資料 1-1

令和 2 年 11 月 27 日時点案

気候変動影響評価報告書（総説）
（案）

令和２年●月

中央環境審議会地球環境部会気候変動影響評価等小委員会

本報告書のポイント 3
第１章　背景及び目的 7
１．１　背景 7
１．２　目的 10
１．３　検討の進め方 10
第２章　日本における気候変動の概要 12
２．１　気候変動の観測・予測に関する主な取組 12
２．２　気候変動の観測結果と将来予測 13
第３章　日本における気候変動による影響の概要 36
３．１　気候変動影響の評価手法 36
３．２　気候変動影響の評価内容に関する留意点及び評価結果一覧 45
３．３　各分野における気候変動による影響の概要 48
３．４　分野間の影響の連鎖 68
３．５　気候変動影響の評価手法に関する課題と展望 74
第４章　気候変動影響の評価に関する現在の取組と今後の展望 76
４．１　気候変動影響評価及び適応策立案に関する分野横断的な取組 76
４．２　気候変動影響評価及び適応策立案に関する分野別の取組 79
４．３　気候変動予測、影響評価、適応策立案・実施の連携強化 82
４．４　気候変動影響評価及び適応に関する国際協力 84
付録Ａ　気候予測に用いられている各シナリオの概要 86
付録Ｂ　検討体制 91

本報告書のポイント

本報告書は、気候変動が日本にどのような影響を与えうるのかについて、科学的知見に基づき、全 7 分野 71 項目を対象として、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）の３つの観点から評価を行ったものである。本報告書は、令和３年度に予定している気候変動適応計画の変更や、地方公共団体及び事業者による気候変動影響の把握や適応策の検討等に活用されることを想定している。

１．知見の増加と確信度の向上

今回根拠とした引用文献数は 1261 件であり、前回評価時（2015 年）の約 2.5 倍であった。科学的知見が充実したことで、前回評価時に比べ 31 項目で確信度が向上し、その結果 55 項目（77%）で確信度が中程度以上となった。これは、より高い確度で気候変動による影響を評価できるようになったことを示している。また、前回は重大性または緊急性の評価ができなかった項目についても、その多くで評価が可能となった（重大性に関しては 11 項目中 9 項目、緊急性については 7 項目中 5 項目）。重大性に関しては可能な８項目について気候シナリオ別に評価するなど、よりきめ細かな評価を行っている。

なお、知見の少ない自然生態系や産業・経済活動などの分野を中心に確信度が低い項目もあるため、更なる研究・調査の推進が必要である。

２．影響の重大性、緊急性、確信度が高いと評価された項目等

今回の評価は、気候変動による影響が重大かつ緊急であることを示している。全 7 分野 71 項目のうち、49 項目（69%）が「特に重大な影響が認められる」、38 項目（54%）が「緊急性が高い」と評価された。また、重大性、緊急性ともに高いと評価された項目は 33 項目（46%）であった。また、今回新たに３項目が「特に重大な影響が認められる」、８項目が「対策の緊急性が高い」と評価された。

以下でその一部を紹介する。なおこの他にも、前回から引き続き、重大性、緊急性、確信度のいずれも高いと評価された項目や、今回新たに追加され重大性、緊急性が高いと評価された項目など注目すべき影響があり、詳しくは表 3－6（評価結果一覧）及び気候変動影響評価報告書（詳細）（各項目の現在の状況及び将来の影響）も参照されたい。

◆重大性、緊急性、確信度のいずれも高いと評価された項目

（今回確信度が向上した項目（「低い」または「中程度」→「高い」）を記載。「熱中症等」は前回から確信度が変更されていないが、健康分野で重大性、緊急性、確信度のいずれも高いと評価された項目がこれのみであるため掲載。）

【農業】農業生産基盤：＜現在の状況＞無降水日数の増加、冬季の降雪量の減少による用水不足等　＜将来予測される影響＞利用可能な水量の減少、斜面災害の多発による農

地への影響等

【水資源】水供給（地表水）：＜現在の状況＞無降水日数の増加等による渇水等　＜将来予測される影響＞海面水位の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等

【自然生態系（沿岸生態系）】亜熱帯：＜現在の状況＞夏季の高水温によると考えられる大規模なサンゴの白化、海面水位の上昇に伴うマングローブの立ち枯れ等　＜将来予測される影響＞亜熱帯域におけるサンゴ礁分布適域の減少等

【自然災害】内水：＜現在の状況＞内水氾濫が水害被害額に占める割合（2005～2012 年平均）は全国で約 40%、大都市ではそれ以上　等　＜将来予測される影響＞短時間集中降雨と海面水位上昇による都市部の氾濫・浸水等

【自然災害（山地）】土石流・地すべり等：＜現在の状況＞流域での同時多発的な表層崩壊や土石流等による特徴的な大規模土砂災害の発生等　＜将来予測される影響＞大雨の発生頻度の上昇、広域化に伴う土砂災害の発生頻度の増加、規模の増大等

【健康（暑熱）】熱中症等：＜現在の状況＞熱中症による救急搬送人員、熱中症死亡者数等の全国的な増加等　＜将来予測される影響＞屋外労働可能な時間の短縮、熱中症リスクの増加等

【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：＜現在の状況／将来予測される影響＞気候変動による短時間強雨や渇水の増加、強い台風の増加等に伴うインフラ・ライフライン等への影響等

◆新たに「特に重大な影響が認められる」と評価された項目と現在の状況の例

【水資源（水供給）】地下水：渇水に伴う地下水の過剰採取、地下水位の低下等の影響が生じている。

【健康】脆弱性が高い集団への影響：暑熱による高齢者への健康影響等が生じており、今後も増加することが予測されている。　※本項目は今回の評価で新規追加

【産業・経済活動】建設業：台風や竜巻、大雪による建物への影響が生じており、風荷重、空調負荷等に関する設計条件・基準等の見直しの必要性が検討されている。　※本項目は新たに「対策の緊急性が高い」とも評価

◆新たに「対策の緊急性が高い」と評価された項目と現在の状況の例

（重大性についても高いと評価されている項目を記載。）

【農業】畜産：家畜の生産能力、繁殖機能の低下等の影響が生じている。

【自然生態系（陸域生態系）】自然林・二次林：植生帯境界付近における森林構成種の変化等、新たな現在影響が確認されている。

【自然生態系（陸域生態系）】人工林：一部地域で水ストレス増大によりスギ林が衰退している。

【自然災害】強風等：台風の最大強度の空間位置等の変化、竜巻被害等の新たな現在影響が確認されている。

【健康】節足動物媒介感染症：感染症媒介蚊（デングウイルスを媒介するヒトスジシマカ等）の生息域の拡大、活動期間の長期化が確認・予測されている。

３．気象災害への気候変動影響

近年我が国は、平成 30 年 7 月豪雨、平成 30 年台風第 21 号、令和元年房総半島台風（台風第 15 号）、令和元年東日本台風（台風第 19 号）など、多くの激甚な気象災害に見舞われている。、平成 30 年度及び令和元年度の風水害による保険金支払額が２年連続で 1 兆円を超えるなど、気象災害による国民生活、産業活動等への影響は大きく、気象災害への気候変動影響について関心が高まっている。令和２年６月には、武田内閣府特命担当大臣（当時）と小泉環境大臣が気候変動リスクを踏まえた抜本的な防災・減災対策に関する戦略として共同メッセージを発表し、災害からの復興に当たって、土地利用のコントロールを含めた弾力的な対応により気候変動への適応を進める「適応復興」の発想の重要性等について示したところである。

これまでに経験した台風や大雨等への気候変動の影響についての研究事例は少ないが、例えば気候変動が台風の最大強度の空間位置の変化や進行方向の変化に影響を与えているとする報告がみられる。また平成 30 年 7 月豪雨では、広い範囲で長時間の記録的な大雨がみられたが、地球温暖化に伴う水蒸気量の増加が一連の降水に寄与したとの報告がある。また将来の影響に関しては、地域ごとに傾向は異なるものの、21 世紀後半にかけて、気温上昇に伴い強風や強い台風の増加すること等が予測されている。また、日本の代表的な河川流域において、洪水を起こしうる大雨が、今世紀末には現在に比べ有意に増加するという予測もある。

４．複合的な災害影響

平成 29 年 7 月九州北部豪雨や平成 30 年 7 月豪雨に関しては、土砂災害と洪水氾濫が同時に生じ、それらが相互に影響することで被害が甚大化したことが報告されている。過去の災害に対する気候変動影響は必ずしも明らかになっていないものの、気候変動により総降雨量の大きい大雨や勢力の強い台風等の発生頻度の増加が予測されていることを踏まえ、本報告書では、複数の要素が相互に影響しあうことで、単一で起こる場合と比較して広域かつ甚大な被害をもたらす「複合的な災害影響」に着目し、現在の影響等を記載した。

◆実際に発生した複合的な災害影響

（平成 29 年 7 月九州北部豪雨）

- 広範囲にわたる斜面崩壊や土石流が直接的な災害の原因となったが、それに伴う多量の土砂が下流域に流出し、河川を埋め尽くすような河床上昇を引き起こすことで、甚大な洪水氾濫を助長
- 崩壊によって発生した多量の流木が、渓岸や河岸の樹木の流木化と合わさって、下流域の被害を拡大

（平成 30 年 7 月豪雨）

- 記録的な長時間の降雨に加え、短時間高強度の降雨も広範囲に発生したことにより、各地で洪水氾濫と内水氾濫が同時に発生
- 上流部で発生した土砂災害による大量の土砂が、継続する降雨により河川内に流入し続けたために、流速が比較的緩やかになる下流部に堆積して、河床上昇を引き起こすとともに、下流で土砂が氾濫したことにより、土砂・洪水氾濫が発生

５．分野間の影響の連鎖

気候変動による影響に適切に対処するためには、このような各分野において生じる影響の把握・予測だけでなく、分野・項目を超えた影響の連鎖に着目することの重要性が指摘されている。例えば近年の気象災害において、インフラの損傷やライフラインの途絶により、社会・経済へ大きな影響を及ぼしたことが確認されている。そのため本報告書では、ある影響が分野を超えてさらに他の影響を誘発することによる影響の連鎖や、異なる分野での影響が連続することにより影響の甚大化をもたらす事象を「分野間の影響の連鎖」と定義し、事例を整理するとともに、懸念される影響について記載した。これらの発生メカニズムは複雑であり、現在では知見が少なく評価を実施できていないため、今後の科学的知見の充実が望まれる。

◆分野間で連鎖する影響の例

- 気温上昇に伴うヒトスジシマカ等の分布拡大⇒節足動物感染症リスクの増加
- 海面水位の上昇による砂浜の消失や降雪量の減少による積雪深の不足⇒レジャー・観光業への影響
- 気温上昇に伴うサクラ・ウメの開花の早期化⇒それらを鑑賞するための伝統行事や祭りの時期への影響

６．適応と緩和の両輪での対策推進の重要性

これまで述べてきたような気候変動による影響に対し、治水や農林水産業をはじめとする様々な分野において、将来の気候変動影響予測を踏まえた適応策が計画・実施されている。今後、より精細・的確な影響評価が充実することで、より合理的で効率的な対策の計画・実施が可能になると期待される。一方、世界の平均気温は工業化以前に比べて現在までに約 1℃上昇しており、地球温暖化が現在の進行速度で進行すると、2030 年から 2052 年の間に気温上昇が 1.5 ℃に達する可能性が高いことが予測されている。また、それを超えると深刻で不可逆的な変化・影響が生じ得る閾値（ティッピングポイント）の存在が指摘されていることなども踏まえ、気温上昇を２℃より十分低く抑え、1.5℃に抑える努力を追求し、重大な気候変動影響を低減・回避するため、こうした適応の取組とあわせ、緩和の取組の着実な実施が重要である。

第１章　背景及び目的

１．１　背景

（１）気候変動に関する国際的な動向

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

COP21 決定では、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）に対し、1.5℃の地球温暖化による影響と、そこに至る温室効果ガスの排出経路について特別報告書の作成を招請した。これを受けて IPCC は気候変動に関する最新の科学的知見として 2018 年 10 月に特別報告書「1.5℃の地球温暖化：気候変動の脅威への世界的な対応の強化、持続可能な開発及び貧困撲滅への努力の文脈における、工業化以前の水準から 1.5℃の地球温暖化による影響及び関連する地球全体での温室効果ガス（GHG）排出経路に関する IPCC 特別報告書」（1.5℃特別報告書）を公表した。加えて、2019 年８月に「気候変動と土地：気候変動、砂漠化、土地の劣化、持続可能な土地管理、食料安全保障及び陸域生態系における温室効果ガスフラックスに関する IPCC 特別報告書」（土地関係特別報告書）、2019 年９月に「変動する気候下での海洋・雪氷圏に関する IPCC 特別報告書」（海洋・雪氷圏特別報告書）を公表している。

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

土地関係特別報告書では、気候変動は、土地に対して追加的なストレスを生み、人間や生態系に影響を与えるとし、気候変動は食料システムに対する既存のリスクを悪化させ、穀物等の価格に影響を及ぼすことが示された。

海洋・雪氷圏特別報告書では、観測された変化及び影響として、雪氷圏が広範に縮退し氷床及び氷河の質量が消失するとともに、積雪被覆並びに北極域の海氷の面積及び厚さの減少、永久凍土の温度上昇が報告されている。

また、2015 年に国連総会で採択された「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」では、その中核をなすものとして持続可能な開発目標（SDGs）を提示している。SDGs は環境、経済、社会に関連する課題の統合的な解決を図り、17 のゴール及び 169 のターゲットから構成される、途上国と先進国共通の持続可能な社会づくりを実現するための目標である。それぞれのゴール、ターゲットは相互に関係していて、気候変動はゴール 13 に位置付けられている。我が国でも 2016 年５月に政府が「持続可能な開発目標（SDGs）推進本部」を設置し、**関係省庁が連携して、政府一体となって、**「SDGs の主流化」を推進している。

更に、気候変動による激甚化が指摘されている気象災害は、巨額の損害が発生する可能性があることを踏まえ、近年気候変動問題は経済・金融のリスクと認識されるようになっている。気候変動問題が金融システムに与える影響への懸念から、国際的組織の金融安定理事会（FSB）により、「気候関連財務情報開示タスクフォース(TCFD)」が設置された。TCFD では、気候変動が企業にもたらすリスクや機会に関する適切な情報開示の枠組みの開発が議論され、戦略やリスク管理等自社に財務的な影響のある気候関連情報の開示が求められている。日本でも多くの企業が TCFD の情報開示に賛同しており、気候変動による影響が企業活動や投資家の行動にも大きな影響を及ぼす時代となっている。

（２）気候変動影響評価に関する国内の動向

我が国では、国内の平均気温の上昇や大雨の発生頻度の増加等の長期的変化が観測されており、それらによる多様な影響が報告されている。特に近年、平成 30 年７月豪雨、令和元年房総半島台風、令和元年東日本台風、令和２年７月豪雨など、多くの激甚な気象災害が発生しており、また、平成 30 年の夏には、記録的な高温により、全国における熱中症による救急搬送人員の記録が更新されるなどの影響がみられた。今後、気候変動の進行に伴い、極端な高温や大雨によるリスクが更に増加すると予測されていることから、様々な分野における気候変動影響評価の重要性が一層高まっている。

2015 年（平成 27 年）３月、環境省中央環境審議会から環境大臣への意見具申として、「日本における気候変動による影響の評価に関する報告と今後の課題について」が公表された。ここで示された科学的知見をもとに、同年 11 月に「気候変動の影響への適応計画」が閣議決定された。その後、2018（平成 30 年）６月に気候変動適応法が成立し（2018 年 12 月 1 日施行）、同法第 10 条において、環境大臣はおおむね５年ごとに気候変動影響評価報告書を作成、公表することが位置づけられた。また、同法施行に先立ち、2018 年（平成 30 年）11 月に、同法第７条に基づく気候変動適応計画が閣議決定された。

気候変動適応法　第 10 条

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

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

前回の影響評価以降、気候変動影響評価や適応に関する研究・調査には大きな進展があった。文部科学省による「気候変動リスク情報創生プログラム」及び「気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）」において、全球平均気温が工業化以前から４℃及び２℃上昇した未来の気候状態を想定したアンサンブル気候予測データセット（d4PDF、d2PDF）が開発され、台風や集中豪雨などの極端現象の将来変化を確率的かつ高精度に評価することが可能となった。これらのデータセットは例えば、個別の極端現象について気候変動の影響を定量的に評価する手法（イベント・アトリビューション）を用いた研究にも活用されている。

また、文部科学省による「気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）」や、環境省、農林水産省及び国土交通省による共同事業「気候変動地域適応コンソーシアム事業」により、全国規模のみならず都道府県や市町村の規模を対象として、気候変動の影響評価や適応策の開発が進展した。これらに加え、環境省による「気候変動の緩和策と適応策の統合的戦略研究(環境研究総合推進費 S-14 課題)」等の研究プロジェクトの成果が本報告書に反映されている。

更に、政府、地方公共団体、事業者、個人などさまざまな主体による適応推進のため、気候変動適応プラットフォーム（A-PLAT）、データ統合・解析システム（DIAS）等の情報基盤も整備された。

今後は、気候変動適応法に基づき、平成 31 年 4 月に国立環境研究所に設置された気候変動適応センターを中核として、地域の研究機関や行政機関、大学などの連携しつつ、気候変動影響や適応に関する情報が整備され、各主体による取り組みが一層促進されることが期待される。

表 1-1　前回の影響評価（2015）以降の気候変動に関する国際的な動向と国内の動向

年	国際的な動向		国内の動向	
2015	９月	**持続可能な開発のための 2030 アジェンダ** [国際連合]	３月	**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（中央環境審議会意見具申）** [環境省]
	12 月	**第 21 回国連気候変動枠組条約締約国会議：パリ協定の採択** [UNFCCC]	11 月	**気候変動の影響への適応計画** [環境省]
2016	11 月	**パリ協定の発効** [UNFCCC]	５月	**SDGs 推進本部の設置** [外務省]
			８月	**気候変動適応プラットフォーム（A－PLAT）の発足** [環境省]
2017	６月	**気候関連財務情報開示タスクフォース（TCFD）による提言**（金融安定理事会）	７月	**ESG 金融懇談会提言** [環境省]
			12 月	**SDGs アクションプラン 2018**（以降毎年作成） [外務省]
2018	10 月	**1.5℃特別報告書** [IPCC]	11 月	**気候変動適応計画** [環境省]
			12 月	**気候変動適応法施行** [環境省]
2019	８月	**土地関係特別報告書** [IPCC]	３月	**戦略的な気候変動の影響観測・監視のための方向性** [環境省]
	９月	**海洋・雪氷圏特別報告書** [IPCC]	６月	**パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略** **アジア太平洋気候変動情報プラットフォーム（AP－PLAT）の発足** [環境省]
2020			12 月	**日本の気候変動 2020** [文部科学省・気象庁] **気候変動影響評価報告書（本報告書）** [環境省]

※国内の動向の角括弧内には主担当省庁を示す。

１.２　目的

本報告書（「気候変動影響評価報告書」）は、気候変動適応法第 10 条に基づき、気候変動及び多様な分野における気候変動影響の観測、監視、予測及び評価に関する最新の科学的知見を踏まえ、環境大臣が中央環境審議会の意見を聴き、関係行政機関の長と協議して作成した気候変動影響の総合的な評価についての報告書である。2015 年の中央環境審議会による意見具申から５年後にあたる２回目の気候変動影響評価であり、法に基づき作成された初めてのものである。

本報告書を作成するため、中央環境審議会地球環境部会気候変動影響評価等小委員会（以下、「小委員会」という。）において、既存の研究による気候変動の将来予測や、気候変動が日本の自然や人間社会に与える影響（以下、「影響」という。）の評価等について整理し、気候変動が日本に与える影響の評価について審議を進めてきた。

気候変動影響評価報告書は、影響評価の詳細な内容等を記載する「詳細」と、その要約に加えて日本における気候変動の概要や、影響評価に関連する現在の取組、課題や展望等をまとめた「総説」の２部構成とする。

「気候変動影響評価報告書（詳細）」は、「気候変動影響評価報告書（総説）」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における議論の結果を取りまとめたものである。

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

１.３　検討の進め方

本報告書の作成にあたり、平成 29 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（小委員会）において、「気候変動適応策を推進するための科学的知見と気候リスク情報に関する取組の方針（中間とりまとめ）」がまとめられた。その中の「定期的な気候変動影響評価」において、令和２年度を目途とする気候変動影響評価に向けて、あらかじめ年次計画を定め、様々な専門家の協力を得て、小委員会において継続的に科学的知見の収集・整理を進めていくことが適当であり、そのために平成 27 年度の気候変動影響評価と同様に、専門家による分野別ワーキンググループ（以下、「分野別 WG」という。）を設置し、スケジュールや、文献・データの収集や整理の方針等を示した上で、具体的な検討を開始することとされた。

これを受け、「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つの分野別 WG を設置し、各分野に関する気候変動影響に関する詳細な議論を行うこととした。

また、分野別 WG 座長間会合を開催し、重大性・緊急性・確信度の評価方法など、本影響評価に関する全分野共通の基本方針を決定した。基本方針に沿って、文献の収集、整理を行うとともに、平成 29 年から令和２年にかけてそれぞれ５回ずつ分野別 WG 会合を開催し、収集した文献をもとに科学的な観点から気候変動による影響を「現在の状況」と「将来予測される影響」として取りまとめるとともに、重大性、緊急性、確信度の評価を行った。評価の結果は、座長間会合において分野横断的な視点で確認するとともに、分野をまたぐ影響の取扱い（分野間の影響の連鎖等）についても議論した。

並行して、平成 31 年から令和２年にかけて小委員会を計４回開催し、各段階における影響評価の進捗や報告書案について、評価内容の吟味に加え、報告書の構成や今後の課題に関する議論も含め、総合的な観点での審議を重ねた。令和２年 12 月、中央環境審議会地球環境部会において、「気候変動影響評価報告書（総説）」及び「気候変動影響評価報告書（詳細）」が承認された。

なお、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、1.5℃特別報告書、海洋・雪氷圏特別報告書などの知見も含めて、査読付き論文などの文献を収集し、分野別 WG 等における確認を経て、最終的に 1261 件の文献を引用した。

第２章　日本における気候変動の概要

２．１ 気候変動の観測・予測に関する主な取組

（１）気候変動の観測

観測分野では、気象庁、文部科学省、環境省等関係機関において、陸上の定点観測や船舶、アルゴフロートによる観測に加え、近年では衛星による観測が行われている。温室効果ガスの観測では、航空機による観測のほか、温室効果ガス観測技術衛星 2 号「いぶき 2 号」（GOSAT-2）による二酸化炭素やメタンの気柱平均濃度の観測が行われている。また、水循環変動観測衛星「しずく」（GCOM-W）による水蒸気や海面水温、土壌水分や雪氷等の観測、気候変動観測衛星「しきさい」（GCOM-C）による地球上の様々な物理量（植生、雲・エアロゾル等）の観測など、様々な気候変動に関する 観測が継続的に行われている。さらに「今後 10 年の我が国の地球観測の実施方針（平成 27 年科学技術･学術審議会）」では、人為的な地球環境の変動の把握、気候変動対策の効果把握及び気候変動の予測精度の向上を必要な取組の一つとして掲げられ、各府省の連携が進められている。

（２）気候変動の将来予測

予測分野では、気象庁において、緩和・適応の検討に資する情報を提供するため、数値モデルによる実験の結果を「地球温暖化予測情報」として平成 8 年度より定期的に刊行しており、平成 29 年 3 月には最新版として「地球温暖化予測情報第 9 巻」を公表している。また、本データを用いて、地域における気候の変化を評価・公表している。

環境省、農林水産省、国土交通省では、2017 年度から 2019 年度の 3 ヵ年で、連携・協力により「地域適応コンソーシアム事業」を実施した。本事業では、全国を 6 ブロックに分割し、国の地方支分部局や地方公共団体、大学等の研究機関が参加する広域協議会を設置し、それぞれの適応の取組を共有するとともに、地域のニーズに応じた気候変動影響に関する調査が行われた。

また、文部科学省では、2015 年度から 2019 年度に「気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）」を実施し、モデル自治体等との連携によるニーズ調査を経て、全国 20km 解像度の近未来気候予測データベースとして、文部科学省「気候変動リスク情報創生プログラム」の協力のもと、RCP8.5 シナリオでおよそ 2030～2050 年頃、世界平均の地上気温が産業革命当時と比べて 2℃上昇した世界を模した大規模アンサンブル気候予測データセット「d2PDF」の開発が行われ、本事業のモデル自治体等に提供され、地域の気候変動影響予測に活用された。

また、文部科学省では気候変動メカニズムの解明、気候変動予測モデルの高度化や気候変動がもたらすハザード等の研究、高度化させた気候変動予測データセットの整備のため、2017 年度より「統合的気候モデル高度化研究プログラム」を実施し、気候モデルの表現する雲などの物理過程の高度化と高解像度化、近未来気候予測に必要なデータ同化技術の高度化、台風や豪雨などの極端現象等に関するハザードの頻度や最大クラスの強度評価も含めた将来変化予測などが行われている。

２．２　気候変動の観測結果と将来予測

以下に記載する気候変動の観測結果については、主に気象庁の観測データをもとに記載している。また、気候変動の将来予測については、以下の予測データをもとに記載している。

i) 大気の予測

日本の気候を対象とした将来予測は、原則として気象庁気象研究所が開発した水平解像度 20km の全球大気モデル（MRI-AGCM: Mizuta et al., 2012）及び水平解像度 5km の非静力学地域気候モデル（NHRCM05: Sasaki *et al*., 2011）を用いた将来予測計算の結果に基づいている。

ii) 海洋の予測

海面水温・海面水位・海氷・海洋循環の将来予測は、SI-CAT 海洋データセットに基づいている。SI-CAT 海洋データセットは、文部科学省の「気候変動適応技術社会実装プログラム」（SI-CAT：Social Implementation Program of Climate Change Adaptation Technology）の下で海洋研究開発機構により作成された日本周辺海域の近未来予測データベースで、気象研究所で開発された海洋モデル MRI.COM（Tsujino et al., 2017）を用いて計算されている。

iii) 海洋酸性化の予測

海洋酸性化の将来予測には、結合モデル相互比較プロジェクト第 5 期（CMIP5）で行われた地球システムモデルによる予測結果に加えて、長期海洋観測に基づいて作成した重回帰モデルに地球システムモデルによる将来変化を適用した結果を用いている。

iv) 極端現象の予測

稀にしか起きない（例えば数十年に一度）極端現象の発生頻度の変化等については、文部科学省「気候変動リスク情報創生プログラム」の下で、多数（最大 100 メンバー）のアンサンブル実験を行って作成されたアンサンブル気候予測データベースである、「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース」（d4PDF：database for Policy Decision making for Future climate change）[1]に基づいて評価している。

なお、気候変動の将来予測は、今後、大気中の温室効果ガスやエアロゾルなどの濃度がどのように変化するのかというシナリオをもとに、気候モデルにより計算したものであり、その将来の予測においては、シナリオの不確実性やモデルの不完全性、気候システムの内部変動などにより、ある程度の不確実性が生じるものである。

また、日々の気象や季節変動の中には、時として長期的傾向とはかけ離れた高温や低温、豪雨や豪雪などの現象が見られるものである。そのため、地球温暖化の影響を見極めるためには、数十年の長期的な観点で捉えることが重要である。

[1] http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/

（1）温室効果ガス濃度の状況

- 工業化（18 世紀中頃）以降、人間活動に伴う温室効果ガスの排出が続いている。大気中の温室効果ガス濃度の増加は、20 世紀半ば以降に観測された地球温暖化の支配的な原因であった可能性が極めて高い。地球温暖化への影響が大きい代表的な温室効果ガスである二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素の濃度は少なくとも過去 80 万年間で前例のない水準に達しており、またこれらの過去 100 年間の濃度の平均増加率は過去 2 万 2 千年間に前例がないほど急速である（確信度が非常に高い）（IPCC, 2013）。
- 大気中の二酸化炭素の 2018 年の世界平均濃度は 407.8 ppm で[2]、工業化以前の約 1.5 倍に達した（WMO, 2019）。2018 年までの 10 年間の平均年増加量は 2.3 ppm/年であり 1990 年代の平均年増加量 1.5 ppm/年のおよそ 1.5 倍だった。
- 大気中のメタンの世界平均濃度は 2018 年には 1869 ppb（工業化以前の約 2.6 倍）に達した[2]（WMO, 2019）。工業化以降の大気中メタンの増加は人間活動によるものである（確信度が非常に高い）（IPCC, 2013）。
- 大気中の一酸化二窒素は人間活動に伴い増加を続けており、2018 年以降の世界平均濃度は 331.1 ppb（工業化以前の約 1.2 倍）に達した（WMO, 2019）。大気中に放出される一酸化二窒素の約 60%は自然起源（海洋や土壌など）であり、人為起源（バイオマス燃焼、施肥及び各種工業過程など）によるものは約 40%である（IPCC, 2013）。
- ハロカーボン類[3]の多くは強力な温室効果ガスであり、人工的な生産により大気中濃度は 20 世紀後半以降急速に増加した。うちクロロフルオロカーボン（CFC）類は、オゾン層破壊物質でもあることから生産や使用が規制されたため、1990 年代頃から大気中濃度が減少傾向にあるが、ハイドロクロロフルオロカーボン（HCFC）類やハイドロフルオロカーボン（HFC）類の多くは大気中濃度が増加しており（WMO, 2019）、監視を続けることが重要である。
- 国内観測点においても二酸化炭素、メタン及び一酸化二窒素の大気中濃度は増加を続けている。綾里、南鳥島、与那国島の大気中二酸化炭素の 2019 年の平均濃度は、それぞれ 414.0 ppm、412.2 ppm、414.8 ppm でいずれも世界平均濃度より高かった（いずれも速報値：図 2-1）。同観測点で観測された大気中のメタンの 2019 年の平均濃度は、それぞれ 1954 ppb、1902 ppb、1928 ppb でいずれも世界平均濃度より高かった（いずれも速報値：図 2-1）。綾里で観測された大気中の一酸化二窒素濃度も増加を続けている。2019 年の年平均濃度は 333.8 ppb（速報値）と世界平均濃度より高く、北半球に放出源が多いことを反映している（気象庁, 2020）。

(a) 二酸化炭素　　(b) メタン

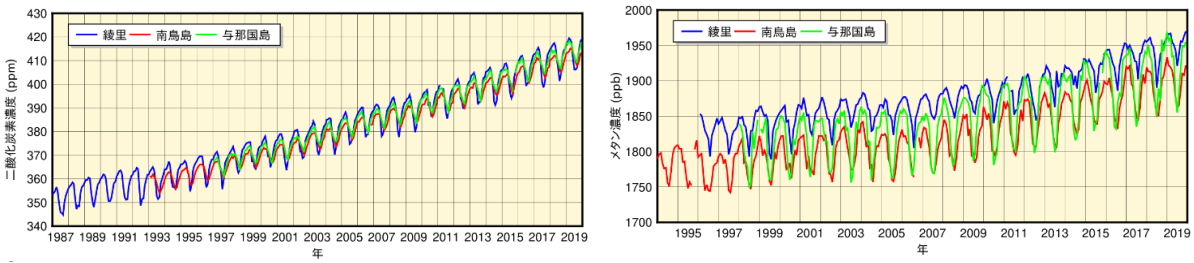


図 2-1　綾里、南鳥島及び与那国島における、大気中の二酸化炭素及びメタンの月平均濃度

気象庁による国内 3 地点（綾里（岩手県大船渡市）、南鳥島（東京都小笠原村）及び与那国島（沖縄県与那国町））における、地上付近の大気中（a）二酸化炭素及び（b）メタンの月平均濃度。

2 ppm,及び ppb は、対象物質がどの程度大気中に存在しているかを表す割合。ppm（parts per million）は 10^{-6}（乾燥空気中の分子 100 万個中に 1 個）。ppb（parts per billion）は 10^{-9}（10 億個中に 1 個）。
3 塩素、臭素等のハロゲン原子を含む炭素化合物の総称。

（2）気温

ｉ）観測結果

<u>平均気温のこれまでの変化</u>

- 世界平均気温は、工業化以前の水準に比べて上昇している（確信度が非常に高い：IPCC, 2013）。
- 日本の年平均気温[4]は、様々な変動を繰り返しながら有意に上昇しており、1898～2019 年における上昇率は 100 年あたり 1.24℃である（信頼水準 99%で統計的に有意）（図 2-2）。
- 季節別では、それぞれ 100 年あたり冬（前年 12～当年 2 月）は 1.13℃、春（3～5 月）は 1.47℃、夏（6～8 月）は 1.11℃、秋（9～11 月）は 1.23℃の割合で上昇している（いずれも信頼水準 99%で統計的に有意）。
- 日本の気温の上昇率は世界平均気温の上昇率（気象庁の解析[5]では 100 年当たり 0.74℃）よりも大きい。これは、日本が位置する北半球の中緯度は、地球温暖化による気温の上昇率が比較的大きいことを反映している[6]。
- 気候変動による影響に加え、大都市では、都市化による気温の長期的な上昇傾向がみられる。長期間にわたって均質なデータを確保できる日本の大都市（札幌、仙台、新潟、東京、横浜、名古屋、京都、大阪、広島、福岡、鹿児島）の観測地点と都市化の影響が比較的小さいとみられる 15 観測地点（脚注 4 参照）を対象に、1927～2019 年における気温の変化率を比較すると、大都市の上昇量の方が大きく、地点によって差があるものの、例えば年平均気温では 15 地点平均の値を 0.4～1.7℃程度上回っている。

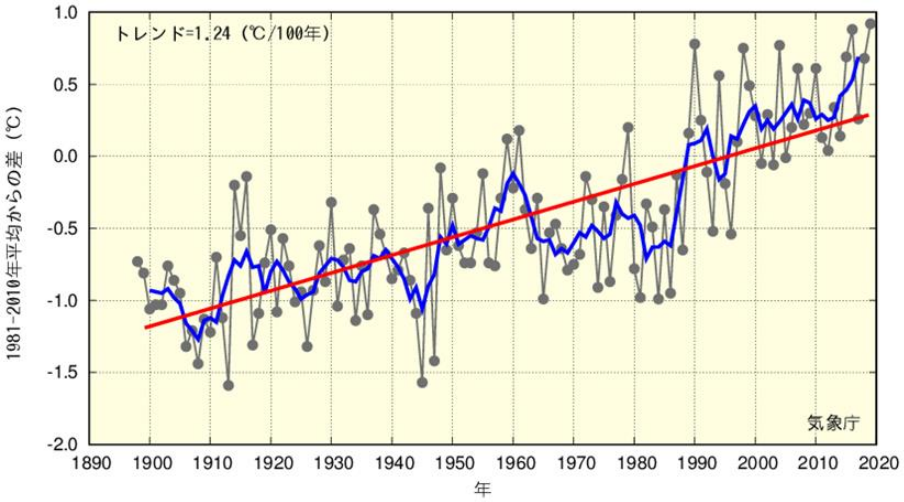


図 2-2　日本の年平均気温偏差の経年変化（1898～2019 年）

細線（黒）は、国内 15 観測地点での年平均気温の基準値からの偏差を平均した値を示している。太線（青）は偏差の 5 年移動平均値、直線（赤）は長期変化傾向（この期間の平均的な変化傾向）を示している。基準値は 1981～2010 年の 30 年平均値。

---

[4] 観測データの均質性が長期間維持され、かつ都市化などによる環境の変化が比較的小さい気象官署 15 地点（網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、飯田、銚子、境、浜田、彦根、多度津、宮崎、名瀬、石垣島）の平均。飯田と宮崎は、統計期間内での移転に伴う影響を補正している。ただし、これらの観測点も都市化の影響が全くないわけではない。

[5] 日本の平均気温と比較しやすくするため、同じ期間で解析した結果として気象庁の解析を示す。IPCC の報告書に記載されている情報とは用いているデータや解析手法が異なるものの、結果に大きな違いはない。

[6] 大気中の温室効果ガスが増加することで地球の放射収支が変化し、大気からの下向きの長波放射が増える結果として地表面温度が上昇する。この増加したエネルギーは、気温や海水温の上昇だけではなく、地表面からの水分の蒸発にも使われる。陸域では水分の量が限られることから、蒸発に使われるエネルギーが海域と比べて小さくなる。これが、地球温暖化に伴う気温の上昇が海域よりも陸域で大きくなりやすいことの主要な要因と考えられている（Sutton et al., 2007）。この陸域と海域の違いは、陸域の占める割合が大きい北半球の中高緯度域で気温上昇が大きくなることに寄与していると考えられている。

極端な高温、低温のこれまでの変化

・ 都市化の影響が比較的小さいとみられる気象庁の 13 観測地点[7]の観測値を用いて解析を行ったところ、1910 年から 2019 年の統計期間の間で、日最高気温が 30℃以上の日（真夏日）及び 35℃以上の日（猛暑日）の日数は、ともに統計的に有意に増加している（信頼水準 99%以上）。特に、猛暑日の日数は 1990 年代半ばを境に大きく増加している（図 2-3）。一方、同期間における日最低気温が 0℃未満（冬日）の日数は減少し、また、日最低気温が 25℃以上（熱帯夜）の日数は増加している（いずれも信頼水準 99%で統計的に有意：図 2-4）。

(a) 日最高気温 30℃以上（真夏日）　　(b) 日最高気温 35℃以上（猛暑日）

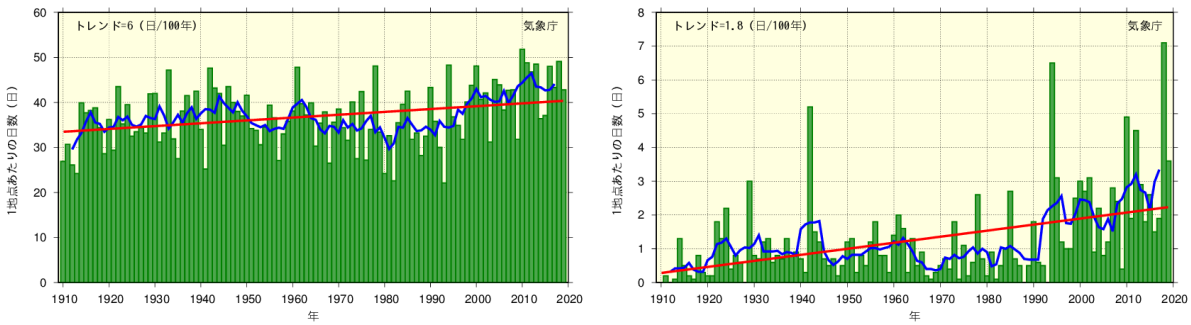


図 2-3　真夏日及び猛暑日の年間日数の経年変化（1910～2019 年）

都市化の影響が比較的小さいとみられる全国 13 地点における観測に基づく、(a) 日最高気温 30℃以上（真夏日）及び (b) 35℃以上（猛暑日）の年間日数。棒グラフ（緑）は各年の年間日数の合計を各年の有効地点数の合計で割った値（1 地点当たりの年間日数）を示す。曲線（青）はその 5 年移動平均値、直線（赤）は長期変化傾向（統計期間を通した平均的な変化傾向）を示す。

(a) 日最低気温 0℃未満（冬日）　　(b) 日最低気温 25℃以上（熱帯夜）

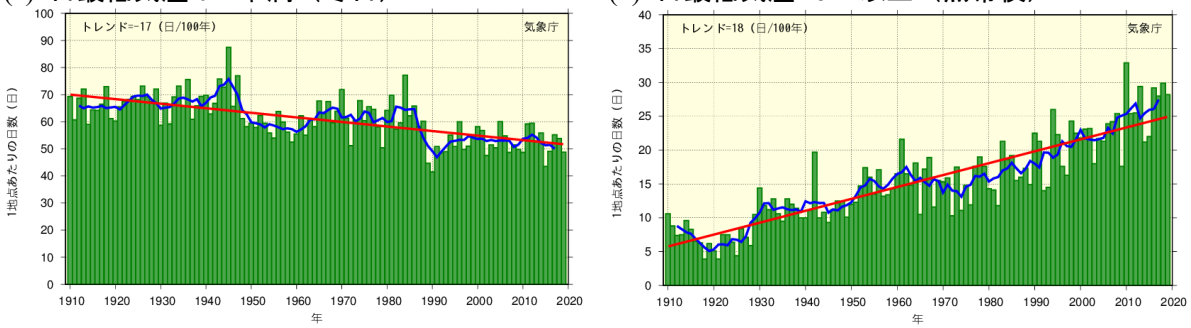


図 2-4　冬日及び熱帯夜の年間日数の経年変化（1910～2019 年）

都市化の影響が比較的小さいとみられる全国 13 地点における観測に基づく、(a) 日最低気温 0℃未満（冬日）及び (b) 25℃以上（熱帯夜）の年間日数。棒グラフ（緑）は各年の年間日数の合計を各年の有効地点数の合計で割った値（1 地点当たりの年間日数）を示す。曲線（青）はその 5 年移動平均値、直線（赤）は長期変化傾向（統計期間を通した平均的な変化傾向）を示す。

[7] 脚注 4 に示した 15 地点中から、移転の影響の除去が困難な宮崎と飯田を除いた地点。

ⅱ）将来予測

<u>平均気温の今後の見通し</u>

- 21 世紀末の日本の年平均気温は、20 世紀末に対して全国的に有意に上昇すると予測される（確信度が高い）。全国平均気温の上昇量は RCP8.5 シナリオの下では 4.5℃、RCP2.6 シナリオの下では 1.4℃である。
- IPCC 第５次評価報告書における予測結果（1986～2005 年平均に対する 2081～2100 年平均の変化）によると、世界全体の年平均気温の上昇量は RCP8.5 シナリオで 3.7℃程度、RCP2.6 シナリオで 1.0℃程度であり、日本付近における気温上昇は世界平均よりも 1.2～1.4 倍程度大きい。なお、この比はこれまでに観測されている上昇率においてもほぼ同様となっており、要因も共通と考えられる（『i）観測結果』参照）。
- 日本付近の気温変化の分布をみると、年平均気温、各季節の平均気温とも高緯度地域ほど上昇が大きく、冬の方が夏よりも大きく気温が上昇する（図 2-5）。
- 年平均気温と同様に、年平均した最高気温と最低気温も全国的に有意に上昇し、地域的にみると高緯度地域ほど上昇が大きい。また、最低気温の上昇の方が平均気温や最高気温のそれよりも大きい。

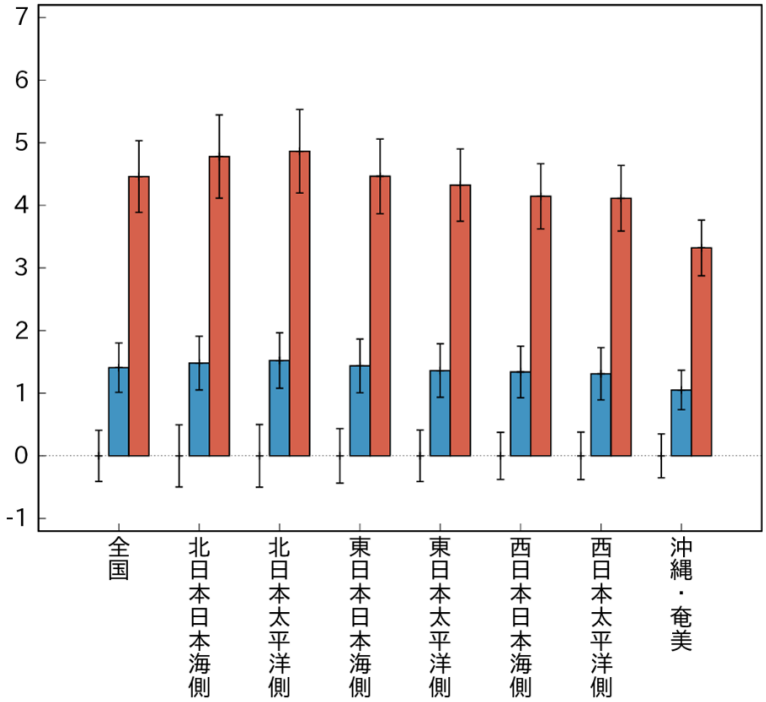


図 2-5　気象庁の予測による年平均気温の将来変化（℃）

20 世紀末（1980～1999 年平均）を基準とした 21 世紀末（2076～2095 年平均）における将来変化量を棒グラフ、年々変動の幅を細い縦線で示す。棒グラフの色は、赤が RCP8.5 シナリオに、青が RCP2.6 シナリオに、それぞれ対応する。棒グラフが無いところに描かれている細い縦線は、20 世紀末の年々変動の幅を表している。（RCP8.5 シナリオの予測結果は気象庁（2017）による。）

極端な高温、低温の今後の見通し

- 21 世紀末（2076～2095 年平均）には 20 世紀末（1980～1999 年平均）と比べ、RCP8.5 シナリオの下では猛暑日となるような極端に暑い日の年間日数が全国的に有意に増加する。これは、予測される気温の有意な上昇に伴うものとして理解することができ、IPCC による全球規模の予測や『i）観測結果』で示した観測事実と整合していることから、確信度は高い。北日本では主に夏に、東日本以西では夏から秋にかけて増加すると予想される（図 2-6）。真夏日の年間日数も同様に全国的に有意に増加し、その増加量は北日本の太平洋側で 30 日程度、沖縄・奄美で 88 日程度となることが予測される。
- 熱帯夜の年間日数も、全国的に有意に増加することが予測される（図 2-6）。熱帯夜は、沿岸部など標高の低い地域でより多く増加すると予測されており、猛暑日の将来変化と同様の傾向が見られる。
- 冬日の年間日数は、現在気候でもほとんど発生が無い沖縄・奄美以外の地域で統計的に有意に減少すると予測される（猛暑日等と同様の理由から確信度は高い：図 2-6）。日最低気温は、冬季の北海道では 20 世紀末と比べて上昇するものの 0℃未満の日が多く、東北地方等に比べて減少量は小さい。

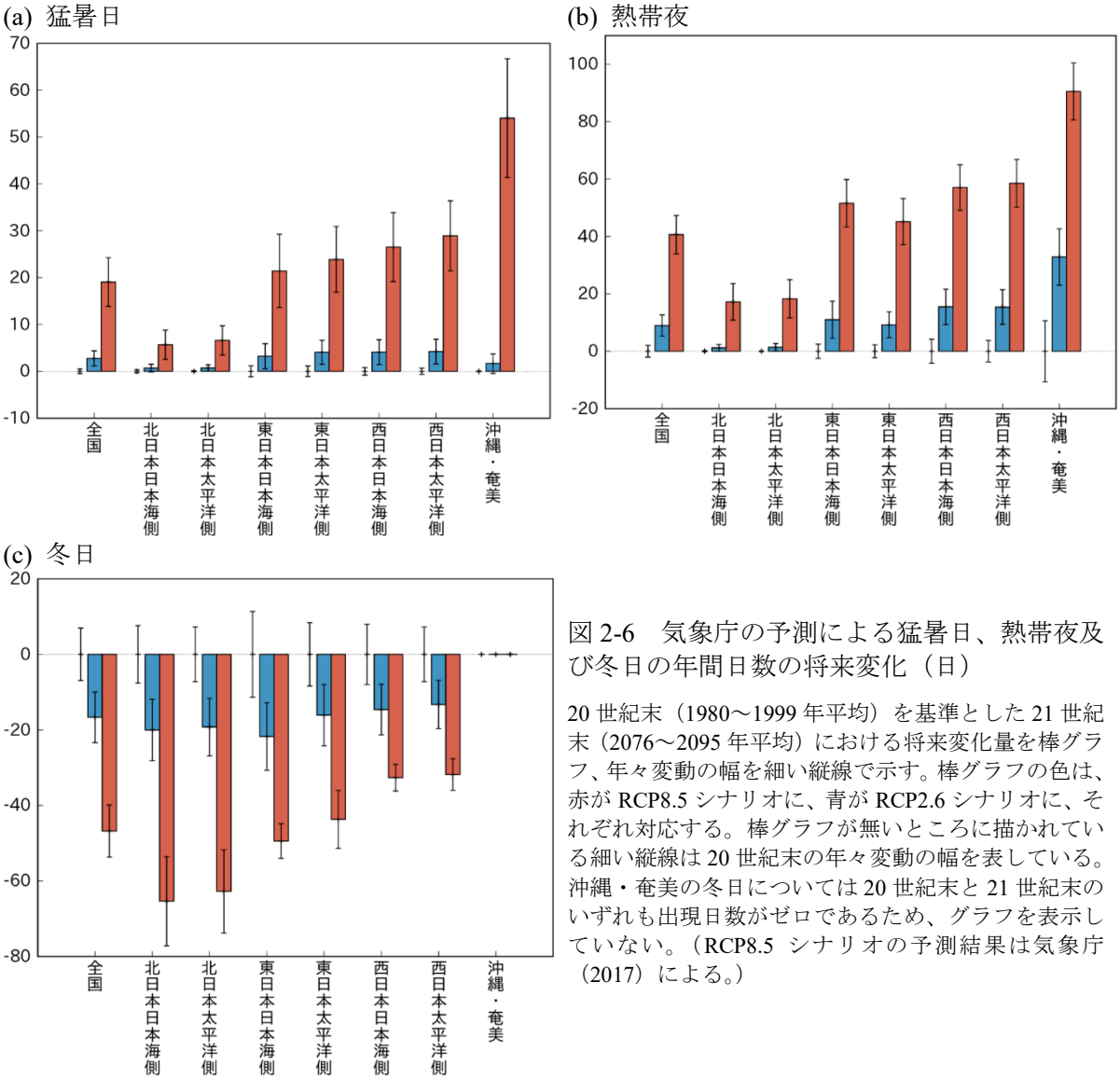


図 2-6　気象庁の予測による猛暑日、熱帯夜及び冬日の年間日数の将来変化（日）

20 世紀末（1980～1999 年平均）を基準とした 21 世紀末（2076～2095 年平均）における将来変化量を棒グラフ、年々変動の幅を細い縦線で示す。棒グラフの色は、赤が RCP8.5 シナリオに、青が RCP2.6 シナリオに、それぞれ対応する。棒グラフが無いところに描かれている細い縦線は 20 世紀末の年々変動の幅を表している。沖縄・奄美の冬日については 20 世紀末と 21 世紀末のいずれも出現日数がゼロであるため、グラフを表示していない。（RCP8.5 シナリオの予測結果は気象庁（2017）による。）

（3）降水量

ｉ）観測結果

降水量のこれまでの長期変化

- 1898～2019 年の期間において、気象庁の全国 51 観測地点[8]で観測された降水量を用いて計算した年降水量（図 2-7）、季節降水量には、統計的に有意な長期変化傾向はみられない。地方ごとに平均した年降水量にも、有意な長期変化傾向はみられない。

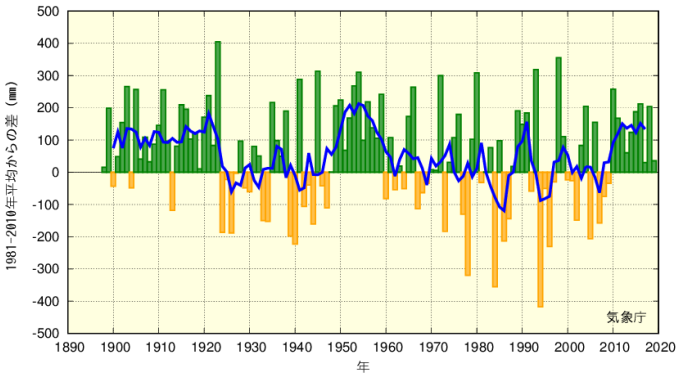


図 2-7　日本の年降水量偏差の経年変化（1898～2019 年）

棒グラフは国内 51 観測地点での各年の年降水量の基準値からの偏差を平均した値を示す。緑の棒グラフは基準値と比べて多いことを、黄の棒グラフは基準値と比べて少ないことを、それぞれ表す。青太線は偏差の 5 年移動平均値を示す。基準値は 1981～2010 年の 30 年間の平均値。

雨の降り方のこれまでの変化

- 気象庁の全国 51 観測地点で 1901～2019 年に観測された降水量のデータを用いて計算した日降水量 100mm 以上及び 200mm 以上の大雨の日数は、いずれも増加している（信頼水準 99%で統計的に有意）（図 2-8）。1 地点あたりの年間日数の増加率は、それぞれ 100 年あたり 0.29 日、0.05 日である。
- 気象庁の全国約 1,300 地点のアメダス観測地点で 1976～2019 年の期間で観測された降水量のデータを用いて計算した、1 時間降水量 50mm 以上及び 80mm 以上の短時間強雨[9]の年間発生回数は、いずれも増加している（信頼水準 99%で統計的に有意）（図 2-9）。1,300 地点あたりの年間発生回数の増加率は、それぞれ 10 年あたり 28.9 回、2.7 回である。
- 日降水量 200mm 以上及び、日降水量 400mm 以上の大雨の年間日数には増加傾向が現れている（信頼水準 95%で統計的に有意）。ただし、大雨や短時間強雨の発生回数は年々変動が大きく、それに対してアメダスの観測期間は比較的短いことから、長期変化傾向を確実に捉えるためには今後のデータの蓄積が必要である。
- 全国のアメダス地点のうち 1976～2019 年の期間で観測が継続している地点（640 地点）における年最大日降水量の基準値（1981～2010 年の平均値）との比には、増加傾向が現れている（信頼水準 95%で統計的に有意）（図 2-10）。増加率は 10 年あたり 3.9%である。
- 気象庁の全国 51 観測地点で 1901～2019 年の期間に観測された降水量のデータによると、1.0mm 以上の降水が観測される日数は減少している（信頼水準 99%で統計的に有意）。減少率は 100 年あたり 9.5 日である（図 2-11）。

---

[8] 気象庁の観測地点のうち、観測データの均質性が長期間継続している以下の 51 地点：旭川、網走、札幌、帯広、根室、寿都、秋田、宮古、山形、石巻、福島、伏木、長野、宇都宮、福井、高山、松本、前橋、熊谷、水戸、敦賀、岐阜、名古屋、飯田、甲府、津、浜松、東京、横浜、境、浜田、京都、彦根、下関、呉、神戸、大阪、和歌山、福岡、大分、長崎、熊本、鹿児島、宮崎、松山、多度津、高知、徳島、名瀬、石垣島、那覇

[9] 1 時間降水量 50mm 以上の雨は「非常に激しい雨（滝のように降る）」、同じく 80mm 以上の雨は「猛烈な雨 （息苦しくなるような圧迫感がある。恐怖を感ずる）」と表現される。いずれも、傘は全く役に立たず、水しぶきであたり一面が白っぽくなり、視界が悪くなるような雨の降り方である。
（出典：気象庁 HP「雨の強さと降り方」https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/yougo_hp/amehyo.html）

(a) 日降水量 100mm 以上　　(b) 日降水量 200mm 以上

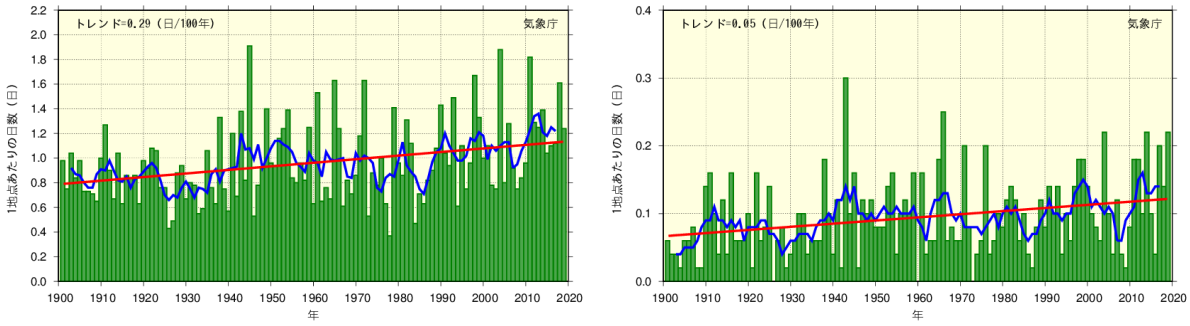


図 2-8　日降水量 100mm 以上及び 200mm 以上の年間日数の経年変化（1901～2019 年）

観測データの均質性が長期間継続している全国 51 地点における観測に基づく、日降水量が (a) 100mm 以上及び (b) 200mm 以上の日数の変化。棒グラフ（緑）は各年の年間日数の合計を有効地点数の合計で割った値（1 地点当たりの年間日数）を示す。青太線は 5 年移動平均値を、赤直線は長期変化傾向（この期間の平均的な変化傾向）を示す。

(a) 1 時間降水量 50mm 以上　　(b) 1 時間降水量 80mm 以上

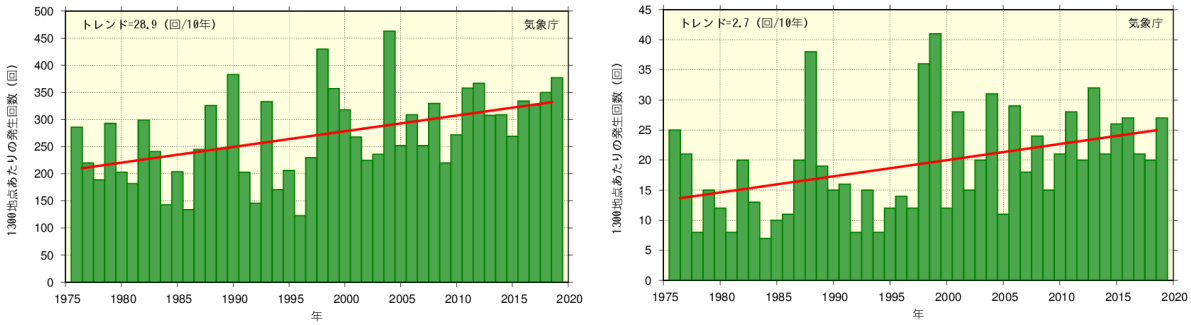


図 2-9　1 時間降水量 50mm 以上及び 80mm 以上の年間発生回数の経年変化（1976～2019 年）

1 時間降水量が (a) 50mm 以上及び (b) 80mm 以上の日数の変化。棒グラフ（緑）は各年の年間発生回数を示す（全国のアメダスによる観測値を 1,300 地点当たりに換算した値）、赤直線は長期変化傾向（この期間の平均的な変化傾向）を示す。棒グラフ（緑）は各年の年間発生回数を示す（全国のアメダスによる観測値を 1,300 地点あたりに換算した値）、直線（赤）は長期変化傾向（この期間の平均的な変化傾向）を示す。

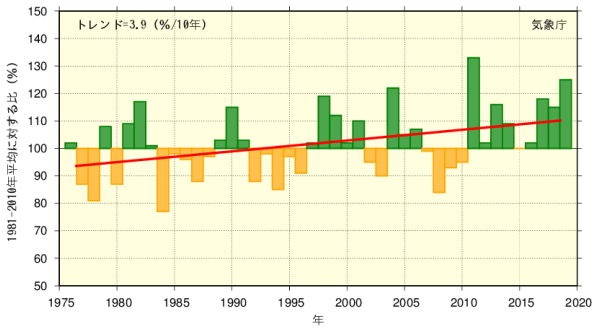


図 2-10　全国の年最大日降水量の基準値との比の経年変化（1976～2019 年）

棒グラフは全国のアメダス地点のうち 1976～2019 年の期間で観測が継続している地点（640 地点）の基準値との比（%）を平均した各年の値を示す。赤直線は長期変化傾向（この期間の平均的な変化傾向）を示す。基準値は 1981～2010 年の平均値。

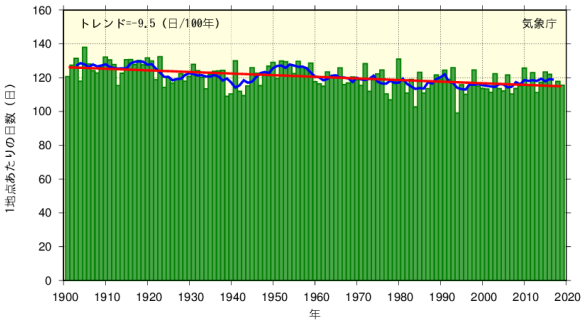


図 2-11　日降水量 1.0mm 以上の年間日数の経年変化（1901～2019 年）

図の見方は図 2-8 と同じ。

ⅱ）将来予測

<u>降水量の今後の見通し</u>

【RCP8.5 シナリオ】

- RCP8.5 シナリオの場合、全国平均の年降水量には 20 世紀末（1980～1999 年平均）と 21 世紀末（2076～2095 年平均）の間で有意な変化傾向は見られない。全球モデルによる日本域の年降水量の予測は CMIP5 のモデルの予測幅内に含まれているが、日本域の降水量について全球モデルの解像度で評価できる範囲は限定的である。そのため、全国平均した年降水量の将来予測で有意な変化傾向が見られないことは観測事実とも整合しているものの、確信度は中程度である（図 2-12、図 2-13）。
- 地域、季節ごとに解析すると、北日本の日本海側で夏季に増加し、東日本の日本海側で年平均及び冬季に減少、西日本の日本海側で冬季に減少、東日本の太平洋側で春季に減少する傾向が、それぞれ統計的に有意に見られる。しかし、メンバー間の予測結果の違いが大きく、十分な研究事例も積み重ねられていないことから、地域単位の降水量については予測の不確実性が大きい。

【RCP2.6 シナリオ】

- RCP2.6 シナリオにおいても全国平均で有意な変化傾向は見られない（確信度が中程度：図 2-12、図 2-13）。

  地域、季節ごとに見ると、沖縄・奄美で年平均、夏季、秋季に有意な増加傾向が現れており、RCP8.5 シナリオよりも大きな変化が予測されている。ただし、地域単位での予測については不確実性が大きい。

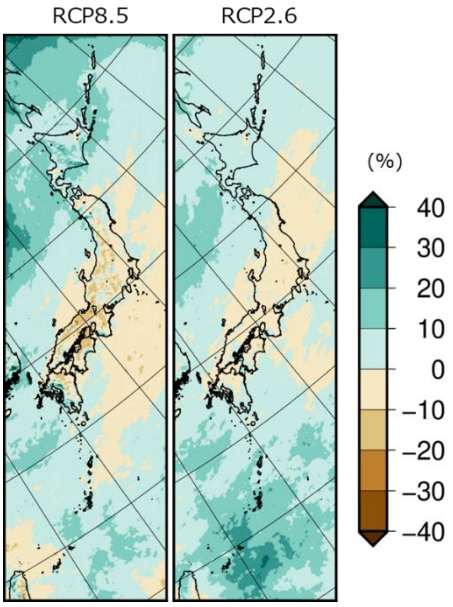


図 2-12　気象庁の予測による年降水量の将来変化（%）

左が RCP8.5 シナリオ、右が RCP2.6 シナリオによる予測結果を示している。20 世紀末（1980～1999 年平均）に対する 21 世紀末（2076～2095 年平均）の変化率で示す。

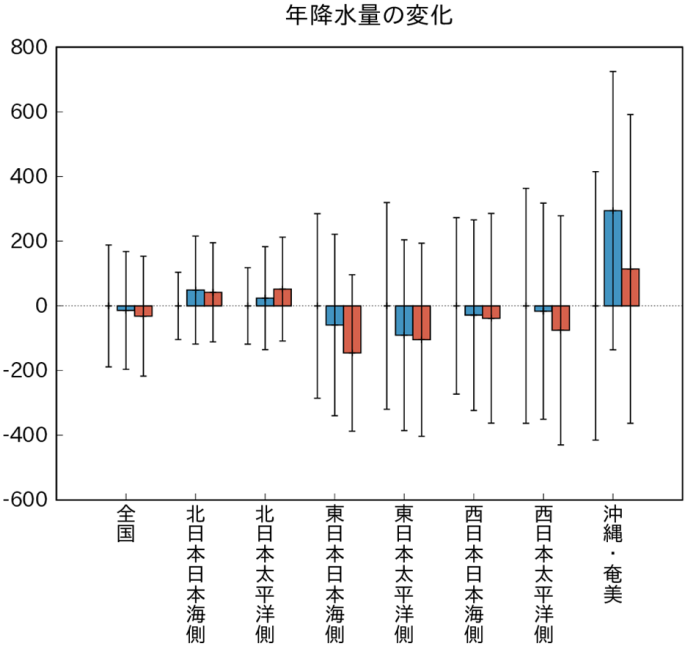


図 2-13　気象庁の予測による全国及び地域別の降水量の将来変化（mm）

20 世紀末（1980～1999 年平均）を基準とした 21 世紀末（2076～2095 年平均）における将来変化量を棒グラフ、年々変動の幅を細い縦線で示す。棒グラフの色は赤が RCP8.5 シナリオで、青が RCP2.6 シナリオで、それぞれ予測される将来変化量に対応する。棒グラフが無いところに描かれている細い縦線は、20 世紀末の年々変動の幅を表す。

雨の降り方の変化の今後の見通し

【大雨（日降水量 100mm 以上、200mm 以上）】

- RCP8.5 シナリオの場合、21 世紀末（2076～2095 年平均）における日降水量 100mm 以上及び 200mm 以上の大雨の日数は、20 世紀末（1980～1999 年平均）と比べて全国的に有意に増加する（図 2-14）。これは CMIP5 による予測において日本を含む東アジア域で大雨の発生頻度が増加すること、及びこれまでの観測で示されている長期的な増加傾向と整合していることから、確信度は高い。
- 増加幅は地域によって異なるものの、全国平均の発生日数は日降水量 100mm 以上の大雨では約 1.4 倍、日降水量 200mm 以上の大雨では約 2.3 倍に増加する。
- RCP2.6 シナリオの場合も、全国平均及び多くの地域で有意な増加が予測される（確信度が高い）。増加幅は RCP8.5 シナリオと比較すると概して小さくなる。全国平均の発生日数は日降水量 100 mm 以上の大雨では約 1.2 倍、日降水量 200mm 以上の大雨では約 1.5 倍に増加する。
- 地球温暖化の進行に伴って雨の降り方が極端になるという予測は、国内外の他の研究機関による予測結果やこれまでに観測されている変化傾向と整合的であり、その確信度は高い。増加の度合いは、RCP8.5 シナリオの方が RCP2.6 シナリオよりも大きい傾向にあるが、北日本太平洋側といった地域単位や都道府県単位での増加率の予測は不確実性が高い。

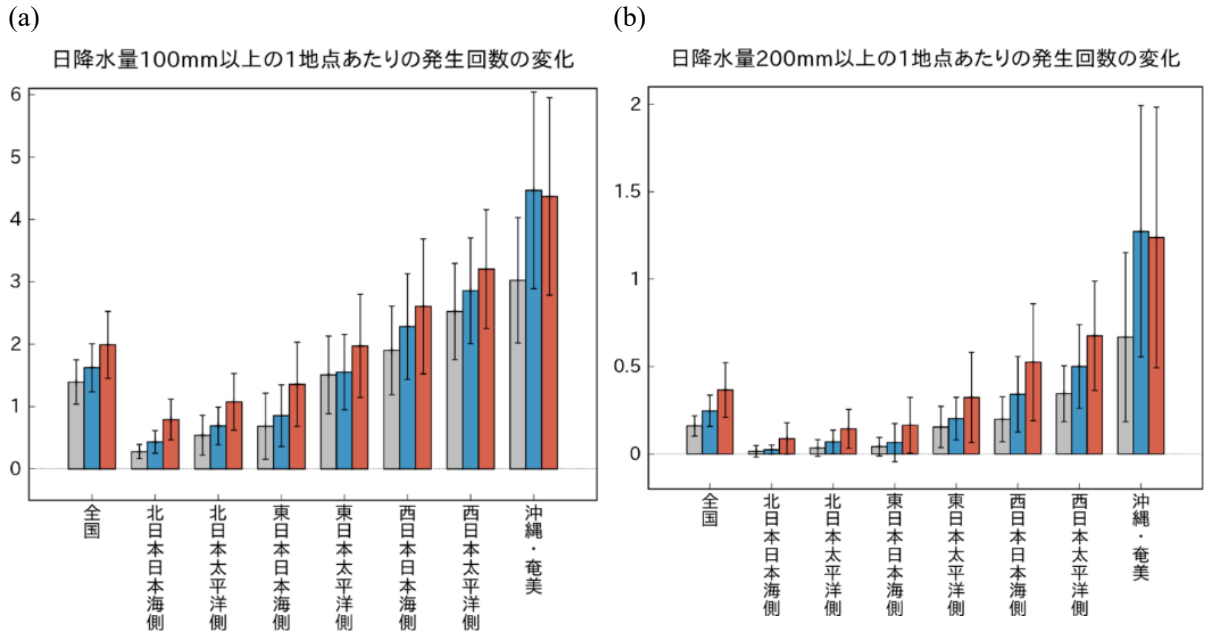


図 2-14　全国及び地域別の 1 地点当たりの日降水量 100mm 以上及び 200mm 以上の発生回数（日/年）

(a) が日降水量 100mm 以上、(b) が 200mm 以上の年間発生日数。いずれも気象庁の予測による。棒グラフはそれぞれの大雨の発生回数、細い縦線は年々変動の幅。棒グラフの色は灰色が 20 世紀末（1980～1999 年平均）、赤が RCP8.5 シナリオ、青が RCP2.6 シナリオの 21 世紀末（2076～2095 年平均）に対応する。ただし、20 世紀末の値にはバイアス補正を加えているものの完全にバイアスが除去されている訳ではなく、観測値とは値が異なることに注意。

【短時間強雨（1時間降水量30mm以上[10]、50mm以上）】

- 気象庁による予測では、RCP8.5シナリオの場合、21世紀末（2076～2095年平均）における1時間降水量30mm以上 及び50mm以上の短時間強雨の回数は、20世紀末（1980～1999年平均）と比べて全国的に有意に増加する（図2-15）。大雨と同様に、これはCMIP5による東アジア域の予測結果や観測で示されている長期変化傾向と整合しているため、確信度は高い。増加幅は地域によって異なるものの、全国平均の発生回数は1時間降水量30mm以上の短時間強雨では約1.7倍、1時間降水量50mm以上の短時間強雨では約2.3倍に増加する。
- RCP2.6シナリオの場合も、全国的に有意な増加が予測される（確信度が高い）。RCP8.5シナリオと比較すると、増加幅は概して小さくなる。全国平均の発生回数は、1時間降水量30mm以上の短時間強雨では約1.3倍、1時間降水量50mm以上の短時間強雨では約1.6倍に増加する。

  大雨と同様に、短時間強雨についても特に地域単位での増加率の予測は不確実性が大きいと考えられる。

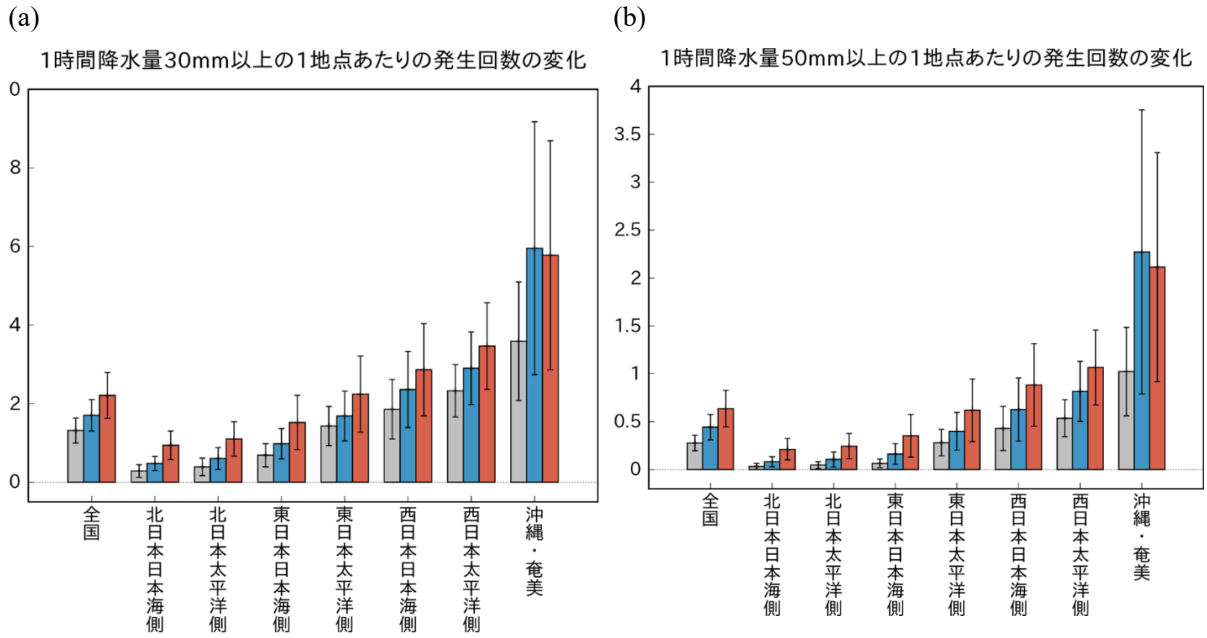


図2-15　全国及び地域別の1地点当たりの1時間降水量30mm以上及び50mm以上の発生回数（回/年）

(a) が1時間降水量30mm以上、(b) が50mm以上の年間発生回数。いずれも気象庁の予測による。図の見方は図2-14と同じ。

【無降水日数】

- 気象庁による予測では、RCP8.5シナリオの場合、21世紀末（2076～2095年平均）における無降水日（日降水量が1.0mm未満の日）の日数は、20世紀末（1980～1999年平均）と比べてほぼ全国的に有意に増加する。CMIP5による予測でも日本付近で増加傾向が示されており、観測データにおける降水日数の有意な減少傾向とも整合することから、予測される増加傾向の確信度は高い。
- RCP2.6シナリオの場合、全国平均及び多くの地域では有意な変化が予測されていない（確信度が低い）。

[10] 1時間降水量30mm以上の雨は「激しい雨（バケツをひっくり返したように降る）」と表現される。傘をさしていてもぬれ、道路が川のようになる雨である。

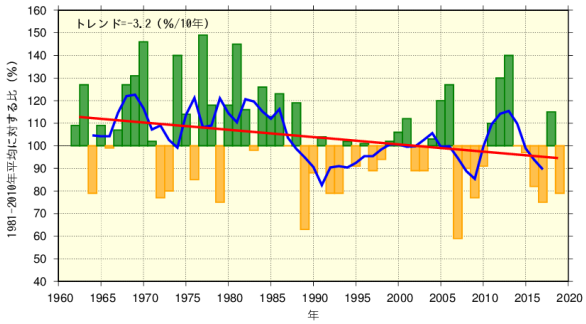
（4）積雪・降雪

ｉ）観測結果

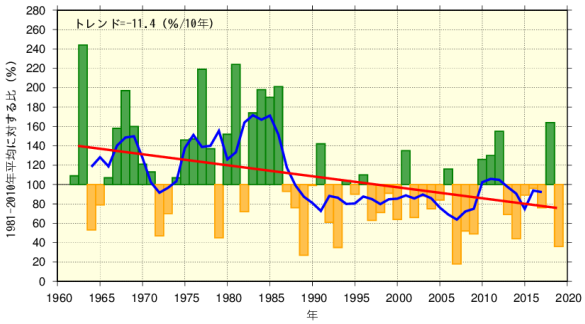
<u>年最深積雪のこれまでの変化</u>

- 年最深積雪の基準値（1981～2010 年の 30 年平均値）に対する比は、各地域とも減少傾向が見られ、10 年あたりの減少率は北日本の日本海側で 3.2%（信頼水準 90%で統計的に有意）、東日本の日本海側で 11.4%（信頼水準 95%で統計的に有意）、西日本の日本海側で 13.5%（信頼水準 95%で統計的に有意）である（図 2-16）。また、すべての地域において、1980 年代初めの極大期から 1990 年代初めにかけて大きく減少しており、それ以降は東日本の日本海側と西日本の日本海側で 1980 年以前と比べると少ない状態が続いている。ただし、年最深積雪は年ごとの変動が大きく、それに対して統計期間は比較的短いことから、長期変化傾向を確実に捉えるためには今後のデータの蓄積が必要である。
- 気象庁の観測に加え、大学・研究機関独自積雪あるいは数値実験を用いた解析も行われており、主に北陸地方の平野・沿岸部年積算降雪量や年最大積雪深は有意な減少傾向が見られるが、標高の高い山岳域の積雪の変化は小さいという報告がある（鈴木，2010；Kawase et al.，2012）。

(a) 北日本　日本海側



(b) 東日本　日本海側



(c) 西日本　日本海側

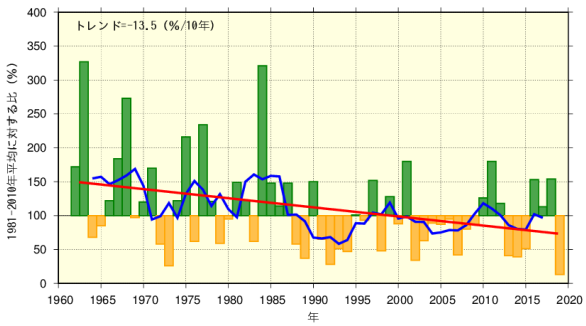


図 2-16　日本の年最深積雪の基準値に対する比の経年変化（1962～2019 年）

(a) 北日本の日本海側、(b) 東日本の日本海側、(c) 西日本の日本海側における、各地域の観測地点（表 2-1 参照）での各年の年最深積雪の基準値に対する比を平均したもの。緑（黄）の棒グラフは基準値と比べて多い（少ない）ことを表す。青太線は比の 5 年移動平均値、赤直線は長期変化傾向（この期間の平均的な変化傾向）を示す。基準値は 1981～2010 年の 30 年平均値。

表 2-1　日本の年最深積雪基準比の計算対象地点

地域	観測地点
北日本　日本海側	稚内、留萌、旭川、札幌、岩見沢、寿都、江差、倶知安、若松、青森、秋田、山形
東日本　日本海側	輪島、相川、新潟、富山、高田、福井、敦賀
西日本　日本海側	西郷、松江、米子、鳥取、豊岡、彦根、下関、福岡、大分、長崎、熊本

大雪のこれまでの変化

- 1962 年以降に観測されたデータによると、日降雪量 20 cm 以上の年間日数は、日本海側では各地域とも減少しており、10 年当たりの減少率は北日本の日本海側で 0.5 日、東日本の日本海側で 0.6 日、西日本の日本海側で 0.2 日（信頼水準 99%で統計的に有意）である（図 2-17）。
- 雪の降り方には地域特性によって大きな違いがあるため、ここで示した基準が極端な降雪の指標としてなじまない場所もあると考えられる。しかしながら、発生頻度が低い現象であることから、これ以上領域を狭めるとサンプル数が不足してしまい、評価が難しくなる。現状で 60 年に満たない統計期間しか確保できていないことも考えると、極端な降雪の地球温暖化に伴う長期的な変化傾向を適切に評価するためには更なるデータの蓄積が必要と言える。

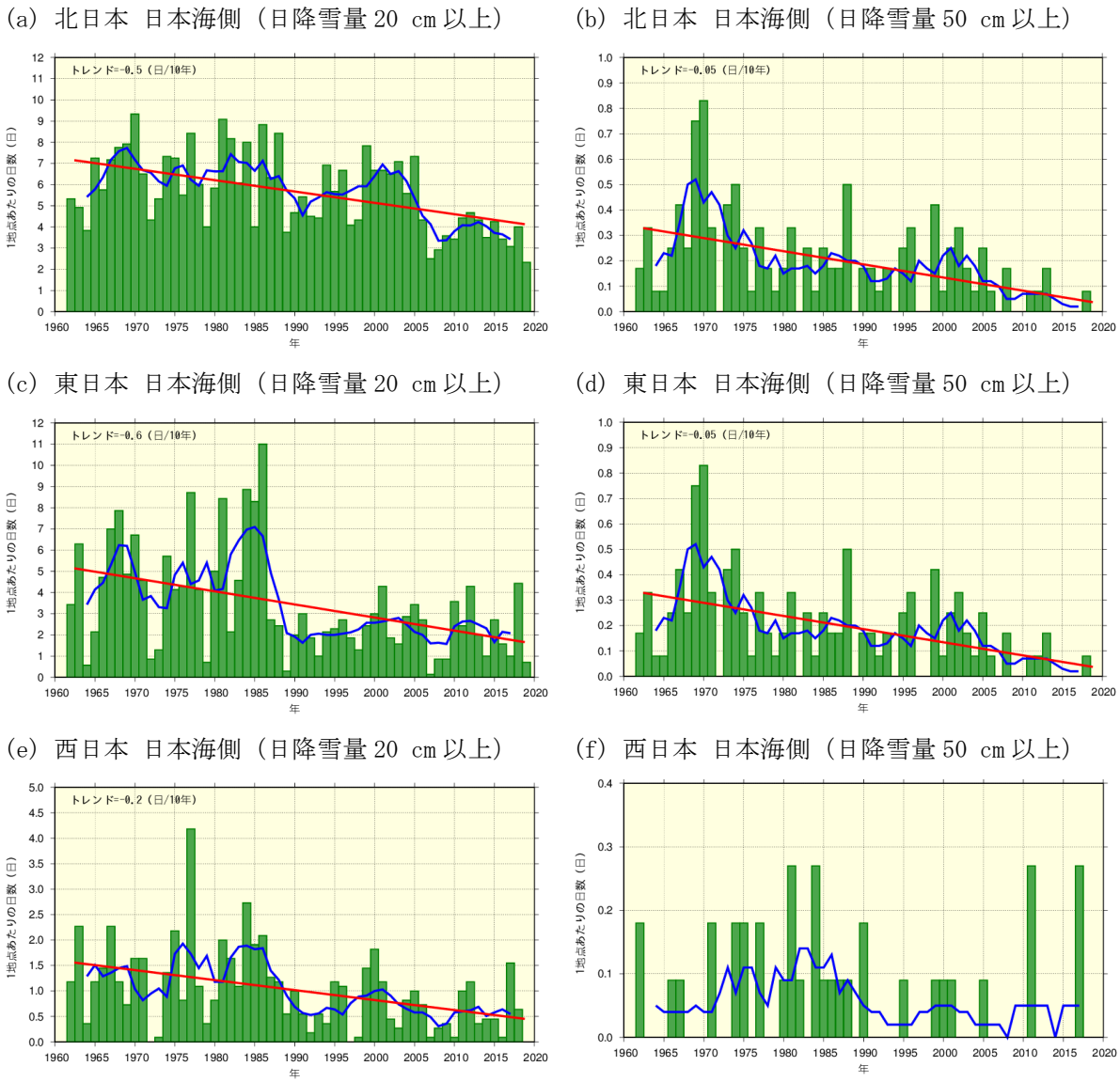


図 2-17　日本海側の各地域における日降雪量 20 cm 以上、50 cm 以上の年間日数の経年変化（1962～2019 年）

上段から順に、北日本、東日本、西日本の各地域日本海側について、左列（a、c、e）が日降雪量 20 cm 以上、右列（b、d、f）が日降雪量 50 cm 以上の日数。棒グラフは各地域の観測地点（表 2-1 参照）での各年の日数を平均した値を示す。直線は長期変化傾向（この期間の平均的な変化傾向）を示す。

ii）将来予測

- RCP8.5 シナリオの場合、21 世紀末（2076～2095 年平均）の日本の年最深積雪及び降雪量は 20 世紀末（1980～1999 年平均）と比べて、全国的に有意に減少すると予測される（確信度が高い：図 2-18、図 2-19）。RCP2.6 シナリオの場合、本州以南でのほとんどの地域で有意に減少する一方で、北海道では変化傾向が不明瞭である。両シナリオとも、広い範囲で見られている減少傾向については、気温の上昇に伴い降水がある場合も雪ではなく雨になることが増えることを反映したものと考えられ、観測されている減少傾向とも整合することから確信度は高い。
- 北海道内陸部（両シナリオ）及び東日本の日本海側の山間部（RCP2.6 シナリオのみ）には、冬期の降雪量及び最深積雪が増加する地域もあると予測されている。これは、気温上昇による水蒸気量の増加に伴って降水量が増加し、かつ温暖化が進んだとしても十分に（雪が融けない程度に）寒冷な地域であれば、降雪量及び積雪量が増加することによるものと考えられるが、地域規模での降水量の予測の不確実性を考慮すると、確信度は低い。
- 大規模アンサンブルを用いた将来予測研究（Kawase *et al.* (2016), Sasai *et al.* (2019), Kawase *et al.* (2020)）の結果から、気温上昇に伴って平均的な降雪量が減少した場合であっても、低頻度で発生する大雪のリスクが低下するとは限らないことが示唆されている。

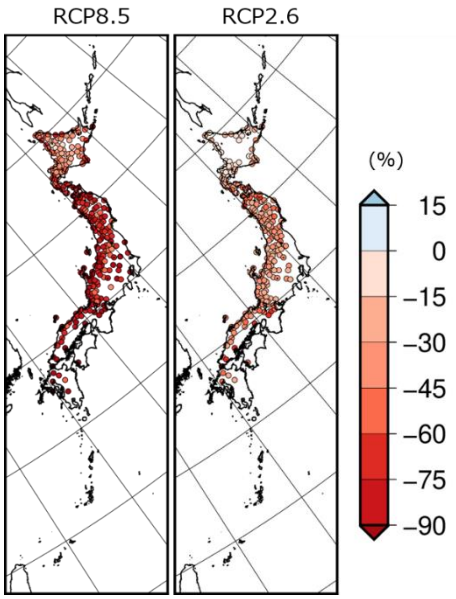


図 2-18　気象庁の予測による年最深積雪の将来変化（%）

左が RCP8.5 シナリオ、右が RCP2.6 シナリオによる予測結果。地点毎にバイアス補正をした予測データを用いて、20 世紀末（1980～1999 年平均）に対する 21 世紀末（2076～2095 年平均）の変化率で示す。増減が 4 メンバーで一致していない地点の変化率は、予測の不確実性が大きいため表示していない。

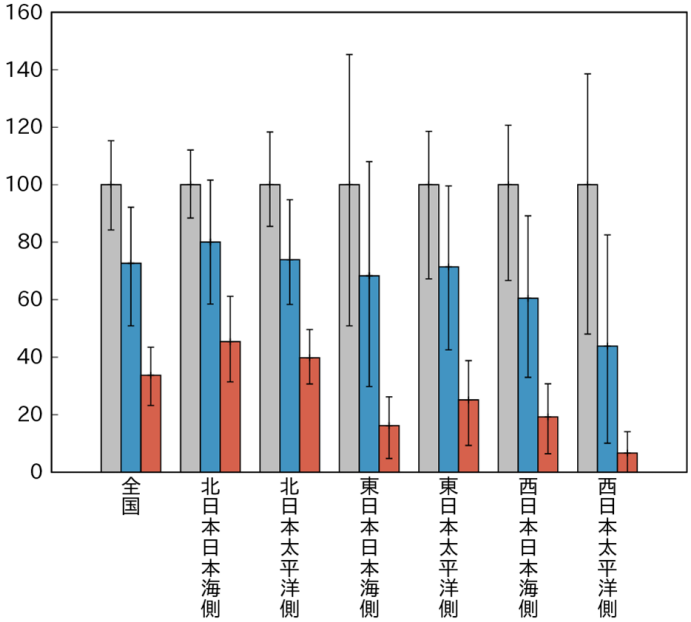


図 2-19　気象庁の予測による全国及び地域別の年最深積雪の将来変化（%）

地点毎にバイアス補正をした予測データを用いて、20 世紀末（1980～1999 年平均）に対する 21 世紀末（2076～2095 年平均）における年最深積雪の比率を棒グラフ、年々変動の幅を細い縦線で示す。棒グラフの色は灰が 20 世紀末、赤が RCP8.5 シナリオで、青が RCP2.6 シナリオで予測される将来変化率に対応する。

（5）海洋

A. 海水温

i）観測結果

- 世界全体の年平均海面水温は長期的に上昇しており、上昇率は 100 年あたり+0.55℃（信頼水準 99%で統計的に有意、統計期間 1891～2019 年）である。2000m の深さまでを世界全体で平均した海洋内部の水温も長期的に上昇している。
- 日本近海の 13 海域で平均した年平均海面水温の長期変化傾向を図 2-25 に示す。1900 年から 2019 年までの統計期間において 13 海域で平均した上昇率は、+1.14℃/100 年となっており（信頼水準 99%で統計的に有意）、北太平洋全体で平均した海面水温の上昇率（+0.53℃/100 年）よりも大きく、日本の気温の上昇率（+1.24℃/100 年）と同程度の値となっている（確信度が高い）。上昇の割合は時間的にも一定ではなく長期的な昇温に加え十年規模の変動が顕著に認められる（図 2-19）。
- 海域別に見ると、各海域で一様に上昇しているのではなく、黄海、東シナ海、日本海南西部、四国・東海沖、釧路沖の海域平均海面水温の上昇率は日本の気温の上昇率と同程度となっている一方、三陸沖、関東の東、関東の南、沖縄の東及び先島諸島周辺では日本の気温の上昇率よりも小さく、日本海中部では日本の気温の上昇率よりも大きくなっている（確信度が高い）（図 2-20）。季節別では一般的に冬の昇温率が大きい。

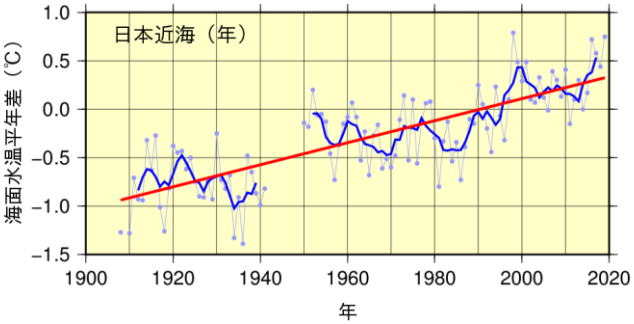


図 2-19　日本近海の全海域平均海面水温（年平均）の平年差の推移

図の青丸は各年の平年差を、青の太い実線は 5 年移動平均値を、赤の太線は長期変化傾向を表す。平年値は 1981～2010 年の 30 年間の平均値。

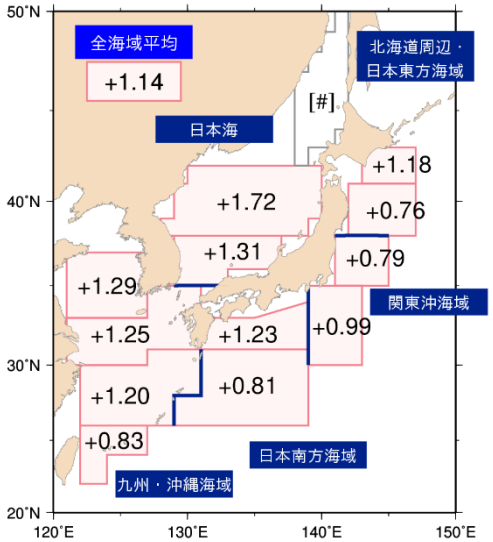


図 2-20　日本近海の海域平均海面水温（年平均）の上昇率（℃/100 年）

1900～2019 年までの上昇率を示す。上昇率の数字は信頼水準 99%以上で有意な変化傾向があることを示す。上昇率が［#］とあるものは、100 年間の変化傾向が明確に見いだせないことを示す。

ii）将来予測

- IPCC の海洋・雪氷圏特別報告書によると、世界の平均海面水温は、ほぼ確実に 21 世紀中に上昇すると見られる（確信度が高い）。世界の平均海面水温は、21 世紀末（2081～2100 年平均）には、20 世紀末（1986～2005 年平均）と比べて、RCP2.6 では 0.73℃（90%信頼区間：0.60～0.87℃）、RCP8.5 では 2.58℃（90%信頼区間：2.34～2.82℃）上昇すると推定される。
- SI-CAT 海洋モデル[11]によると、日本近海の平均海面水温は、21 世紀中に上昇すると予測される（確信度が高い：図 2-21）。21 世紀末（2081～2100 年平均）には、20 世紀末（1986～2005 年平均）と比べて、RCP2.6 では 1.1 ± 0.6℃、RCP8.5 では 3.6 ± 1.3℃上昇すると推定される（不確実性の幅は 90%信頼区間）。これらの見積りは世界平均より大きい値となっている。
- 日本周辺の海面水温上昇は一様ではなく、上昇の程度は、RCP2.6 シナリオでは日本海中部、RCP8.5 シナリオでは釧路沖や三陸沖で大きいと推定されている。

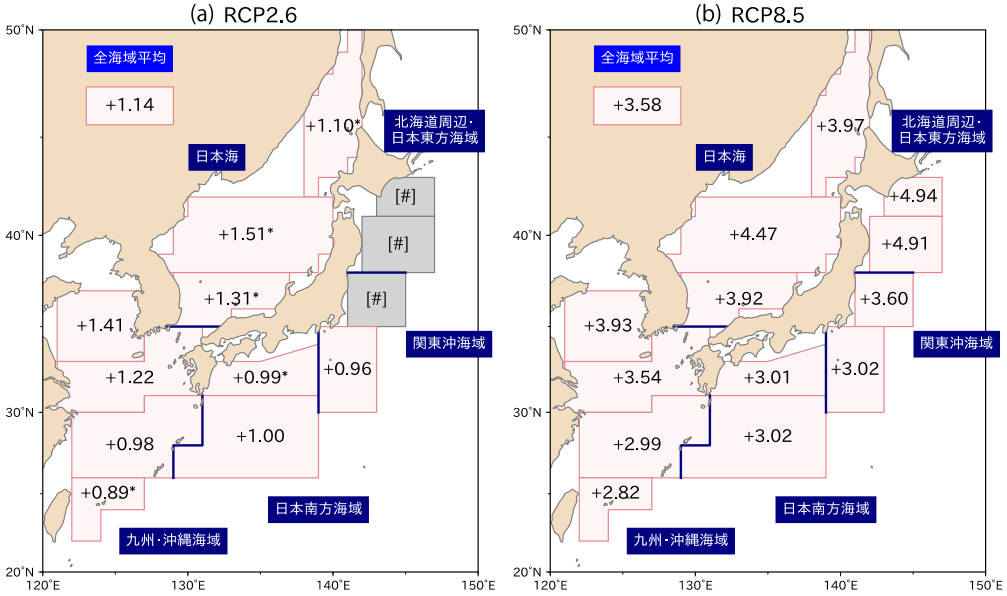


図 2-21　SI-CAT モデルデータ[11]に基づく、21 世紀末における日本近海の海域平均海面水温の 20 世紀末からの上昇幅(℃)

(a) RCP2.6 シナリオ、(b) RCP 8.5 シナリオに基づく見積り。図中の無印の値は信頼水準 99%以上で統計的に有意な値を、「*」を付加した値は 95%以上で有意な値を示している。上昇率が[#]とあるものは、統計的に有意な長期変化傾向が 見出せないことを示している。

B．海氷[12]

i）観測結果

- オホーツク海の最大海氷域面積[13]は地域的な気温、風や海水温の変化による影響を強く受け年ごとに大きく変動しているが、長期的に見ると、1971～2020 年までの期間において、10 年あたり 6.1 万 km^2（平年値の 5.3%）の割合で減少している。(信頼水準 99%で統計的に有意)。(図 2-22)
- 現在も目視によるオホーツク海沿岸海氷観測を実施している稚内、網走、釧路について、観測データがそろっている 1956 年以降で見ると、1980 年代後半以降の流氷（海氷のうち、海を流

[11] 地方自治体等の気候変動適応策作成に資することを目的として、文部科学省の「気候変動適応技術社会実装プログラム」（SI-CAT）の下で海洋研究開発機構により作成された海洋将来予測データセットのこと。
[12] 海氷：海水が凍ってできた氷であり、海氷域は、海水面に比べ太陽光の反射率（アルベド）が大きいという特徴がある。このため、地球温暖化の影響により海氷が減少すると、海水面における太陽放射の吸収が増加し、地球温暖化の進行を加速すると考えられている。また、海氷生成時に排出される高塩分水が深層循環の駆動力の一つと考えられており、海氷の変動は海洋の深層循環にも影響を及ぼす。
[13] 最大海氷域面積：海氷域が年間で最も拡大した半旬の海氷域面積

れ漂い、海岸に定着していないもの）の減少が著しい。

- 北海道沿岸で流氷が観測される頻度が最も高い網走では、1989 年以降の流氷量の減少が著しく、流氷終日（視界内の海面で流氷が見られた最後の日）が次第に早まっており、流氷初日（同最初の日）も次第に遅くなる傾向が現れている。流氷終日は 10 年あたり 3.5 日早まっており（信頼水準 99%で統計的に有意）、流氷初日は 10 年あたり 1.4 日遅くなっている（信頼水準 95%で統計的に有意）。

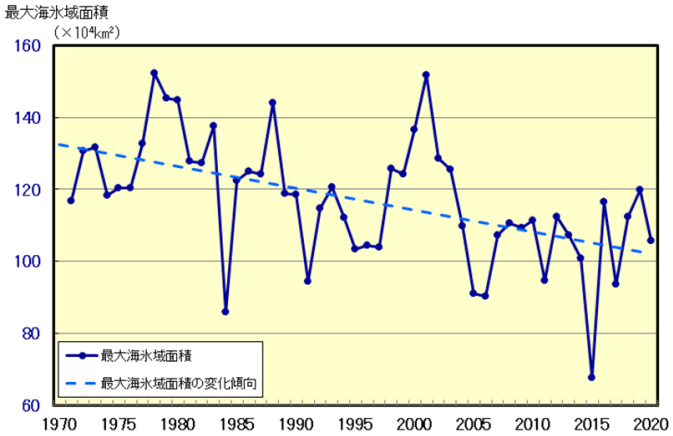


図 2-22　オホーツク海の最大海氷域面積の経年変化（1971～2020 年）

実線は最大海氷域面積の経年変化、破線は長期変化傾向を示す。

ii）将来予測

- オホーツク海は季節海氷域である。季節的に 1 年で最大となる 3 月の海氷面積は、SI-CAT 海洋モデル（脚注 1 参照）による予測では、20 世紀末から 21 世紀末にかけて減少すると見られる（確信度が高い）。これは、観測トレンドや気温や海水温の結合モデル相互比較プロジェクト第 5 期（CMIP5）5 モデル予測とも整合的な結果である。。
- 減少の割合は、RCP2.6 では 28 ± 34%、RCP8.5 では 70 ± 22%である。ただし、RCP2.6 における減少の程度は、現在気候の年々変動の範囲内である。RCP8.では、予測の不確実性（年々変動に加えモデル誤差を含む）に比べても顕著な減少であり、現在気候では経験していないほど海氷面積が小さくなる年が将来的に到来すると考えられる。
- シベリア沿岸の形成域における海氷減少に伴い、北海道沿岸に移流される海氷も減少すると予測されている。3 月における北海道沿岸域の海氷密接度（海水面における海氷の存在割合）は、20 世紀末の 0.5～0.7 から、21 世紀末において、RCP2.6 シナリオでは 0.2～0.5、RCP8.5 シナリオでは 0.1 以下にまで減少する。（図 2-23）

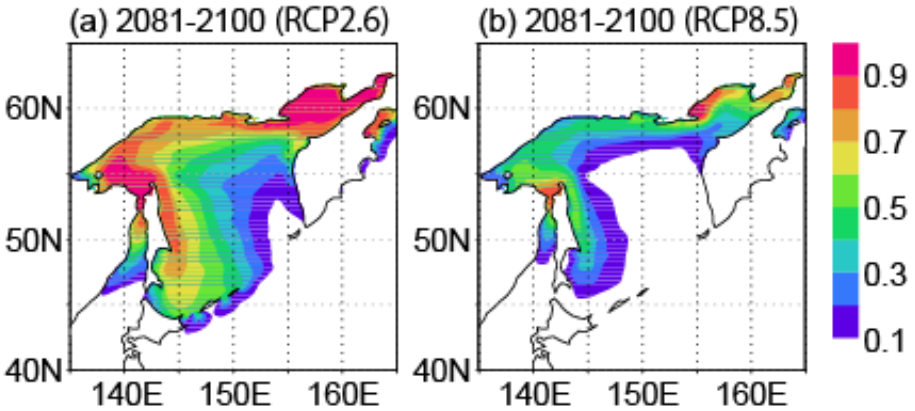


図 2-23　SI-CAT 海洋モデルによる 21 世紀末における 3 月の海氷密接度分布の将来変化

(a) RCP2.6 シナリオ及び (b) RCP8.5 シナリオでの予測結果。

C．海洋循環

ｉ）観測結果

- 日本南岸の黒潮[14]正味流量には 1970 年以降有意な長期変化傾向はみられない。日本海の深層では水温上昇、酸素低下の長期的傾向が認められ、海面での冷却の弱まりによって深層水の形成が減少しているためと考えられる。
- 日本南岸の黒潮流量は数十年規模の変動が卓越している。1990 年代以降は若干の減少傾向が見られるものの、1970 年以降有意なトレンドは見いだされていない。また、この流量は、海洋大循環理論に基づき、北太平洋の風応力から診断した流量とおおむね整合している。台湾や沖縄などの北太平洋亜熱帯循環の南側では、黒潮流量が減少していることが報告されている（Wang et al., 2015）。
- 日本海盆、大和海盆における気象庁の長期観測の結果によれば、深さ 2000m において水温の上昇率は 10 年あたり 0.02℃、溶存酸素量の減少率は 10 年あたり 7～9μmol/kg という長期的な変化傾向が認められている（図 2-24）。

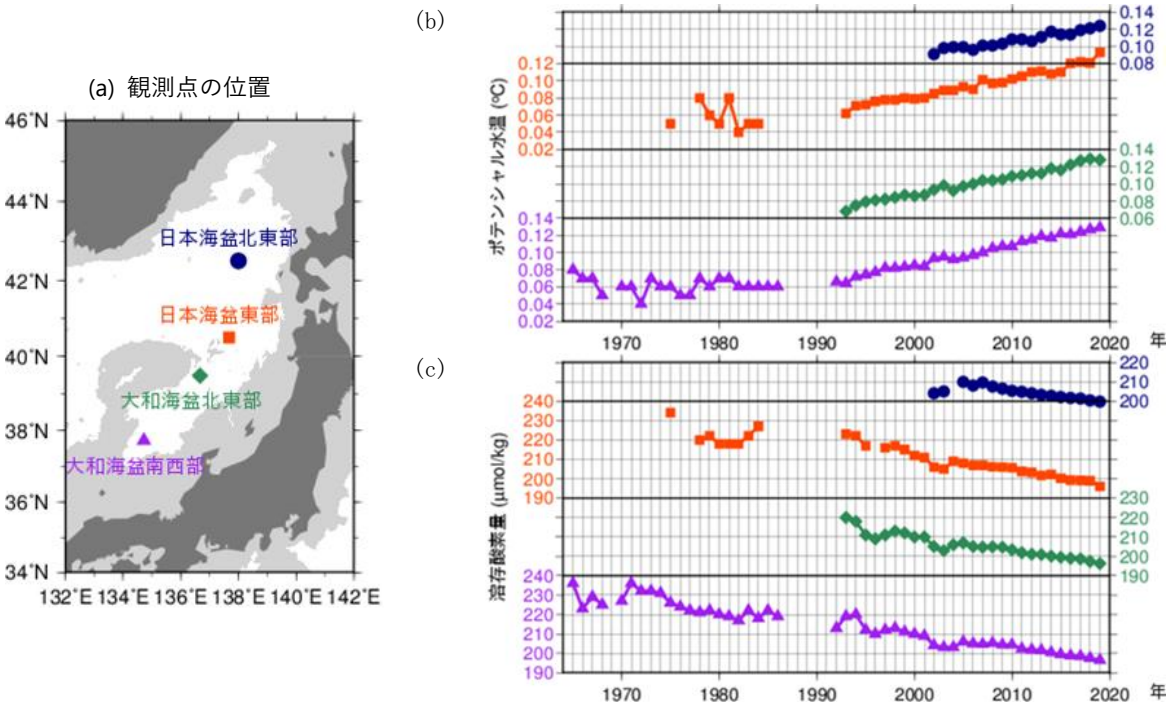


図 2-24　観測点の位置と、深さ 2,000 m における日本海固有水[15]の水温及び溶存酸素濃度

(b) が水温[16]、(c) が溶存酸素濃度。(a) において、薄い灰色は水深が 2,000 m より浅い海域を示す。

---

[14]黒潮は亜熱帯循環の西部をフィリピンから台湾の東を通り日本の南岸に達する非常に強い流れである。気象庁では東経 137 度線を赤道まで横切る観測を年に二度行っており、この測線の情報から東経 137 度における黒潮流量を日本南岸における代表的な流量として見積もっている。

[15] 日本海は、比較的浅い海峡を通じて東シナ海や太平洋とつながっていることから、海水の交換は表層に限られ、約 300 m 以深は水温や酸素濃度などがほとんど一定の、日本海固有水というほぼ均一な海水で占められている。

[16] ポテンシャル水温：ある海水を、その周囲と熱のやり取りなしに深いところに移動させると、圧縮のため初めの温度より高くなる。海水を存在する深さから熱のやり取りなしに海面まで持ってきたときの温度、すなわち水圧による温度上昇分を除いた水温をポテンシャル水温という（温位とも呼ぶ）。水の圧力の大きい海洋深層の異なった深さの水温を比較したり、水温の鉛直分布を調べる場合に用いる。

ii）将来予測

- 21 世紀末における流量の平均値は、20 世紀末と比べて、RCP8.5 シナリオでは約 3 Sv（1 Sv = 106 m^3/s）減少するものの、変化幅は現在気候の変動の範囲内である。RCP2.6 シナリオでは流量の明瞭な変化傾向は見られない。予測の不確実性の内訳によると、モデル間の差が大きい。予測の不確実性の幅を考慮すると、黒潮流量の変化は有意ではない（確信度は低い）。
- 21 世紀末の黒潮続流緯度は、20 世紀末と比べて、RCP8.5 シナリオでは約 0.2 度北上、RCP2.6 シナリオでは約 0.2 度南下する傾向が見られるが、いずれも変化幅は現在気候の変動の範囲内である。

D．海洋酸性化

i）観測結果

- 世界の海で酸性化が進行している。表面海水の水素イオン濃度指数（pH）は世界の海洋の平均で 10 年あたりおよそ 0.02 の割合で低下し、日本南方の北西太平洋域では、低緯度ほどやや低い割合となるものの、全ての緯度で明らかな低下傾向を示している（図 2-25）。
- 日本の沿岸域に関しては、国立環境研究所が提供している公共水域水質年間値データに基づく解析によると（Ishizu *et. al.* 2019）、沿岸域は河川や陸域の影響を受けるため海域による違いが大きく、酸性化が見られないところもあるものの、平均的には酸性化する傾向にある。日本沿岸域で平均した 1978 年から 2009 年の期間における pH の低下速度は、年間最小値（夏季）で 10 年あたり 0.014、年間最大値（冬季）で 0.024 と、外洋域の観測値と同程度の値となっている。

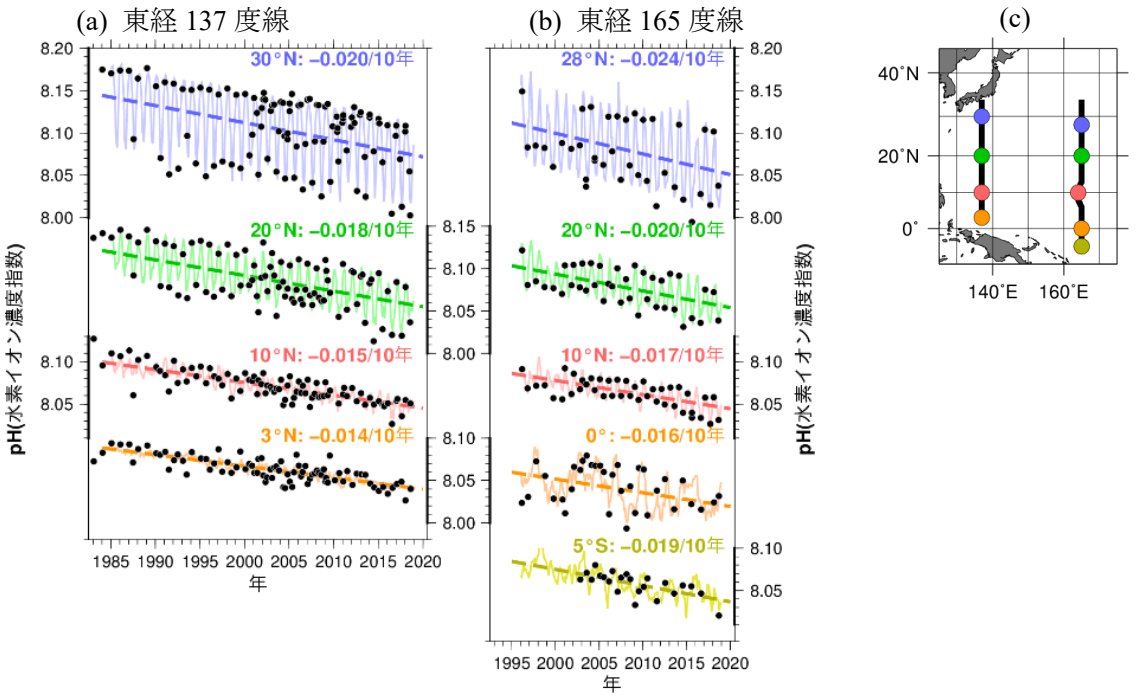


図 2-25　東経 137 度線及び 165 度線における表面海水 pH の長期変化

(a) 及び (b) において、黒丸は表面海水中の二酸化炭素分圧の観測値から計算した pH、細線は解析によって得られた pH、破線は長期変化傾向を、図中の数字は 10 年当たりの変化率（低下率）を示す。観測位置は (c) に示す。

ii）将来予測

・ 世界の海洋の表面海水 pH の低下は、RCP8.5 シナリオでは今後も進行するが、RCP2.6 シナリオでは進行が 2050 年頃までには止まり、それ以上の低下は抑えられる（確信度が高い：図 2-26）。21 世紀末（2081～2100 年平均）と 20 世紀末（1986～2005 年平均）の状態を比較すると、世界の海洋の平均表面海水 pH は、RCP8.5 シナリオでは 0.31（0.30～0.32）、RCP2.6 シナリオでは 0.065（0.06～0.07）低下し（確信度が高い）、日本南方の北西太平洋域では、RCP8.5 シナリオで約 0.3 と世界平均と同程度、RCP2.6 シナリオで約 0.04 と世界平均よりやや少なめの低下が見込まれる（確信度が中程度）。

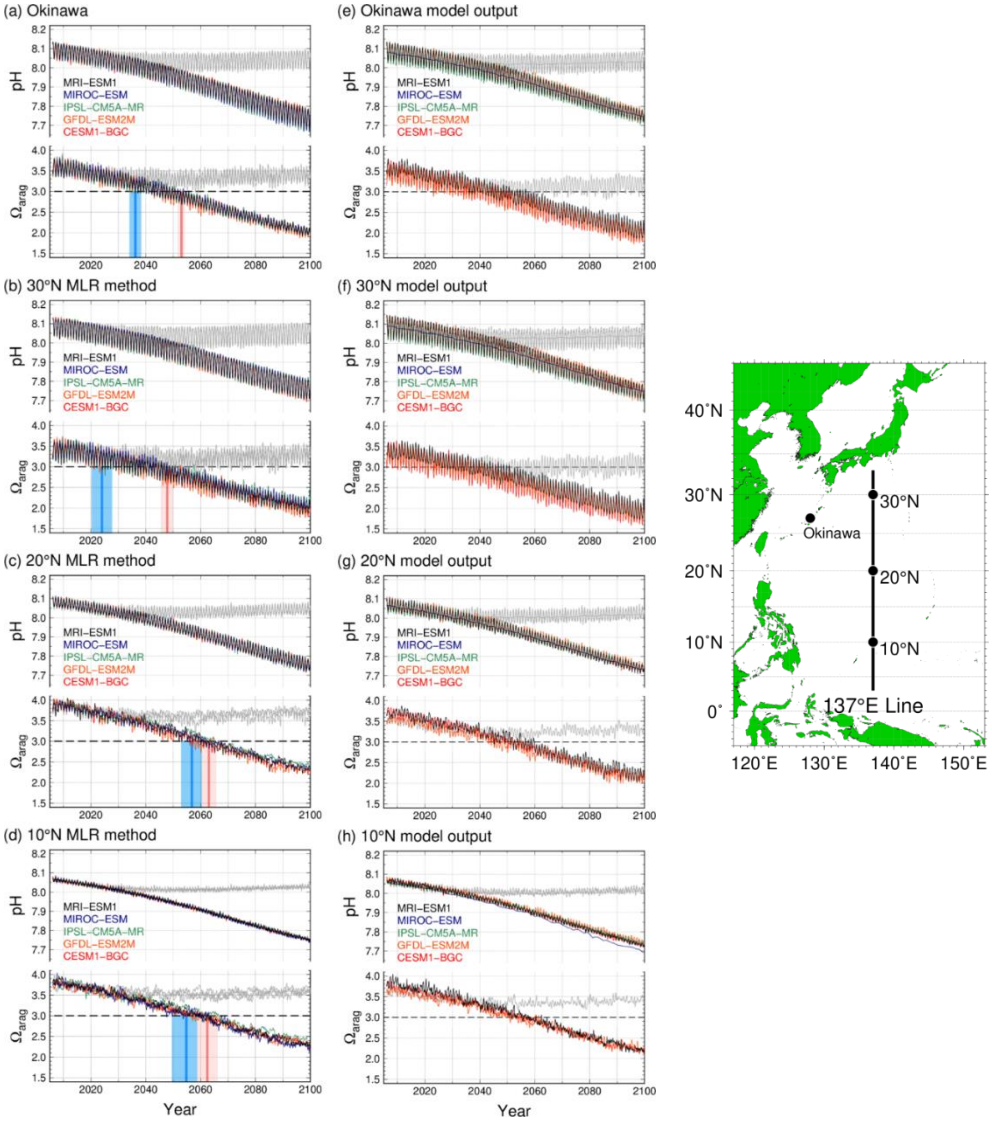


図 2-26　RCP8.5 シナリオ及び RCP2.6 シナリオによる予測における、表面海水 pH 及び Ω_{arag} の変化

予測は 5 つの CMIP5 地球システムモデルによる。(a) ～ (h) は、上段から、沖縄近海（a、e）、東経 137 度北緯 30 度（b、f）、同北緯 20 度（c、g）、同北緯 10 度（d、f）における予測。具体的な位置は (i) に示す。左列（a～d）は観測結果に基づく重回帰式に将来変化を適用したもの、右列（e～h）は地球システムモデルの出力。(a) ～ (h) の各図において、RCP8.5 シナリオ及び RCP2.6 シナリオによる予測における表面海水 pH と Ω_{arag} の変化は、それぞれ、濃い色の実線と灰色の実線で示す。RCP8.5 シナリオの結果は図中に示すように五つのモデルで色分けしている。RCP2.6 シナリオの結果は GFDL、IPSL、MIROC の 3 モデルで、全て灰色で示している。（a～d）で、縦の青線は季節的に Ω_{arag} が 3 を下回り始める時期、赤線は年間を通じて 3 を下回る時期を示す。

（6）台風

ⅰ）観測結果

- 台風の発生数は、1960 年代中頃、1990 年代初め、2010 年代中頃に増加が見られ、1990 年代後半から 2010 年代初めにかけては平年より少ない年が多かった。1951～2019 年の期間全体では、数十年スケールの変動や年々の変動が卓越する一方、長期的な変化傾向は見られない（図 2-27 上段）。
- 日本への接近数は、発生数に似た傾向の変動を示し、発生数と同様に長期変化傾向は見られない。日本への上陸数においても、長期的な変化傾向は見られない。（図 2-27 中段・下段）
- 台風の発生から消滅までの間で「強い[17]」以上に分類された台風は、年間 10～20 個程度発生することが多く、発生数、割合ともに、1980 年代後半～1990 年代初めや 2000 年代中頃にやや増加し、1990 年代後半や 2010 年代初めにはやや減少している。また、年々の変動も大きい。その一方で、長期的な変化傾向は見られない（図 2-28）。
- 台風の強度が生涯最大となる緯度が、低緯度帯においてやや極方向へ変化する傾向は、北西太平洋域において比較的明瞭であり（Kossin et al. 2016）、その長期変化傾向の確信度は低～中程度である（IPCC 2019, Knutson et al. 2019）。

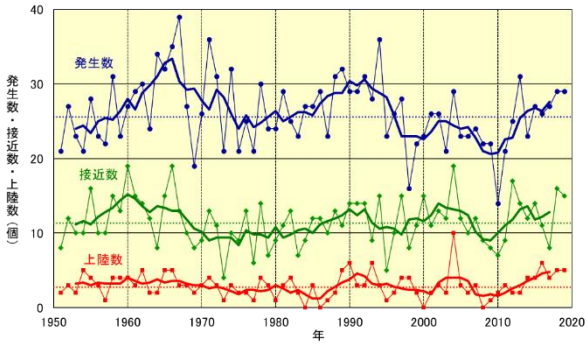


図 2-27　台風の発生数・接近数・上陸数

細実線で結ばれた点は各年の数、太線は 5 年移動平均、細い破線は平年値（1981～2010 年平均）を示す。

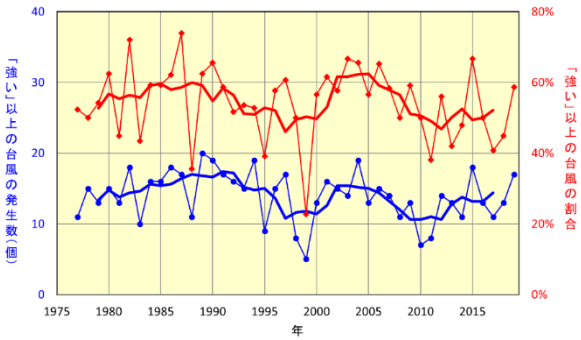


図 2-28　「強い」以上の台風の発生数・割合

青細線は「強い」以上の台風の発生数、赤細線は台風の年間発生数に対する「強い」以上の台風の割合。太線は 5 年移動平均。

ⅱ）将来予測

- 温室効果ガス排出シナリオに基づく将来予測実験及び過去の台風事例を地球温暖化が進行した条件下で再現する擬似温暖化実験の結果によると、将来、日本付近の台風の強度が強まることが予測されている（確信度が中程度）。Tsuboki et al. (2015)の SRES A1B シナリオを用いた実験によると、スーパー台風[18]と呼ばれる階級の台風の最大強度が 21 世紀末においては増大し、スーパー台風の強度で日本にまで達することが予測されている。
- 個別の台風事例を対象に擬似温暖化実験を行うことで、台風に対する地球温暖化の影響を調べた研究もあり、日本付近では台風の強度が強まる結果となったものが多い。以下に挙げる研究では、 RCP8.5 シナリオにおける 21 世紀末の海面水温、気温を上乗せした擬似温暖化実験を行っている。
  - Kanada et al. (2017)では、昭和 34 年台風第 15 号（1959 年の伊勢湾台風）を対象として、4 種類の 5km 格子間隔の地域気候モデルを用いた比較実験が実施された。その結果、全てのモデルにおいて、温暖化時における伊勢湾台風の強度が増大するという結果が得られた。強度増大

[17]気象庁では、1977 年以降の台風について、10 分間平均風速の最大値が 33m/s 以上を「強い」、44m/s 以上を「非常に強い」、54m/s 以上を「猛烈な」台風と区分している。

18 スーパー台風とは米国の合同台風警報センター（JTWC）が設定する最大強度階級であり、1 分平均の最大地上風速が 130 ノット（約 67m/s）以上に相当する。

の原因としては、地球温暖化による対流圏下層の水蒸気量の増加が壁雲内側での顕著な上昇流ひいては潜熱放出をもたらすことが挙げられている。

- Takemi et al. (2016)では平成3 年台風第 19 号（1991 年の台風 Mireille)、Ito et al. (2016)では平成16 年台風第 18 号（2004 年の台風Songda）を対象とした擬似温暖化実験が実施され、温暖化条件下においては成熟期に台風が強化されるという結果を得た。

・ 台風に伴う降水については、将来個々の台風の雨量が増加する（確信度が中程度)。ただし、年間を通して考えた場合の台風全体の降水量に変化はない。Watanabe et al. (2019)によると、日本に接近する台風は減少するものの、個々の台風の降水強度が増大する。これらの効果が相殺するため、台風に伴う降水の年間総量には有意な変化がない。また、台風に伴う非常に激しい降水の頻度が増加する。これは台風接近数の減少と比べて、個々の台風の降水強度増大の影響をより強く受けるためである。

iii）令和元年東日本台風（台風第 19 号）の疑似温暖化実験

・ 平成30年台風第21号、令和元年房総半島台風（台風第15号)、令和元年東日本台風（台風第19号）など、近年台風による大きな被害が頻発していることを踏まえ、台風に関する気候変動影響の知見の拡充のため、環境省では現在（令和２年度)、「気候変動による災害激甚化に関する影響評価業務」[19]において、令和元年東日本台風が、温暖化が進行した将来の気候において同様の進路をとった場合、どのような影響をもたらすかを調査している。以下で、その中間的な成果について記述する。

・ 影響評価の前段階として、台風に伴う降水量について速報的な解析[20]を実施した結果、本州全域における降水量に関して、全球平均気温が 4℃上昇するシナリオでは、すべての計算ケースで増加傾向がみられた。2℃上昇するシナリオでも、一部を除き多くのケースで増加傾向がみられた。

・ 現時点で得られている計算結果においては、台風の発達状況（中心気圧）及び経路の再現性に課題がある。将来予測計算のうち、降水量が減少となったケースは、現況再現計算よりさらに経路がずれ東北・関東から離れたことが主な原因であり、増加したケースにおいても、経路によって増加量のばらつきが大きい。したがって、対象地域を限定して影響予測をするためには、初期条件・外力条件として気象庁全球モデル（GSM）により作成する空間的に詳細なデータを用いて台風経路等の再現性を高めることが必要である。

・ 今後は、上記課題の解決に取り組みつつ、複数の気象モデルを用いてシミュレーションを行うとともに、流出・氾濫モデル、高潮モデルを用いたシミュレーションを行い、河川流量・氾濫水位、潮位等の影響について評価を行う予定である。

19 文部科学省による統合的気候モデル高度化研究プログラムの成果を利用している。事業概要については 80 ページに記載。
20 気象研究所地域気候モデル NHRCM を用いて、境界条件として JRA-55 再解析データを用いた現況再現計算と、d4PDF/d2PDF が持つ 6 種類の海面水温（SST）の昇温パターンを用いた将来予測計算を実施し、両者の結果を比較することで将来変化を見積もった。

第２章の引用文献

- 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.
- IPCC, 2019: Extremes, Abrupt Changes and Managing Risks. In: The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. An IPCC Special Report on the ocean and cryosphere in a changing climate.
- Ishizu, M., Miyazawa, Y., Tsunoda, T., and Ono, T.: Long-term trends in pH in Japanese coastal seawater, Biogeosciences, 16, 4747–4763, https://4850 doi.org/10.5194/bg-16-4747-2019, 2019
- Ito, R., T. Takemi, and O. Arakawa, 2016: A possible reduction in the severity of typhoon wind in the northern part of Japan under global warming: A case study. SOLA, 2016, 12, 100−105.
- Kanada, S., T. Takemi, M. Kato, S. Yamasaki, H. Fudeyasu, K. Tsuboki, O. Arakawa, and I. Takayabu, 2017: A multimodel intercomparison of an intense typhoon in future, warmer climate by four 5-km-2611 mesh models. J. Climate, 30, 6017–6036.
- Kawase, H., T. Yoshikane, M. Hara, M. Fujita, N. Ishizaki, H. Hatsushika and F. Kimura, 2012: Downscaling of snow cover changes in the late 20th Century using a past climate simulation method over Central Japan. SOLA, 8, 61 – 64.
- Kawase, H., A. Murata, R. Mizuta, H. Sasaki, M. Nosaka, M. Ishii and I. Takayabu, 2016: Enhancement of heavy daily snowfall in central Japan due to global warming as projected by large ensemble of regional climate simulations. Climatic Change, 139, 265 – 278, https://doi.org/10.1007/s10584-016-1781-3.
- Kawase, H., T. Yamazaki, S. Sugimoto, T. Sasai, R. Ito, T. Hamada M. Kuribayashi, M. Fujita, A. Murata, M. Nosaka and H. Sasaki, 2020: Changes in extremely heavy and light snow-cover winters due to global warming over high mountainous areas in central Japan. PEPS, accepted.
- Kossin, J.P., K. A. Emanuel and S. J. Camargo, 2016: Past and projected changes in western North Pacific tropical cyclone exposure. J. Climate, 29, 5725–5739.
- Knutson, T., S. J. Camargo, J. C-L. Chan, K. Emanuel, C.-H. Ho, J. Kossin, M. Mohapatra, M. Satoh, M. Sugi, K. Walsh and L. Wu, 2019: Tropical cyclones and climate change assessment: Part I. Detection and attribution. Bull. Amer. Meteor. Soc., DOI: 10.1175/BAMS-D-18-0189.1
- Mizuta, R., H. Yoshimura, H. Murakami, M. Matsueda, H. Endo, T. Ose, K. Kamiguchi, M. Hosaka, M. Sugi, S. Yukimoto, S. Kusunoki and A. Kitoh, 2012: Climate simulations using MRI-AGCM3.2 with 20-km grid. J. Meteor. Soc. Japan, 90A, 233 – 258, doi:10.2151/jmsj.2012-A12.
- Osakada, Y., and E. Nakakita 2018. Future Change of Occurrence Frequency of Baiu Heavy Rainfall and Its Linked Atmospheric Patterns by Multiscale Analysis. SOLA. 14. 79-85, doi:10.2151/sola.2018-014.
- Sasai, T., H. Kawase, Y. Kanno, J. Yamaguchi, S. Sugimoto, T. Yamazaki, H. Sasaki, M. Fujita and T. Iwasaki, 2019: Future Projection of Extreme Heavy Snowfall Events With a 5-km Large Ensemble Regional Climate Simulation. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 124, https://doi.org/10.1029/2019JD030781.
- Sasaki, H., A. Murata, M. Hanafusa, M. Oh'izumi, and K. Kurihara 2011. Reproducibility of present climate in a non-hydrostatic regional climate model nested within an atmosphere general circulation model. SOLA, 7, 173−176, doi:10.2151/sola.2011-044.
- Sutton, R. T., B. W. Dong and J.M. Gregory, 2007: Land/Sea warming ratio in response to climate change: IPCC AR4 model results and comparison with observations, Geophys. Res. Lett., 34, L02701, https://doi.org/10.1029/2006GL028164.
- Takemi, T., R. Ito, and O. Arakawa, 2016: Effects of global warming on the impacts of Typhoon Mireille (1991) in the Kyushu and Tohoku regions. Hydrological Research Letters 10, 81–87.
- Tsuboki, K., M. K. Yoshioka, T. Shinoda, M. Kato, S. Kanada, and A. Kitoh, 2015: Future increase of supertyphoon intensity associated with climate change. Geophys. Res. Lett., 42, 646–652.
- Tsujino H., H. Nakano, K. Sakamoto, S. Urakawa, M. Hirabara, H. Ishizaki, G. Yamanaka, 2017: Reference manual for the Meteorological Research Institute Community Ocean Model version 4 (MRI.COMv4). Tech Rep 80, Meteorological Research Institute, Japan.
- Wang, G., S-P. Xie, R. Huang, C. Chen, 2015: Robust Warming Pattern of Global Subtropical Oceans and its Mechanism, J. Climate, 28, 8574-8584.
- Watanabe, S. I., A. Murata, H. Sasaki, H. Kawase, and M. Nosaka, 2019: Future projection of tropical cyclone precipitation over Japan with a high-resolution regional climate model, J. Meteor. Soc. Japan, 97, 805–820.
- WMO, 2019: WMO Greenhouse Gas Bulletin, No. 15.
- 気象庁，2017：地球温暖化予測情報第 9 巻.
- 気象庁，2020：気候変動監視レポート 2019.
- 鈴木博人，2010：新潟県とその周辺における降積雪量の 1927-2005 年の経年変化：鉄道駅構内の露場で観測された降積雪量データを用いた解析．天気、57、289-303.

第３章　日本における気候変動による影響の概要

３．１　気候変動影響の評価手法

前回の気候変動影響評価（2015 年）における評価の手法を踏襲しつつ、科学的知見の充実や現状を踏まえた修正を行った。具体的には、IPCC 第 5 次評価報告書の主要なリスクの特定の考え方、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。）などの諸外国の事例におけるリスク評価の考え方を参考とし、以下の通りとした。

ｉ）検討体制

評価の観点として「重大性」「緊急性」「確信度」の３つを設け、７つの対象分野（農業・林業・水産業、水環境・水資源、自然生態系、自然災害・沿岸域、健康、産業・経済活動、国民生活・都市生活）について、分野を細分化した表１の小項目の単位ごとに評価した。また、評価は実施しなかったが、今回新たに、７つの個別の分野の他に、「分野間の影響の連鎖」について気候変動影響をとりまとめた。分野ごとの特性もあり、一律機械的・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）により評価を行った。また、WG における検討結果をもとに、中央環境審議会地球観測部会気候変動影響等小委員会において本報告書に関する総合的な議論を行った。

ⅱ）評価の観点

重大性：社会、経済、環境の３つの観点で評価する。詳しくは 39 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。詳しくは 41 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。詳しくは 42 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。詳しくは 44 ページを参照。

表 3-1　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
		野菜等	
		果樹	
		麦、大豆、飼料作物等	
		畜産	
		病害虫・雑草等	
		農業生産基盤	
		食料需給	
	林業	木材生産（人工林等）	
		特用林産物（きのこ類等）	
	水産業	回遊性魚介類（魚類等の生態）	
		増養殖業	
		沿岸域・内水面漁場環境等	
水環境・水資源	水環境	湖沼・ダム湖	水環境・水資源、自然災害・沿岸域 WG
		河川	
		沿岸域及び閉鎖性海域	
	水資源	水供給（地表水）	
		水供給（地下水）	
		水需要	
自然生態系	陸域生態系	高山帯・亜高山帯	自然生態系 WG
		自然林・二次林	
		里地・里山生態系	
		人工林	
		野生鳥獣の影響	
		物質収支	
	淡水生態系	湖沼	
		河川	
		湿原	
	沿岸生態系	亜熱帯	
		温帯・亜寒帯	
	海洋生態系		
	その他	生物季節	
		分布・個体群の変動	
	生態系サービス		
自然災害・沿岸域	河川	洪水	水環境・水資源、自然災害・沿岸域 WG
		内水	
	沿岸	海面水位の上昇	
		高潮・高波	
		海岸侵食	
	山地	土石流・地すべり等	
	その他	強風等	
	複合的な災害影響		
健康	冬季の温暖化	冬季死亡率等	健康 WG
	暑熱	死亡リスク等	
		熱中症等	

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

※　赤字は、今回新たに追加されたもしくは細分化された大・小項目

（1）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った。

○ 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）

ただし、上記要素のうち、「影響のタイミング」は重大性の評価に用いず、緊急性の評価に用いている。また、「適応あるいは緩和を通じたリスク低減の可能性」に関しては、直接的に重大性の評価に用いず、緩和や適応の観点を以下のように評価に取り入れた。

緩和：一部の項目において、前提としている排出シナリオ（RCP2.6、RCP8.5 等）、予測時期（21 世紀中頃、21 世紀末等）、工業化以前からの気温上昇幅などに基づき、＜RCP2.6 及び 2℃上昇相当＞及び＜RCP8.5 及び 4℃上昇相当＞の２つの場合に分けて重大性を評価することで、緩和の効果を示すこととした。また、複数のシナリオ等に基づく知見があるものの、重大性の評価の場合分けが難しい場合は、文中においてのみ可能な限り、影響の差異を記述することとした。なお、前回の影響評価ではこのような観点は考慮されていなかったが、知見の充実によって評価への反映が可能となったものである。

適応：適応策の実施による効果を考慮した気候変動影響に関する文献が現時点では限られているため、将来の追加的な適応策による効果は重大性の評価に反映しないこととした。一方で、治水や農林水産業など、既に一定程度適応策が講じられている分野もあることから、現状の影響の重大性の評価においては実施済みの適応策の効果を考慮に入れることとした。

なお、重大性の評価に当たっては、研究論文等の内容を踏まえるなど科学に基づいて行うことを原則としつつ、表 3-2 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）も取り入れることにより、「特に重大な影響が認められる」または「影響が認められる」の評価を行った。また、現状では評価が困難な場合は「現状では評価できない」とした。

表 3-2　重大性の評価の考え方

<table>
<tr><th rowspan="2">評価の観点</th><th colspan="2">評価の尺度（考え方）</th><th rowspan="2">最終評価の示し方</th></tr>
<tr><th>特に重大な影響が認められる</th><th>影響が認められる</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">以下の切り口をもとに、社会、経済、環境の観点で重大性を判断する
● 影響の程度（エリア・期間）
● 影響が発生する可能性
● 影響の不可逆性（元の状態に回復することの困難さ）
● 当該影響に対する持続的な脆弱性・曝露の規模</td><td rowspan="4">重大性の程度と、重大性が「特に重大な影響が認められる」の場合は、その観点を示す</td></tr>
<tr><td>1.社会</td><td>以下の項目に１つ以上当てはまる
● 人命の損失を伴う、もしくは健康面の負荷の程度、発生可能性など（以下、「程度等」という）が特に大きい
例）人命が失われるようなハザード（災害）が起きる
多くの人の健康面に影響がある
● 地域社会やコミュニティへの影響の程度等が特に大きい
例）影響が全国に及ぶ
影響は全国には及ばないが、地域にとって深刻な影響を与える
● 文化的資産やコミュニティサービスへの影響の程度等が特に大きい
例）文化的資産に不可逆的な影響を与える
国民生活に深刻な影響を与える</td><td>「特に重大な影響が認められる」の判断に当てはまらない。</td></tr>
<tr><td>2.経済</td><td>以下の項目に当てはまる
● 経済的損失の程度等が特に大きい
例）資産・インフラの損失が大規模に発生する
多くの国民の雇用機会が損失する
輸送網の広域的な寸断が大規模に発生する</td><td>「特に重大な影響が認められる」の判断に当てはまらない。</td></tr>
<tr><td>3.環境</td><td>以下の項目に当てはまる
● 環境・生態系機能の損失の程度等が特に大きい
例）重要な種・ハビタット・景観の消失が大規模に発生する
生態系にとって国際･国内で重要な場所の質が著しく低下する
広域的な土地・水・大気・生態系機能の大幅な低下が起こる</td><td>「特に重大な影響が認められるの判断に当てはまらない。</td></tr>
</table>

（2）緊急性の評価の考え方

緊急性に相当する要素として、IPCC 第 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した。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。

影響の発現時期の考え方：前回の影響評価においては、近未来予測（現在～2030 年前後）の予測結果をもとに 2030 年頃までに影響が生じる可能性が高いものについて緊急性は中程度としていた。しかし、前回の影響評価から 5 年が経過し、適応策の検討や実施にかかる時間を踏まえると、2030 年という目安は必ずしも適切ではなくなっている。また、前回の影響評価以降、21 世紀中頃（2040～2060 年頃）を対象期間に含む将来予測の知見が増加しており、21 世紀中頃までに生じる可能性が高い影響であるかどうかをもって緊急性を判断することが可能な状況となっている。したがって、今回の影響評価では、緊急性を中程度と評価する目安を、前回の影響評価の「2030 年頃までに影響が生じる可能性が高い」から、「21 世紀中頃までに影響が生じる可能性が高い」に変更した（図 3-1 参照）。

適応の着手・重要な意思決定が必要な時期の考え方：適応には長期的・継続的に実施すべきものや効果の発現までに時間を要するものが含まれるため、適応に要する時間や適応効果が表れるまでの時間をよく考慮し、手遅れにならないよう早めに着手・重要な意思決定を行うことが必要となる。行政・事業者等が一定の対策の実効性を確保しうる時間的スケールとしては現在（2020 年頃）から 10 年後程度までが現実的であることを踏まえ、今回の影響評価では、前回に引き続き、「2030 年頃より前に重大な意思決定が必要である」ことを、緊急性を中程度と評価する目安とした。

なお、現状では評価が困難なケースは「現状では評価できない」とした。

表 3-3　緊急性の評価の考え方

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

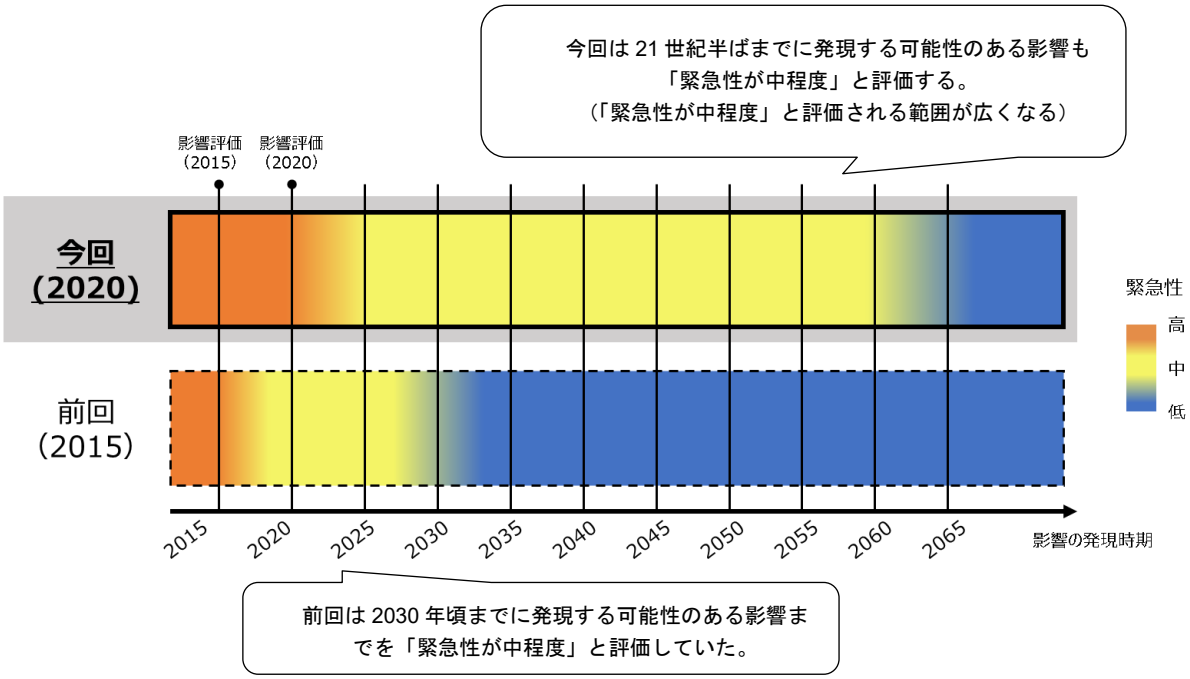


図 3-1　前回（2015 年）と今回（2020）の影響評価における緊急性の評価の比較

（3）確信度の評価の考え方

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

証拠の種類：現在までの観測・観察、モデル、実験、古気候からの類推などの種類

証拠の量：研究・報告の数

証拠の質：研究・報告の質的内容（合理的な推定がなされているかなど）

証拠の整合性：研究・報告の整合性（科学的なメカニズム等の整合性など）

見解の一致度：研究・報告間の見解の一致度

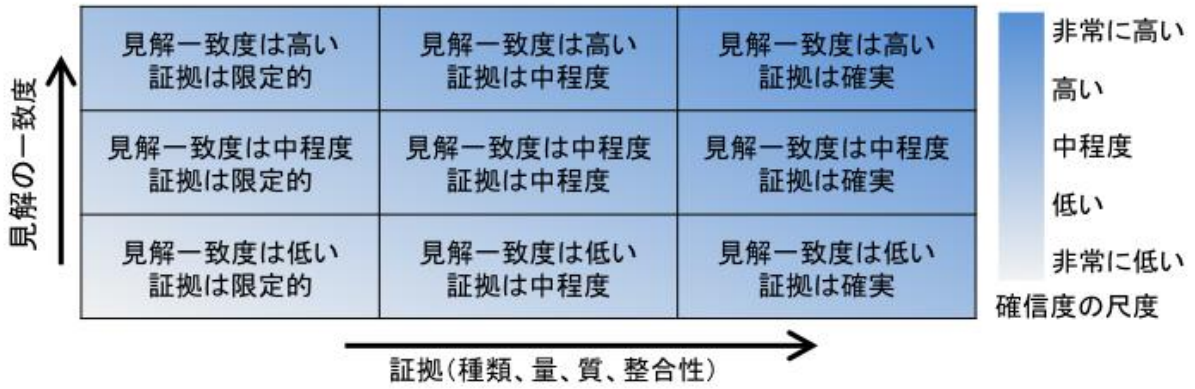


図 3-2　証拠と見解の一致度の表現とその確信度との関係

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

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

（2010 年、IPCC）

ここでは、IPCC 第 5 次評価報告書と同様「証拠の種類、量、質、整合性」及び「見解の一致度」の２つの観点を用いた。「証拠の種類、量、質、整合性」については、総合的に判断するが、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限られている場合があるため、定量的な分析の研究・報告事例があるかどうかという点を主要な判断材料のひとつとしている。

評価の段階として、「高い」「中程度」「低い」の３段階の評価とした。なお、確信度の評価の際には、前提としている気候予測モデルから得られた降水量などの予測結果の確からしさも踏まえた。また、現状では評価が困難なケースは「現状では評価できない」とした。

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。

表 3-4　確信度の評価の考え方

（4）取りまとめのフォーマット

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

表 3-5　気候変動による影響の評価（個票）（例）

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

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

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。

重大性を判断した判断理由を記載する

「特に重大な影響が認められる」とした場合に、その観点を記載する。

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。

重大性の凡例

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

緊急性の凡例

●：高い　▲：中程度　■：低い　－：現状では評価できない

確信度の凡例

●：高い　▲：中程度　■：低い　－：現状では評価できない

３．２　気候変動影響の評価内容に関する留意点及び評価結果一覧

気候変動の影響については、すでに気候変動により生じている可能性がある影響が農業、生態系などの分野に見られているほか、極端な高温による熱中症の多発や、短時間での強雨による洪水、土砂災害の被害などと気候変動の関係性が指摘されている。次節で、各ワーキンググループ（WG）及び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において検討、取りまとめを行った「気候変動影響評価報告書（詳細）」において示されている各分野における「現在の状況」と「将来予測される影響」の概要を中心に記載する。詳細な情報については、気候変動影響評価報告書（詳細）を参照されたい。表 3-6 に、本報告における気候変動影響の評価結果の一覧と、気候変動影響評価報告書（詳細）の各評価項目に関する記述があるページ番号を示す。

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、各分野に関する気候変動影響について、可能な限り学術論文等の文献に依拠するとともに、必要に応じて専門家判断（エキスパート・ジャッジ）も踏まえて評価を行っていること。既存の文献からでは十分に評価できない性質・規模の影響が将来現れる可能性も皆無ではないことにも留意が必要である。

②　本報告において取り扱う影響は、主に日本への影響に関するものであること。ただし、海外において発生し、日本国内に波及していることが明らかな影響については、日本への影響との関係性に触れた上で本報告に記載している。

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こと[1]。

- 現在の状況に記載されている内容については、必ずしも気候変動との関連性が明確になっているとは限らず、気候変動の影響の可能性が指摘されている事例についても取り上げている。
- 気候変動の影響と関わりのあるもので、人間社会に影響が既に現れている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。
- 一方、気候変動がなければ自然災害やその他の被害等が全てなくなるというわけではないことに留意する必要がある。
- 影響の現れ方は、外力を受ける側の特性によって大きく異なること。災害のリスクは生じる気象現象の激しさだけではなく、影響を受ける分野の曝露 や脆弱性 にも依存する。よって、今後、社会をどのようにしていくかによっても影響の現れ方は異なる。

[1] IPCC 第５次評価報告書によれば、気候システムの温暖化には疑う余地はなく、気候システムに対する人為的影響は明らかであるとされている。その一方で、そもそも気候変動は、地軸の傾きや地球の挙動変化の周期、太陽周期の変動、火山活動といった自然変動に、人の活動に伴う温室効果ガスの排出により生ずる人為起源の地球温暖化（地球温暖化対策推進法により定義）が合わさったものとして現れるものである。さらに、強い台風や集中豪雨など、個別の事象について、それが人為起源の温室効果ガスの排出によって生じる地球温暖化によるものなのか、エルニーニョ現象などの気候の自然な変動によるものなのか、それぞれの寄与を個別に判別することは困難である。

表 3－6　気候変動影響評価　評価結果一覧

重大性(前回)	重大性(今回)	緊急性、確信度
●：特に大きい	●：特に重大な影響が認められる	●：高い
◆：「特に大きい」とはいえない	◆：影響が認められる	▲：中程度
―：現状では評価できない	―：現状では評価できない	■：低い
		―：現状では評価できない

赤字：前回の影響評価からの追加項目
分野名の下の括弧内の数字：前回影響評価からの文献数の変化（複数分野で引用している文献（65 件）は含まない）

分野	大項目	No.	小項目	前回（2015）			今回（2020）			報告書[詳細]
				重大性	緊急性	確信度	重大性	緊急性	確信度	
農業・林業・水産業(117→339)	農業	111	水稲	●	●	●	● ●	●	●	p. 17-
		112	野菜等	―	▲	▲	◆	●	▲	p. 23-
		113	果樹	●	●	●	● ●	●	●	p. 27-
		114	麦、大豆、飼料作物等	●	▲	▲	●	▲	▲	p. 32-
		115	畜産	●	▲	▲	●	●	▲	p. 38-
		116	病害虫・雑草等	●	●	●	●	●	●	p. 42-
		117	農業生産基盤	●	●	▲	●	●	●	p. 49-
		118	食料需給				◆	▲	●	p. 53-
	林業	121	木材生産(人工林等)	●	●	■	●	●	▲	p. 58-
		122	特用林産物(きのこ類等)	●	●	■	●	●	▲	p. 63-
	水産業	131	回遊性魚介類(魚類等の生態)	●	●	▲	●	●	▲	p. 66-
		132	増養殖業	●	●	■	●	●	▲	p. 71-
		133	沿岸域・内水面漁場環境等				● ●	●	▲	p. 74-
水環境・水資源(26→88)	水環境	211	湖沼・ダム湖	●	▲	▲	◆ ●	▲	▲	p. 82-
		212	河川	◆	■	■	◆	▲	■	p. 88-
		213	沿岸域及び閉鎖性海域	◆	▲	■	◆	▲	▲	p. 92-
	水資源	221	水供給(地表水)	●	●	▲	● ●	●	●	p. 95-
		222	水供給(地下水)	◆	▲	■	●	▲	▲	p. 100-
		223	水需要	◆	▲	▲	◆	▲	▲	p. 104-
				※BD：生物多様性、ES：生態系サービス						
				BD / ES	BD / ES	BD / ES				
自然生態系(127→252)	陸域生態系	311	高山・亜高山帯	● / ―	● / ―	▲ / ―	●	●	▲	p. 108-
		312	自然林・二次林	● / ―	▲ / ―	● / ―	◆ ●	●	●	p. 114-
		313	里地・里山生態系	◆ / ―	▲ / ―	■ / ―	◆	●	■	p. 121-
		314	人工林	● / ―	▲ / ―	▲ / ―	●	●	▲	p. 124-
		315	野生鳥獣の影響	● / ―	● / ―	― / ―	●	●	■	p. 127-
		316	物質収支	● / ―	▲ / ―	▲ / ―	●	▲	▲	p. 130-
	淡水生態系	321	湖沼	● / ―	▲ / ―	■ / ―	●	▲	■	p. 134-
		322	河川	● / ―	▲ / ―	■ / ―	●	▲	■	p. 138-
		323	湿原	● / ―	▲ / ―	■ / ―	●	▲	■	p. 142-
	沿岸生態系	331	亜熱帯	● / ―	● / ―	▲ / ―	● ●	●	●	p. 146-
		332	温帯・亜寒帯	● / ―	● / ―	▲ / ―	●	●	▲	p. 150-
	海洋生態系	341	海洋生態系	● / ●	▲ / ―	■ / ■	●	▲	■	p. 157-
	その他	351	生物季節	◆ / ―	● / ―	● / ―	◆	●	●	p. 161-
		361	分布・個体群の変動	● / ― ● /	● / ― ● /	● / ― ▲ /	● ●	● ●	● ▲	（在来生物） （外来生物）p. 164-

分野	大項目	No.	小項目	前回（2015）			今回（2020）			報告書[詳細]
				重大性	緊急性	確信度	重大性	緊急性	確信度	
	生態系サービス	371	—				●	—	—	p. 170-
			流域の栄養塩・懸濁物質の保持機能等				●	▲	■	
			沿岸域の藻場生態系による水産資源の供給機能等				●	●	▲	
			サンゴ礁による Eco-DRR 機能等				●	●	●	
			自然生態系と関連するレクリエーション機能等				●	▲	■	
自然災害・沿岸域(88→136)	河川	411	洪水	●	●	●	● ●	●	●	p. 180-
		412	内水	●	●	▲	●	●	●	p. 188-
	沿岸	421	海面水位の上昇	●	▲	●	●	▲	●	p. 192-
		422	高潮・高波	●	●	●	●	●	●	p. 196-
		423	海岸侵食	●	▲	▲	● ●	▲	●	p. 200-
	山地	431	土石流・地すべり等	●	●	▲	●	●	●	p. 204-
	その他	441	強風等	●	▲	▲	●	●	▲	p. 211-
	複合的な災害影響	451	—							p. 214-
健康(35→178)	冬季の温暖化	511	冬季死亡率等	◆	■	■	◆	▲	▲	p. 220-
	暑熱	521	死亡リスク等	●	●	●	●	●	●	p. 223-
		522	熱中症等	●	●	●	●	●	●	p. 226-
	感染症	531	水系・食品媒介性感染症	—	—	■	◆	▲	▲	p. 230-
		532	節足動物媒介感染症	●	▲	▲	●	●	▲	p. 232-
		533	その他の感染症	—	—	—	◆	■	■	p. 235-
	その他	541	温暖化と大気汚染の複合影響	—	▲	▲	◆	▲	▲	p. 237-
		542	脆弱性が高い集団への影響(高齢者・小児・基礎疾患有病者等)	—	●	■	●	●	▲	p. 240-
		543	その他の健康影響				◆	▲	▲	p. 242-
産業・経済活動(37→104)	製造業	611	—	◆	■	■	◆	■	■	p. 246-
	食品製造業						●	▲	▲	
	エネルギー	621	エネルギー需給	◆	■	▲	◆	■	▲	p. 251-
	商業	631	—	—	—	■	◆	■	■	p. 255-
	小売業			—	—	■	◆	▲	▲	
	金融・保険	641	—	●	▲	▲	●	▲	▲	p. 258-
	観光業	651	レジャー	●	▲	●	◆	▲	●	p. 262-
	自然資源を活用したレジャー業						●	▲	●	
	建設業	661	—	—	—	—	●	●	■	p. 266
	医療	671	—	—	—	—	◆	▲	■	p. 269-
	その他	681	海外影響	—	—	■	◆	■	▲	p. 271-
		682	その他				—	—	—	p. 275-
国民生活・都市生活(36→99)	都市インフラ、ライフライン等	711	水道、交通等	●	●	■	●	●	●	p. 280-
	文化・歴史などを感じる暮らし	721	生物季節・伝統行事	◆	●	●	◆	●	●	p. 284-
			地場産業等	—	●	■	—	●	▲	
	その他	731	暑熱による生活への影響等	●	●	●	●	●	●	p. 288-

３．３　各分野における気候変動による影響の概要

（１）　農業・林業・水産業

農業・林業・水産業分野における気候変動による影響の概略は、図 3-3、図 3-4 に示すとおりである。気候変動は、作物の生育や栽培適地の変化、病害虫・雑草の発生量や分布域の拡大、家畜の成長や繁殖、人工林の成長、水産資源の分布や生残に影響を及ぼし、食料や木材の供給や農業・林業・水産業に従事する人々の収入や生産方法に影響を及ぼす。こうした影響は、気温や水温、CO_2 濃度の上昇といった気候変動の直接的な原因によるものと、水資源量の変化や自然生態系の変化を介した間接的な原因によるものがある。また、農業・林業・水産業分野における気候変動影響は、商業、流通業、国際貿易等にも波及することから、経済活動に及ぼす影響は大きい。

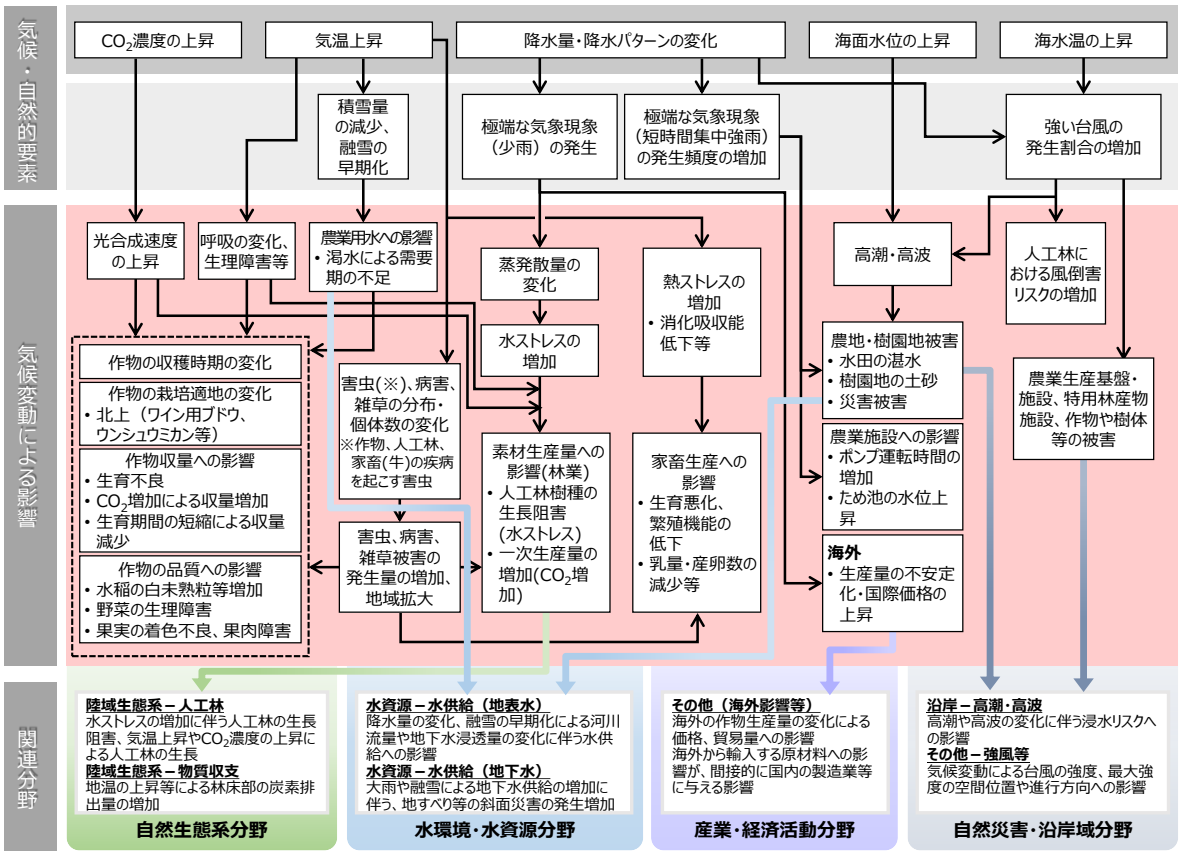


図 3-3 気候変動により想定される影響の概略図（農業・林業・水産業分野（農業・林業））[2]

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

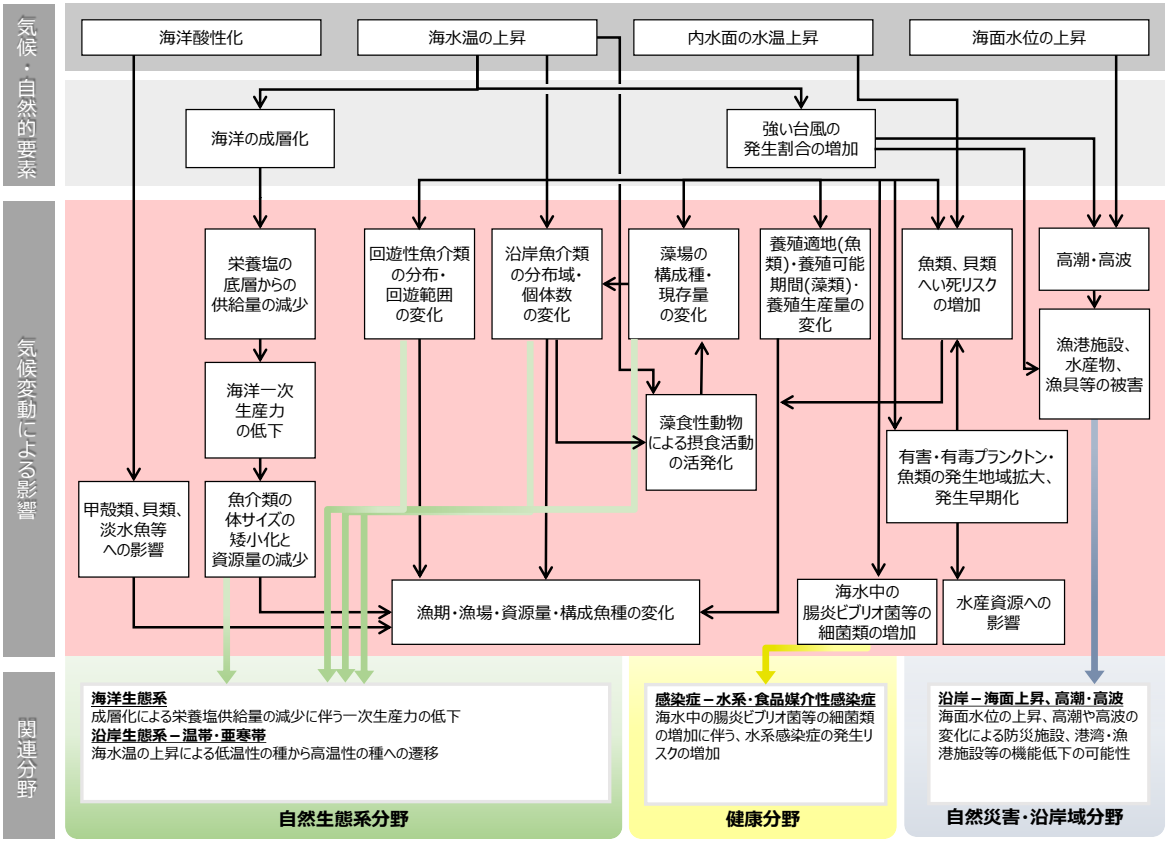


図 3-4 気候変動により想定される影響の概略図（農業・林業・水産業分野（水産業））[3]

● 文献数・構成等の変化

今回の影響評価において、農業・林業・水産業分野全体では、複数分野で引用している文献を除いて合計 339 件の文献（現状影響 188 件、将来影響 149 件、両方 2 件）を引用しており、このうち、前回の影響評価から新たに追加された文献は 243 件である。項目別に見ると、「水稲」、「病害虫・雑草等」、「水産業」において文献数が特に増加している。

前回の影響評価からの構成上の変更点としては、海外での穀物生産に対する気候変動影響が日本に及ぶ可能性を踏まえ、新たに大項目「農業」に小項目「食料需給」が追加された。また、大項目「水産業」では多数の知見が蓄積されたため、「回遊性魚介類（魚類等の生態）」、「増養殖業」、「沿岸域・内水面漁場環境等」の 3 つの小項目に再編された。さらに、花きを野菜、かび毒を病害虫・雑草と共に扱うこととしたため、小項目名がそれぞれ「野菜等」（前回の影響評価では「野菜」）、「病害虫・雑草等」（同じく「病害虫・雑草」）と変更された。

● 気候変動による影響の概要

<u>現在の状況</u>

農業では、水稲における一等米比率の低下、野菜の生育不良や果樹の生理障害等、気温上昇や降水の時空間分布の変化等による作物の品質や収量の低下が多くの品目で全国的に生じており、

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

畜産分野においても暑熱ストレスの影響が顕在化している。害虫や病害の分布の拡大、発生量の増加による農作物の被害も生じている。農業生産基盤では、少雨等による農業用水の不足や農業利水施設への影響が生じている。林業では、シイタケ原木栽培における病害の発生地が拡大している。水産業では、スルメイカやサンマ等の回遊性魚介類の分布域の変化、それに伴う加工業や流通業への影響、養殖業や内水面漁業における魚類・貝類のへい死や海藻類の収量の減少が生じている。さらに、海水温の上昇によるものと考えられる藻場の減少が深刻化している。一方、一部の地域では飼料用トウモロコシの収量の増加、果樹（ワイン用ブドウ等）の栽培適地の拡大、ブリ・サワラ等の漁獲量の増加が報告されている。そのほか、特に農業では、一部の品目で高温耐性品種の栽培や作期の移動といった適応策の実施が既に進められていることから、気候変動による生産方法への影響として一部を本報告書で取り上げている。

<u>将来予測される影響</u>

将来予測に関しては、温室効果ガスの排出・濃度シナリオを用いた研究、複数の気候予測モデルを用いることにより不確実性を踏まえた研究、フィールド実験、栽培試験結果を生育モデル等に反映させた研究等、多様な手法が用いられている。「水稲」、「果樹」、「沿岸域・内水面漁場環境等」などの小項目で RCP2.6、RCP8.5 シナリオを用いた将来予測に関する知見が新たに報告されている。農業では、水稲、果菜類、秋播き小麦、暖地生産の大豆、茶などで収量の減少が予測あるいは示唆されているほか、水稲では高温リスクを受けやすいコメの割合の増加、果樹ではブドウの着色度の低下、ウンシュウミカンやリンゴの栽培適地の変化等が予測されている。そのほか、家畜の成長の低下、害虫の発生量の増加や生息地の拡大、病害の被害の増大が予測されている。農業生産基盤では、一部の地域で代かき期における融雪流出量の減少による農業用水の不足、強雨による低標高の水田における被害リスクの増加等が予測されている。林業では、スギ人工林の純一次生産量を推定する研究が進められているほか、シイタケ原木栽培の害虫の出現時期の早まりや発生日数の増加が予測されている。水産業では、日本周辺海域において、まぐろ類、マイワシ、ブリ、サンマの分布域の移動や拡大、さけ・ます類の生息域の減少、スルメイカの分布密度が低くなる海域の拡大が予測されている。養殖業では、一部の魚類及び貝類で夏季の水温上昇により生産が不適になる海域が出ることが予測されている。海藻類では、コンブの生息域の大幅な北上、ワカメ養殖での漁期の短縮、ノリ養殖での育苗開始時期の後退、日本沿岸の藻場を構成する海藻の減少等が予測されている。

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

- 重大性・緊急性・確信度評価の概要

農業・林業・水産業は、気象の影響を受けやすい産業であること、また既に重大な気候変動影響が生じていることから、影響の重大性は「特に重大な影響が認められる」、緊急性は「高い」と評価される傾向が強い。また、気候シナリオを用いた予測研究や温暖化を想定した実験等が多数進められているため、確信度の評価が上方修正された項目が多くなっている。

気候シナリオに応じて重大性の評価を実施した 3 項目（「水稲」、「果樹」、「沿岸域・内水面漁場環境等」）では、RCP2.6、RCP8.5 の両シナリオで「特に重大な影響が認められる」と評価された。これら項目では現在既に重大な影響が生じている。特に、「果樹」「沿岸域・内水面漁場環境等」の品目等は気候変動への適応性が低い。

農業・林業・水産業分野は、適応策のみで影響を低減させることには限界があることから、緩和策との連携の重要性が示唆される。

（2） 水環境・水資源

水環境・水資源分野における気候変動による影響の概略は、図 3-5 に示すとおりである。

【水環境分野】

気候変動による気温の上昇は、湖沼やダム貯水池、河川、沿岸域や閉鎖性海域の水温を上昇させ、水質にも影響を及ぼす恐れがある。また、気候変動による降水パターンの変化は、ダム貯水池や河川への土砂流入量を増加させ、沿岸域や閉鎖性海域では、河川からの濁質の流入増加も懸念される。

【水資源分野】

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

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

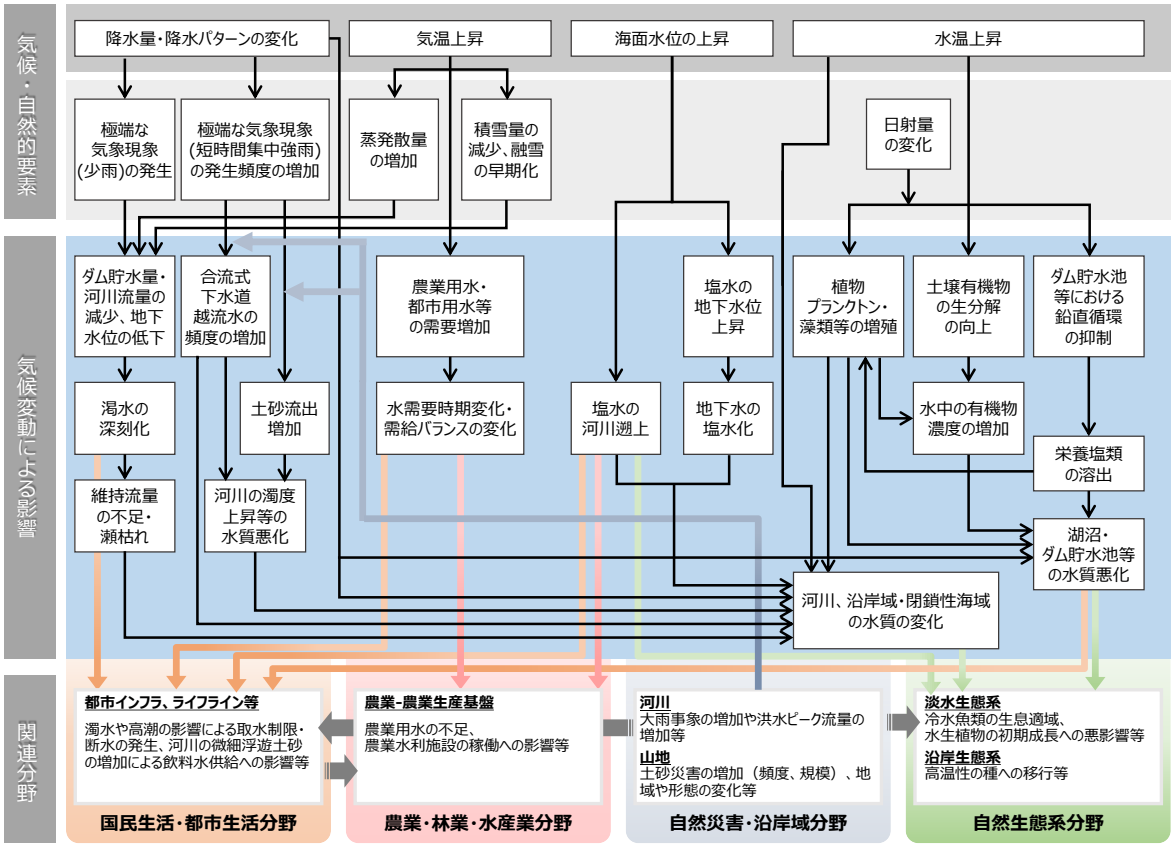


図 3-5　気候変動により想定される影響の概略図（水環境・水資源分野）[4]

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

● 文献数・構成等の変化

今回の影響評価において、水環境・水資源分野全体では、複数分野で引用している文献を除いて合計 88 件の文献（現状影響 39 件、将来影響 48 件、両方 1 件）を引用しており、このうち、前回の影響評価から新たに追加された文献は 73 件である。小項目別に見ると、「水環境（湖沼・ダム湖）」、「水環境（河川）」や「水資源（地表水）」、「水資源（水供給（地下水））」において文献数が特に増加している。なお、前回の影響評価からの構成上の変更はない。

● 気候変動による影響の概要

現在の状況

水環境分野では、全国の湖沼の 265 観測点のうち、夏季は 76%、冬季は 94%で水温の上昇傾向にある等、既に全国の公共用水域（湖沼・河川・海域）における水温の上昇、それに伴う水質の変化、一部の湧水起源の池の湧水水温の上昇等の影響が生じていることが新たに明らかとなった。水資源分野では、無降雨・少雨等に伴う渇水による給水制限の実施、冬季の融雪の増加による春先の灌漑用水の不足、農業用水・都市用水の需要の増加等の影響が発生したことが報告されている。新たに報告されている影響として、臨海部における帯水層への海水の侵入や小規模な島の淡水レンズの縮小などが挙げられる。

将来予測される影響

水環境分野では、富栄養湖に分類されるダムの増加、宍道湖・中海における水温の上昇や塩分濃度の上昇、仙台平野における帯水層の温度上昇、瀬戸内海や伊勢湾における水温の上昇、東北地方の 4 つのダムにおける流入量の増加に伴う浮遊物質の増加により、濁水が放流される期間が長期化する等の影響が予測されている[5]。水資源分野では、無降水日数の増加等による渇水の深刻化、冬季の降雪が降雨に変わることによる河川流量の増加、春季の融雪量の減少による河川流量の減少、融雪時期の早期化による需要期の河川流量の減少、将来の水資源賦存量の減少による札幌市民の生活用水への影響、地下水の低下等による農業用水の需要と供給のミスマッチ、海面水位の上昇に伴う塩水遡上距離の増大や、それに起因する河川水の利用への影響、渇水リスク・洪水リスクの二極化の進行、大雨や融雪による地下水供給の増加による地すべり等の斜面災害の発生等が予測されている。

● 重大性・緊急性・確信度評価の概要

水環境・水資源分野では、影響の程度や範囲が限定的と判断されることから、影響の重大性は「影響が認められる」と評価される傾向にある。しかしながら、今回収集された文献に基づき、「水環境（河川）」については、現在既に生じている影響が確認されたこと等から、緊急性評価が上方修正となった。また、「水環境（沿岸域及び閉鎖性海域）」、「水資源（水供給（地下水））」の 2 つの小項目については、限定的であるものの気候予測モデルを用いた定量的な予測が行われていたため、確信度が上方修正された。

[5] ここでは将来の気候変動影響に関する知見が得られている地域を挙げており、言及されていない地域において将来の気候校変動影響がないことを意味するものではない。

（3） 自然生態系

自然生態系分野における気候変動による影響の概略は、図 3-6 に示すとおりである。

気候変動は、分布適域の変化や生物季節の変化、及びこれらの相互作用の変化を通し、生態系の構造やプロセスに影響を及ぼす。加えて、自然生態系分野における気候変動影響は、生態系から人間が得ている恵み、すなわち生態系サービス[6]を通して、農業・林業・水産業分野や国民生活、産業経済分野へも影響が波及することが特徴である。人間社会は食料や原材料、極端な気候現象による被害の緩和、水質や大気質の向上、文化的・美的価値等の生態系が提供する様々な生態系サービスに依存している。気候変動等の影響によりこれらを提供する生態系が効果的に機能しなくなると、提供される生態系サービスが劣化したり、喪失したりする恐れがある。

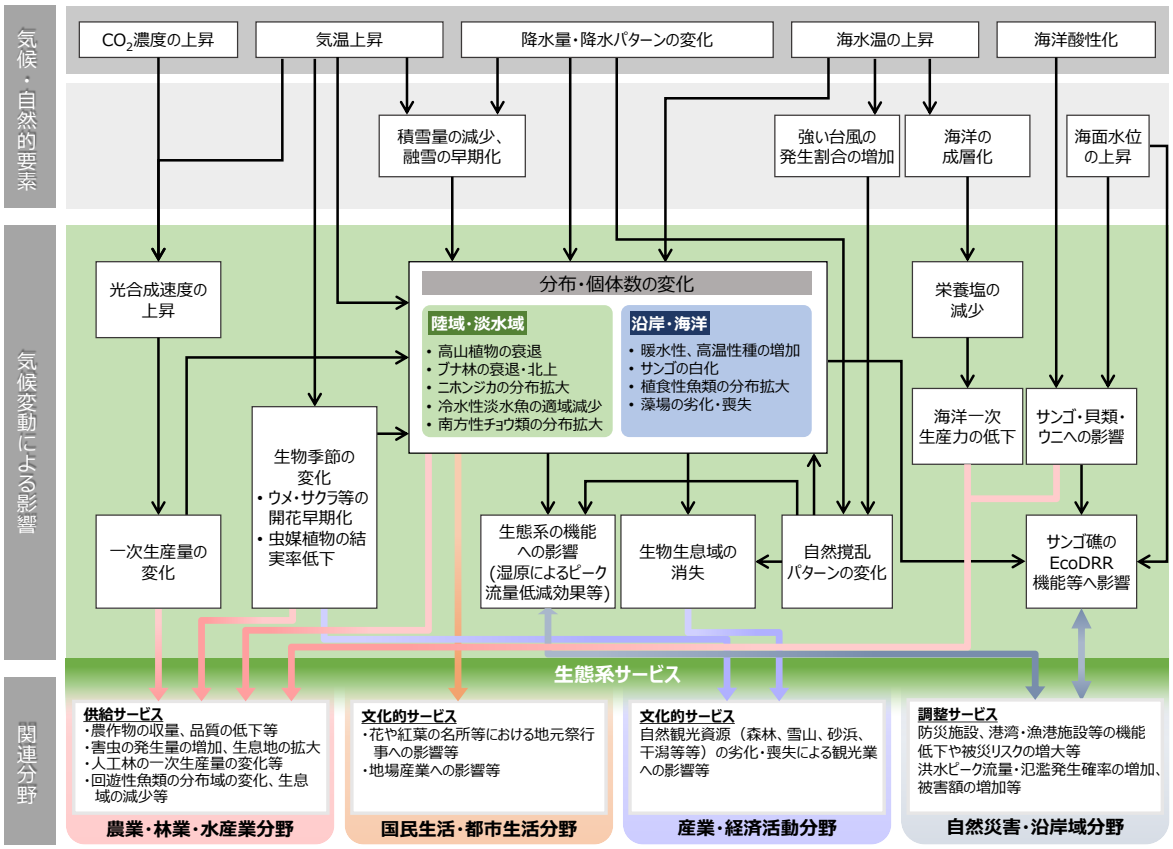


図 3-6 気候変動により想定される影響の概略図（自然生態系分野）[7]

---

[6] 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。

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

● 文献数・構成等の変化

今回の影響評価において、自然生態系分野全体では、複数分野で引用している文献を除いて合計 252 件の文献（現状影響 135 件、将来影響 116 件、両方 1 件）を引用しており、このうち、前回の影響評価から新たに追加された文献は 161 件である。小項目別に見ると、高山・亜高山帯や自然林・二次林(陸域生態系)、亜熱帯や温帯・亜寒帯(沿岸生態系)において文献数が特に増加している。

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

● 気候変動による影響の概要

<u>現在の状況</u>

既に高山帯及び植生移行帯付近の森林における種構成の長期的な変化、植物の開花期と送粉者との季節的なミスマッチの発生、ニホンジカの生息適地の全国的な増加、河川や沿岸生態系における南方性生物種の分布北上等の影響が国内各所で生じていることが報告されている。また、新たに顕在化してきた影響として、過去 30 年間におけるモウソウチクやマダケの分布北限付近における拡大、沿岸域における藻場生態系の衰退とサンゴ礁群集への移行、海洋酸性化及び貧酸素化の全国的な進行等が挙げられる。

<u>将来予測される影響</u>

高山性のライチョウや、冷水性魚類であるイワナ等の生息適域の全国的な減少及び一部地域での消失、森林構成樹種の分布や成長量の変化、ニホンジカやタケ類の高緯度・高標高への分布拡大、亜熱帯域におけるサンゴ礁の分布適域の減少や消失、温帯域における藻場生態系からサンゴ礁への移行、海洋酸性化の進行によるサンゴやウニ、貝類の生息適域の減少等の影響が予測されている。加えて、「自然林・二次林」「亜熱帯（沿岸生態系）」などで RCP2.6、RCP8.5 シナリオを用いた将来予測に関する知見が新たに報告されている。

また、これらの変化に加えて、流域の栄養塩・混濁物質の保持機能の低下や、沿岸域の藻場生態系の劣化・消失による水産資源の供給量の減少、サンゴ礁の劣化・消失による Eco-DRR 機能の低下、自然生態系と関連するレクリエーション機能の低下等、生態系サービスの負の影響を通した、社会経済への影響の波及も予測されている。

● 重大性・緊急性・確信度評価の概要

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。

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

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

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

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

（4） 自然災害・沿岸域

自然災害・沿岸域分野における気候変動による影響の概略は、図 3-7 に示すとおりである。

気候変動による海面水位の上昇や極端な気象事象の発生頻度や強度の増加、強い台風の増加などの気候・自然的要素は、それぞれが複雑に影響し合い河川の洪水や内水、土砂災害の発生頻度を増加させたり、高潮・高波の頻発化や激甚化を引き起こしたりする。また、波浪特性の変化は、砂浜を堆積・侵食させる。これらの影響は、様々な産業や経済活動、国民生活等の他分野にも波及する。

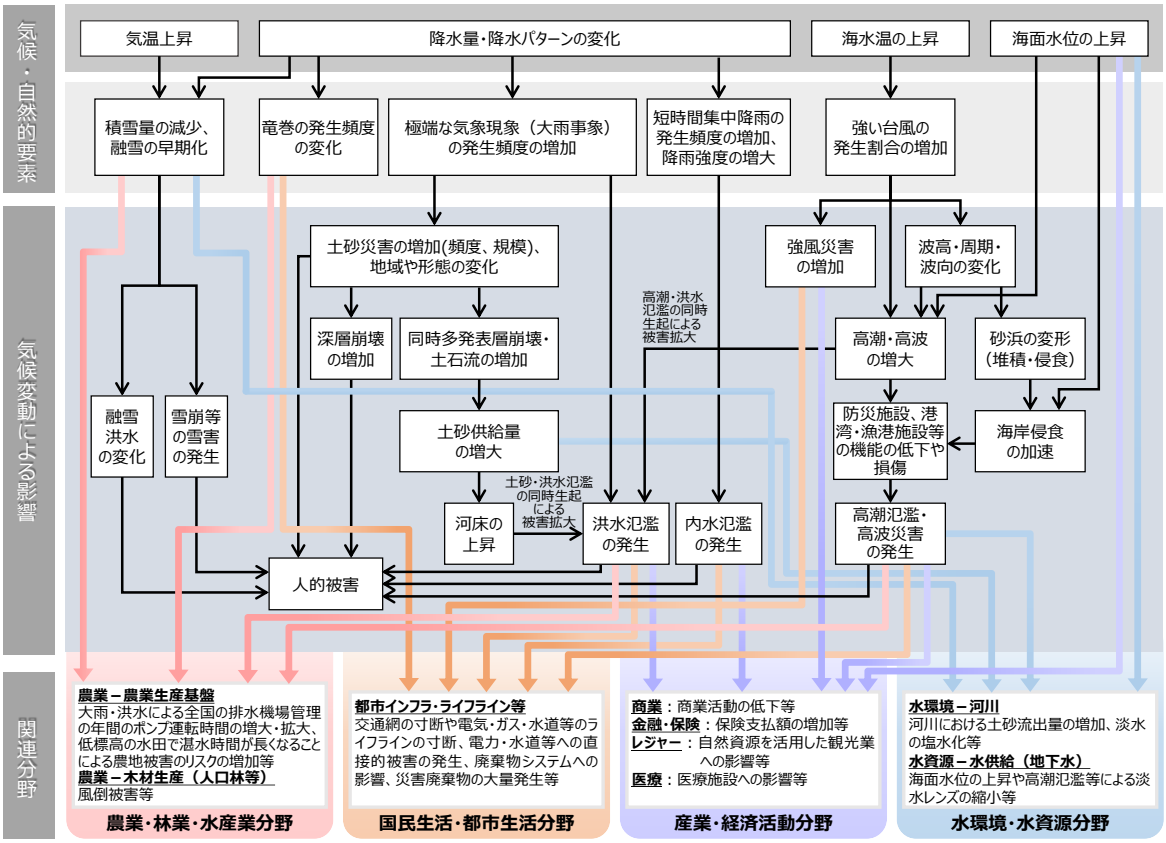


図 3-7　気候変動により想定される影響の概略図（自然災害・沿岸域分野）[8]

● 自然災害全般へ影響を及ぼす共通の外力について

大雨について、平成 29 年 7 月九州北部豪雨では、線状降水帯により同じ場所に猛烈な雨を継続して降らせ、平成 30 年 7 月豪雨では、広域で持続的な大雨をもたらした。また、東日本から東北地方を中心に広い範囲で記録的な大雨となるとともに、静岡県や新潟県、関東甲信地方、東北地方の多くの地点で 3、6、12、24 時間降水量の観測史上 1 位の値を更新した令和元年東日本台風（台風第 19 号）などによる被害が報告されている。また、台風に伴う高潮災害や風害ついては、大阪湾で第二室戸台風を上回る既往最高の潮位を記録した平成 30 年台風第 21 号や、千葉県を中心に多くの地点で観測史上 1 位の最大風速や最大瞬間風速を観測する記録的な暴風となった令和元年房総半島台風（台風第 15 号）などの災害事例が報告されている。

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

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

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

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

- 文献数・構成等の変化

今回の影響評価において、自然災害・沿岸域分野全体では、複数分野で引用している文献を除いて合計 136 件の文献（現状影響 53 件、将来影響 78 件、両方 5 件）を引用しており、このうち、前回の影響評価から新たに追加された文献は 95 件である。小項目別に見ると、「沿岸（高潮・高波）」や「その他（強風等）」において文献数が特に増加している。

前回の影響評価からの構成上の変更点としては、新たに大項目として「複合的な災害影響」が追加された。この項目では、昨今の豪雨災害等の実態を踏まえ、土砂災害と洪水氾濫、高潮と洪水氾濫など、複数の要素が相互に影響しあうことで、単一で起こる場合と比較して広域かつ甚大な被害をもたらす影響を整理した。

- 気候変動による影響の概要

<u>現在の状況</u>

既に地盤上下変動、気圧や潮汐の補正を施して解析した海面水位の上昇傾向、最大級の台風（上陸時の中心気圧 930hPa 以下）による極端な高潮位の発生、多数の深層崩壊や同時多発型表層崩壊の発生、土砂・洪水氾濫のような大規模複合災害や、大雨の発生地域の変化によりこれまで土砂災害が少なかった東北、北海道地域における甚大な土砂災害及び比較的緩い斜面における崩壊性地すべりの発生、台風の強度や進行方向の変化、自然災害による保険金支払いが増加していることや気候変動研究の成果による火災保険の契約期間の最長年数の引き下げ等が生じていることが明らかとなった。さらに、イベント・アトリビューションなどの手法を用いることにより、洪水氾濫や内水氾濫などの災害に対する気候変動の寄与についても新たに明らかになりつつある。

<u>将来予測される影響</u>

洪水を起こしうる大雨事象の増加や洪水ピーク流量・氾濫発生確率の増加や被害額の増加、内水氾濫による浸水の影響を受けることが想定される人口の増加、内水災害被害額の期待値の増加、海面水位の上昇傾向やそれに伴う河川の取水施設や沿岸の防災施設、港湾・漁港施設等への影響、台風の規模や経路の変化による高潮偏差の増大や高波リスクの増大、海面水位の上昇に伴う砂浜の消失、厳しい降雨条件下における土砂・洪水氾濫の発生頻度の増加や流木被害の増加、強風や強い台風の増加や強い竜巻の発生頻度の増加等の影響が予測されているほか、厳しい降雨条件下における土砂・洪水氾濫の発生頻度の増加や流木被害の増加、強い竜巻の発生頻度の増加の影響が懸念されている。

- 重大性・緊急性・確信度評価の概要

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

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

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

【複合的な災害影響】[9]

自然災害・沿岸域分野では「河川」「沿岸」「山地」の 3 つの大項目で影響を整理してきたが、中でも平成 29 年 7 月九州北部豪雨、平成 30 年 7 月豪雨は、土砂災害と洪水氾濫という「河川」「山地」の両項目に関わる影響被害の深刻さを如実にあらわした。

複合的な災害とは、一般的にはあるハザードが別の要因により増幅された、あるいは、ある災害対策が別の要因によりその機能を発揮できなくなることを指す。別の要因としては地震や感染症、火山活動等が要因となることが想定されるが、この報告書では特に、気候変動との因果関係に着目し、「土砂災害と洪水氾濫、高潮と洪水氾濫など、複数の要素が相互に影響しあうことで、単一で起こる場合と比較して広域かつ甚大な被害をもたらす影響」を「複合的な災害影響」と定義する。災害の外力となる総降雨量の大きい大雨、勢力の強い台風などは、気候変動による発生頻度の増加が予測されている。複合的な災害影響の例を以下に示す。

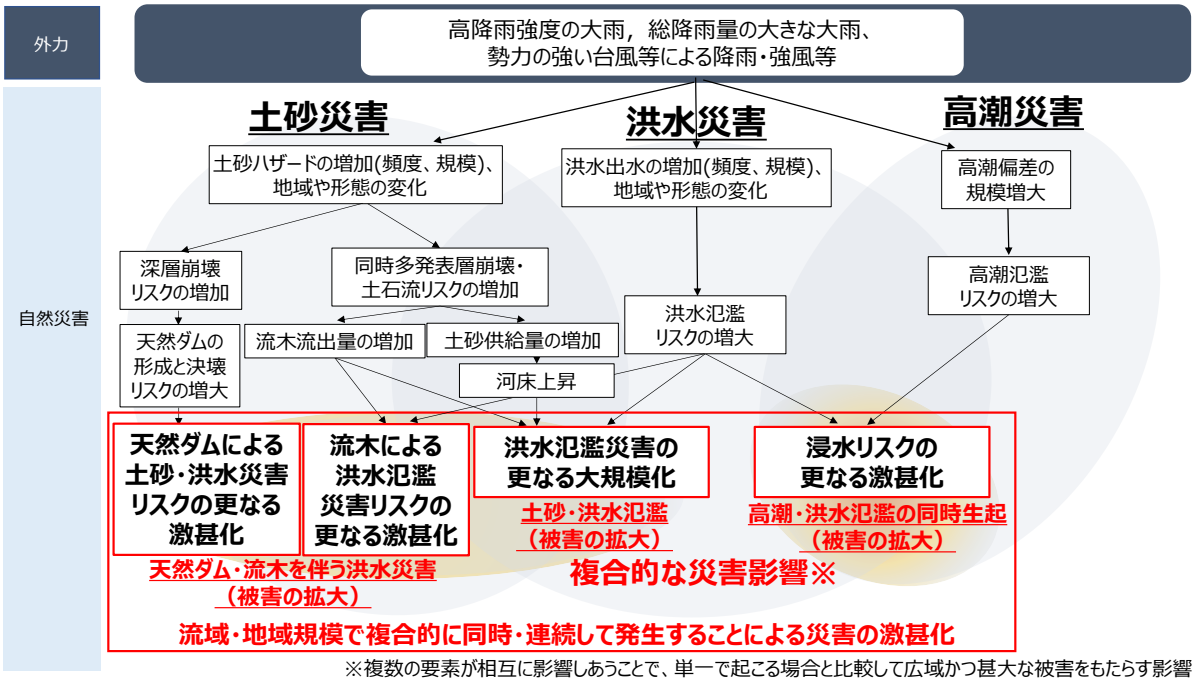


図 3-8　複合的な災害影響の例

なお、自然災害によるインフラ損傷・ライフラインの途絶による影響など、ある影響が分野・項目を超えてさらに他の影響を誘発することによる影響の連鎖や、異なる分野での影響が連続することにより、影響の甚大化をもたらす事象（分野間の影響の連鎖）については、３．８で取り扱う。

現在の状況

平成 29 年 7 月九州北部豪雨では、広範囲にわたる斜面崩壊や土石流が直接的な災害の原因となったが、それに伴う多量の土砂が下流域に流出し、河川を埋め尽くすような河床上昇を引き起こすことで、甚大な洪水氾濫を助長する原因となった。このような崩壊・土石流等に起因する洪水氾濫災害は流域規模で発生する土砂災害の一つの形態といえる。また、崩壊によって発生した多量の流木は、渓岸や河岸の樹木の流木化と合わさって、下流域の被害を拡大させた。

平成 30 年 7 月豪雨は、これまでの前線や台風による大雨事例と比べ、特に 2 日間（48 時間）か

[9] 本項目の記述の根拠となる文献は、気候変動影響評価報告書（詳細）p. 214 以降の文中の文献番号及び参考文献一覧を参照のこと。

ら３日間（72 時間）の降水量が記録的に多い地域が、普段は比較的雨の少ない中国・四国地方の瀬戸内海側も含め、西日本から東海地方を中心に広い範囲に広がっていたことが大きな特徴であり、11 府県に特別警報が出され、災害として初めて特別非常災害に指定された。この豪雨には、地球温暖化に伴う水蒸気量の増加の寄与もあったとされている。記録的な長時間の降雨に加え、短時間高強度の降雨も広範囲に発生したことにより、各地で洪水氾濫と内水氾濫が同時に発生するなど、西日本を中心に被害が発生した。この豪雨の際には、上流部で発生した土砂災害による大量の土砂が、継続する降雨により河川内に流入し続けたために、流速が比較的緩やかになる下流部に堆積して、河床上昇を引き起こすとともに、下流で土砂が氾濫したことにより、土砂・洪水氾濫が発生した。

令和元年東日本台風に伴う豪雨では、宮城県丸森町の内川、五福谷川、新川の平野部において土砂・洪水氾濫が発生した。五福谷川が最も顕著であり、河床の上昇、橋梁における流木の堆積が確認された。[10]また、廻倉地区では不明瞭な谷地形において土石流が発生した。群馬県富岡市内匠地区においては、風化軽石層が斜面に沿って堆積（流れ盤状態の弱層）し、風化軽石層の上位は透水性の高い軽石や砂質火山灰土、下位は透水性の低い粘土の地質状況で、15～25 度の比較的緩い斜面で崩壊性地すべりが発生した。[11]

一方で、「河川」、「沿岸」の両項目に関わる影響として、洪水氾濫と高潮氾濫の同時生起に伴う影響被害が想定され、たとえば 2018 年台風第 21 号では淀川河口がそれを彷彿させる状況にはなったが、そのような影響被害の実例報告は今のところ確認されていない。

2018 年台風第 21 号による保険金支払額は 1 兆円を超えており[12]、保険会社等からなる損害保険料率算出機構からは、自然災害による保険金支払いが増加していることや気候変動研究の成果から、火災保険の契約期間の最長年数を 35 年から 10 年に引き下げていることも報告されている。

<u>将来予測される影響</u>

土砂災害と洪水氾濫の複合的な災害である土砂・洪水氾濫や、深層崩壊の増加については、将来の可能性や予測に言及した研究知見がある。

総降雨量の大きい大雨や数時間続く高降雨強度の大雨の発生頻度に増加傾向がみられ、このような大雨による土砂災害の激甚化が予想されている。また、土砂災害の形態・様相そのものの変化も懸念されている。例えば、これまで我が国では、土砂災害は深層崩壊によるものも発生しているが表層崩壊によるものが多かった。しかし、今後、総降雨量の大きな降雨頻度の増大により深層崩壊が増えると大規模な崩壊による被害に加え、それが河川を堰き止め天然ダムを形成し、その後決壊すると土石流等による被害が拡大するとともに、下流部における河床上昇により甚大な洪水被害をもたらす。また、広範囲に同時多発する表層崩壊・土石流の発生頻度の増加も予想される。これらの崩壊により供給された大量の土砂は河床上昇に伴う土砂・洪水氾濫を引き起こし、二次災害や下流の貯水池堆砂の急速な進行をもたらす。さらに、深層崩壊・表層崩壊・土石流の増加の増加に伴い流木量が増加し、家屋等への直接的被害、橋梁部等への集積・閉塞が洪水氾濫の新たな原因となる可能性がある。

将来の潜在的な土砂災害の数を評価した研究によると、表層崩壊は 21 世紀末に現在と比較して 20%増加し、深層崩壊は 30%増加することが予測されている。

洪水氾濫と高潮氾濫の複合的な災害影響についても、将来の可能性や予測に関する研究知見がある。

気候変動により勢力の強い台風の出現頻度の増加が予測され、また、将来の河川における治水計画規模に相当する降雨量の変化倍率は 1.1～1.15 倍と試算されており、高潮と洪水が同時生起した場合には、被害が拡大することが想定される。

---

[10] 令和元年 10 月宮城県丸森町における土砂・洪水氾濫等
（https://www.mlit.go.jp/river/sabo/committee_kikohendo/200108/04shiryo2.pdf）

[11] 令和元年 10 月群馬県富岡市内匠地区における崩壊性地すべり

[12] 風水害等による保険金の支払い（https://www.sonpo.or.jp/report/statistics/disaster/ctuevu000000530r-att/c_fusuigai.pdf）

また、洪水と高潮が同年もしくは同日に発生する複合災害において、将来気候下の複合災害の年期待被害額は、2050 年気候で約 1.1～1.2 兆円、2100 年気候で約 1.2～1.4 兆円となる。被害額はそれぞれ 1.4～1.5 倍、1.5～1.8 倍となることから、将来にかけて複合災害被害額は大きく増加することが予測されている。

以上のような将来予測に関する知見や現在の状況を踏まえ、自然災害分野での土砂災害・洪水氾濫・高潮氾濫の複合的な災害影響の可能性についてまとめる。

極端な大雨（総降雨量の大きい大雨や数時間続く高降雨強度の大雨、局所的に長時間にわたり停滞する線状降水帯による大雨）は、流域に表層崩壊や土石流をもたらし、これが河床の上昇に伴う土砂・洪水氾濫、流木量の増加につながる。また、表層崩壊に加え深層崩壊も予測され、これは天然ダムの形成につながる。こうした事象が下流域の洪水氾濫の拡大を助長する。また、これらが同時多発的に起きれば影響被害はさらに拡大する。

一方、洪水氾濫と高潮氾濫については、同時生起した場合の被害予測の研究例はあるもののこれまでに実際に起きた事例報告はない。しかし、このような影響被害の可能性も全くないとは言えず、今後は視野に入れていく必要性が指摘されている。さらに言えば、地理的条件次第では、土砂災害・洪水氾濫・高潮氾濫の全てが同時に起きることを想定しなければならない地域もありうる。

（5） 健康

健康分野における気候変動による影響の概略は、図 3-9 に示すとおりである。

気候変動による気温上昇は熱ストレスを増加させ、熱中症リスクや暑熱による死亡リスク、その他、呼吸器系疾患等の様々な疾患リスクを増加させる。特に、暑熱に対して脆弱性が高い高齢者で影響が顕著である。加えて、気温上昇は感染症を媒介する節足動物の分布域・個体群密度・活動を変化させ、節足動物媒介感染症の流行地域や患者発生数に影響を及ぼす可能性がある。また、外気温の変化は水系・食品媒介感染症やインフルエンザのような感染症類の流行パターンを変化させる。また、猛暑や強い台風、大雨等の極端な気象現象の増加に伴い自然災害が発生すれば、被災者の暑熱リスクや感染症リスク、精神疾患リスク等が増加する可能性がある。

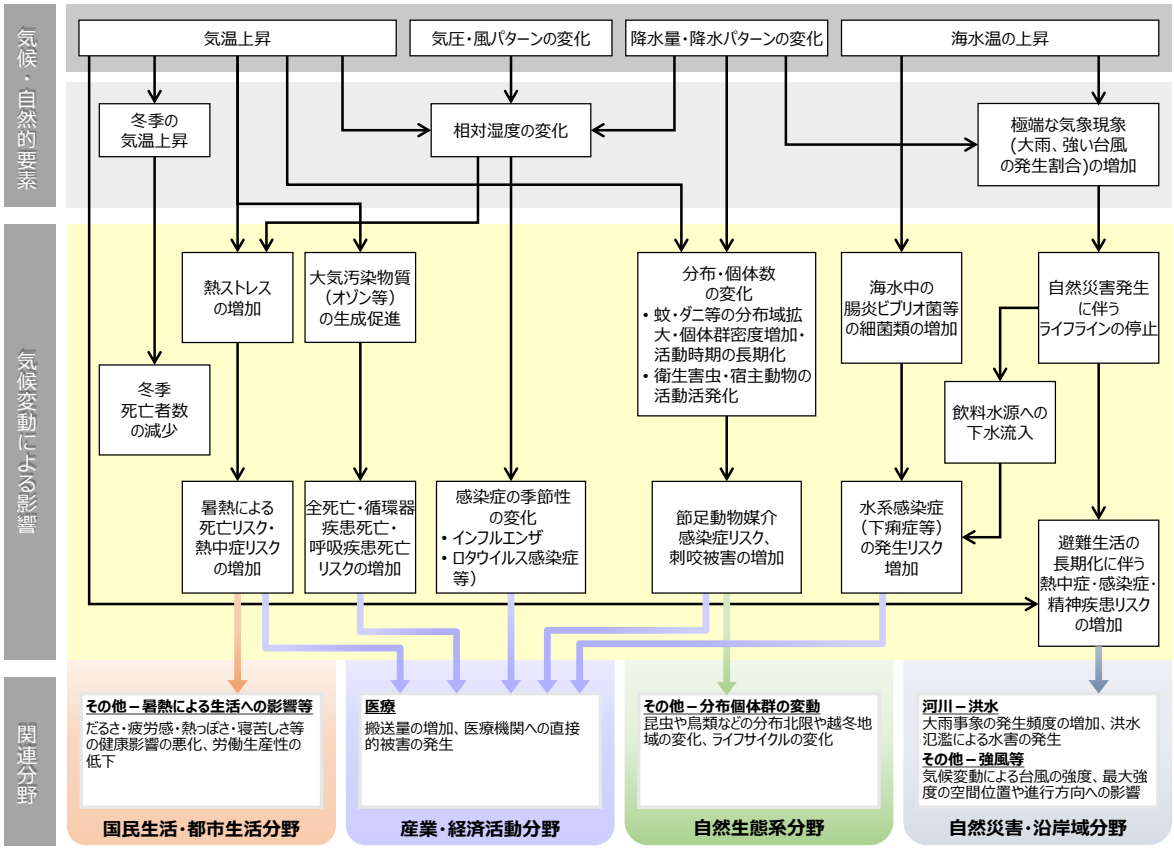


図 3-9　気候変動により想定される影響の概略図（健康分野）[13]

● 文献数・構成等の変化

今回の影響評価において、健康分野全体では、複数分野で引用している文献を除いて合計 178 件の文献（現状影響 135 件、将来影響 42 件、両方 1 件）を引用しており、このうち、前回の影響評価から新たに追加された文献は 170 件である。全ての小項目で文献が増加している。

前回の影響評価からの構成上の主な変更点として、「その他」の大項目について、取り扱う知見が増えたことから「温暖化と大気汚染の複合影響」「脆弱性が高い集団への影響（高齢者・小児・基礎疾患者等）」「その他の健康影響」の 3 つの小項目を新たに設けて分類することとした。

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

● 気候変動による影響の概要

現在の状況

高齢者を中心に暑熱による超過死亡が増加傾向にあることが報告されている。また熱中症については、年によってばらつきはあるものの、熱中症による救急搬送人員・医療機関受診者数・熱中症死亡者数が増加傾向にある。2018 年には熱中症による救急搬送人員が、調査開始以降、過去最多を記録し 9 万 5 千人を超えた。この年の熱中症による死亡者数は 1,500 名を超えており、死亡者数の 8 割以上は高齢者であった。高齢者への影響は大きいものの、真夏日・猛暑日の増加に伴い、若年層の屋外活動時の熱中症発症リスクも高くなっている。暑熱による影響は、睡眠の質の低下やだるさ、疲労感などの身体機能の低下や心身ストレスなどの健康影響にもおよぶ。

加えて、外気温の変化に伴い、感染性胃腸炎やロタウイルス感染症、下痢症などの水系・食品媒介性感染症、インフルエンザや手足口病などの感染症類の発症リスク・流行パターンの変化が新たに報告されている。節足動物媒介感染症については、気温上昇が節足動物の分布域・個体群密度・活動期間を変化させ、感染者の移動も相まって、国内での感染連鎖が発生することが危惧される。

将来予測される影響

気温上昇により熱ストレスが増加し、特に高齢者の熱中症リスクが増加することが予測されている。水系・食品媒介感染症については、気温上昇に伴い、21 世紀末にかけて日本全国で特に冬季の下痢症の罹患率が低下することが予測されている。また、気温上昇に伴い、これまで侵入・定着がされていない北海道南部でもヒトスジシマカの生息が拡大する可能性や、日本脳炎ウイルスを媒介する外来性の蚊の鹿児島県以北への分布域拡大の可能性などが新たに指摘されている。また、温暖な地域を好むマダニ種が東北地域で報告され、さらに海外から持ち込まれるマダニの国内定着の可能性も想定される。2030 年代までの短期的には、温暖化に伴い光化学オキシダント・オゾン等の汚染物質の増加に伴う超過死亡者数が増加するが、それ以降は減少することが予測されている。

● 重大性・緊急性・確信度評価の概要

健康分野での影響は、暑熱による熱中症患者の発生や超過死亡の発生、感染症の発生など、影響の範囲が全国に及ぶ可能性があるものが多い傾向にある。その影響が社会的に大きい、あるいは人命損失への影響につながる小項目については、重大性は「特に重大な影響が認められる」、緊急性は「高い」と評価された。

「水系・食品媒介感染症」「その他の感染症」については、前回の影響評価では十分な研究がないとして「現状では評価できない」と評価されていたが、知見が増えため重大性・緊急性・確信度の評価が上方修正された。ただし、依然として研究対象とされる感染症類が限定的であり、重大性は「特に重大な影響が認められる」との評価までは至っていない。

重大性の評価が「特に重大な影響が認められる」とは言えない、あるいは緊急性の評価が「中程度」とされた項目であったとしても、対策が遅れることによって、社会・経済的損失が格段に大きくなる可能性がある点については十分に留意する必要がある。

※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。

（6） 産業・経済活動

産業・経済活動分野における気候変動による影響の概略は、図 3-10 に示すとおりである。

気候変動は、気温の変化、自然災害の強さや頻度等に変化をもたらし、海外のサプライチェーン等を含む企業活動に影響を及ぼし得るものの、産業・経済活動は多様であり、製造業、商業、医療や海外影響では影響を及ぼすメカニズムがはっきりしていない。また、欧米等の研究事例では気候変動が安全保障等に影響を及ぼす可能性を示唆しているものの、我が国ではこれらに関する研究が限定的である。

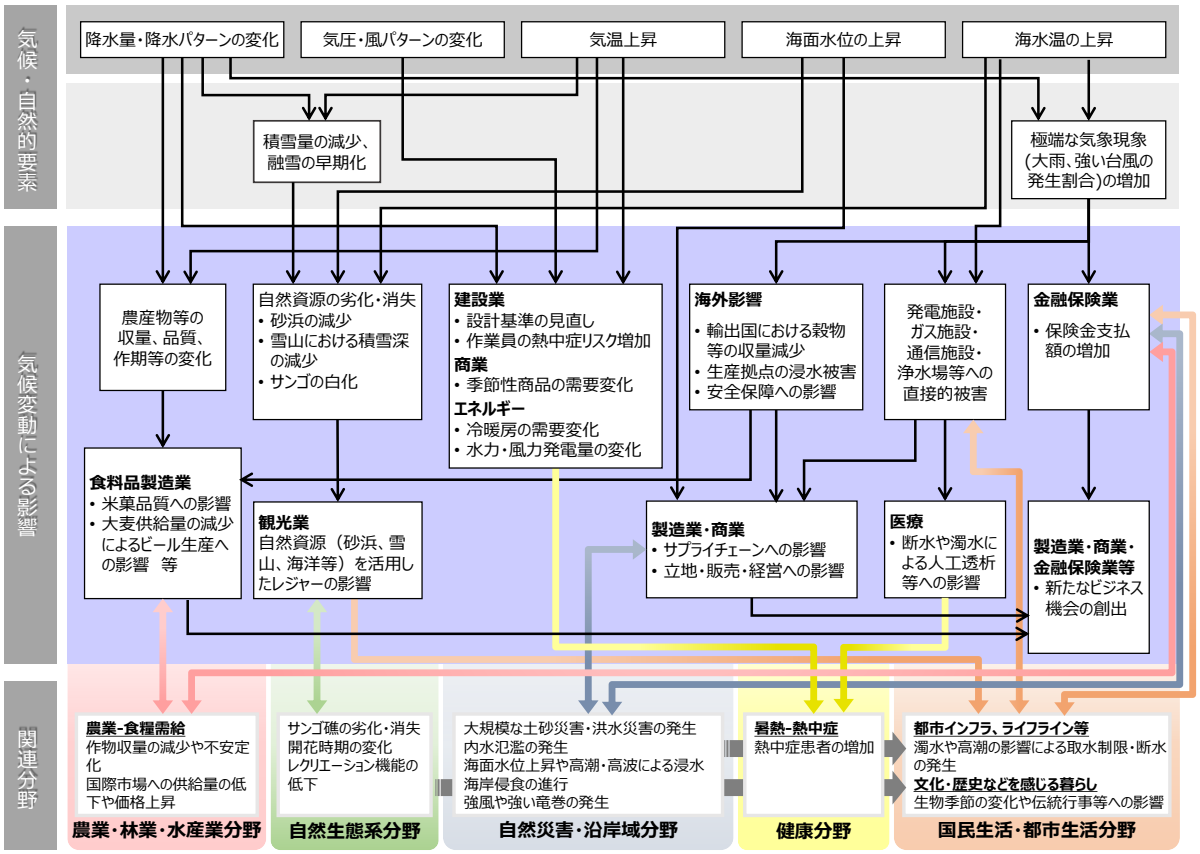


図 3-10　気候変動により想定される影響の概略図（産業・経済活動分野）[14]

● 文献数・構成等の変化

今回の影響評価において、産業・経済活動分野全体では、複数分野で引用している文献を除いて合計 104 件の文献（現状影響 56 件、将来影響 48 件）を引用しており、このうち、前回の影響評価から新たに追加された文献は 76 件である。大項目別に見ると、製造業、エネルギーや建設業において文献数が増加しているものの、分野全体で確認された文献数は、他分野と比較すると、現在の状況及び将来予測される影響ともに少ない。

前回の影響評価からの構成上の変更点としては、小項目として「その他（その他）」を追加し、他の各小項目で扱うことが適当でない影響を取扱うこととした。

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

● 気候変動による影響の概要

現在の状況

既に農産物を原料とする製品（米菓製品等）の品質への影響、強い台風等の自然災害の影響によるエネルギー供給の不安定化や商業活動の低下、保険損害の増加、ESG 投資の拡大、スキー等の自然資源を活用した観光業への影響、建設現場の熱中症による死傷者数の増加や建設基準の見直し、洪水や断水による医療施設への影響、更に海外のサプライチェーンへの気候変動の影響が国内企業の活動に影響を及ぼした事例が生じていることが新たに明らかとなった。その他に、気候安全保障に関する報告等が新たに確認された。

将来予測される影響

自然災害による生産能力への物理リスクの増加、季節性商品等の需給の変化、保険損害の増加等といった気候変動へのリスクを企業が認識するとともに、新たな需要に応じた商品の開発といったリスクを新たなビジネス機会ととらえる重要性が示唆されている。観光業では、降雪量の変化により観光資源によっては正あるいは負の影響が予測されている。海外の影響では、我が国の穀物輸入量の増減と関連商品の価格等に影響が及ぶことが予測されている。

● 重大性・緊急性・確信度評価の概要

産業・経済活動は全国に多様な形態で広がっており、気候変動の影響は地域や業種によって異なることに加え、本分野は他分野と比較して研究事例が少ないことから、影響の重大性は「影響が認められる」と評価される傾向が強い。緊急性・確信度においても同様のことが言え、他分野と比較して低く評価される傾向にあった。

しかしながら、新たに明らかになりつつある影響として、食料品製造における原材料の品質悪化が製品に及ぼす影響、損害保険支払額の増加、自然資源を活用したレジャーへの負の影響や建設現場での熱中症による死傷者数の増加が見られるため、これらについては重大性が高いと評価された。また、建設業においては、熱中症対策の観点から緊急性が高いと評価された。更に、自然資源を活用したレジャーへの負の影響を予測する事例が複数みられ、確信度が高いと評価された。

今回の影響評価より新たに評価を実施した小項目「その他」については、主に気候変動が我が国の安全保障に及ぼす影響について示した。我が国への影響を論じた文献は限定的であることから重大性・緊急性・確信度ともに現状では評価できないとされたものの、我が国にも該当する可能性があるリスクが欧米等の文献から数多く示唆された。

（7） 国民生活・都市生活

国民生活・都市生活分野における気候変動による影響の概略は、図 3-11 に示すとおりである。

気候変動による短時間強雨や渇水の頻度の増加、強い台風の増加などは、交通・電力・通信・水道・廃棄物処理などの生活に密接にかかわる様々なインフラ・ライフラインや、地域独自の伝統行事・観光業・地場産業等に被害を及ぼす。加えて、気温上昇に伴う生物季節の変化は、国民の季節感や、サクラ・紅葉の名所等での伝統行事・観光に影響を及ぼす可能性がある。都市部では、気候変動による気温の上昇にヒートアイランド現象が加わることで、熱ストレスが増大し、睡眠の質の低下やだるさ・疲労感の増加などといった形で、都市生活における快適さに影響を及ぼす。

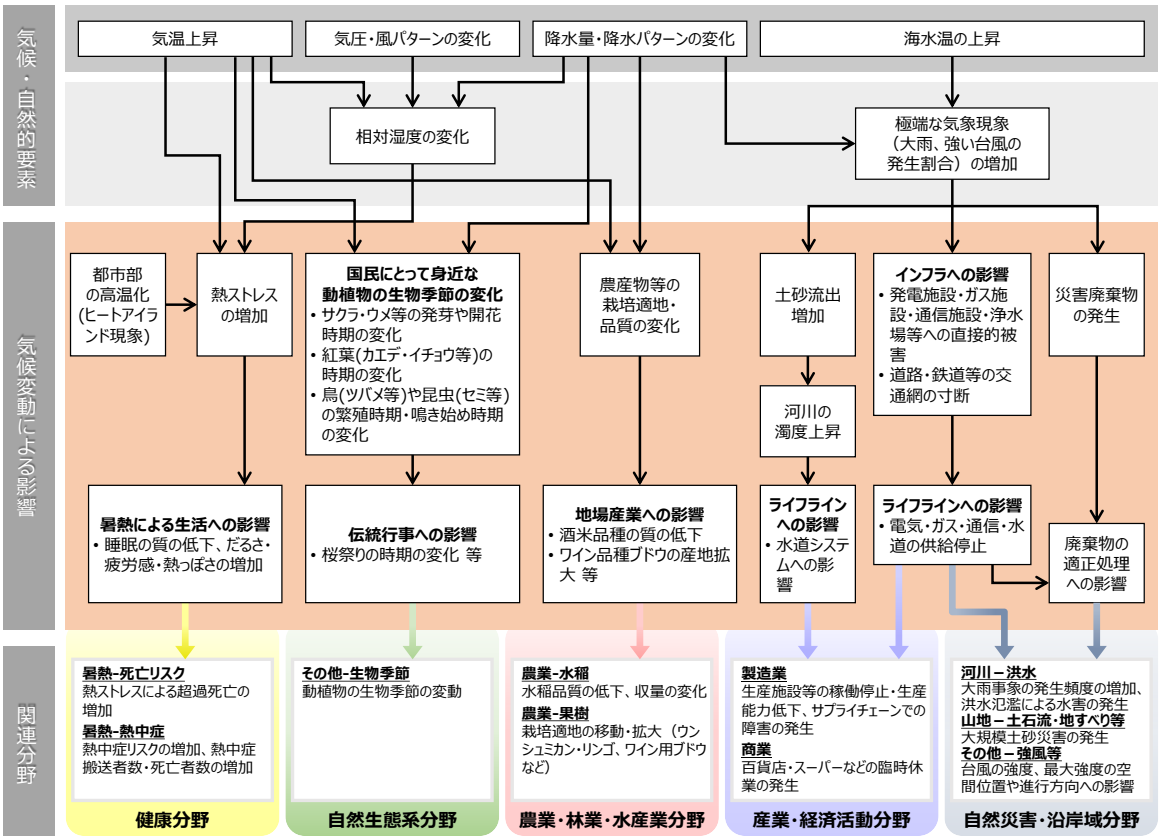


図 3-11　気候変動により想定される影響の概略図（国民生活・都市生活分野）[15]

● 文献数・構成等の変化

今回の影響評価において、国民生活・都市生活分野全体では、複数分野で引用している文献を除いて合計 99 件の文献（現状影響 78 件、将来影響 21 件）を引用しており、このうち、前回の影響評価から新たに追加された文献は 74 件である。

なお、前回の影響評価からの構成上の変更はない。

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

● 気候変動による影響の概要

現在の状況

近年、日本各地で大雨・台風・渇水等による各種インフラ・ライフラインへの影響が顕在化している。これらの気象現象は発電施設や浄水場、廃棄物処理施設等に直接的に被害を及ぼすことに加えて、電気・ガス・水道等のライフラインの寸断、道路崩壊による孤立集落の発生等により住民生活に大きな支障をもたらしている。

サクラ・イチョウ・セミ・野鳥等の国民にとって身近な動植物の生物季節の変化が確認されており、地場産業に関連しては、気温上昇による酒米品種の品質の低下、北海道でのワイン品種ブドウの産地拡大等が報告されている。

都市部では、気候変動による気温上昇にヒートアイランドの進行による気温上昇が重なることで、人々が感じる熱ストレスが増大し、熱中症リスクの増加に加え、発熱・嘔吐・脱力感・睡眠の質の低下等により、生活の快適性に影響を与えている。

将来予測される影響

将来においても、極端な気象現象により電力・水道・交通・通信・廃棄物処理などの様々なインフラ・ライフラインに影響が及ぶことが懸念される。生物季節に関しては、気温上昇によりサクラの開花・満開期間が変化し、観光資源とする地域へ影響が及ぶことが予測されている。

都市部では、気候変動とヒートアイランドの相乗効果により気温は引き続き上昇を続ける可能性は高く、暑熱環境の悪化は都市生活に大きな影響を及ぼすことが懸念される。

● 重大性・緊急性・確信度評価の概要

「都市インフラ、ライフライン等」については、現在でも日本各地で大雨や台風等の極端な気象現象による電力インフラ・水道インフラへの直接的被害や、交通網の寸断や電気・ガス・水道等のライフラインの寸断が新たに報告されており、将来においても様々な影響が生じることが予測され、損害・損傷による社会・経済面への影響は甚大であることから重大性は「特に重大な影響が認められる」、緊急性は「高い」と評価された。

「生物季節」については、サクラ等の生物季節の変化は既に顕在化しており、将来にかけても全国的な変化が予測されることから緊急性は「高い」とされたが、生物季節の変化による観光・地元経済への影響に関する研究事例は限定的であるため重大性は「影響が認められる」と評価された。「伝統行事、地場産業等」については、社会・経済面で一部の地場産業への影響は顕在化しているため緊急性は「高い」とされたが、影響の程度は個々の事象で異なり、全国一律での評価が困難であることから重大性は「現状では評価できない」と評価された。

「暑熱による生活への影響」については、熱ストレスの増大は熱中症リスクの増大や快適性の損失等により都市生活に及ぼす影響は大きく、経済損失も大きいことから重大性は「特に重大な影響が認められる」、緊急性は「高い」と評価された。

３．４　分野間の影響の連鎖

前節では、各分野の各項目において把握・予測される個々の影響に主眼を置いて整理をしてきた。

一方で、自然生態系とそれらを基盤とする人間社会の活動は、互いに様々な影響を及ぼし合いながら複雑な相互依存関係のもとで成り立っていることから、分野・項目を超えて気候影響が連鎖することが指摘されている。例えば、気候変動に伴う降雨パターンの変化や気温上昇は、生物の分布・個体群や生物季節を変化させ、生態系サービスを通して農業・林業・水産業分野などの他分野に連鎖することが知られている。

これらの事象については、影響の要因が複雑であるため、気候変動に起因するものであるかどうかが明確になっていないものもあるが、専門家の間では分野・項目を超えた影響の連鎖に着目することの重要性が議論されている。

そのため、本節では、**ある影響が分野を超えてさらに他の影響を誘発することによる影響の連鎖や、異なる分野での影響が連続することにより、影響の甚大化をもたらす事象を「分野間の影響の連鎖」と定義**し、分野横断的な視点で影響の関係性を整理した（図参照）。

連鎖の終点に着目して整理すると、分野間の影響の連鎖は、大きく健康への影響、農業・林業・水産業への影響、産業・経済活動への影響、国民生活への影響、インフラ損傷・ライフラインの途絶による影響に分けられる。

健康への影響は、節足動物感染症リスクの増加（気温上昇に伴うヒトスジシマカ等の分布拡大（自然生態系分野））や、水系感染症リスクの増加（気温上昇に伴う水質悪化や内水氾濫による下水等への接触（水環境・水資源分野））、停電と猛暑が連続することによる熱中症搬送者数の増加（国民生活･都市生活分野）などが他分野との影響の連鎖によって引き起こされると考えられる。

農業・林業・水産業分野は、生態系サービスのうち供給サービス（自然生態系分野）を直接的に享受する分野である。そのため、気候変動により分布適域の変化や生物季節の変化、海洋一次生産量の変化などが起こると、その生態系から恵みを得ていた一次産業に影響が連鎖する可能性がある。また、極端現象に伴う斜面崩壊などによって、生産基盤そのものが被害を受ける事例も報告されている。

産業･経済活動のうち観光業は､スキーなどのレクリエーションの場として自然を活用する他、自然景観そのものを観光資源とするなど、生態系サービス（自然生態系分野）の文化的サービスの恩恵を受けている。海面水位の上昇による砂浜の消失や、冬季の降雪量の減少による積雪深の不足は、自然を活用したレジャー・観光業に重大な影響をもたらす。

国民生活への影響では、サクラ・ウメの開花の早期化に代表されるように、気温上昇が生物季節の変化（自然生態系分野）をもたらし、その結果それらを鑑賞するための伝統行事や祭りの時期に影響が連鎖する。また、集中豪雨などによって河川等の水質が悪化すると、河川等から取水している水道システムに影響が連鎖し、国民生活に影響を及ぼす。

インフラ損傷・ライフラインの途絶による影響は、土砂災害・洪水氾濫、高潮・高波などの災害を通じて他分野に直接的な影響を及ぼす。特に、電力システムの途絶は農業・林業・水産業分野や産業・経済活動に甚大な影響をもたらす。また、通信システム、上下水道システム、廃棄物処理システムなどの途絶は、産業・経済分野だけでなく国民生活にも影響を及ぼす。実際に、平成 29 年 7 月九州北部豪雨、平成 30 年台風第 21 号、令和元年 8 月の前線に伴う大雨、令和元年の房総半島台風（台風第 15 号）や東日本台風（台風第 19 号）が、自然生態系、農林水産業、産業経済活動、人の健康、国民生活等の分野に多岐にわたる甚大な影響をもたらした実態が確認されている。

インフラ損傷・ライフラインの途絶による影響については近年特に社会・経済への影響が大きいことから、本節で近年の災害による被害状況や気象の概況について整理する。

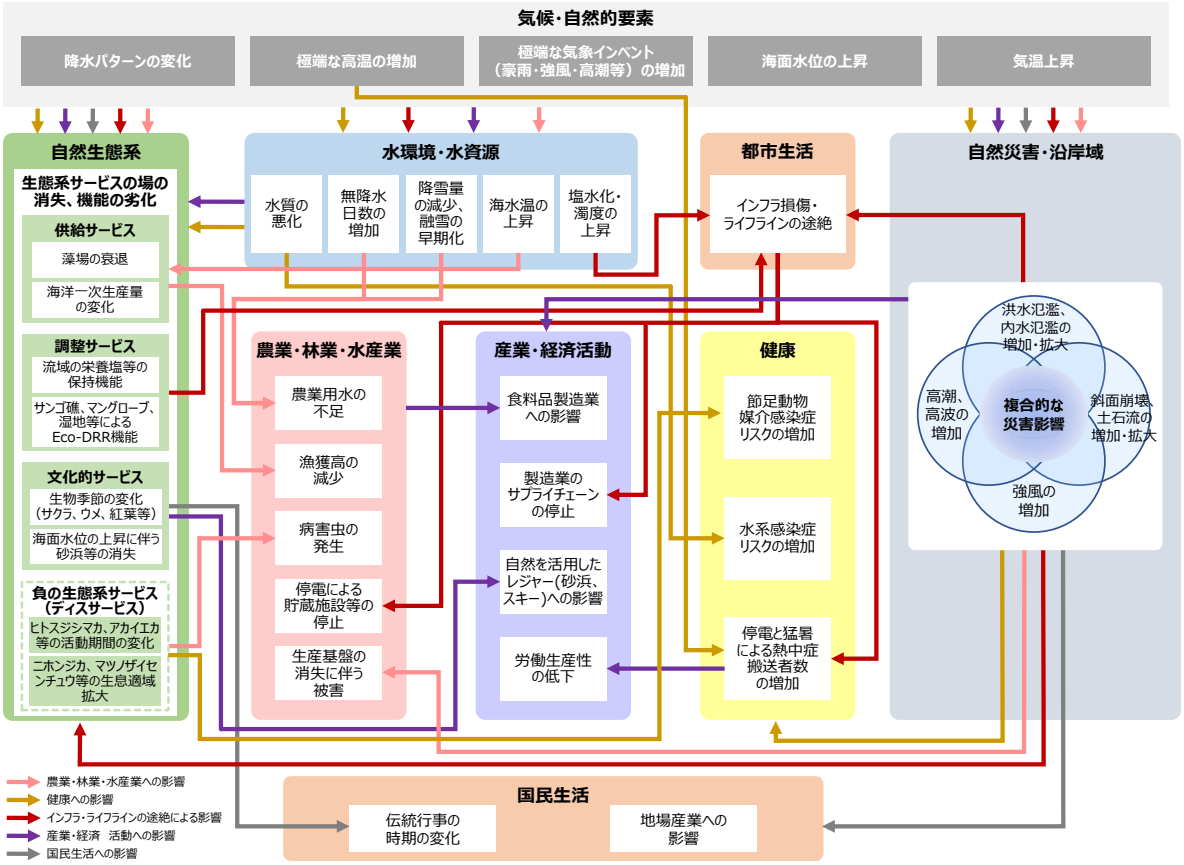


図 3-12　分野間の影響の連鎖の例[16]

[16] 図中の白のボックスは、本報告書において取りまとめられた影響の例を示す。また、色付きの四角形で囲われた領域は、影響評価の対象とした 7 分野を表す。
図中の矢印は、影響が波及する方向を示しており、影響のエンドポイントに応じて色分けをしている。
本図で示す「分野間の影響の連鎖の例」は、本報告書において引用された知見に基づき記載されているため、各分野の影響や分野間・項目間の関係性を完全に網羅しているわけではないことに留意が必要である。
「国民生活・都市生活」では、影響の連鎖の上流側に位置する「インフラ損傷・ライフラインの途絶」と、より下流側に位置する「伝統行事の時期の変化」「地場産業への影響」が含まれているため、図の表現上では前者を「都市生活」、後者を「国民生活」として区別している。
「インフラ損傷・ライフラインの途絶」に関しては、図 3-13 において詳細を示す。

【インフラ損傷・ライフラインの途絶に伴う影響】

平成 29 年 7 月九州北部豪雨では、記録的な大雨に伴う土砂災害が下流域の洪水氾濫をさらに助長し、平成 30 年 7 月豪雨では、それに加えて土砂が河道を下流まで流れたことにより氾濫するなど、ある影響被害が他の影響被害を拡大させる状況が確認されている。また、令和元年の房総半島台風や東日本台風では、台風に伴う強風や大雨が、人命損失・建物浸水・農林水産被害、工場・商業施設等被害などの直接的被害とともに、電力・通信・上下水道・運輸・廃棄物処理システム等のあらゆるインフラ・ライフラインの途絶等を引き起こし、これらがさらにまた国民生活や事業活動にはね返って甚大な影響をもたらしたことは記憶に新しい。

これらの影響被害は、起点となる外力の変化が気候変動に起因するものであるかどうかが研究により明らかにされているものもあれば、まだ明確には断定し難いものもある。しかし、これらの影響被害が気候変動によるものであったかどうかが現時点で明確でないとしても、極端な大雨や勢力の強い台風の出現頻度の増加は一定の確度をもって予測されており、仮にこれらの予測のように外力が変化すれば、将来、同様の影響被害が増加する可能性も十分想定されると言うことはできる。

以上を踏まえ、このような極端な大雨・台風等によるインフラ・ライフラインの途絶に伴う影響について、主に現在の状況で述べた台風被害の実態やこれを補完する専門家の考察に基づいて整理した（図 3-13 参照）。

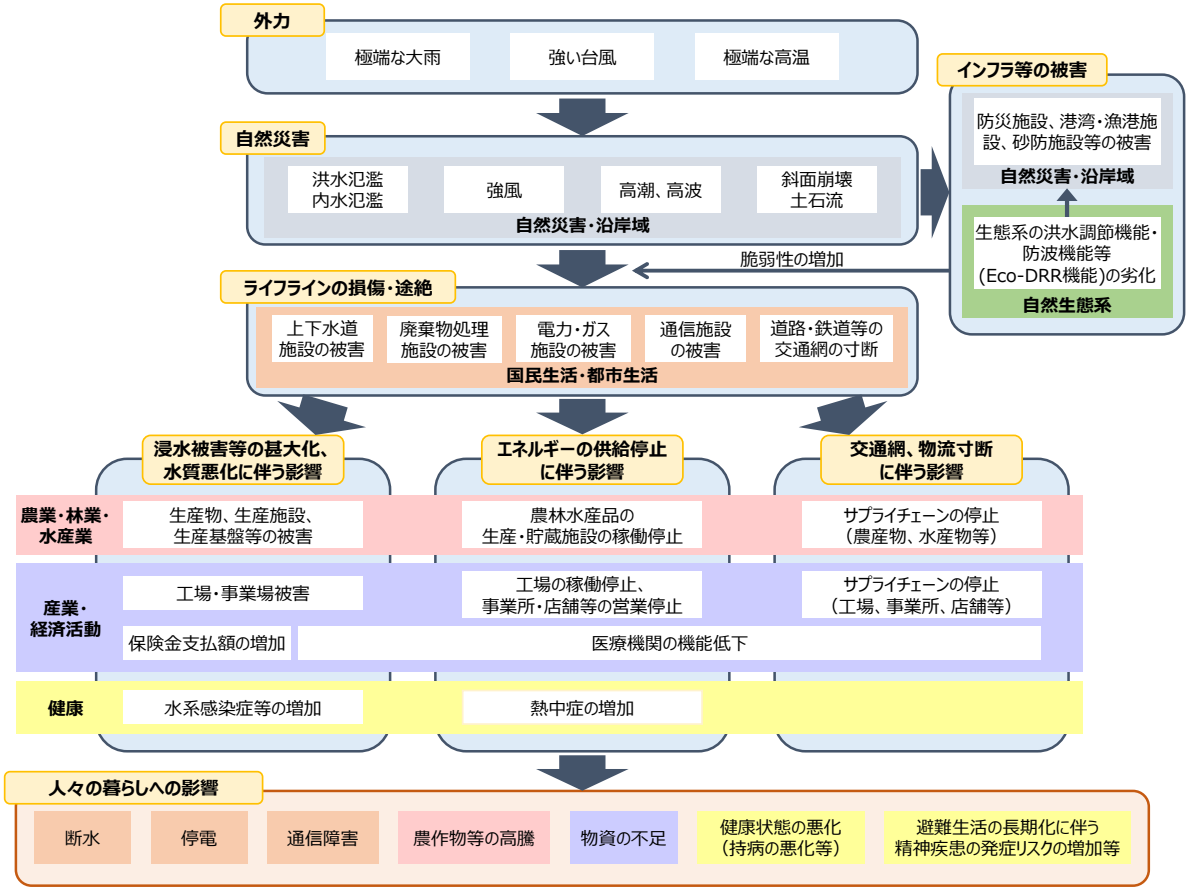


図 3-13　インフラ・ライフラインの途絶に伴う影響の例

現在の状況

● 平成 29 年 7 月九州北部豪雨　（応用生態工学会・平成 29 年 7 月九州北部豪雨調査報告書）

今回の災害で、幾つかの河川は土砂で埋まり、そこに生息した魚類は壊滅的状態となり、そのような河川の生態系はリセットされたといっても過言ではないだろう。（中略）長期的な生態系の回復のプロセスを受け入れ、継続的で長期にわたるモニタリングを行うことが重要だろう。（略）

● 平成 30 年台風第 21 号

平成 30 年 9 月 4 日に「非常に強い」勢力を保ったまま徳島県南部に上陸し、その後兵庫県神戸市付近に再上陸した台風第 21 号は、四国や近畿地方に記録的な暴風をもたらした。この台風はまた記録的な高潮ももたらし、接近・上陸に伴って近畿や四国の沿岸部では急激に潮位が上昇し、大阪では 1961 年の第 2 室戸台風の時に観測した過去の最高潮位を瞬間的に上回る値を観測した。さらに、四国や近畿、北陸周辺に台風本体の活発な雨雲がかかった。これらにより、樹木の転倒、建物屋根の飛散、床上・下浸水などの住宅被害、トラックの横転、建設現場の足場やクレーン、さらには、港のガントリークレーンの転倒など、多大な被害をもたらし、大規模な停電も発生した。大阪湾沿岸では、強風に伴う高潮被害、関西空港では浸水及び漂流したタンカーの衝突による連絡橋の破損など、公共インフラ、土木構造物などにも多大な被害をもたらした。[17]また、この災害による水害被害額（建物被害額等の直接的な物的被害額等）は約 410 億円[18] 、支払保険金額は、約 9,698 億円にものぼる。[19]

● 令和元年房総半島台風（台風第 15 号）　（内閣府・令和元年台風第 15 号に係る被害状況等について）

〔気象の概況〕

台風の接近・通過に伴い、伊豆諸島や関東地方南部を中心に猛烈な風、猛烈な雨となった。特に、千葉市で最大風速 35.9m、最大瞬間風速 57.5m を観測するなど、多くの地点で観測史上 1 位の最大風速や最大瞬間風速を観測する記録的な暴風となった。

（被害状況）

✓ 人的被害（死者 1 名）、建物被害（住家全壊 342391 棟、半壊 4204 棟、一部損壊 7 万件以上等）
✓ 河川被害（国管理の 10 河川で護岸損壊等、都道府県管理 4 河川で溢水・内水）
✓ 土砂災害 77 件
✓ 農業用ハウス・農作物・畜産用施設のほか農業用施設・家畜・樹体への被害
✓ 林地荒廃のほか、林道施設・特用林産物施設等への被害
✓ 漁具倉庫や漁具・漁船等への被害
✓ 農業・林業・水産業関連の合計被害額は約 815 億円（2019 年 12 月 5 日時点）
✓ 日本原子力研究開発機構大洗研究所敷地内の冷却塔の倒壊
✓ 君津市の石油コンビナート（日本製鉄(株)君津製鉄所）で燃焼放散塔の倒壊
✓ 大規模な倒木、土砂崩れ等による停電、停電による断水、停電や基地局の被災による通信障害
✓ 鉄道の運転見合わせや高速道路の通行止め等の交通網の停止による空港へのアクセス制限
✓ 停電による医薬品の製造・出荷の一時停止
✓ コンビナートからの希塩酸の一部海洋流出
✓ 浸水等による多量の災害廃棄物の発生
✓ 横浜港を中心に、想定外の高波による護岸の損壊や背後地の浸水、暴風で走錨した船舶の臨港道路橋梁への衝突及びコンテナの飛散

[17]災害調査報告－平成 30 年台風第 21 号による強風・高潮災害について－（京都大学防災研究所年報　第 62 号
[18] 平成 30 年の水害被害額（確報値）（国土交通省）
[19]平成 30 年台風第 21 号および台風第 24 号に係る各種損害保険の支払件数・支払保険金（見込含む）等について

● 令和元年東日本台風（台風第 19 号）　（内閣府・令和元年台風第 19 号に係る被害状況等について）

〔気象の概況〕

台風本体の発達した雨雲や台風周辺の湿った空気の影響で、静岡県や新潟県、関東甲信地方、東北地方を中心に広い範囲で記録的な大雨となった。10 日からの総雨量は神奈川県箱根町で 1,000㎜に達し、関東甲信地方と静岡県の 17 地点で 500㎜を超えた。この記録的な大雨により、12 日 15 時 30 分に静岡県、神奈川県、東京都、埼玉県、群馬県、山梨県、長野県の 7 都県に、12 日 19 時 50 分に茨城県、栃木県、新潟県、福島県、宮城県の 5 県に、13 日 0 時 40 分に岩手県に特別警報を発表した。

東京都江戸川臨海では観測史上 1 位の値を超える最大瞬間風速 43.8m を観測するなど、関東地方の 7 箇所で最大瞬間風速 40m を超える暴風となったほか、東日本から北日本にかけての広い範囲で非常に強い風を観測した。また、12 日には千葉県市原市で竜巻とみられる突風が発生した。また、この災害による水害被害額（建物被害額等の直接的な物的被害額等）は約 1 兆 8,600 億円にのぼり、統計開始以来最大の金額となった。[20]

〔被害状況〕

✓ 人的被害（死者 104 名）
✓ 河川被害（国管理河川で堤防決壊 14 箇所、県管理河川で堤防決壊 128 か所）、土砂災害 952 件
✓ 防災重点ため池や防災重点以外のため池で、決壊や損傷の被害
✓ 農業用施設等への被害や農地の損壊のほか、農作物、農業・畜産用機械、農業用ハウス等への被害
✓ 林地荒廃のほか、林道施設、木材加工・流通施設、治山施設、特用林産物施設等への被害
✓ 漁港施設、共同利用施設、水産物、漁具等への被害、海外漂着物による被害
✓ 農業・林業・水産業関連の合計被害額は約 3,446 億円（2020 年 4 月 10 日時点）
✓ 暴風雨で倒木・飛来物等が配電設備を損傷したことによる停電
✓ 道路崩壊等に伴う水道管破損による断水、浄水場への濁水流入による断水、河川増水に伴う浄水場・ポンプ場水没による断水、停電による断水、橋梁添架の水道管の流出
✓ 浄化センターの浸水による下水処理機能の停止
✓ 長野新幹線車両センター留置中の北陸新幹線車両の浸水に伴う運転見合わせ
✓ 国宝・重要文化財等の物的被害
✓ 浸水等による金融機関店舗や郵便局の営業停止
✓ 横浜港で高波による護岸の損傷や埠頭の浸水、川崎港沖で停泊中の船舶の沈没・油流出

<u>将来予測される影響</u>

極端な大雨や勢力の強い台風に伴う強風・大雨によって、まず、洪水氾濫・高潮氾濫・土砂災害・強風被害といったいわゆる自然災害が発生し、人命損失や建物損壊等の直接的被害が生じる。同時に、こうした自然災害は、複数の分野に一挙に影響を及ぼすため、重大である。例えば、水環境や水資源（地下水・水循環）等の物理的な自然環境に変化をもたらし、自然生態系にも生物の生育・生息地の消失等の形で直接的被害をもたらす可能性がある。農業・林業・水産業においても、農作物・林地・水産物といった生産物そのものや各種の生産施設・設備、生産基盤等への直接的被害が発生し、さらに、工場・商業施設等の産業施設や、電力・通信・上下水道・運輸・廃棄物処理システム等のあらゆるインフラ・ライフラインにも浸水・損壊・途絶等の直接的被害をもたらす。

国民生活や事業活動の基盤であるインフラ・ライフラインへの影響被害がもたらす更なる波及影響は極めて甚大で、国民の日常的な暮らしに停電・断水等の形で支障を与え、様々な事業者の製造・流通・販売等の事業活動にも深刻な打撃となる可能性がある。また、インフラ・ライフラ

[20] 令和元年の水害被害額（暫定値）（国土交通省）

インにおける影響被害は、農業・林業・水産業等の一次産業に対しても停電・断水・流通途絶等で同様に波及的な影響をもたらしかねない。

自然災害は、人命損失だけでなく、国民の健康にも影響を及ぼす可能性がある。例えば、避難生活の長期化に伴う持病の悪化や感染症の発症等の拡大が想定される。なお、梅雨や台風の時期は、極端な高温日と重なる可能性が少なからずある。実際に、令和元年房総半島台風通過の翌日には、大規模停電の影響を受けた千葉県において、高気温の程度が同様の東京都に比べてはるかに多くの熱中症による救急搬送人員が報告されている。このように、梅雨や台風による甚大な自然災害と高温とが重なれば、新たな人命損失を招きかねず、今後、防災面の検討に際してはこのような事態も想定していく必要がある。

以上の連鎖の可能性は、研究に基づく知見だけでなく専門家の判断・考察により補完している部分もあるが、このような影響・リスクの可能性を排除せず、想定しておくことが今後気候変動影響に備えていく上で重要になる。なお、ここでは、あくまで極端現象による影響被害に着目をしてまとめており、漸進的変化（年平均気温の上昇、海面水位の上昇等）による影響被害は包含していないことに注意が必要である。

３．５　気候変動影響の評価手法に関する課題と展望

（１）気候変動影響の重大性等の評価手法

本報告書では、前回（2015 年）の方法を踏襲し、各評価項目の重大性を「特に重大な影響が認められる」または「影響が認められる」の２段階で評価した。その結果、科学的知見の充実により、９つ(13%)の評価項目で重大性評価が前回から上方修正され、全 71 項目のうち 49 項目(69%)について、「特に重大な影響が認められる」という評価となった。

現在の評価段階を継続した場合、５年ごとの評価を重ねるにつれて、科学的知見の充実により「特に重大な影響が認められる」となる評価項目の割合が増え、評価項目間の重大性の差異が読み取れなくなる可能性があるため、評価時点における各評価項目の実情をより適切に反映できるような評価手法の検討が必要である。例えば、気候変動がなかった場合に対する現実の影響の大きさや、影響の変化の速さを表現できるような指標の開発は評価手法の向上に有効であると考えられる。

さらに、社会全体や各主体にとってどのような影響が重大であるのかを見極め、より効率的に適応策を講じることができるよう、影響の重大性や緊急性が特に誰にとってのものであるのか、影響がどのような規模で生じ得るのか、影響に対する脆弱性が高いのはどのような人々であるのかなどを考慮した影響評価及び評価結果の表現方法を検討することも重要な課題である。

また、前回に比べて 31 項目（全体の 44%）で確信度が上方修正されたが、自然生態系や産業・経済活動などの分野を中心に、確信度が低い項目もあるため、更なる研究・調査の推進が必要である。特に、海外での気候変動影響により間接的に日本にもたらされる影響や、本報告書で新規に扱っている気候安全保障などに関しては、比較的新しい観点であることから、研究・調査の数が特に限定的であるが、国際的な気候変動対策を講じる上でも非常に重要であり、知見の充実が求められる。また、産業・経済活動などの分野においては、学術論文ではないものの、企業や団体等のレポートが現在の気候変動影響を的確に表している可能性があるため、このような資料も影響評価報告書に活用することを念頭に、資料の収集方法や確信度の評価手法を再検討する必要がある。

（２）緩和や適応の効果を踏まえた影響評価

本報告書では、新たに全 71 の評価項目のうち８つ（11%）の評価項目において、世界平均気温が工業化以前に比べて２度上昇した場合と４度上昇した場合に分けて影響の重大性等の評価をすることで、緩和の水準による差異を示した。

一方で、適応策の実施による効果を考慮した気候変動影響に関する文献が現時点では限られているため、本報告書では、前回に引き続き、将来の追加的な適応策による効果は想定せず、将来の気候変動影響の重大性等を評価した。一方で、例えば農業分野において作期の工夫や高温耐性品種などの開発が進んでいるなど、既に一定程度適応策が講じられている分野もあることから、現状の影響の重大性等の評価においては適応策の効果を考慮に入れることとした。

近い将来、気候変動影響予測・適応評価の総合的研究（環境研究推進費 S-18 課題）や国立環境研究所の気候変動適応研究プログラム等により、適応策に関する知見が大幅に増加する見込みであり、適応の水準を影響評価に反映できるようになる可能性がある。今後は、更なる知見の拡充を図るとともに、緩和と適応の両方について複数の水準を考慮した評価手法を検討する必要がある。

なお、各主体が適応策を講じる際には、適応策をとらなかった場合の影響や、適応策にかかる費用などを勘案して意思決定を行う必要があるため、それぞれ適応策の効果[21]や、緩和策とのトレ

[21] 適応の費用対効果分析の一例として、気候変動の緩和策と適応策の統合的研究（環境研究推進費 S-14 課題）によりインドネシア・ジャカルタで実施された調査において、効率の良い空調機の場合、その使用によって熱中症や寝苦しさが軽減される便益が、使用に伴う温暖化や大気汚染の増大による悪影響を上回る推計が得られている。
このような分析が重要である一方、特に自然生態系などにおいては被害を金銭的価値に換算しきれないものもあることにも注意が必要である。

ードオフ（一得一失）又はシナジー（相乗効果）に関する知見も重要であるが、情報があまりに膨大で複雑になる可能性がある[22]ため、影響評価報告書とは別の形で扱うことも選択肢としながら検討する必要がある。

（３）社会経済状況の変化を考慮した評価手法

将来予測される気候変動影響の程度は、社会経済の状況に依存する場合が多い。また、社会経済の状況によって実施可能な緩和策や適応策の種類や程度も異なる。本報告書においては、社会経済状況が自然生態系や人々の気候変動に対する脆弱性を高めている可能性が示唆されているが、社会経済状況の変化を考慮した気候変動影響の予測に関する文献は限られており、現状では十分に評価できていない。

令和３年度から令和４年度にかけて公表予定の気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第６次評価報告書では、将来気候の予測、影響評価、緩和策・適応策の検討等に「共有社会経済経路」（以下、「SSP」という）が用いられる見込みである。SSP は、人口、ガバナンス、公平性、社会経済開発、技術、環境等の共通に社会像の諸条件を示す定量的・定性的な要素からなり、気候変動影響評価と緩和・適応政策分析の前提条件としての利用が想定されている。

また、SSP の理念を踏襲しつつ、日本独自の将来の見通しを考慮し、都道府県レベルの影響評価や緩和策・適応策検討に活用するための、日本版社会経済シナリオの開発も行われている（環境総合研究推進費 2-1805）。これらのシナリオを用いた気候変動影響に関する知見を踏まえ、社会経済状況の変化を考慮した評価手法を検討する必要がある。

（４）分野間の影響の連鎖に関する評価手法

令和元年房総半島台風（台風第 15 号）及び東日本台風（台風第 19 号）に代表されるように、近年国内で起きている記録的な豪雨や台風に伴う災害 においては、本報告書で整理している分野・項目の体系を超えて、それぞれへの影響が相互に様々な形で波及しながら、多方面にわたる被害をもたらした事例が数多く報告されている。本報告書では、このような事象を「分野間の影響の連鎖」として、分野横断的な視点で記述した 。ただし、これらの事象については影響の連鎖のメカニズムが複雑であり、気候変動との因果関係が必ずしも明確になっていないことから、「分野間の影響の連鎖」に対して重大性等の評価は実施していない。

ある分野に対する適応策が、他の分野に対してトレードオフ（一得一失）又はシナジー（相乗効果）の関係性にある影響をもたらす場合があるため、影響の連鎖のメカニズムの理解は効果的な適応策を講じる上で重要である。また、豪雨や台風等の気象災害による経済損失については、分野別には損害額のデータが公開されているものの、それらを集計して全分野の損失額を算出できるのか、データの比較可能性を含めて明らかになっていない。全体の経済損失額は政策決定のために重要な情報であり、既存データを吟味し、より有効に活用するためにも影響の連鎖のメカニズムの解明が必要である。また、影響の連鎖の記述を拡充することで、地域ごとに発生しやすい・しにくい事象を判断しやすくなる。これらのことから、今後は影響の連鎖に関する科学的知見の更なる充実を図るとともに、「分野間の影響の連鎖」についての重大性等の評価手法の検討を行う必要がある。

[22] 例えば、対策の効果が現れるまでにかかる時間を考慮する必要があり、それが本報告書第３章３．１（２）で整理している時間スケールと必ずしも対応づけられないため、情報が複雑になる懸念がある。

第４章　気候変動影響の評価に関する現在の取組と今後の展望

気候変動による影響に適切に対処していくためには、現状の把握と、将来を予測した上での適応策の検討・実施が重要であることから、政府として総合的・戦略的な影響の評価等の仕組みの検討・構築などを図り、継続的に影響の評価を進めていく必要がある。本報告書は、平成 30 年に成立した気候変動適応法第 10 条に基づくものとしては初めて作成された気候変動影響評価報告書である（平成 27 年に、中央環境審議会における意見具申として気候変動影響の評価が公表されている）。令和３年度には、本報告書の内容を踏まえて、同法第８条に基づき、気候変動適応計画が更新される予定である。さらに、同法第 10 条に基づき、おおむね ５年後（2025 年予定）に次回の気候変動影響評価が実施される予定である。本章ではこれらの予定を見据え、本報告書の作成に際して指摘された課題と、今後推進すべき取組の方向性を記載した 。

４．１　気候変動影響評価及び適応策立案に関する分野横断的な取組

（１）気候変動影響の観測・監視の推進

気候変動の影響に対して、科学的知見に基づいた適応策を検討するためには、気候変動及びその影響の観測・監視の継続が必要であり、影響の観測・監視の取組について体系的に整理し、戦略的取組の検討を進めることが必要である（平成 29 年３月中央環境審議会中間とりまとめ）。

気候変動及びその影響の観測・監視の取組について体系的に整理し、長期的な観測・監視（基礎情報としてのデータ集積）を戦略的に進めることを目的として、環境省と国立環境研究所が連携して、平成 29 年より、「気候変動の影響観測・監視の推進に向けた検討チーム」が設置され、気候変動影響に関する主な観測・監視の取組状況把握、共通課題の整理及び、観測・監視の実施/拡充の優先度検討が行われている。全分野に共通する課題としては、データの利用性の低さ（データが非公開である、デジタル化されていない、利用手続きが煩雑等）や、継続性の低さ、空間・時間解像度の低さや対象範囲の狭さ等が指摘された。また、気候変動影響が予測されているものの、体系的な観測・監視が行われていない項目があることも指摘された。観測・監視の優先度が高い項目は気候変動影響の分野毎に異なるが、例えば、幅広い分野における影響評価に共通して必要となる気象項目は、高度化を図りつつ、長期に継続する優先度が高い。また、２度上昇においても特に甚大な影響が予測される項目（高山生態系や沿岸生態系等）については、数年以内に不可逆的な変化が発生する恐れがあり、きわめて緊急性が高いことから、当面の間、重点的な観測・監視（モニタリング）が必要である。

今後は、関係府省庁や関係研究機関の所管の枠を超えた連携・協力体制のもと、観測・監視の取組状況について定期的に現状把握と情報共有を行い、観測・監視項目について効果的・効率的な観測・監視を継続するとともに、観測・監視結果の多様な主体による有効活用を推進するため、多様な主体により得られるデータの利用性の向上（観測の標準化・オープンソース化等）を推進する必要がある。また、各分野において、観測・監視の優先度を踏まえた観測・監視の重点化が必要である。本検討チームでは、次回の影響評価に向けて課題をとりまとめ、令和２年度末に報告書を公表予定である。

（２）気候変動影響及び適応に関する分野横断的な研究

日本における気候変動影響を幅広く評価するためには、その統一的な手法が確立していないことから、手法の開発も含め、気候変動影響に係る科学的知見の充実が肝要であり、政府により研究が推進されている。気候変動影響及び適応策について、前回の気候変動影響評価（平成 27 年）以降、政府により実施された主な分野横断的・総合的な研究は表 4-1 の通りである。

文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）では、地方公共団体（モデル自治体）の参画を通じて、実際のニーズを踏まえた近未来の超高解像度気候変動予測情報や気候変動影響評価モデル等を開発した。また、その成果を地方公共団体等に提供し、防災・農業等に関する具体的な適応策立案・推進の支援を行った。その結果、モデル自治体において、SI-CAT による成果を生かし、研究者と行政との連携体制の強化や、農業、防災等の影響評価結果の適応策への

活用が進み、地域気候変動適応センターの設置に繋がった事例もあった。

地域適応コンソーシアム事業（環境省・農林水産省・国土交通省の連携事業）では、農業、水産業、水資源、防災・減災、熱中症など多岐に亘る分野において、地方公共団体のニーズに応じた35 の地域レベルの気候変動影響に関する調査と適応オプションの検討を行ったほか、農業（米、果樹）及び自然生態系分野において、全国的な影響予測を実施し、自治体における適応策の実施に資する気候変動影響情報を創出した。本事業の成果を全国の地方公共団体等に共有するため A-PLAT を通じて詳細な調査結果や調査手法等を公開しており、今後の効果的な適応策の立案や地域気候変動適応計画、地域気候変動適応センター等への活用が見込まれる。

表 4-1　平成 27 年（2015 年）以降、政府により実施された主な分野横断的・総合的な研究

研究プロジェクト名	実施主体	実施年度
SI-CAT　気候変動適応技術社会実装プログラム	文部科学省	2015-2019
TOUGOU　統合的気候モデル高度化研究プログラム	文部科学省	2017-2021
地域適応コンソーシアム事業	環境省	2017-2019
S-14　気候変動の緩和策と適応策の統合的研究	環境省	2015-2019
S-18　気候変動影響予測・適応評価の総合的研究	環境省	2020-2024
2-1708　適応策立案支援のための地域環境を考慮した多元的脆弱性評価手法の開発	環境省	2017-2019
2-1805　気候変動影響・適応評価のための日本版社会経済シナリオの構築	環境省	2018-2020
2-1904　気候変動影響評価のための日本域の異常天候ストーリーラインの構築	環境省	2019-2021
2-1907　気候変動適応を推進するための情報デザインに関する研究	環境省	2019-2021
気候変動適応研究プログラム	国立環境研究所	2019-2021

また、文部科学省統合的気候モデル高度化研究プログラム（TOUGOU）では、全ての気候変動対策のための基盤となる我が国独自の気候モデルの開発・高度化を行うとともに、ニーズを踏まえた日本付近の高精度予測情報の創出、温暖化に伴って激化が想定される台風・洪水等のハザード予測情報を創出している。これらの予測情報は、国土交通省における「気候変動を踏まえた治水計画のあり方」提言等に活用されている。

環境研究総合推進費による気候変動の緩和策と適応策の統合的研究（環境研究推進費 S-14 課題）では、定量的基礎資料として、水関連災害、穀物生産、健康分野、沿岸地域という４つの主要な領域を対象に、地球規模の気候変動影響と、実施可能と想定される適応策の費用便益の検討を実施した。これまでほとんど無視されてきた都市健康分野における具体的かつ導入しやすい適応策をライフサイクルアセスメント（LCA）も結び付けた評価を公表し、今後の合理的な適応策設計研究に繋がる道筋を示すなど、様々な最先端研究を行った。さらに、これらの研究を緩和策と適応策の統合的かつ定量的な評価に組み込み、世界全体の温室効果ガス排出量と整合的な緩和策、影響・適応策費用推計を実施した。更に、環境省では、令和２年度より、次回の気候変動影響評価報告書（2025 年予定）に向けた科学的知見の創出のため、気候変動影響予測・適応評価の総合的研究（環境研究推進費 S-18 課題）において、より精緻な気候変動影響情報の創出、気候変動影響と適応策の経済評価等に係る研究を開始している。

（３）気候変動影響を踏まえた適応策の検討

現行の気候変動適応計画（平成 30 年 11 月閣議決定）は、「あらゆる関連施策に気候変動適応を組み込む」、「科学的知見に基づく気候変動適応を推進する」、「研究機関の英知を集約し、情報基盤を整備する」、「地域の実情に応じた気候変動適応を推進する」、「国民の理解を深め、事業者の適応ビジネスを促進する」、「開発途上国の適応能力の向上に貢献する」、「関係行政機関の緊密な連携協力体制を確保する」という 7 つの基本戦略の下、多様な関係者が連携して気候変動適応を推進するための施策の基本的方向や分野別施策、基盤的施策を定めている。

本報告書による気候変動影響の評価結果に基づき、令和３年度に気候変動適応計画が見直される予定である。また、適応の効果や進捗を把握・評価するための手法の開発も進められている。

地方公共団体においては、気候変動適応法に基づき、2020 年８月までに 44 の地方公共団体が地域気候変動適応計画を策定し、25 の地方公共団体で地域気候変動適応センターを確保した。地域気候変動適応計画の策定にあたっては、地域適応コンソーシアム事業や気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）の成果等、の地域レベルの気候変動影響に関する最新の科学的知見の活用が進んでおり、今後もこうした知見の積極的な活用によって地域気候変動適応計画や適応策の充実が期待される。

地域気候変動適応センターでは、地域の気候変動影響及び気候変動適応に関する情報基盤を強化し、分野横断的な部局と連携しながら、区域内の事業者や住民等へ情報（地域における水稲への影響、果樹への影響、暑熱への影響など）を提供している。また、環境省では、地域気候変動適応センターの活動を支援するため、令和元年より「国民参加による気候変動情報収集・分析委託事業」を実施している。

気候変動影響の内容や規模は地域の気候条件、地理的条件、社会経済的条件等の地域特性によって大きく異なるため、地方公共団体が主体となって、地域の実情に応じた施策を展開することが必要となる。環境省はこれまでも、国立環境研究所気候変動適応センターと連携して、地方公共団体の地域気候変動適応計画の策定や地域気候変動適応センターの確保を支援してきた。今後は、その支援の充実を図るとともに、地域全体の気候変動適応の推進の観点から、適応法に定める気候変動適応広域協議会（全国７ブロック）の分科会活動等を通じて、地域特有の気候変動影響や、地域の共通の適応課題に対し構成員の連携体制を強化し、具体的な適応策の立案を支援していく必要がある。

民間企業等に対する気候変動影響は業種により様々であり、国内だけではなく海外の気候変動影響がサプライチェーン等を通じて企業活動に大きな影響をもたらすことも懸念されている。一方で近年では、投資家等によって企業の気候変動リスクの開示が求められており、企業が事業活動への気候変動影響を把握し、適切な対策を取っていくことが求められている。そうしたことから、環境省では、平成 30 年度に、民間企業の気候変動影響及び適応に関する理解促進のため、「民間企業の気候変動適応ガイド －気候リスクに備え、勝ち残るために－」を作成・公表した。

また、経済産業省では、途上国において適応に関する高いニーズと優れたシーズが存在し、ビジネスとしての市場規模も拡大することが見込まれることから、温暖化適応ビジネスを推進するため、平成 28 年度より継続的に適応グッドプラクティス事例集の作成・公表等を行うなど、温暖化適応ビジネスを推進している。

４．２　気候変動影響評価及び適応策立案に関する分野別の取組

本節では、各分野における気候変動影響評価、影響把握、適応に関する計画策定、技術開発、実証実験などに関する政府の主な取組を記載した。ただし、個別の適応策の実施や普及に関する取組は、現行の「気候変動適応計画」に反映されているか、令和３年に予定されている同計画の見直しにおいて反映されるため、ここでは記載しない。

（１）農業・林業・水産業分野

農林水産省では、平成 25 年度から平成 29 年度まで実施した委託プロジェクト研究において、気候変動の影響解析モデルを構築し、水稲、小麦、大豆、果樹、野菜、飼料作物等を対象に気候変動の影響を評価するとともに、森林の観測や極端現象の増加に関する影響解析モデル予測を用いて、農業水資源、土地資源及び森林の脆弱性に係る気候変動の影響を評価した。

更に、気候変動に伴う野生鳥獣の生息域の拡大等による被害対策に資するため、平成 28 年度より、委託プロジェクト研究において、環境変化に伴うシカやイノシシの個体・群の動向を解明するとともに、これらを活用して中長期的な視点での分布拡大及び被害予測マップの開発に取り組んでいる。

また、計画的な適応策の推進のため、農林水産省は、平成 27 年８月に農林水産省気候変動適応計画を策定し、気候変動適応法施行にあわせて平成 30 年 11 月に改定した。同計画において、当面 10 年間に必要な取組が分野・項目ごとに整理しており、それに基づき、病害虫の発生状況、スギ人工林の成長量変化、主要魚種の産卵海域や漁場における海洋環境等の調査や、山地災害に強い森林管理手法、気候変動に適応したスギを育種するための技術、亜熱帯・熱帯果樹等の導入実証、主要養殖対象種における高水温耐性を有する品種の育種、温暖化に伴って増加が見込まれる赤潮の発生予測技術、豪雨の増加による流木被害を防止・軽減するための技術等の研究・技術開発を推進している。更に、将来予測に基づいた適応策の地域へ展開にあたっては、地域ごとに分かりやすく分析、整理した情報を提供することにより、産地等が自らの判断と選択により適応策を実践・推進し、将来の影響に備える取組を支援している。

（２）水環境・水資源分野

【水環境】

環境省では、平成 25 年度より、湖沼に特化して水質や生態系への将来影響予測や必要な適応策に関する検討を行っている。平成 27 年度から令和元年度には、最新知見による、モデル湖沼の解析の精査を行い、モデル湖沼での影響評価を踏まえた全国湖沼の気候変動影響評価を行った。また全国湖沼を対象とした適応策の抽出・検討を行った。

【水資源】

厚生労働省では、水道事業者等への立入検査を活用した指導・助言や事業管理者との意見交換等を通じて、水道事業者等ごとの渇水対策マニュアルの作成を促し、渇水対策を推進している。

国土交通省では、平成 24 年度より、気候変動による将来の渇水規模・頻度を科学的に把握し、適応の方向についての検討、及び、水源が枯渇し、国民生活や社会経済活動に深刻かつ重大な支障が生じる「ゼロ水」（危機的な渇水）への対応策についての検討を実施するにあたって、有識者からの最新の知見を反映させるため、「水資源分野における気候変動への適応策のあり方検討会」（平成 26 年度に「気候変動による水資源への影響検討会」から名称変更）を設置している。

（３）自然生態系分野

環境省では、特に気候変動の影響を受けやすい高山生態系、サンゴなどを含む沿岸生態系のモニタリングを継続的に実施しているほか、平成 27 年度に公表した「生物多様性及び生態系サービスの総合評価（JBO2）」において、地球温暖化による生物多様性への影響（現在の損失の大きさなど）を評価している。平成 27 年度から５年間実施された「社会・生態システムの統合化による自然資本・生態系サービスの予測評価（環境研究総合推進費 S-15 課題）」では、北日本に分布する主要なコンブ 11 種について、温暖化が顕著になる前の 1980 年代における各種の分布域を推定するとともに、地球温暖化シナリオに基づき、将来の分布の変化を予測した。

また、気候変動に対して特に脆弱な地域を多く含む国立公園等の保護区における気候変動影響評価及び評価に基づく適応策の立案を支援するため、平成 30 年度には、「国立公園等の保護区における気候変動への適応策検討の手引き」を作成・公表した。さらに、平成 31 年度より、国立環境研究所の気候変動適応研究プログラムにおいて、自然生態系を主な対象とした研究が開始されている。

（４）自然災害・沿岸域分野

農林水産省及び国土交通省では令和元年 10 月に「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会」を設置し、気候変動に伴う平均海面水位の上昇や台風の強大化等による沿岸地域への影響及び今後の海岸保全のあり方や海岸保全の前提となる外力の考え方、気候変動を踏まえた整備手法等、気候変動適応策について検討し、令和２年７月に「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方」提言をとりまとめた。農林水産省及び国土交通省では、提言を踏まえ沿岸地域への気候変動影響の定量化及び海岸保全施設の設計に係る技術基準等の見直しを進めている。

また、国土交通省では、令和元年 10 月に「港湾等に来襲する想定を超えた高潮・高波・暴風対策検討委員会」を設置し、想定を超える高波・高潮・暴風が来襲した場合でも被害を軽減させるための「自助」「共助」「公助」が一体となった総合的な防災・減災対策について検討し、令和２年５月に最終とりまとめを公表した。また、令和元年 11 月より、「今後の港湾におけるハード・ソフト一体となった総合的な防災・減災対策のあり方」について、交通政策審議会港湾分科会防災部会において、気候変動に起因する外力強大化への対応として、将来にわたる港湾機能の維持、施設設計への反映及びモニタリングの継続・外力強大化に対応する技術開発などの具体的な施策方針が議論されている。

更に、平成 30 年に、「気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会」を設置し、d4PDF などの大規模アンサンブル計算結果を基に気候変動による降水量の変動予測を行い、河川流量や洪水頻度への影響を評価し、令和元年 10 月に「気候変動を踏まえた治水計画のあり方」提言をとりまとめた。

下水道による都市浸水対策については、気候変動の影響等により大雨等が頻発し、内水氾濫が発生するリスクが増大しているため、令和元年 12 月に「気候変動を踏まえた都市浸水対策に関する検討会」を設置し、気候変動を踏まえた下水道計画の前提となる外力の設定手法や下水道による浸水対策等について検討を行い、令和２年６月に「気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策の推進について」提言をとりまとめた。

また、土砂災害については、専門家からなる「気候変動を踏まえた砂防技術検討会」を設け、気候変動による降雨特性の変化により、頻発化・顕在化のおそれがある土砂災害への適応策の検討を行っている。

これらの検討状況を踏まえつつ、令和元年 11 月より「気候変動を踏まえた水災害対策検討小委員会」を開催し、「気候変動を踏まえた水災害対策のあり方～あらゆる関係者が流域全体で行う持続可能な「流域治水」への転換～」として取りまとめられている。

環境省では、令和２年度から「気候変動による災害激甚化に関する影響評価業務」を開始し、令和元年東日本台風（台風第 19 号）等の過去にわが国に甚大な被害を及ぼした台風が、温暖化し

た将来の気候において同様の経路をとった場合にもたらされ得る影響について調査している。本業務における台風の影響予測のための数値計算では、文部科学省による統合的気候モデル高度化研究プログラムの成果や、気象庁の気候モデル及び国立環境研究所のスーパーコンピュータが利用されている。また、気象庁気象研究所、国立環境研究所、京都大学、北海道大学、名古屋大学、茨城大学のメンバーから構成される検討委員会を設置し、さらに国土交通省の協力の下、幅広い観点からの専門的知見に基づき調査を進めている。

また、近年想定を超える気象災害が各地で頻発し、今後も気候変動により大雨や洪水の発生頻度が増加することが予想されている。そのため、気候変動リスクを踏まえた抜本的な防災・減災対策が必要との観点から、令和２年６月に武田内閣府特命担当大臣と小泉環境大臣による共同メッセージ「気候危機時代の「気候変動×防災」戦略」が発表された。戦略では、「気候変動×防災」の主流化や脱炭素で防災力の高い社会の構築に向けた包括的な対策の推進、個人、企業、地域の意識改革・行動変容、国際協力について示されている。また、災害からの復興に当たっては、土地利用のコントロールを含めた弾力的な対応により気候変動への適応を進める『適応復興』の発想を持って対応していくことが重要と示された。

（５）健康分野

【暑熱】

熱中症については、多くの省庁が対策に取り組んでおり、関係省庁の緊密な連携を図るため熱中症関係省庁連絡会議を平成 19 年より設置し熱中症対策の検討や実施に取り組んでいる（参加省庁；消防庁、文部科学省、厚生労働省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、観光庁、気象庁、環境省）。

厚生労働省では、熱中症発生状況等に係る情報の提供に当たって、厚生労働省のホームページ上に、人口動態統計に基づく熱中症による死亡者数を平成 27 年度（平成 26 年調査結果）から毎年公表している。さらに、毎年、前年の職場における熱中症発生状況と併せ当年度の重点対策を民間団体宛てに通知している。

また、環境省及び気象庁は、令和２年度より、新たに、暑さへの「気づき」を呼びかけるための情報として、「熱中症警戒アラート（試行）」を先行的に実施することとした。これは、熱中症の危険性が極めて高い暑熱環境が予測される際に発表し、国民の熱中症予防行動を効果的に促すことを目的としており、この新たな情報発信は令和２年度夏に、一部地域（関東甲信地方の一都八県）で先行実施し、その後検証を踏まえて、令和３年度から全国で本格実施する予定としている。

【感染症】

厚生労働省では、蚊媒介感染症対策に当たって、「蚊媒介感染症に関する特定感染症予防指針（平成 27 年厚生労働省告示第 260 号）」に基づき、都道府県等において、感染症の媒介蚊が発生する地域における継続的な定点観測、幼虫の発生源の対策及び成虫の駆除・防蚊対策に関する注意喚起等の対策を実施するとともに、感染症の発生動向の把握を行った。今後、蚊媒介感染症に関する新たな知見が集積した際には、必要に応じて、本指針の改正を行う。

（６）産業・経済活動分野

環境省では、平成 30 年度より「世界の気候変動影響が日本の社会・経済活動にもたらすリスクに関する研究」を実施し、国外の食料生産やサプライチェーン、安全保障等に対する気候変動影響について調査研究を進めている（環境研究推進費 2-1801）。

（7）国民生活・都市生活分野

【都市インフラ、ライフライン】

厚生労働省では、水道の強靭化に向けた施設整備の推進に当たって、水害等の自然災害にも耐えられる耐震管への更新を推進するなど、水道事業者等に対し、耐震化対策等に要する経費の一部を交付する予算措置（生活基盤施設耐震化等交付金等）を行っている。令和元年には、水道施設の計画的な更新に関する水道事業者等の努力義務などを盛り込んだ改正水道法を施行した。

迅速で適切な応急措置及び復旧が行える体制の整備に当たっては、全国水道関係担当者会議等の場において、風水害対策を含む「危機管理対策マニュアル策定指針」や公益社団法人日本水道協会が策定した「地震等緊急時対応の手引き」を情報提供し、危機管理対策マニュアルの策定及び風水害時の応急給水及び応急復旧体制の整備を促した。立入検査の際には、策定状況や体制の整備状況を確認し、未策定の事業者等に対し、指導・助言を行っている。

水質管理の徹底に当たっては、平成 20 年度から、水源から給水栓に至る総合的な水質管理を実現する水安全計画について、「水安全計画策定ガイドライン」や「水安全計画作成支援ツール簡易版」の情報提供を行うことにより、その策定を促した。立入検査の際には、策定状況を確認し、未策定の事業者に対して指導・助言を行っている。

【文化・歴史などを感じる暮らし】

気象庁では、季節の遅れ進みや、気候の違いや変化など総合的な気象状況の推移を知ることを目的に、さくらの開花やかえでの紅（黄）葉などの生物季節観測を実施しており、「気候変動監視レポート」においてさくらの開花・かえでの紅（黄）葉日の変動の状況を毎年公表している。

【その他（暑熱による生活への影響等）】

気象庁では、ヒートアイランド対策やヒートアイランド現象に関する科学的理解に寄与することを目的に、ヒートアイランド現象の観測・監視及び要因分析の結果をまとめ、気象庁ホームページから公表している。

環境省では、ヒートアイランド現象も含めた気温上昇が与える影響について、都市部を中心とした快適性に与える影響について平成 20 年度より調査を実施し、平成 28 年には、効果的なヒートアイランド現象に対する適応策の導入促進のため、「まちなかの暑さ対策ガイドライン」を作成・公表した。

４．３　気候変動予測、影響評価、適応策立案・実施の連携強化

（1）現状の課題と将来像

あらゆる主体による気候変動への適応を推進するためには、気候変動予測研究及び影響評価研究の連携を強化し、両研究の成果を国民に対して分かり易く情報提供する必要がある（平成 29 年３月中央環境審議会中間とりまとめ）。

文部科学省及び気象庁では、平成 30 年度より、有識者らによる「気候変動に関する懇談会」を開催し、我が国における気候変動の実態と見通しなどに関する検討を進め、気候変動影響評価に必要となる「日本の気候変動 2020」や「気候予測データセット 2022」のとりまとめを進めている。今後も概ね５年ごとにとりまとめが計画されており、次回以降の気候変動影響評価や、気候変動適応策、関連する研究・調査等に活用される見込みである。

また、関係研究機関との連携・協力体制を確保するため、国の機関又は独立行政法人で構成される「気候変動に関する研究機関連絡会議」が設置された。なお、事務局は国立環境研究所が担当し、必要に応じて、気候変動適応計画に基づき設置された「気候変動適応推進会議」に報告す

ることとされている。

このような状況を踏まえ、環境省と国立環境研究所が連携し、気候変動予測研究及び影響評価研究の連携推進を目的として平成 29 年度より設置されている「気候変動予測及び影響評価の連携推進に向けた検討チーム」において、連携に必要な 5 項目として、「気候シナリオの統合化」、「気候モデルの選択に係るガイドラインの整備」、「気候モデル共有インフラの必要性」、「予測計算及び影響評価のアウトプットの待機時間の長さ」、「シナリオ整備へのユーザーニーズへの反映」が設定され、課題及びアプローチ案について整理された。また、現状の課題及び気候予測・影響評価・情報の利用のあるべき姿が整理された。（図 4-1）

今後は、①モデルを用いた将来気候の予測結果には必ず不確実性があり、将来予測に基づく影響評価にも不確実性があること、②不確実性を網羅する気候シナリオ・影響評価の手法開発・データ整備が必要な一方で、④適応策の立案・実施者（行政、企業等）からは、最も確実性の高い予測と最悪ケースの影響評価に絞るべきとの要望も強いこと等を踏まえ、引き続き、将来予測・影響評価の精度を高める手法の研究開発を行うとともに、不確実性の扱い方や、どの予測・評価結果を選択して適応策の立案・実施をすべきかといった、適応策の立案・実施者の選択・判断の拠り所となるような、マニュアルや指針等の整備が必要である。このような活動を通して、気候変動予測研究及び影響評価研究、適応策の立案・実施者間の認識・理解・需要のギャップを埋めるとともに、共創を推進していくことが重要である。

将来のあるべき姿からのバックキャスト（改訂版）

将来のあるべき姿からバックキャストして、気候予測・影響予測がいつまでに何に取り組むべきか、利用者（地方公共団体等）が何を望むのかを議論。

		データセット2022 影響評価2025	データセット2027 影響評価2030	その先のあるべき姿	ポイント
気候予測	解像度	・2-1km（力学・統計）	・1km（力学・統計）	・1km以下（力学・統計）	・気候変数の高い過去再現性 ・解像度および精度向上とアンサンブル数増加の両立あるいは選択 ・不確実性を網羅する多数予測、蓋然性の高い少数予測、確率的情報を含む極端予測のバランス。少数予測で不確実性を網羅する方法 ・生態系など幅広い分野の予測に資する情報の充実 ・影響評価・ユーザの利便性を向上
	実験	・タイムスライス実験 ・多アンサンブル実験 ・CMIP5/6併用	・21世紀連続実験、CMIP6中心 ・不確実性を網羅する実験 ・大気・海洋・陸面の整合性向上	・季節予報・10年規模変動予測・長期予測の融合 ・極端現象の常時要因分析(EA)	
	要素	・気温・降水中心 ・海洋データ提供開始	・気温・降水以外の要素の充実 ・海洋データ充実	・個人・企業の活動に係る要素の提供	
	提供	・解説書の提供 ・利用者支援の拡充	・データセンターの整備 ・クラウド化による研究効率向上	・気候予測、影響予測、利用間のタイムラグの縮小	
影響予測	予測	・適応策、社会変動を考慮した予測 ・マルチモデル・マルチシナリオ予測	・影響観測・監視情報の拡充 ・21世紀連続実験 ・施設・インフラ情報の整備 ・大気・海洋・陸面の整合性向上	・適応、複合災害、社会変動を含む予測 ・高い過去再現性の実現	・適応策の選択肢や効果の情報の拡充 ・影響予測は気候予測とユーザをつなげる役割 ・気候予測、影響予測間のタイムラグ縮小へむけての工夫 ・社会経済シナリオの統一性
	要素	・主要リスク情報 ・限定的な経済換算	・リスク要素の拡充 ・クラウド化による研究効率向上	・リスクの網羅 ・幅広い経済換算	
	提供	・予測の根拠の提示 ・教育現場での活用	・信頼性レベルの提示 ・順応的な適応のための情報	・個人・企業・自治体の活動に係る情報の提供	
利用者	ニーズ	○行政のニーズ ・市町村の区別ができる高い解像度の予測 ・気温・降水以外の要素の予測 ・蓋然性の高い少数の予測 ・防災・インフラ計画用の最悪ケースの予測 ・特産品・景勝地への影響評価 ・予測情報を何にどう使えばいいのか、使ってはいけないのかのガイダンス	○行政のニーズ（続き） ・適応策のガイドライン ・適応策の効果の評価 ・政策の優先順位付けのための経済評価 ○現場のニーズ ・過去現象の要因分析・季節予報・10年予測 ・確率情報を含む極端現象予測 ・物理量でなく分かりやすい指標		・施策のタイムラインからくる限界（長期の要求が出にくい） ・次期（5年後等）の気候予測・影響評価の仕様が予告されないことからくる、利用者側の対応の限界（左欄に時系列がない一因） ・担当者が頻繁に交代することからくる限界

アクター間のギャップ

○情報ニーズのギャップ
・季節予報・10年予測（現場の要請）か長期予測（信号の頑健性）か
・空間解像度か精度か
・空間解像度かアンサンブル数か
・蓋然性の高さか不確実性の網羅（最悪想定）か。少数のストーリーラインによる不確実性の提示は？

○情報提供側の課題
・気候・影響・適応策の提供が別々
・気候予測・影響予測・情報利用のタイミングのずれ

○情報利用側の課題
・業界・部署による関心の違い
・要素間の緊急性の違い
・情報提供者と利用者の知識差

共創のための課題

○意識共有
・定期的・継続的なコミュニケーション
・気候予測・影響予測・現場の協働機会
・研究者の研究開発の意図を利用者に伝達
・利用者から研究者へ逆方向の情報の流れ

○情報共有
・予測情報公開・オープン化・クラウド化
・先進事例の共有

○情報の利活用の拡大
・省庁・部署間の連携強化
・民間、若手、NPO、NGO、産業界の取り込み
・気候予測の解説、地域の影響評価における環境コンサルやベンチャーの推進
・環境教育プログラムの拡充

図 4-1　現状の課題及び気候予測・影響評価・情報の利用のあるべき姿

横軸の「その先のあるべき姿」が気候予測・影響予測の目指しているゴール。「データセット 2022・影響評価 2025」はそれぞれに登載されることが予想される大型プロジェクト等で取り組んでいる主な事項。「データセット 2027・影響評価 2030」は「その先のあるべき姿」も踏まえて次期大型プロジェクト等で新たに取り組もうとしている事項。「利用者」には主に国と地方公共団体において施策（適応策）を立案・実施する立場からの気候予測・影響予測情報に関するニーズが示されている。「ポイント」はマトリクスに入れることが難しいが、本質的と思われる論点。

「アクター間のギャップ」にはマトリクスの中で明らかになった、主に縦軸方向の「矛盾」をまとめた。「情報ニーズのギャップ」は主に気候予測・影響予測から提供される情報と利用者のニーズの乖離、「情報提供側の課題」

は気候予測・影響予測による情報提供上の課題、「情報利用側の課題」は利用者による情報利用上の課題である。

「共創のための課題」にはアクター間の共創による望ましい気候予測・影響予測情報の利活用と施策の充実のための課題をまとめた。「意識共有」はアクター間の連携の基本となる意識レベルの共有を図るための事項、「情報共有」は気候予測・影響予測の理解と利用の基本となる情報の共有を図るための事項、「情報の利活用の拡大」は情報を利用し、施策・アクションにつなげる人材の質・量の拡大を図るための事項である。

（２）情報基盤の整備

気候変動適応に関する取組を推進していくためには、現在及び将来の気候変動影響に関する科学的な情報が不可欠である。気候変動適応法において、国立環境研究所は気候変動影響及び気候変動適応に関する情報の収集・整理・分析・提供や、地方公共団体や地域気候変動適応センターにおける気候変動適応に関する取組に対する技術的助言などを行う役割を担うことが定められている。

気候変動適応法の施行以前に、利用者が適応策を検討するための活動支援を目的として、平成28 年８月に気候変動適応情報プラットフォーム（以下「A-PLAT」）が立ち上げられた。その後、同法の施行に伴い設立された国立環境研究所気候変動適応センターは、A-PLAT を通じて、気候変動影響・適応に関する情報の収集・整理・分析や研究を推進し、その成果を広く提供することで、政府、地方公共団体による気候変動適応に関する計画の策定や適応策の実施をはじめ、事業者や個人を含む各主体による気候変動適応に関する取組に貢献している。

また、文部科学省では気候変動等の地球規模課題の解決に資する情報システムとして、地球環境ビッグデータ（観測情報、気候変動予測情報等）を蓄積・統合解析する「データ統合・解析システム（DIAS[23]）」を開発・運用している。DIAS を通じて、気候変動予測情報等を広く公開し、A-PLAT とも連携することで、政府、地方公共団体による気候変動影響評価や適応策の策定に貢献している。

４．４　気候変動影響評価及び適応に関する国際協力

これまでの気候変動影響評価において、世界各地で生じている気候変動の影響は、グローバル化された企業活動等を通じて、日本社会にも直接的な影響を及ぼす可能性が示唆されている。また、アジア・太平洋諸国の開発途上国においては適応の強い事業化ニーズが存在する一方で、行政資源や人材不足から、全国全分野で影響評価を実施できる開発途上国は少ない。

地域特性や開発行政の違いから日本国内での影響評価知見がそのまま国際的な技術協力に活用できるケースは限定的だが、科学的知見に基づく政策意思決定と、現場知や生活知に基づく適応策の立案、その事業化のための資金調整を支援するため、日本国内で蓄積されてきた影響評価モデルや知見を整理し、国際協力現場で活用できるツールの開発を進める必要がある。

気候変動に脆弱なアジア・太平洋地域の国々、特に、後発、内陸、小島嶼開発途上国では近年、干ばつや水害など気象災害の激甚化が生じており、様々な分野で適応策に対する強いニーズがある一方、科学的知見の蓄積や各種データの整備が進んでいない。また、開発途上国では一般に、適応策事業化には政府開発資金や気候変動資金等の外部資金の活用が可能であることから、技術協力により、これらの外部資金調達・運用ができる人材の育成が求められている。

そこで、環境省では、令和元年に構築した「アジア太平洋気候変動適応情報プラットフォーム（AP-PLAT）」を通じて、開発途上国が利用できるよう気候変動影響に関するリスク情報の充実を進めている。AP-PLAT を通じ、ツールを活用した影響評価や適応策の事業化を、中央政府と地方政府の内側から主導できる現地人材の能力強化を推進する必要がある。

あわせて、ツール開発と能力強化の技術協力を通じ、各国、各地域によって多様な適応事業の実施にあたり、本邦事業者の有する優れた適応技術やサービスの積極的な活用を推進し、適応ビジネスを拡大させることが期待されている。

また、環境省では、気候変動適応に係る二国間国際協力事業として、平成 27 年よりアジア・太

[23] DIAS: Data Integration & Analysis System

平洋地域において、パイロット的な影響評価実施を含む、適応計画策定のための技術協力をこれまで 10 ヵ国で展開している。代表的なものとしては、水稲生産性の影響評価モデル、リモートセンシング技術による重要交通インフラに対する浸水ハザードのリスク情報化、疑似温暖化ダウンスケール・サービスの実装、地方行政官向け適応教材の開発、気候変動資金による適応策の事業化などを行った。令和２年度より、これまでの協力成果に加え、日本国内で実施されてきた影響評価の知見、ツール、手法の整理を進め、現地人材の能力強化と合わせて、気候変動により脆弱な国に技術協力を効率的に展開している。

文部科学省は世界各国の地球観測システムをつなぎ、気候変動等の様々な社会課題への貢献を推進する「地球観測に関する政府間会合（GEO）」を通じて、世界各国への地球観測衛星データの提供や同データを利用した影響評価（農作物の作況見通し等）に貢献している。

さらに、文部科学省地球環境情報プラットフォーム構築推進プログラムでは、スリランカ、ミャンマー等における観測データや水文モデル等を DIAS において効果的に融合し、洪水を予測するシステムを構築し、洪水リスク評価に貢献している。さらに、文部科学省統合的気候モデル高度化研究プログラムにおいても、東南アジア諸国の詳細な予測データを活用し、タイ、ベトナム、インドネシア、フィリピン等の研究者との共同により、気候変動に伴うハザードの変化を評価し、科学的知見の充実を進めている。

農林水産省では、適応策の海外展開の体制整備として、途上国の森林の防災・減災機能強化に我が国の治山技術を適用する手法の開発等を行っている。また、国際協力として、国際共同研究及び科学的知見の提供等を通じた協力、国際機関への拠出を通じた国際協力、技術協力を行っている。

外務省では、途上国において気候変動対策が適切に促進・主流化されることに貢献している。アジア・大洋州の途上国においては、国内で培われた影響評価や適応策に関する知見を応用して、気候変動適応に係る支援を推進している。具体的には、インドネシアにおいて、国家気候変動緩和行動計画（RAN-GRK）及び州気候変動緩和行動計画（RAD-GRK）のモニタリング・評価・報告（MER）及び測定・報告・検証（MRV）システムの改善と、国家気候変動適応行動計画（RAN-API）の地方レベルにおける実施促進及びモニタリング・評価（M&E）のシステム構築を支援した。またサモアにおいては、気候変動適応、気候ファイナンスへのアクセス向上、気候変動緩和に係る研修の実施を通じて、大洋州地域の気候変動（緩和、適応、資金アクセス）分野において、2019 年に完成した太平洋気候変動センター（PCCC）の研修機能の構築を図り、大洋州地域の気候変動に対する強靭性の向上に貢献した。

さらに外務省では、2017 年から、気候変動と脆弱性に関する会議も開催している。2019 年にはアジア・大洋州における気候変動と脆弱性に関する国際会議として海洋をテーマに、様々なバックグラウンドの参加者より、最新の科学的知見や気候変動に係る取り組みの紹介が行われた。会議の開催を通じ、気候変動と脆弱性のリスクに関する知見を共有することで国際的な協力の強化を推進している。

付録 A　気候予測に用いられている各シナリオの概要

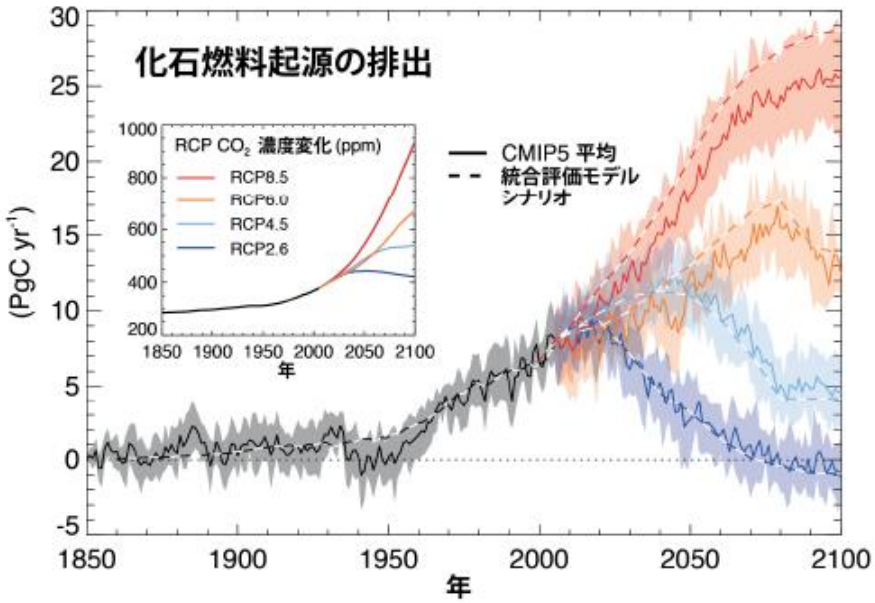
１.RCP シナリオ

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。[24]

RCP シナリオは大気中の温室効果ガスの濃度が放射強制力に与える影響の大きさをもとに特徴づけられ、それぞれ RCP8.5（高位参照シナリオ）、RCP6.0（高位安定化シナリオ）、RCP4.5（中位安定化シナリオ）、RCP2.6（低位安定化シナリオ）と呼ばれ、産業革命以前と比較した今世紀末の放射強制力の目安がそれぞれ 8.5W/m^2、6.0W/m^2、4.5W/m^2、2.6W/m^2 となるシナリオに対応している（下表）。[25]

RCP シナリオの概要　出典：IPCC、2007b より作成

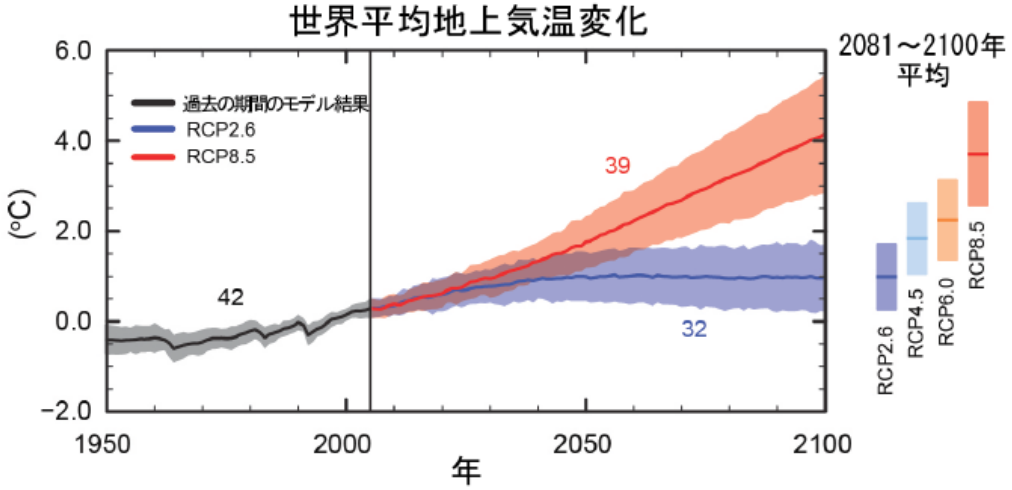
名称	産業革命以前と比較した放射強制力の目安	2100 年における各種の温室効果ガス濃度(二酸化炭素濃度に換算)	濃度の推移
RCP8.5（高位参照シナリオ）	2100 年において 8.5W/m^2 を超える	約 1,370ppm を超える	上昇が続く
RCP6.0（高位安定化シナリオ）	2100 年以降約 6.0W/m^2 で安定化	約 850ppm（2100 年以後安定化）	安定化
RCP4.5（中位安定化シナリオ）	2100 年以降約 4.5W/m^2 で安定化	約 650ppm（2100 年以後安定化）	安定化
RCP2.6(RCP3-PD)（低位安定化シナリオ）	2100 年以前に約 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A-1　RCP シナリオに基づく二酸化炭素の濃度変化（図内側）とRCP シナリオに対応する化石燃料からの二酸化炭素排出量（図外側；地球システムモデルによる逆算の結果。細線：個々のモデルの結果、太線：複数のモデルの平均）。PgCは炭素換算で10億トン（10^{15} g）。

[24] 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）

[25] 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A-2　CMIP5 の複数のモデルによりシミュレーションされた時系列（1950 年から2100 年）。1986～2005 年平均に対する世界平均地上気温の変化。予測と不確実性の幅（陰影）の時系列を、RCP2.6（青）とRCP8.5（赤）のシナリオについて示した。黒（と灰色の陰影）は、復元された過去の強制力を用いてモデルにより再現した過去の推移である。全てのRCP シナリオに対し、2081～2100 年の平均値と不確実性の幅を彩色した縦帯で示している。数値は、複数モデルの平均を算出するために使用したCMIP5 のモデルの数を示している。
（出典：IPCC 第 5 次評価報告書第 1 作業部会報告書政策決定者向け要約 図 SPM.7(a)）

表 A-1　シナリオ別の世界平均気温の変化と世界平均海面水位の変化の予測

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

・予測は、1986～2005 年平均を基準とした変化量。
・() の値は、予測の平均値を示す。

以下の出典より事務局作成。

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

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

注）

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

２.SRES シナリオ

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

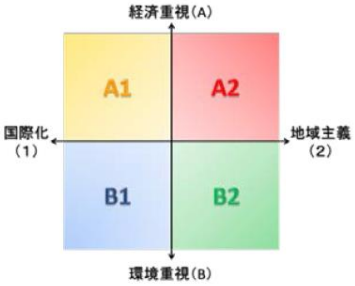
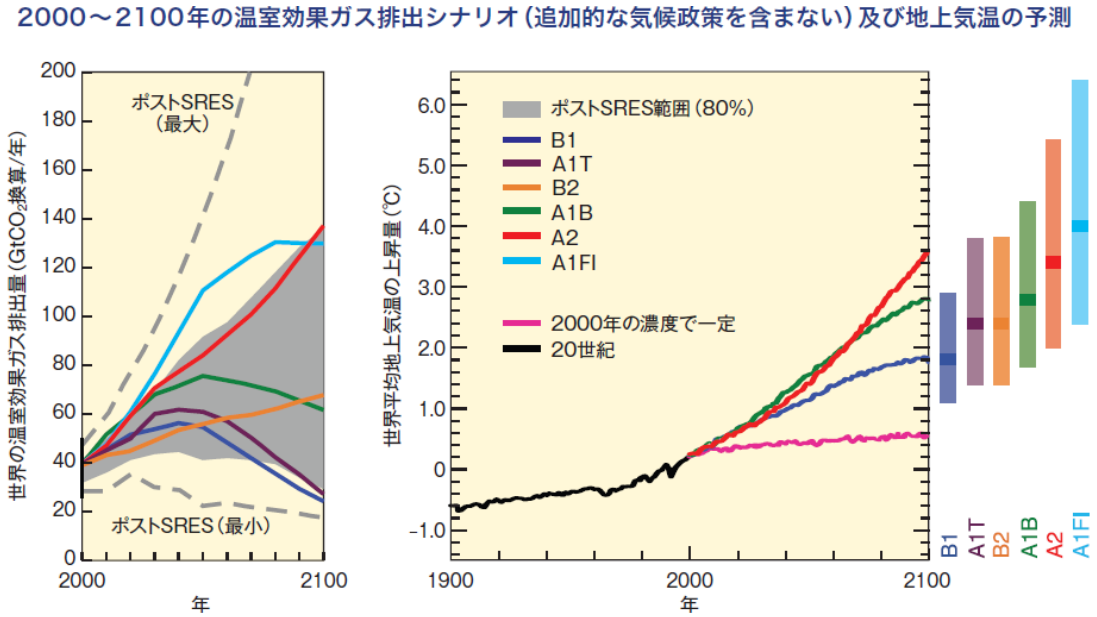


図 2.2.2　SRES シナリオにおける 4 つの世界像
A1 シナリオはさらに A1B、A1T、A1FI シナリオに細分されている。よく用いられる A1B シナリオは、「各エネルギー源のバランスを重視した高成長型社会シナリオ」である。
出典：国立環境研究所、2001 より作成



図A-3　（左図）追加的な気候政策を含まない場合の世界の温室効果ガス排出量（CO2換算）：6つのSRESマーカーシナリオ（彩色した線）、SRES以降に公表された最近のシナリオ（ポストSRES）の80パーセンタイル（灰色の彩色範囲）。点線はポストSRESシナリオ結果のすべての範囲を示す。排出量にはCO2，CH4，N2O及びフロンガスが含まれる。

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

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

表 A-2　シナリオ別の世界平均気温の変化と世界平均海面水位の変化の予測

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

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

＜補足＞　SRES シナリオと RCP シナリオの対応関係

SRES と RCP 及び SSP の各シナリオの関係について、SRES と SSP の社会経済発展のシナリオの比較、SRES と RCP の放射強制力・気候特性の比較を行い、SRES シナリオが当てはまる RCP シナリオと SSP シナリオの最適な組み合わせを示した研究がある。これによれば、概略の傾向としてではあるものの、各シナリオの対応関係は下表のとおりであることが示されている。

表 A-3　RCP シナリオと SRES シナリオの対応関係

RCP シナリオ	SRES シナリオ
RCP8.5 と SSP5	SRES A1FI
RCP8.5 と SSP3	SRES A2
RCP6.0 と SSP2	SRES B2 及び A1B
RCP4.5 と SSP1	SRES B1
RCP2.6	対応する SRES シナリオは無し

※SSP シナリオは、人口、ガバナンス、公平性、社会経済開発、技術、環境等の共通に社会像の諸条件を示す定量・定性的な要素からなり、気候変動影響評価と緩和・適応政策分析の前提条件を示す。(SSP1:持続可能な発展、SSP2:中間的シナリオ、SSP3:分断シナリオ、SSP5:在来型発展シナリオ)

Detlef P. van Vuuren & Timothy R. Carter (2014)Climate and socio-economic scenarios for climate change research and assessment: reconciling the new with the old.Climate Change 122: pp415-429DOI 10.1007/s10584-013-0974-2

表 A-4　RCP 濃度シナリオ別の世界平均気温の変化と世界平均海面水位の変化の予測

濃　度 シナリオ	気温変化（℃） 中期 （2046～2065 年）	長期 （2081～2100 年）	海面水位変化（m） 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.

３．地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース（d4PDF、d2PDF）

文科省・気候変動リスク情報創生プログラム及び気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）では、高解像度全球大気モデル及び高解像度領域大気モデルを用い、これまでにない多数のアンサンブル実験を行うことによって、確率密度分布の裾野にあたる極端気象の再現と変化について、十分な議論ができる「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース（d4PDF、d2PDF）が作成されている。

確率的気候予測データである d4PDF、d2PDF は多数の実験例(アンサンブル) を活用することで、台風や集中豪雨などの極端現象の将来変化を確率的に、かつ高精度に評価することができる。

付録Ｂ　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　生活環境研究部　部長
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	浅野　直人	学校法人福岡大学　名誉教授
専門委員	石川　洋一	国立研究開発法人海洋研究開発機構 情報エンジニアリングプログラム　プログラム長
専門委員	磯部　雅彦	高知県公立大学法人高知工科大学　学長
臨時委員	江守　正多	国立研究開発法人国立環境研究所　地球環境研究センター 副センター長
専門委員	沖　大幹	国際連合大学上級副学長　国際連合事務次長補 国立大学法人東京大学　総長特別参与
専門委員	鬼頭　昭雄	一般財団法人気象業務支援センター　研究推進部　研究員
専門委員	木所　英昭	国立研究開発法人水産研究・教育機構　水産資源研究所　管理部門 特任部長
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　教授
専門委員	西條　政幸	国立感染症研究所　ウイルス第一部　部長
専門委員	佐々木　隆	国土交通省　国土技術政策総合研究所　河川研究部長
専門委員	白戸　康人	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター　温暖化研究統括監
臨時委員	◎住　明正	東京大学　名誉教授 国立大学法人東京大学　未来ビジョン研究センター　特任教授
専門委員	高橋　潔	国立研究開発法人国立環境研究所　社会環境システム研究センター 副センター長
委員	高村　ゆかり	国立大学法人東京大学　未来ビジョン研究センター　教授
専門委員	高薮　出	気象庁気象研究所　気候・環境研究部　第１研究室　主任研究官
臨時委員	田中　充	学校法人法政大学社会学部・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
専門委員	野尻　幸宏	国立大学法人弘前大学大学院　理工学研究科　教授
専門委員	橋爪　真弘	国立大学法人東京大学大学院 医学系研究科・国際保健学専攻・国際保健政策学分野　教授
専門委員	肱岡　靖明	国立研究開発法人国立環境研究所　気候変動適応センター 副センター長

委員等	氏　　名	職　　名
専門委員	平田　泰雅	国立研究開発法人森林研究・整備機構　森林総合研究所 研究ディレクター
専門委員	深見　和彦	国立研究開発法人土木研究所 企画部　研究企画監
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
臨時委員	増井　利彦	国立研究開発法人国立環境研究所　社会環境システム研究センター 統合環境経済研究室　室長
専門委員	松井　哲哉	国立研究開発法人森林研究・整備機構　森林総合研究所 戦略研究部門　国際連携・気候変動研究拠点　気候変動研究室　室長
専門委員	三上　正男	一般財団法人気象業務支援センター 研究推進部長代理　国際業務課長兼任
委員	三村　信男	国立大学法人茨城大学　地球・地域環境共創機構　特命教授
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	学校法人中央大学理工学部　都市環境学科　教授
専門委員	山野　博哉	国立研究開発法人国立環境研究所　生物・生態系環境研究センター センター長

◎：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）

氏　　名	職　　名
安藤　　忠	国立研究開発法人 水産研究・教育機構水産技術研究所 養殖部門 生理機能部 主幹研究員
飯泉仁之直	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター 気候変動対応研究領域 影響予測ユニット　主任研究員
岡田　邦彦	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 野菜花き研究部門 部門長
木所　英昭	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産資源研究所 管理部門 特任部長
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
○白戸　康人	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター 温暖化研究統括監
杉浦　俊彦	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 果樹茶業研究部門 生産・流通研究領域　園地環境ユニット ユニット長
野中　最子	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門 家畜代謝栄養研究領域 精密栄養管理ユニット ユニット長
長谷川利拡	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 東北農業研究センター 生産環境研究領域 農業気象グループ グループ長
平田　泰雅	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 研究ディレクター

氏　　名	職　　名
増本　隆夫	公立大学法人 秋田県立大学 生物資源科学部 教授
松村　正哉	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業研究センター 虫・鳥獣害研究領域 研究領域長
宮田　　明	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 前農業環境変動研究センター 気候変動対応研究領域 研究領域長
吉田　吾郎	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所 環境・応用部門 沿岸生態システム部 漁場生産力グループ 主幹研究員

○：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）

氏　　名	職　　名
秋葉　道宏	国立保健医療科学院 生活環境研究部 部長
磯部　雅彦	高知県公立大学法人 高知工科大学 学長
江守　正多	国立研究開発法人 国立環境研究所 地球環境研究センター　副研究センター長
栗山　善昭	国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 理事長
佐々木　隆	国土交通省 国土技術政策総合研究所　河川研究部　部長
大丸　裕武	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 研究ディレクター（国土保全・水資源研究担当）
武若　　聡	国立大学法人 筑波大学 システム情報系 教授
長井　隆幸	国土交通省　国土技術政策総合研究所　土砂災害研究部　部長
仲江川敏之	気象庁 気象研究所 応用気象研究部 第二研究室 室長
○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
深見　和彦	国立研究開発法人 土木研究所 企画部 研究企画監
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
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
増本　隆夫	公立大学法人　秋田県立大学　生物資源科学部　教授
八木　　宏	防衛大学校 システム工学群建設環境工学科 教授
山田　　正	学校法人 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）

氏　　名	職　　名
小埜　恒夫	国立研究開発法人 水産研究・教育機構 外洋資源部 国際資源環境グループ グループ長
和田　直也	富山大学　　研究推進機構　　極東地域研究センター 教授
中村　太士	国立大学法人 北海道大学大学院 農学研究院 基盤研究部門 教授
西廣　　淳	国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター 気候変動影響観測・監視研究室 室長
野尻　幸宏	国立大学法人 弘前大学大学院 理工学研究科 教授
松井　哲哉	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所　戦略研究部門 国際連携・気候変動研究拠点　気候変動研究室 室長
丸山　　温	学校法人 日本大学 生物資源科学部 森林資源科学科 教授
○山野　博哉	国立研究開発法人 国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター センター長

○：座長

④　健康分野

（敬称略・五十音順）

氏　　名	職　　名
上田　佳代	国立大学法人 京都大学　地球環境学堂　准教授
大前　比呂思	学校法人 獨協医科大学 特任教授
小野　雅司	国立研究開発法人 国立環境研究所 客員研究員
西條　政幸	国立感染症研究所　ウイルス第一部 部長
沢辺　京子	国立感染症研究所 昆虫医科学部 主任研究官
○橋爪　真弘	国立大学法人　東京大学大学院医学系研究科　国際保健学専攻 国際保健政策学分野　教授
本田　　靖	国立研究開発法人 国立環境研究所 客員研究員

○：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）

氏　　名	職　　名
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
亀山　康子	国立研究開発法人 国立環境研究所 社会環境システム研究センター　センター長
高村　ゆかり	国立大学法人 東京大学 東京大学未来ビジョン研究センター 教授
田中　　充	学校法人 法政大学 社会学部・同大学院 政策科学研究科 教授
中野　勝行	学校法人立命館 立命館大学　政策科学部　政策科学科　准教授
南齋　規介	国立研究開発法人 国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター 国際資源循環研究室 室長
藤部　文昭	公立大学法人 首都大学東京 都市環境学部 特任教授
○増井　利彦	国立研究開発法人 国立環境研究所 社会環境システム研究センター 統合環境経済研究室 室長
三坂　育正	学校法人 日本工業大学　建築学部 建築学科 教授
村田　昭彦	気象庁 気象研究所 応用気象研究部 第一研究室 室長

○：座長