
4071	Catastrophic landslide disasters triggered by record-breaking rainfall in Japan : Their Accurate Detection with Normalized Soil Water Index in the Kii Peninsula for the Year 2011	Hitoshi Saito, and Hiroshi Matsuyama	2012	
4072	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	
4073	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	
4074	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	
4075	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	
4076	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	
4077	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	
4078	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、富田陽子、川邊洋、辻本浩史、鈴木崇	2011	
4079	気候変動監視レポート 2013	気象庁	2014	
4080	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
4081	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
4082	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】
4083	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	

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
4084	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	
4085	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	
4086	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	
4087	2007 年会長特別委員会:地震と豪雨・洪水による地盤災害を防ぐために-地盤工学からの提言、地盤工学会	地盤工学会 2007 年度会長特別委員会	2009	
4088	温暖化に対する土砂災害の影響評価	川越清樹、風間聡	2009	
5001	Issues in health risk assessment of current and future heat extremes	Yasushi Honda and Masaji Ono	2009	
5002	Winter mortality in a warming climate: a reassessment	Kristie L. Ebi and David Mills	2013	
5003	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
5004	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	
5005	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
5006	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 0001)の原著論文
5007	Health Impacts of Global Climate Change	Mitsuru Ando, Warren T. Piver	1996	
5008	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, and R.S. Kovats	2013	AR5 の引用文献
5009	2010 年夏 日本の猛暑	楠昌司 編	2012	
5010	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	

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
5011	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	
5012	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	
5013	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	
5014	地球環境研究の現状、課題および将来展望	不明	不明	
5015	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	
5016	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	
5017	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	
5018	Non-heat related impacts of climate change on working populations	Charmian M. Bennett and Anthony J. McMichael	2010	
5019	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
5020	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	
5021	Genetic Diversity and Distribution of the Ciguatera-Causing Dinoflagellate <i>Gambierdiscus</i> 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	
5022	Effects of climatic elements on <i>Campylobacter</i> -contaminated chicken products in Japan	K. Ishihara, R. Takahashi, M. Andoh, K. Makita, S. Kamiji, H. Ueno, Y. Muramatsu, Y. Tamura	2011	

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
5023	地球温暖化による水系感染症への影響	脇岡靖明、高橋潔、松岡譲、原沢英夫	2002	
5024	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 0001)の原著論文
5025	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	
5026	Effects of weather variability on infectious gastroenteritis	D. ONOZUKA, M. HASHIZUME AND A. HAGIHARA	2009	
5027	Weather variability and paediatric infectious gastroenteritis	D. ONOZUKA AND M. HASHIZUME	2010	
5028	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	
5029	Global Climate Change and Children's Health: Threats and Strategies for Prevention	Perry E. Sheffield and Philip J. Landrigan	2011	
5030	Ozone modifies associations between temperature and cardiovascular mortality analysis of the NMMAPS data	C Ren, G M Williams, L Morawska, K Mengersen, S Tong	2008	
5031	Seasonal variation in the acute effects of ozone on premature mortality among elderly Japanese	Chris Fook Sheng Ng & Kayo Ueda & Hiroshi Nitta & Ayano Takeuchi	2013	
5032	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	
5033	Time series regression studies in environmental epidemiology	Krishnan Bhaskaran, Antonio Gasparrini, Shakoor Hajat, Liam Smeeth and Ben Armstrong	2013	
5034	Adverse health effects of Asian dust particles and heavy metals in Japan.	Onishi, K., Otani, S., Yoshida, A., Mu, H., & Kurozawa, Y.	2012	
6001	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	
6002	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	
6003	気候変動と産業競争力	Kim Ho Seok	2012	
6004	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	

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
6005	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	
6006	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
6007	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。
6008	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。
6009	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。
6010	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。
6011	Climate change feedback on economic growth: explorations with a dynamic general equilibrium model.	Fabio Eболи, Ramiro Parrado, Roberto Roson	2010	
6012	Major public companies describe climate-related risks and costs: A review of findings from CDP2011-2013 disclosures	Carbon Disclosure Project	2014	
6013	自然災害補償と官民役割分担	堀田一吉		
6014	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		
6015	米国の国家洪水保険制度(National Flood Insurance Program)	有賀平		
6016	<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 —	—		
6017	【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
6018	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
6019	UNEP Finance Initiative e-Learning Course on Climate Change: Risks and Opportunities for the Finance Sector	UNEP FI	2009	
6020	UNEP Finance Initiatives, Adaptation and Vulnerability to Climate Change: The Role of the Finance Sector	UNEP FI	2006	
6021	Climate Change Impact on Rice Insurance Payouts in Japan	Iizumi Toshichika, Masayuki Yokozawa, Yousay Hayashi, Fujio Kimura	2008	
6022	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 0001)の原著論文
6023	Evaluation of the Tourism Climate Index over Japan in a Future Climate Using a Statistical Downscaling Method	Hiroyasu KUBOKAWA, Tsuyoshi INOUE, Masaki SATOH	2014	

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
6024	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
6025	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	
6026	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	
6027	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	
6028	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、中畠一憲、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
6029	旅行費用法と統合的な応用一般均衡モデルの開発	坂本直樹、中畠一憲	2012	
6030	Industry, settlement and society. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth 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	
6031	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	
6032	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)
6033	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	
6034	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	
6035	タイの洪水をどう捉えるか-サプライチェーンの自然災害リスクをいかに軽減するか-	大泉啓一郎	2012	
6036	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	
6037	タイ洪水によるHDDサプライチェーンへの影響	清水誠	2011	
6038	International dimensions of climate change	Government Office of Science, UK	2011	
6039	The Role of International Trade in Climate Change Adaptation	Gerald Nelson, Amanda Palazzo, Claudia Ringler, Timothy Sulser, Miroslav Batka	2009	
7001	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	

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
7002	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	
7003	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	
7004	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。
7005	業務指標を用いた気候変動に対する小規模水道事業者の脆弱性評価	渡辺直子、矢部博康、小池亮、森本達男、荒巻俊也、滝沢智	2011	
7006	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、中畠一憲、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
7007	2013:過去 30 年のお渡し拝観式一覧表(2014.8.27 閲覧)	諏訪市博物館		ウェブページ
7008	気候変化レポート 2012-関東甲信・北陸・東海地方-	東京管区气象台	2012	
7009	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	8005 で引用されている文献。三重農研 伊賀農業研究室。
7010	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	
7011	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
7012	大丸有地区の屋外アメニティ空間における温熱環境と利用状況の調査	安藤邦明、西田恵、三坂育正、成田健一	2012	
7013	Detection of urban warming in recent temperature trends in Japan	Fumiaki Fujibe	2009	
7014	Evaluation of background and urban warming trends based on centennial temperature data in Japan	Fumiaki Fujibe	2012	
7015	ヒートアイランド監視報告(平成 25 年)	気象庁	2014	
7016	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	
7017	ヒートアイランド対策マニュアル—最新状況と適応策等の対策普及に向けて—	環境省	2012	
7018	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	
7019	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	
7020	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	
7021	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	

文献コード	論文等の名称	執筆者名	発表年	備考
7022	被害算定方 LCIA 手法によるヒートアイランド現象の県境影響評価 その 3 東京都 23 区の夜間高温化による睡眠障害の定量化と睡眠障害に伴う経済損失の評価	玄地裕、井原智彦、岡野泰久	2007	
7023	被害算定方 LCIA 手法によるヒートアイランド現象の県境影響評価 その 4 東京 23 区におけるヒートアイランド現象による睡眠障害の影響評価	玄地裕、井原智彦、岡野泰久	2007	
7024	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	
7025	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	
7026	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	
7027	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	
7028	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
7029	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	
7030	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	榎原保志	1999	
7031	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	
7032	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	
7033	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	
7034	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	
7035	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	

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
7036	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	
8001	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	
8002	「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	
8003	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	2015	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
8004	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	
8005	平成 24 年度暮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	
8006	平成 25 年度暮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	

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
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
臨時委員	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系研究科 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 水土保持研究領域 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