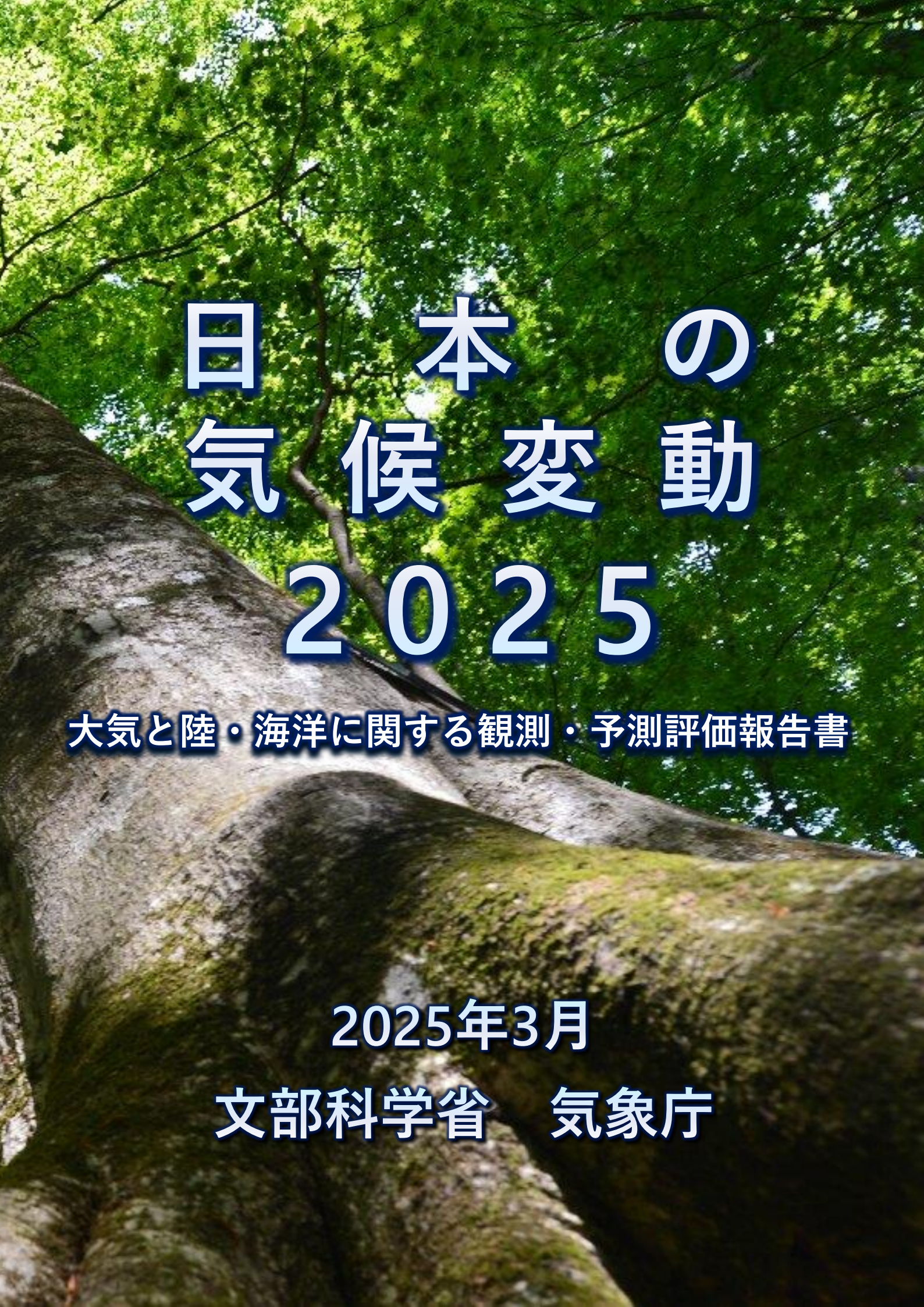




日本 気候変動 2025

大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書

2025年3月

文部科学省 気象庁

日 本 の 気 候 変 動 2025

大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書

2025 年 3 月
文部科学省 気象庁

目次

1. はじめに	4
長期変化傾向の評価について	8
『日本の気候変動 2020』からの主な改善点	9
『日本の気候変動 2020』から評価等が更新された点	9
2. 気候変動に関する諸要素の変化と日本における変化のまとめ	12
気候変動に関する諸要素の変化	12
日本における過去から将来までの変化	13
3. 温室効果ガス	18
3-1. [観測結果] 温室効果ガスの大気中濃度は増加を続けている	18
【コラム 1】 将来予測	21
【コラム 2】 1.5°C/3°C 上昇で起こる将来変化	24
4. 気温	26
4-1. [観測結果] 平均気温の上昇とともに極端な高温の頻度も増加している	26
4-2. [将来予測] 平均気温の上昇及び極端な高温の発生頻度・強度の増加が予測される	31
【コラム 3】 さくらの開花とかえでの紅葉・黄葉日の変動	34
5. 降水	36
5-1. [観測結果] 日本国内の極端な大雨の発生頻度が増加している	36
5-2. [将来予測] 今後も雨の降り方が極端になる傾向が続くと予測される	40
【コラム 4】 XX 年に一回の現象とは	43
【コラム 5】 水災害への対策と気候変動	45
6. 雪	48
6-1. [観測結果] 日本国内の雪には減少傾向が現れている	48
6-2. [将来予測] 降雪・積雪量は減少すると予測される	50
7. 熱帯低気圧（台風など）	52
7-1. [観測結果] 猛烈な台風が増加しているとの研究結果もあるが、十分に評価できていない	52
7-2. [将来予測] 日本付近の台風は強まると予測される	54
8. 海水温	56
8-1. [観測結果] 日本近海の平均海面水温は、世界平均の 2 倍を超える割合で上昇している	56
8-2. [将来予測] 日本近海の平均海面水温は、今後も上昇し続けると予測される	58
9. 海面水位	60
9-1. [観測結果] 日本沿岸の平均海面水位は、1980 年代以降上昇傾向が現れている	60
9-2. [将来予測] 日本沿岸の平均海面水位は上昇すると予測される	62

10 海水.....	64
10-1. [観測結果] オホーツク海の海水域面積は減少している	64
10-2. [将来予測] オホーツク海の海水面積は今後も減少すると予測される	65
11 高潮・高波.....	67
11-1. [観測結果] 日本の高潮の発生頻度に変化傾向は確認できない	67
11-2. [将来予測] 高潮のリスクは増大すると予測される	69
12 海洋酸性化.....	71
12-1. [観測結果] 北西太平洋、日本周辺海域とも、海洋酸性化が進行している	71
12-2. [将来予測] 海洋酸性化は今後も進行すると予測される	73
【コラム 6】 大気循環、海洋循環	75
【コラム 7】 気候変動適応法及び気候変動影響評価報告書について	76
【コラム 8】 地域気候変動適応センターにおける取り組み ～埼玉県の場合～	78
参考文献一覧	80
執筆者・執筆協力者一覧	82
気候変動に関する懇談会及び同評価検討部会 委員	83
本報告書からの引用等について	84

1. はじめに

『日本の気候変動 2025』の背景

地球温暖化に伴う気候変動¹は、気温の上昇や海面水位の上昇、大雨の頻度や強度の増加、干ばつの増加、大気中の二酸化炭素濃度増加による海洋酸性化など、世界の様々なところで進行していることが報告されている。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）²が 2021 年から 2023 年にかけて公表した IPCC 第 6 次評価報告書では、「人間活動が主に温室効果ガスの排出を通して地球温暖化を引き起こしてきたことには疑う余地がない」と評価された。温暖化そのものは、IPCC 第 5 次評価報告書でも「疑う余地がない」と評価されていたが、人間の影響についても「疑う余地がない」と評価されたのは今回が初めてである。また、IPCC 第 6 次評価報告書では、大気中の温室効果ガス濃度の増加に伴い世界的な気温上昇が続いており、その影響で大雨・高温など極端な現象（以下「極端現象」と表記。）の発生頻度と強度が増加していること、今後より一層強化した対策がとられなければ影響は更に大きくなることも報告されている。

気候変動は国境を越えて社会、経済、人々の生活に影響を及ぼす問題であり、国際社会そして国内が丸となったの取り組みが不可欠である。世界的な気候変動対策を議論する場である国連気候変動枠組条約（UNFCCC）の第 21 回締約国会議（COP 21、2015 年開催）においては、「工業化以前と比べた世界全体の平均気温の上昇を 2°C より十分低く保つとともに、1.5°C までに抑える努力を追求すること（以下「2°C 目標」と表記。）」等を世界共通の長期目標とする「パリ協定」が採択された。これにより、全ての締約国が気候変動対策に取り組む公平かつ実効的な 2020 年以降の枠組みが構築された。

IPCC 1.5°C 特別報告書³（2018 年 10 月公表）によると、世界平均気温⁴の上昇を 2°C ではなく、1.5°C に抑えることによって、多くの気候変動の影響を回避できることが示されている。しかしながら、IPCC 第 6 次評価報告書によると、世界平均気温は 2011 年から 2020 年に既に 1.1°C まで上昇したとされている。また、近年、高温となる年が頻出する中、2023 年、2024 年の世界平均気温は

-
- 1 地球温暖化に伴う気候の変化は英語で“climate change”とされ、直訳すると「気候変化」であるが、一般に「気候変動」と呼ばれる。詳細編用語集参照のこと。
 - 2 人為起源による気候の変化、影響、適応及び緩和方策に関し、科学的、技術的、社会経済学的な見地から包括的な評価を行うことを目的として、1988 年に世界気象機関（WMO）と国連環境計画（UNEP）により設立された政府間組織。詳細は IPCC のウェブサイト（<https://www.ipcc.ch/>）参照のこと。
 - 3 正式名称は「1.5°C 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°C 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」である。
 - 4 世界の平均気温の推定方法は目的等により複数存在し、本報告書で言及している平均気温についても、項目によって異なる推定方法を用いた値を指している。このため、以下のように表記を分けることで区別している。
 - ①「世界平均気温」（主に 4-1 気温-観測結果で使用）…陸地及び海水上の表面付近の気温と海水のない海域の海面水温による全球平均値。IPCC (2021)では、GMST（Global mean surface temperature）と表記され、古気候、過去、及び現在の観測による推定のほとんどで使われている。
 - ②「世界平均地表気温」（主に 4-2 気温-将来予測で使用）…陸地及び海域の表面付近の気温の平均値から推定した値。IPCC (2021)では、GSAT（Global surface air temperature）と表記され、一般に気候モデルによる解析に用いられる。

なお、①と②は、正負いずれかの方向に最大で 10% の差異がある（確信度が高い）が、気候モデルや観測精度の問題、理論の不完全性から、②の推定には不確実性を伴うため、現時点では、両者の長期変化傾向は同一と評価されている（IPCC, 2021; Cross-Section Box TS.1）。

それまでの観測史上最高値を連続して上回った。世界気象機関（WMO）は、2024 年の世界平均気温は工業化以前より 1.55℃ 高かったと発表し、単年でのみではあるが「初めて 1.5℃ を超えた年」となった⁵。こうした事実を受けて、グテーレス国連事務総長は「最悪の事態を回避する時間はまだ残されているが、指導者たちは今すぐに行動を起こさねばならない」と強く訴えるなど、気候変動の影響を回避し低減するための取り組みは世界的な急務となっている。

日本は、パリ協定を締結（2016 年 11 月）するとともに、国内では「地球温暖化対策の推進に関する法律」（いわゆる、地球温暖化対策推進法）に基づく地球温暖化対策計画を閣議決定（2016 年 5 月策定。2021 年 10 月、2025 年 2 月改定。）し、温室効果ガスの削減目標を設定するなど、地球温暖化の進行を抑えるための取り組み（緩和策）を推進している。2020 年 10 月には、菅内閣総理大臣（当時）が所信表明演説において、2050 年までにカーボンニュートラルを目指すことを宣言した。加えて、2021 年 4 月、菅内閣総理大臣（当時）が米国主催気候サミットにおいて、2050 年カーボンニュートラル目標と整合的で野心的な目標として、2030 年度において温室効果ガス 46%削減（2013 年度比）を目指すこと、更に 50%の高みに向けて挑戦を続けることを表明した。一方で、気候変動適応法に基づく気候変動適応計画を閣議決定（2018 年 11 月策定。2021 年 10 月改定、2023 年 5 月一部変更。）し、既に顕在化、あるいは将来予測される気候変動による生命・人間社会への影響を軽減するための取り組み（適応策）も進めている。

また、地方公共団体に対しては、地球温暖化対策推進法では温室効果ガス排出量削減等のための措置に関する計画の策定が、気候変動適応法では努力義務として地域気候変動適応計画の策定が求められている。

これらの計画において、気候変動対策は科学的知見に基づいて実施することとされており、国の取り組みとして、科学的知見の継続的な集積や信頼性の高い情報の分かりやすい形での提供等が挙げられている。

『日本の気候変動 2025』の目的と構成

文部科学省及び気象庁は 2020 年 12 月に、気候変動適応法等に基づく国の責務として、気候変動に関する最新の自然科学的知見を総合的に取りまとめた『日本の気候変動 2020 — 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書 —』（『日本の気候変動』2020 年版。以下略して『日本の気候変動 2020』と表記。）を作成した。『日本の気候変動 2020』は、気候変動に関する政策や取り組み等を立案・実施する国、地方公共団体及び事業者等（以下「利用者」と表記。）が、気候変動緩和・適応策や影響評価の基盤情報（エビデンス）として使えるよう、必要とされる自然科学的な知見に関する情報を提供したものである。実際、『日本の気候変動 2020』は、気候変動適応法に基づき環境省がおおむね 5 年ごとに作成する『気候変動影響評価報告書』（本編コラム 7 を参照）のほか、農林水産省の「農林水産省気候変動適応計画」や国土交通省の「港湾における気候変動適応策の実装に向けた技術検討委員会」による「港湾における気候変動適応策の実装方針」等に活用されたり、各地方公共団体が作成した地域気候変動適応計画に参照されたりしている。

今回、文部科学省及び気象庁は、次の『気候変動影響評価報告書』が作成されるタイミングに合

5 パリ協定の下での議論の前提となる科学的根拠を提供する「気候変動に関する政府間パネル」（IPCC）の評価報告書では、気候変動を、通常は数十年以上の長期間にわたって続く気候状態の変化と定義しており、気候変動は長期的な気温の変化をもって評価するものとされている。WMO のサウロ事務局長も「単年で 1.5℃ を超えたからといってパリ協定の長期気温目標を達成できなかったことにはならない」と強調している。

わせ、『日本の気候変動』の2025年版となる『日本の気候変動2025 ― 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書 ―』（以下略して『日本の気候変動2025』と表記。）を作成した。『日本の気候変動2025』では、新たに極端現象の発生頻度に関する情報を提供する等、『日本の気候変動2020』以降の最新の知見及び成果を積極的に盛り込んだ。（『日本の気候変動2020』からの主な改善点及び評価が更新された点は、本章後半に記載しているので参照していただきたい。）また、主要な利用者として想定している地方公共団体の担当者からの意見も踏まえ、簡潔かつ分かりやすい記述になるよう、表現についても工夫を重ねた。さらに、気候変動緩和・適応策や影響評価の基盤情報のほか、2050年カーボンニュートラル目標を実現し、様々な主体が経済社会システム全体の変革（GX：グリーントランスフォーメーション）を牽引していく取り組みや、顕在化する気候変動の影響をリスク・機会と認識し、企業が経営戦略に盛り込み公表していく取り組み（TCFD：気候関連財務情報開示タスクフォース）等、近年の進展している取り組みに参照されることも想定している。

『日本の気候変動2025』では、想定される様々な読者及び場面に応じて利用しやすく、かつ、効果的に活用していただけるよう、「本編」及び「詳細編」の2種類の報告書と、広報資料として「概要版」⁶及び「都道府県別リーフレット」⁷を提供することとした。「本編」は、利用者が各種施策の判断材料に利用できるよう、日本の気候変動に関する観測結果（過去～現在⁸）と将来予測（未来⁹）を簡潔に示した資料である。「詳細編」は、「本編」の各記述に関する確信度の根拠及び参考文献なども記載しており、利用者がより詳細な情報を知りたい場合に参照できる資料となっている。このため、研究者や個別の分野で対策を検討する専門家の利用も想定している。「概要版」は、勉強会や講演等でそのまま利用されること（あるいはその例となること）を想定し、「本編」の概要を簡略にプレゼンテーション形式でまとめた資料である。「都道府県別リーフレット」は、地域ごとの気候変動の観測結果及び将来予測並びにその地域特性も含めて見開きで概観いただけるリーフレットである。

本編（本報告書）について

本報告書は、『日本の気候変動2025』における主要成果物であり、自然科学的知見に基づく内容の正確性を担保しつつも、その表現については、主な利用者として想定している国や地方公共団体の気候変動担当部署の職員が、気候変動緩和・適応策や影響評価の基盤情報（エビデンス）として利用しやすいように、専門的な表現はできる限り使わず、簡潔な表現を用いている。そのため、気候変動を仕事として扱う利用者のみならず、一般国民にも活用しうる内容となっている。詳細・厳密な根拠や解説等の情報は「詳細編」で扱っており、本報告書の各記載の中で、「詳細編」における参照すべき章番号も併記しているので、必要に応じて参照いただきたい。

本報告書では、本章「はじめに」に続く第2章で気候変動の概観を、第3章で温室効果ガスの大気中濃度について記載し、第4章以降に、気温、降水等の要素ごとに一つの章を割り当てて解説をしている。また、観測結果を1節目（第4章であれば4-1）、将来予測を2節目（第4章であれば4-2）として示している。また、各章冒頭には、日本での観測結果と将来予測のポイントを箇条書きでまとめ、各章の内容を把握しやすいよう構成している。

6 https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2025/pdf/cc2025_gaiyo.pdf

7 https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/gw_portal/region_climate_change.html

8 これ以降、過去から現在までの観測事実や評価結果を「観測結果」と表記する場合がある。

9 将来予測と比較するために併せて実施された、過去の期間のシミュレーション結果を併記している場合がある。

なお、「地球温暖化」及び「気候変動」という言葉は既に様々な機会に使われているが、本報告書では各記載内容・対象を明確にする観点から、次のように使用する。すなわち、「地球温暖化対策の推進に関する法律」における定めにならない、人為起源の温室効果ガスの排出等によって地球の平均気温が上昇することを「地球温暖化」と記載する。一方、自然変動や地球温暖化が原因となって、気温や降水量などの気候の諸要素にもたらされる様々な変化を「気候変動」と記載する。

本報告書で使用した観測データについて

本報告書の気候変動の観測に関する記載は、気象庁の陸上観測施設、観測船及び人工衛星による観測データ、世界各国で観測され世界気象機関（WMO）の枠組みで交換・共有された観測データ、再解析データ¹⁰並びに気象庁が船舶等の観測データを解析した結果に基づいている。

本報告書で使用した将来予測について

本報告書の気候変動の予測に関しては、IPCC 第6次評価報告書で用いられた共通社会経済経路（SSP）シナリオにおける、SSP1-2.6 シナリオ（持続可能：以下「2°C 上昇シナリオ（SSP1-2.6）」と表記。）及び SSP5-8.5 シナリオ（化石燃料依存：以下「4°C 上昇シナリオ（SSP5-8.5）」と表記。）に基づく予測結果を可能な限り記述している。一方で、本報告書作成時点では、参照可能な研究結果の多くが IPCC 第5次評価報告書で用いられた代表的濃度経路（RCP）シナリオを用いていることから、RCP シナリオにおける RCP2.6 シナリオ（以下「2°C 上昇シナリオ（RCP2.6）」と表記。）及び RCP8.5 シナリオ（以下「4°C 上昇シナリオ（RCP8.5）」と表記。）に基づく予測結果が中心となっていることはご理解いただきたい。パリ協定の「2°C 目標」は、その達成に向けた努力が「気候変動のリスク及び影響を著しく減少させる」との認識に基づいている。「2°C 上昇シナリオ」に基づく予測結果は、この「2°C 目標」が達成された状況下でありうる気候の状態を示すものである。一方、「4°C 上昇シナリオ」に基づく予測は、IPCC 第5次及び第6次評価報告書で取り上げられている中で将来の気温上昇量が最大となるものであり、予測される気候の変化や影響も最も大きい。両者の結果を比較することで、

パリ協定の目標が達成された状態と、目標が達成されず地球温暖化が著しく進行した状態との違いが分かると考えられる。

本報告書に記載している確信度のうち斜体で表記しているものは、IPCC による評価である。下線を付しているものは本報告書独自の評価で、CMIP5 及び CMIP6¹¹の多数のモデルによる予測との比較等に基づき評価したものである（詳細編付録 B 及び C 参照）。斜体＋下線で表記しているものは、IPCC による評価と本報告書独自の評価の確信度が一致しており、まとめて記載していることを示す。

10 様々な観測データを過去にさかのぼって解析し直して作成した、気圧、気温、風など様々な気象要素に関する、長期にわたり品質が均質なデータセットをいう。過去・現在気候の定量的な比較や異常気象要因の分析等、様々な用途に活用されている。例えば、気象庁が1947年以降の気象要素について作成した「気象庁第3次長期再解析（JRA-3Q）」がある。

11 世界気候研究計画（WCRP）による結合モデル相互比較プロジェクト（CMIP: Coupled Model Intercomparison Project）。第5期（CMIP5）及び第6期（CMIP6）の成果は、それぞれ IPCC 第5次及び第6次評価報告書で使用された。詳細については、詳細編付録 A.1.4 項を参照。

長期変化¹²傾向の評価について

気候は、数十年以上の長期間にわたる地球温暖化だけでなく、数年から十年、又は年ごとに起こる周期的あるいはランダムな自然の変動¹²なども含め、複数の影響が重なり合って生じる自然現象である。そのため、各地で観測される気温や降水等のデータは、その複数の要因から生じた結果であることを考慮する必要がある。例えば、ある期間に観測された気温が上昇傾向にあるように見えても、それが数十年以上の長期間にわたる気候変動を示しているとは一概にはいえない。数年規模のエルニーニョ現象や、十年規模の周期で変動を繰り返す太陽活動の影響によるものかもしれないし、又は、それらが複数重なった結果かもしれない。同様に、ある一地点で観測された気温が上昇傾向に見えても、それが地球規模での気候変動を表すという確証はない。検出された気温上昇には、気候変動による変化傾向よりも、当該観測地点の所在する地域独特の気象状況のほうが強く表れている可能性もある。

このような気候の性質を踏まえ、地球温暖化に伴う長期的かつ広域における気候の変化傾向を正しくとらえるためには、世界全域のあまねく多くの観測地点での長期間の観測データが必要である。しかし、実際の観測データの数や期間は限られており、これらだけを基に長期的変化傾向について確証や断定を行うことは原理的に不可能である。このような場合には、推察される変化傾向がどの程度「確からしい」のかについて、統計学的に「評価」を行うのが一般的である。詳細は「詳細編」や統計学に関する専門書を参照していただきたいが、統計的な解析を行うことにより、有限なデータから長期的な変化傾向の「確からしさ」をパーセンテージで表すことができる。このパーセンテージの値が100に近いほど、その傾向は「確からしい」ということになる。

本報告書では、統計的な解析から算出された「確からしさ」を99%、95%及び90%を区切りとして分類し、表1.1のように表現している。これらの表現から受ける印象は人によって多少の違いもあると思われるが、本報告書を読み進める際の参考にしていただきたい。

表 1.1 確からしさと本報告書の表現の対応

	確からしさ	本報告書の表現
	評価	
99%以上	長期的に変化している、 といて差し支えない。ほぼ確実。	「増加（減少）している」 「上昇（下降）している」
95%以上 99%未満	長期的に変化している、 といて差し支えない。	「増加（減少）傾向が現れている」 「上昇（下降）傾向が現れている」
90%以上 95%未満	長期的に変化している、 といい切ることはできないが、 その可能性は十分にある。	「増加（減少）しているとみられる」 「上昇（下降）しているとみられる」
90%未満	長期的に変化している、 というには十分とはいえない。	「変化傾向は確認できない」

12 本報告書では、変化はある一方向へ変わることを指し、地球温暖化による各現象の長期間の変化傾向等を示す際に使用する。一方、変動は両方向への上下動等を含むものを指し、十年間の変動や年々変動等を示す際に使用する。

上表の「確からしさ」とは統計学での「有意性」のことを指す。有意性を評価する指標となる「信頼水準」はパーセンテージで表され、一般的には信頼水準が 95% 以上の場合に、「統計的に有意」、すなわち「確からしい」とされる。ただし、本報告書ではたとえ 95% 未満であっても、人類の生命・生活を脅かすリスクのある気候変動の長期変化傾向についてメッセージを発する意義は大きいと考え、90% 以上であれば「増加しているとみられる」等の表現で記述することとした。

『日本の気候変動 2020』からの主な改善点

本報告書において、『日本の気候変動 2020』から改善した主な点は次のとおり。

- IPCC 第 6 次評価報告書等、最新の科学的知見及び成果を反映。
 - ✧ 『日本の気候変動 2020』以後に公開された IPCC 第 6 次評価報告書をはじめ、新たに公表された論文等の文献から収集した最新情報を掲載。
 - ✧ 『日本の気候変動 2020』では IPCC 第 5 次評価報告書で用いられた代表的濃度経路(RCP)シナリオに基づいた評価を行っていたが、『日本の気候変動 2025』では IPCC 第 6 次評価報告書で用いられた共通社会経済経路 (SSP) シナリオに基づいた評価を可能な限り行った。
- 観測結果では、可能な限り最新の期間（～2024 年）までデータを延長。
- 将来予測では、最新の気候モデルを用いた結果を使用。
 - ✧ 日本域における大気のパred測では、使用したモデルについて、水平解像度が 5 km から 2 km に向上したほか、都市化による影響を含めることができる都市モデルが新たに導入されるなど、様々な改良が加えられた（いずれも、『気候予測データセット 2022』¹³に収録。詳しくは詳細編コラム 4 参照）。これにより、地域的な再現性等も向上したと考えられる。
 - ✧ 日本域における海洋の予測では、使用した予測データを文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム (SI-CAT) の海洋データセットから、海洋炭素循環及び海洋生態系の予測情報が含まれている日本域海洋予測データ(『気候予測データセット 2022』に収録)に変更した。これにより、海洋酸性化等において、モデルを用いた日本近海の将来予測の評価が海洋の水温や流れなどの物理環境と整合的な形で可能となった。
- 極端現象の将来予測に関する情報を新たに掲載。
 - ✧ 100 年当たり一回等の頻度で生じるような発生頻度が低い極端現象が、地球温暖化の進行に伴いどのように変化するかについて、確率的表現（コラム 4 参照）を用いて評価した。
- 過去、現在及び未来までの気候変動を連続的に理解できるように、過去～現在～未来を一連とした情報を新たに掲載（第 2 章参照）。

『日本の気候変動 2020』から評価等が更新された点

本報告書において、『日本の気候変動 2020』における解析結果や評価から更新があった点は表 1.2 のとおり。これらの更新は主に、近年の解析・研究結果の蓄積や、IPCC 評価報告書における評価

13 「気候変動に関する懇談会」（文部科学省・気象庁）の議論を踏まえ、地方公共団体や民間企業等において進められている気候変動対策を積極的に支援するために、これまで我が国で創出された気候変動への適応に資する予測データをまとめ、公開したデータセット。詳細編コラム 4 参照のこと。

の更新によるものである。

表 1.2 『日本の気候変動 2020』から評価等が更新された点

章	節	更新点
4. 気温	観測結果	世界の極端な高温（熱波を含む）について、頻度だけでなく強度が増加したことにも言及。極端な低温の頻度と強度が低下していることにも言及。また、これらが主に人為起源の気候変動によるものであることは「確信度が高い」と記載。
	将来予測	100 年当たり一回等の低頻度で生じるような極端な高温の頻度や強度が増加することや、その増加率の定量的な評価を追加。
5. 降水	観測結果	強い雨ほど発生頻度の増加率が高く、一定の強さ以上の雨では 1980 年頃と比較しておおむね 2 倍程度に増加していることを追加。
	将来予測	最新モデルの利用により、1 時間降水量 50mm 程度までの雨の頻度に見られていた過少傾向や、沖縄付近の 2℃ 上昇シナリオ (RCP2.6) より 4℃ 上昇シナリオ (RCP8.5) の変化量の方が小さい傾向が解消。 100 年当たり一回等の低頻度で生じるような極端な大雨の頻度や強度が増加することや、その増加率の定量的な評価を追加。
6. 雪	将来予測	極端な大雪時の降雪量が増加する可能性の確信度を「低い」から「中程度」に更新。
7. 熱帯低気圧	観測結果	強い熱帯低気圧の発生数について、IPCC 第 6 次評価報告書と同様の手法で気象庁のデータを解析した結果、及び、より時間的均質性が高い気象庁のデータセットを用いた結果を記載（詳細編）。
	将来予測	世界全体の個々の熱帯低気圧に伴う降水の増加の確信度を「高から中程度」から「高い」に更新。
9. 海面水位	将来予測	世界平均海面水位が 21 世紀中上昇し続けることを「可能性が非常に高い」から「ほぼ確実」に更新。
10. 海水	将来予測	「21 世紀末までには夏季に北極海の海水がほぼなくなる予測」を追加。
11. 高潮・高波	観測結果	地球温暖化による平均海面水位上昇、高潮及び強雨による河川水流入の組み合わせにより、氾濫の可能性が高くなる（確信度が高い）こと、長期的な変化と短期的な変化を併せて評価することが重要であることを追加。
	将来予測	北西太平洋の高波について、極端な高波の波高が高くなる予測（確信度は低い）を追加。
12. 海洋酸性化	観測結果	日本周辺海域でも海洋酸性化が進行していることを追加。
	将来予測	日本周辺海域でも世界平均と同程度に海洋酸性化が進行するという予測結果を追加。
14. 海洋循環	観測結果	日本南方海域の貧酸素化（溶存酸素量減少）について追加（詳細編）。

謝辞

本報告書は、文部科学省及び気象庁が 2018 年より運営している「気候変動に関する懇談会」及び同懇談会下の「評価検討部会」における議論を踏まえ、同懇談会・部会の委員をはじめとする有識者の協力を得て作成した。

2. 気候変動に関する諸要素の変化と日本における変化のまとめ

本報告書では、気温、降水、海水温及び海面水位などの要素ごとに、気候変動に関する観測結果と将来予測についてまとめている。各章の1節目(4-1 など)で、観測データから得られた過去から現在までの変化(観測結果)を、2節目(4-2 など)で、気候モデルを用いて予測した将来変化(将来予測)を概説している。また、本報告書の内容に関連した話題として、コラムを8つ設けて解説している。

この章では、本報告書を理解する手助けとなるよう、これらの要素がどのように相互作用し変化するか、また日本における過去から将来までの変化について、図表とともに概要を示す。

気候変動に関する諸要素の変化

本節では、気温、降水、海水温及び海面水位などの要素の変化の関係についての概要を示す（【数字】は関連する本編記事の章番号）。概要を図示した図 2.1 も併せて参照していただきたい。

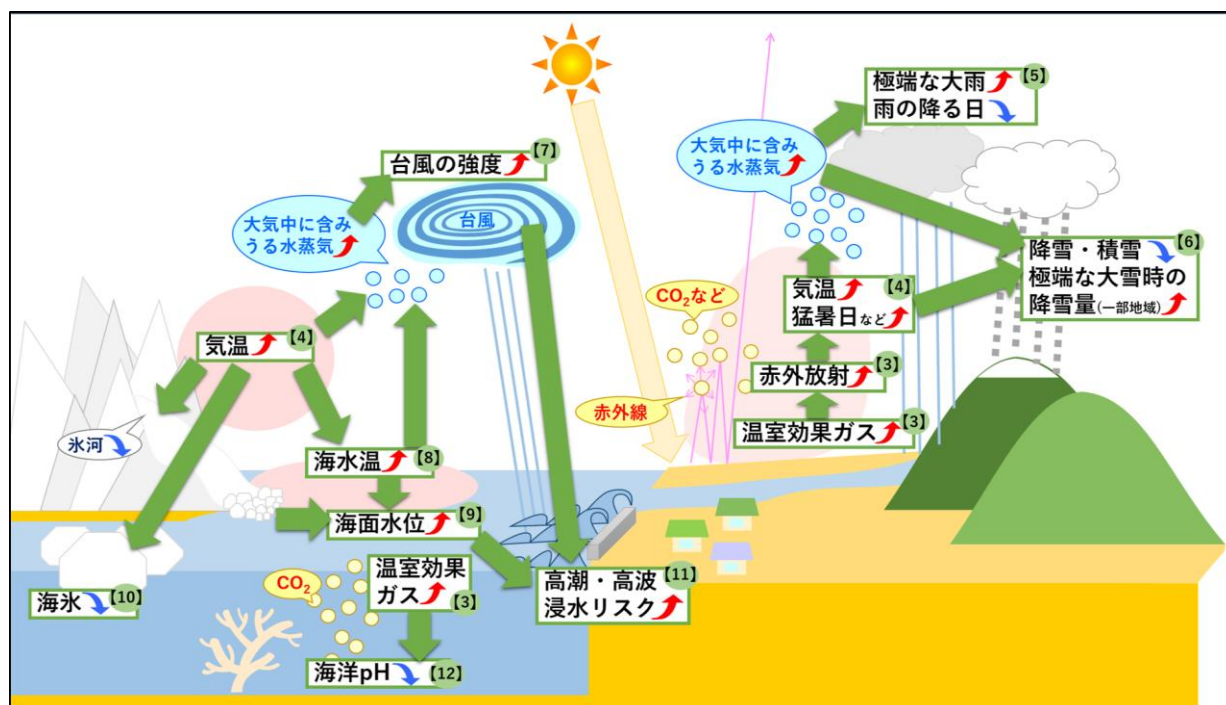


図 2.1 気候変動に関する各要素の変化の関係の概要

緑矢印：各要素の変化の関係、赤・青矢印：各要素の変化、【数字】：関連する記事の章番号（3～12）を示す。

◇ 18 世紀中頃の工業化以降の人間活動に伴い、大気中の温室効果ガス濃度は増加し続けている。

地表面は太陽からの日射を吸収すると同時に、上向きに赤外線を放出する。大気中の温室効果ガスには、太陽からの日射は透過する一方で、この赤外線を吸収し再放出することで地表面へ戻す働き（温室効果）がある。このため、大気中の温室効果ガスが増加すると大気からの下向き赤外放射量は増加する【3】。

☆ 下向き赤外放射の増加により地上の気温は高くなり、また、海洋上よりも大陸上で、特に北半球では緯度が高い地域ほど大きく昇温する傾向がある。平均気温の上昇に伴い、日本国内では猛暑日といった極端に暑い日も増加する【4】。

- ◇ 気温の上昇に伴い、雨の降り方も変化する。気温が高いほど大気を含むことができる水蒸気の量が増加するため、短時間に集中的に降る極端な大雨の発生頻度や強度が増加する一方、雨の降る日は減少する。しかし、年単位など長い期間でみた総降水量としては、降水にならず水蒸気のまま大気中に保持されやすくなることや、それらに加えて大気の流れが変わることによる影響も受けるため、日本国内でその長期間の変化傾向に関する予測は難しい【5】。
- ◇ 気温が上昇し、雪ではなく雨として降ることが増える結果、日本国内では降雪量や積雪量が減少する地域が多い。しかし、平均的な降雪量が減少したとしても、本州の山間部等の一部地域では、極端な大雪時の降雪量が増加する可能性はある【6】。
- ◇ 海洋は、温室効果ガスの増加により地球に蓄積した熱エネルギーの約 90%を取り込んでおり、海面付近だけでなく海中の深いところでも水温が上昇する【8】。
- ◇ 台風（熱帯低気圧）は、海面から供給される水蒸気をエネルギー源としている。海水温の上昇に伴い、供給される水蒸気量が増えるため、日本付近の台風の強度が強くなる可能性がある。しかし、熱帯低気圧の発生数を決定づける理論やメカニズムは確立されておらず、また、不確定な要素も多いため、台風の発生数や日本への接近・上陸数の変化についての予測は難しい【7】。
- ◇ 海水自体が温まり膨張する効果と、気温の上昇により引き起こされる陸氷（氷床、氷河等）の融解を主要因として、長期的に海面水位が上昇する【9】。また、オホーツク海の海水は減少する【10】。
- ◇ 台風の強化によって、台風の接近・上陸時には、より深刻な高潮・高波が引き起こされる可能性があり、海面水位の上昇と相まって浸水リスクが大きくなることが危惧される【11】。
- ◇ 人間活動によって大気中へ排出された二酸化炭素の約 4 分の 1 は海洋に吸収されている。海水中で二酸化炭素は炭酸として作用するため、弱アルカリ性である海水の水素イオン濃度指数（pH）が低下する（海洋酸性化）【12】。

日本における過去から将来までの変化

ここでは、気候変動を表す代表的な要素について、各章に挙げた情報を基に、過去から将来までを一覧としてまとめた。予測値については、20 世紀末までの観測結果に、気候モデルで得られた将来予測を加えて算出したものである。こうした観測結果と将来予測を連続的に示す方法は、IPCC 第 6 次評価報告書でも用いられている（IPCC, 2021; Figure SPM.8）。

表 2.1 に、日本における 20 世紀初め、20 世紀末、近年及び 21 世紀末（2℃/4℃ 上昇シナリオ）における気温、降水及び海洋の各要素の値を示す。また、これらをグラフにしたものを図 2.2 に示す。過去からの変化を概観するため、観測データが存在する初期の値である 20 世紀初め（1910～1939 年、熱帯夜のみ統計開始当初の 1929～1958 年）の 30 年平均値を基準とし、20 世紀末及び近年の観測値（括弧内で示した期間における平均値）¹⁴の変化と、21 世紀末に予測される変化¹⁵を掲載

14 「日本の気候変動 2025」素材集（https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2025/sozai/sozai_index.html）から提供するデータを用いて算出することが可能。各要素の値は年々変動の影響を除去するため 20 年又は 30 年平均した値であるが、完全に除去できていないわけではないことに注意。データの平均を求めた期間の年数は次のとおり。

20 世紀初め及び近年の観測データは、気象庁が観測データから平均値（平年値等）を求める際に用いる 30 年間を用いた。20 世紀末の観測データは、将来予測モデルにおける 20 世紀末の値と比較可能にするため、将来予測モデルで設定されている 20 年間を用いた。

15 将来予測データの期間は、用いた将来予測モデルにおいて実験期間として設定されている 20 年間である。

した。例えば、20 世紀初めを基準とした年平均気温の上昇量は、20 世紀末には+0.6℃、近年では+1.3℃だった。そして、21 世紀末（2076～2095 年）には 2℃ 上昇シナリオ（RCP2.6）で+2.0℃、4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）では+5.1℃ にまで上昇する予測となっている（図 2.2（a））。なお、「2℃ 上昇シナリオ（RCP2.6）」や「4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）」に基づく日本の気温上昇が必ずしも 2℃ や 4℃ とはならない（例えば 4℃ 上昇シナリオに基づく日本の予測結果が+5.1℃ になっている等）のは、シナリオ名の 2℃ や 4℃ が世界平均での気温上昇量を示しているためである。

海洋に関しても海面水温や海面水位の過去から将来の変化を掲載している。海面水温は気温と近い変化が見られている（図 2.2（e））。海面水位は近年までの変化傾向は確認できないが、21 世紀末には 2℃ 上昇シナリオ（SSP1-2.6）で 0.40 m の上昇、4℃ 上昇シナリオ（SSP5-8.5）では 0.68 m の上昇が予測されている（図 2.2（f））。

表 2.1 日本における過去から将来までの変化

日本における 20 世紀初め、20 世紀末、近年及び 21 世紀末（2℃/4℃ 上昇シナリオ）における各要素の値を示す。21 世紀末の値は、20 世紀末の値（観測結果）に気候モデルの 20 世紀末（用いた将来予測モデルでは「現在気候」と表記している。）からの変化量を加算又は乗算したもの。例：0.6℃（20 世紀初めから 20 世紀末までの変化）+1.4℃（2℃ 上昇シナリオにおける 20 世紀末から 21 世紀末までの変化）→2.0℃（20 世紀初めから 21 世紀末までの変化）。21 世紀末予測の括弧内は、将来気候の期間及び 20 世紀末からの変化量を示す※1。

要素		20 世紀初め (1910～1939 年)	20 世紀末	近年 (1995～2024 年)	21 世紀末	
					2℃ 上昇 シナリオ	4℃ 上昇 シナリオ
気 温 ※2	年平均気温 の変化	(基準)	+0.6℃ (1980～1999 年) (参考：東京における 年平均気温は+1.9℃)	+1.3℃ (参考：東京における 年 平 均 気 温 は +2.8℃)※2	+2.0℃ (2076～2095 年) (20 世紀末から+1.4℃) (参考：東京における年平 均気温は+3.3℃)※3	+5.1℃ (2076～2095 年) (20 世紀末から+4.5℃) (参考：東京における年平 均気温は+6.2℃)※3
	猛暑日の年間日数	0.8 日	1.3 日 (1980～1999 年) (参考：東京における日 数は 2.3 日)	3.0 日 (参考：東京における 日数は 7.0 日)※2	4.2 日 (2076～2095 年) (20 世紀末から+2.9 日) (参考：東京における日数 は 9.6 日)※3	18.8 日 (2076～2095 年) (20 世紀末から+17.5 日) ※4
	熱帯夜の年間日数	12.5 日 (熱帯夜のみ 1910～1939 年ではなく 1929～1958 年)	18.2 日 (1980～1999 年) (参考：東京における日 数は 25.0 日)	25.4 日 (参考：東京における 日数は 31.9 日)※2	26.4 日 (2076～2095 年) (20 世紀末から+8.2 日) (参考：東京における日数 は 44.8 日)※3	56.2 日 (2076～2095 年) (20 世紀末から+38.0 日) (参考：東京における日数 は 92.4 日)※3
降 水 ※2	日降水量 100mm 以上の年間日数	0.8 日	1.0 日 (1980～1999 年) (参考：東京における日 数は 0.8 日)	1.2 日 (参考：東京における 日数は 1.2 日)	1.2 日 (2076～2095 年) (20 世紀末から+1.2 倍) ※4	1.4 日 (2076～2095 年) (20 世紀末から+1.4 倍) ※4
海 洋	年平均海面水温 の変化	(基準)	+0.83℃ (1986～2005 年)	+1.19℃	+1.96℃ (2081～2100 年) (20 世紀末から+1.13℃)	+4.28℃ (2081～2100 年) (20 世紀末から+3.45℃)
	年平均海面水位 の変化	(基準)	0.0 m (1986～2005 年) (過去からの変化傾向 は確認できない)	0.0 m	+0.40 m※5 (2081～2100 年) (20 世紀末から+0.40 m)	+0.68 m※5 (2081～2100 年) (20 世紀末から+0.68 m) 場合によって 2 m に近づく可能性※6

- ※1：将来予測モデルでは、20 世紀末から 21 世紀末の差で変化量を評価しているが、近年と 21 世紀末の変化量は評価していないことに注意。また、気温及び降水の 20 世紀末からの変化量は、各々表 4-2.1、表 5-2.1 に記載されている 20 世紀末からの変化量（日本全国のデータから算出）を用いていることに注意。
- ※2：観測結果に基づく気温は、本編 4-1 (2) 及び (3) に示す都市化等による環境の変化が比較的小さい全国の 15 地点又は 13 地点の平均値を示しているが、東京における近年の気温には、都市化による気温上昇の影響が全国平均値より大きく現れていると考えられる。また、東京では、2014 年の観測場所の移転に伴い、気温の低下や熱帯夜の日数に減少が認められるが、表中の年平均気温は移転の影響を補正した値を、猛暑日及び熱帯夜の日数は補正のない値を、参考値として掲載している。観測結果に基づく降水量は、本編 5-1(1)に示す全国 51 の観測地点の平均値を示している。
- ※3：都市化の影響は含まれているが、都市の変化（都市化率の変化）に伴う影響は含まれていない。
- ※4：東京における値は、将来予測モデルの再現性等の観点から信頼性が十分ではないため記載していない。
- ※5：将来予測に不確定な要素が多いため、第 9 章では可能性の幅（17～83%）の範囲も記載している。
- ※6：氷床の融解による影響等、不確定な要素が特に多い現象も考慮した評価。発現した場合の影響が非常に大きいため、記載している。

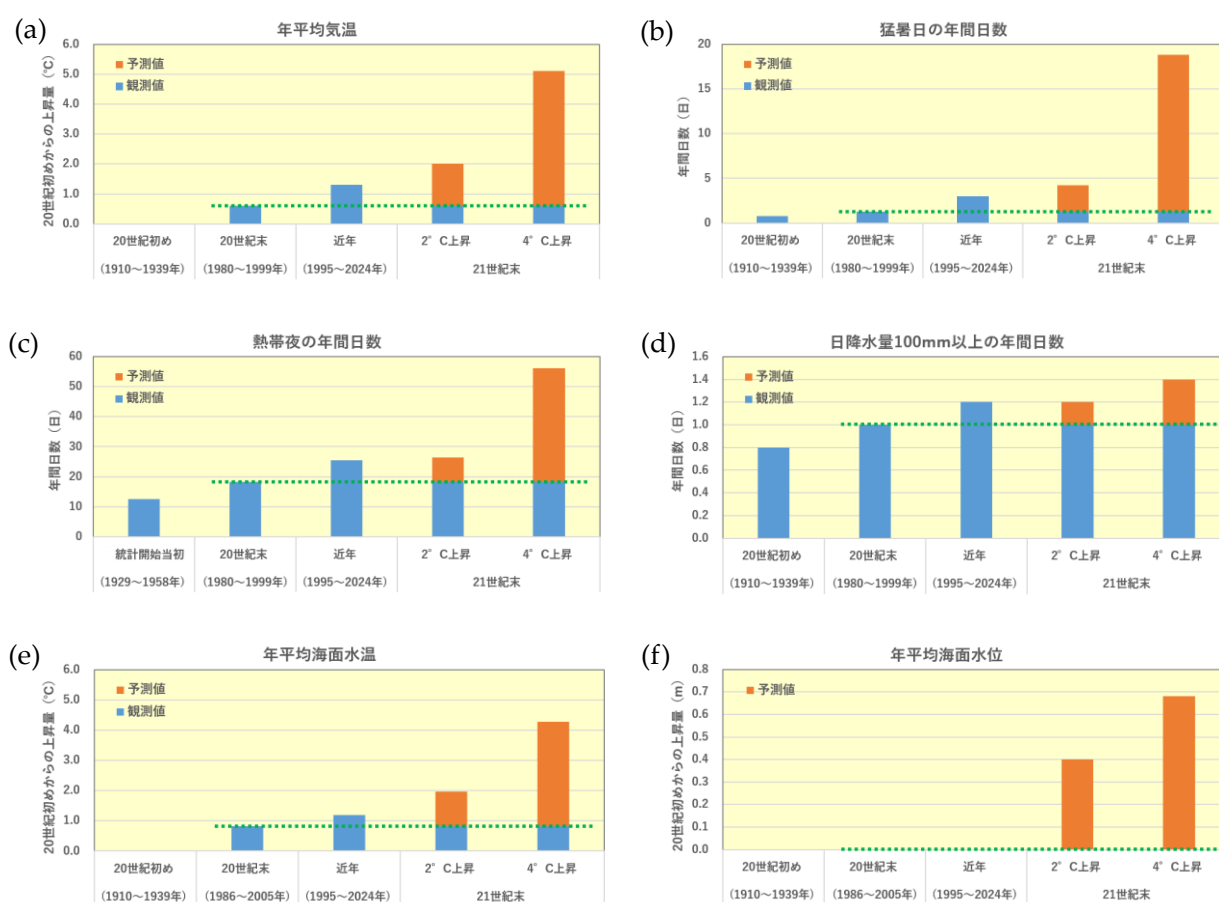


図 2.2 日本における (a) 年平均気温、(b) 猛暑日の年間日数、(c) 熱帯夜の年間日数、(d) 日降水量 100mm 以上の年間日数、(e) 年平均海面水温、(f) 年平均海面水位の過去から将来までの変化
青棒：観測値、橙棒：予測値、緑点線：20 世紀末における観測値を示す。21 世紀末の値は、20 世紀末の観測値（緑点線）に予測値を加算又は乗算したもの。

表 2.2 に、日本における極端な気象現象（極端現象）の過去から将来までの変化を示す。極端現象については、特に工業化以前に相当する年代では評価するのに十分な国内の観測データが揃っていないことから観測データは使用せず、全て「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）」¹⁶を使用した大気モデル実験によるシミュレーション結果を用いて評価した。例えば、「非温暖化」¹⁷の状態では 100 年に一回しか発生しないような高温現象が、20 世紀末（1981～2010 年）では 100 年に 10 回程度、工業化以前より 2℃/4℃ 上昇したと想定される気候状態では、それぞれ 100 年で 67 回/99 回の頻度となっており、4℃ 上昇した場合にはほぼ毎年発生するような頻度といえる。また、頻度だけでなく強度についても、気温及び降水それぞれで、増加量や増加率が高まっていることが分かる。

表 2.2 過去から将来までの極端現象の変化

大気モデル実験により評価した、日本における極端な気象現象（極端現象）の変化を示す。「2℃ 上昇」/「4℃ 上昇」は、特定の期間やシナリオではなく、世界平均気温が工業化以前より 2℃/4℃ 上昇したと想定される気候状態を指す。降水は日降水量から定義した。

要素		非温暖化 (工業化以前に相当)	20 世紀末 (1981～2010 年)	2℃ 上昇	4℃ 上昇
気 温	100 年に一回の 極端な高温の頻度	一回 (基準)	10 回	67 回	99 回
	100 年に一回の 極端な高温の強度	(基準)	+1.1℃	+2.9℃	+5.9℃
降 水 量	100 年に一回の 極端な降水の頻度	一回 (基準)	1.5 回	2.8 回	5.3 回
	100 年に一回の 極端な降水の強度	(基準)	+6%	+17%	+32%

※ 観測データに基づいて推定した 100 年に一回等の極端な降水（日降水量）の情報は、気象庁ホームページ（<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/riskmap/index.html>）から公表している。

この推定値は、1976～2023 年の観測データに基づき、概ね上表の「20 世紀末」の値に相当する。ただし、限られた期間の観測に基づく値であるため、個々の地点の値ではなく、周辺の複数の地点を含むより広い範囲の大まかな分布に着目する必要がある点に注意いただきたい。

16 文部科学省による気候変動リスク情報創生プログラム（2012 年度～2016 年度；<https://www.jamstec.go.jp/sousei/>）において作成されたデータセット。多数（最大 100 メンバー）のアンサンブル実験を行うことにより、極端現象の再現と変化傾向に関する議論を可能とするデータセットである。詳細編付録 A.2.4 項参照。

17 実際には、1981～2010 年の過去実験シミュレーションを、地球温暖化の影響を取り除いた上で実施した結果であり、工業化以前の気候に相当する。

【参考】平均気温 1℃ 上昇の意味

世界や日本の平均気温は、工業化以前と比べて既に 1℃ 以上上昇している。この上昇は、過去から現在までの期間の平均的な気温変化を示しており、日々の寒暖差などの変動が長期的に高温側に偏ることを意味する。

図 2.3 は、2020 年の地域別の平均気温の平年値（1981～2010 年の平均値）からの差の経過を示したものである。この年の年間を通した平均気温の平年差は各地域おおむね +1℃ 前後だったが、平年より気温が 3℃ 程度低い期間がある一方で、平年より 6℃ 近く高い地域・期間も見られる。この例と同様に、我々が感じる日々の気温の変化には、地球温暖化による気温上昇の上に短い周期の変動が重なって現れている。加えて地球温暖化による気温上昇の度合いは地域や季節等によってもばらつきがあり、これら全てを平均した結果が 1℃ 上昇となるため、実際の日々・各地の気温の上昇量は 1℃ にとどまらず、より高温の日や地域が出現することとなる。

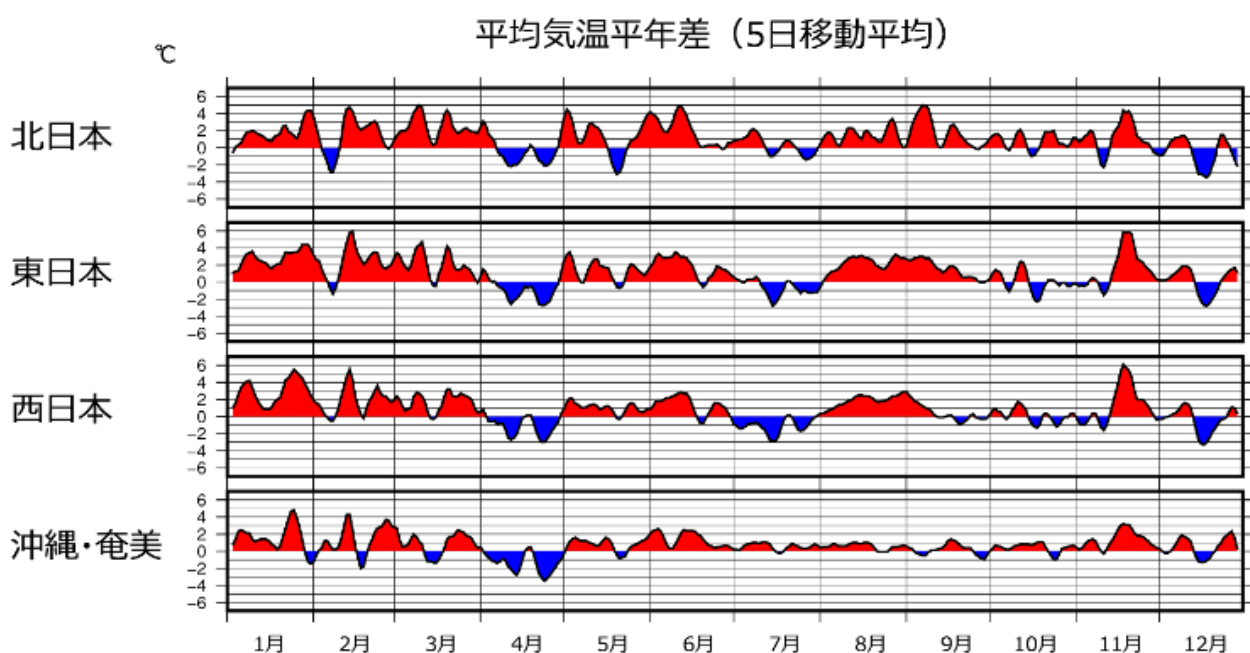


図 2.3 2020 年の日本の地域別の平均気温平年差（5 日移動平均）

こうした変化は極端現象の発生にも影響し、高温側への偏りは猛暑日や熱帯夜などを発生しやすくする。表 2.2 のシミュレーション結果でも、工業化以前の気候では 100 年に一回の発生頻度だった極端な高温が、20 世紀末には既に 10 倍、つまり 10 年に一回程度の発生頻度にまで増加したと見積もられている。このように、1℃ の上昇量は日々の気温の分布範囲と比べて小さいものの、極端な高温を含めた一つひとつの現象に影響する。これは将来の変化においても同様であり、平均気温の 1℃ の上昇には大きな意味がある、ということに注意が必要である。

また、本章前半に記載したとおり、地球温暖化等の影響による気候の変化は気温だけにとどまらない。本報告書の各章では、平均気温が 1℃ 以上上昇した現在まで、そして将来更に上昇した場合の各要素の変化について記載しているので、併せて参照していただきたい。

3. 温室効果ガス

3-1. [観測結果] 温室効果ガスの大気中濃度は増加を続けている

- 代表的な温室効果ガスである二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄)及び一酸化二窒素(N₂O)の大気中濃度は、人間活動により増加を続けており、2023年の世界平均濃度はそれぞれ420.0 ppm、1,934 ppb、336.9 ppbとなった。
- 大気からの下向き赤外放射量は増加している。

(1) 代表的な温室効果ガスである二酸化炭素、メタン及び一酸化二窒素の大気中濃度は、少なくとも過去80万年間で前例のない水準まで増加している

- [世界] 1750年以降に観測された大気中の温室効果ガス濃度の増加が、人間活動によって引き起こされたものであることは、疑う余地がない。代表的な温室効果ガスである二酸化炭素の大気中濃度は、少なくとも過去200万年間のどの時点よりも高く、メタン及び一酸化二窒素の大気中濃度は、少なくとも過去80万年間のどの時点よりも高かった。また、1750年頃以降の大気中の二酸化炭素濃度とメタン濃度の増加量は、少なくとも過去80万年間にわたる氷期－間氷期間の数千年規模の自然変動で生じた増加量をはるかに超えており、一酸化二窒素濃度の増加量はこの期間の変動と同程度である。(IPCC第6次評価報告書(IPCC, 2021)) (詳細編第3.1.1項)

(2) 工業化以前(1750年頃)と比べて、大気中の二酸化炭素濃度はおよそ1.5倍に、メタン濃度はおよそ2.7倍に、一酸化二窒素濃度はおよそ1.2倍に達した

- [世界] 大気中の二酸化炭素の2023年の世界平均濃度は420.0 ppm¹⁸で(図3-1.1左)、工業化以前(1750年頃)の濃度である約278 ppmの約1.5倍に達した(WMO, 2024)。また、2023年までの10年間の平均の増加率(1年当たり2.4 ppm)は、1990年代の増加率の約1.6倍に相当する。(詳細編第3.1.1項)
- [世界] 大気中のメタンの2023年の世界平均濃度は1,934 ppb¹⁹で(図3-1.2左)、工業化以前(1750年頃)の濃度である約729 ppbの約2.7倍に達した(WMO, 2024)。1999年から2006年にかけてメタン濃度の増加が停滞したのは、人為起源の化石燃料由来の排出量が減少したためと考えられる。また、2007年以降の濃度増加については、主に化石燃料と農業分野等からの放出の増加によるものと考えられる。(IPCC第6次評価報告書)(詳細編第3.1.1項)
- [世界] 大気中の一酸化二窒素の2023年の世界平均濃度は336.9 ppbで(図3-1.3左)、工業化以前(1750年頃)の濃度である約270 ppbの約1.2倍に達した(WMO, 2024)。(詳細編第3.1.1項)
- [日本] 日本国内で観測される二酸化炭素、メタン及び一酸化二窒素の大気中の濃度は増加を続けている。2023年も、人間活動による局地的な影響が少ない綾里(岩手県)、南鳥島(東京都小笠原村)及び与那国島(沖縄県)のいずれの観測点においても、大気中の二酸化炭素及びメ

18 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100万个中に1個)。

19 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。ppb(parts per billion)は10⁻⁹(乾燥空気中の分子10億個中に1個)。

タン濃度は観測史上最も高い値を記録した（図 3-1.1 右、図 3-1.2 右）。また、綾里においては、大気中の一酸化二窒素濃度も観測史上最も高い値を記録した（図 3-1.3 右）。（詳細編第 3.1.2 項）

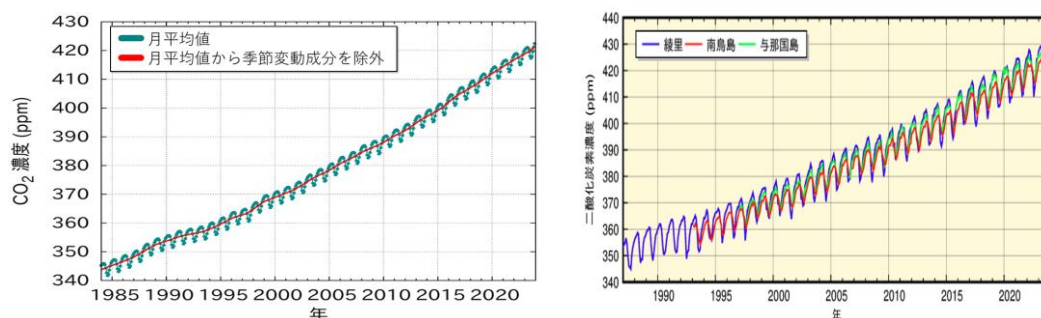


図 3-1.1 大気中の二酸化炭素濃度の変化

左は世界平均、右は日本国内の観測点（綾里、南鳥島、与那国島）における変化を示す。濃度の規則的な季節変動は主に陸域生態系の活動によるものである。具体的には、夏季に植物の光合成が活発化することで濃度が減少し、冬季には植物の呼吸や土壌有機物の分解活動が優勢となって濃度が増加する。南北両半球とも夏季に濃度が減少するが、季節変動の振幅は北半球の中・高緯度で大きく、陸域面積の少ない南半球では小さいため、世界平均濃度は北半球の季節変動と同位相となっている。（左は気象庁（2025）より加筆・転載。）

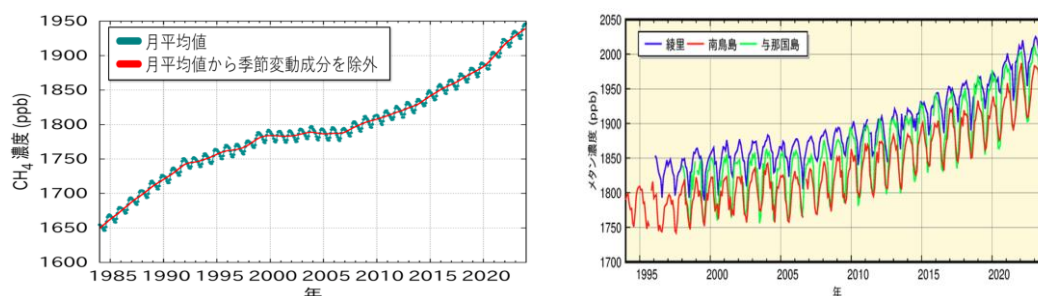


図 3-1.2 大気中のメタン濃度の変化

左は世界平均、右は日本国内の観測点（綾里、南鳥島、与那国島）における変化を示す。濃度の規則的な季節変動は次の作用によるものである。すなわち、夏季には水蒸気濃度が高く、また紫外線が強くなることによりヒドロキシル（OH）ラジカル²⁰が増加し、これと反応することによりメタンの消滅が優勢となるため、濃度が減少する。冬季にはヒドロキシルラジカルの減少とともにメタンの消滅は低下し、自然起源及び人為起源発生源からのメタンの放出が消滅を上回ることによって濃度が増加する。南北両半球とも夏季に濃度が減少するが、季節変動の振幅は北半球の方が大きく、結果として世界平均濃度は北半球の季節変動の位相を反映している。（左は気象庁（2025）より加筆・転載。）

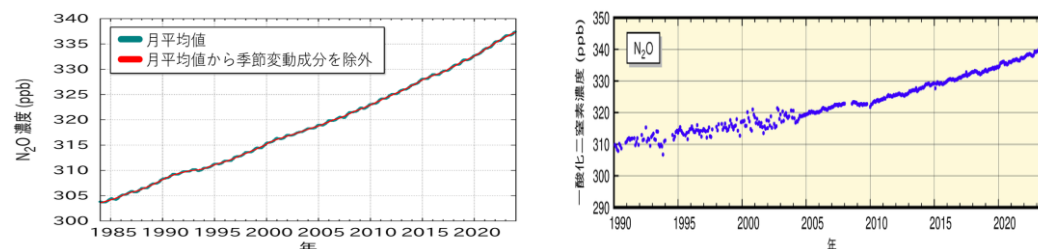


図 3-1.3 大気中的一酸化二窒素濃度の変化

左は世界平均、右は日本国内の観測点（綾里）における変化を示す。一酸化二窒素は対流圏における吸収源・消滅源が弱く、大気寿命が長いために季節変動は極めて小さい。綾里では、2004 年初めに観測装置を更新したため観測精度が向上し、観測値の変動が小さくなっている。（左は気象庁（2025）より加筆・転載。）

²⁰ オゾンに紫外線が作用し光分解することによって生じる酸素原子と、大気中の水蒸気が反応して生成する、極めて不安定で反応性が高い物質。紫外線と水蒸気が豊富な低緯度で多い。

(3) 大気からの下向き赤外放射量は増加している

- [世界・日本] 大気中の雲、水蒸気、二酸化炭素等から地表に向かって放射され地上に達する下向き赤外放射量は、温室効果ガスがもたらす温室効果の強さに対応する。大気中の温室効果ガスの増加により大気からの下向き赤外放射量が増加すると、地表面付近を更に温めることにより地球温暖化の進行をもたらす。つくば（茨城県）で観測された下向き赤外放射量は、世界の他の観測地点のものと同様、増加している。（詳細編第 3.2 節、詳細編図 3.2.3）

【参考】大気中の温室効果ガスの増加

化石燃料の消費や森林破壊等の土地利用変化といった人間活動に伴って大気中に排出された二酸化炭素のおよそ半分は、陸域生態系や海洋に吸収される。しかし、残り半分が大気中に蓄積されることにより、大気中の二酸化炭素濃度は増加している。また、工業化以降の大気中のメタン及び一酸化二窒素の濃度増加も人間活動によるものであると評価されている（IPCC 第 6 次評価報告書）。一方、多くが強力な温室効果ガスであるハロゲン化ガスのうち、オゾン層破壊物質でもあり特定フロンに分類されるクロロフルオロカーボン類（CFCs）²¹のほとんどは、モントリオール議定書に基づく生産規制によって大気中濃度が近年減少し続けている。また、同じく特定フロンに分類される主要なハイドロクロロフルオロカーボン類（HCFCs）²²の大気中濃度の増加も近年鈍化しているものの、代替フロンに分類されるハイドロフルオロカーボン類（HFCs）²³の大気中濃度は増加し続けている。

21 フッ素及び塩素を含む炭素化合物。

22 フッ素、水素及び塩素を含む炭素化合物。

23 フッ素及び水素を含む炭素化合物。

【コラム 1】 将来予測

気候変動の将来予測はコンピューターを使った計算に基づいている。ここでは、将来予測の計算方法を概説する。

気候モデル

現実の地球では、大気中の温室効果ガス濃度を自由に変えたり、時間を自由に早めたりすることはできないから、将来の気候変動を現実実験して知ることはできない。その代わりとして行っているのが、地球上で起こる現象を数式で表し（気候モデル）、様々な条件を想定してコンピューターで計算するシミュレーション実験である。

気候モデルでは、三次元の格子状に区切った「モデル格子」の集まりとして地球やその周りの空間を表し、それぞれの格子に温度や流れ、物質の濃度などの「要素」を数値として与えることで、大気や海洋を再現する（図 コラム 1.1）。その上で、物理法則に基づいて時間を進めた場合にこれらの要素がどのように変化するかをコンピューターで計算し、その結果から将来の気候変動を予測する（気候モデルについて、詳しくは詳細編付録 A を参照）。

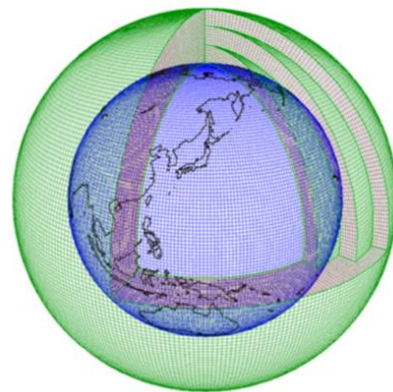


図 コラム 1.1 格子状に区切った大気（緑）と海洋（青）の模式図

実際の地球で起こる現象は大小様々なスケールの空間で生じる。気候モデルには、地球全体を対象とした「全球モデル」と、特定の地域のみを対象としてモデル格子を細かく、すなわち解像度を高くした「領域モデル」がある。解像度が高ければ小さなスケールの空間の現象まで再現できるため、より地域的な情報を得るにはモデル格子は細かい方が望ましいが、細くなればなるほど計算量は増える。

例えば、モデルの水平解像度（東西と南北）を 2 倍にすると、モデル格子の数は 4 倍となる。同時にモデル内の時間を進める間隔を 1/2 にする必要があるため、結果として計算量は 8 倍に増加する。条件にもよるが、何十年後、又は百年後の将来予測を計算するには数か月、中には 1 年以上を要することもある。このように、将来予測の計算には膨大な時間がかかるため、地球全体でモデル格子を細かくして計算するのは現実的ではない。そのため実際には、着目する現象によって気候モデルを使い分けている。本報告書で主に扱っている全球及び日本域気候予測データは、日本付近の空間解像度を 5 km、又は 2 km にした領域モデルを用い、その他の領域は空間解像度を 20 km にした全球モデルを用いて評価している（『気候予測データセット 2022』に収録、『気候予測データセット 2022』については詳細編コラム 4 参照）。

温室効果ガスの排出シナリオ

日々の天気予報でも気候モデルのようなモデルが用いられるが、気候モデルでは将来の「ある条件」を仮定して計算するところが天気予報とは異なる点である。「ある条件」として特に重要なのが、将来の温室効果ガスの排出シナリオである。IPCC で引用される将来予測実験では、世界の研究機関がそれぞれの気候モデルで将来予測を計算する際に互いに結果を比較できるよう、複数の温室効果ガスの排出シナリオが共通の条件としてあらかじめ設計されている（排出シナリオについて、

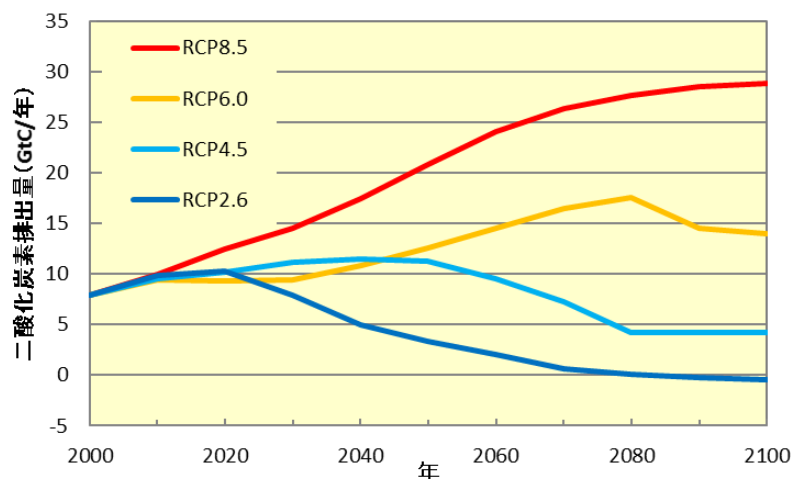


図 コラム 1.2 各 RCP シナリオによる二酸化炭素排出量

二酸化炭素排出量を炭素重量に換算しているのに注意。(気象庁 (2015) の図を一部改変・転載。)

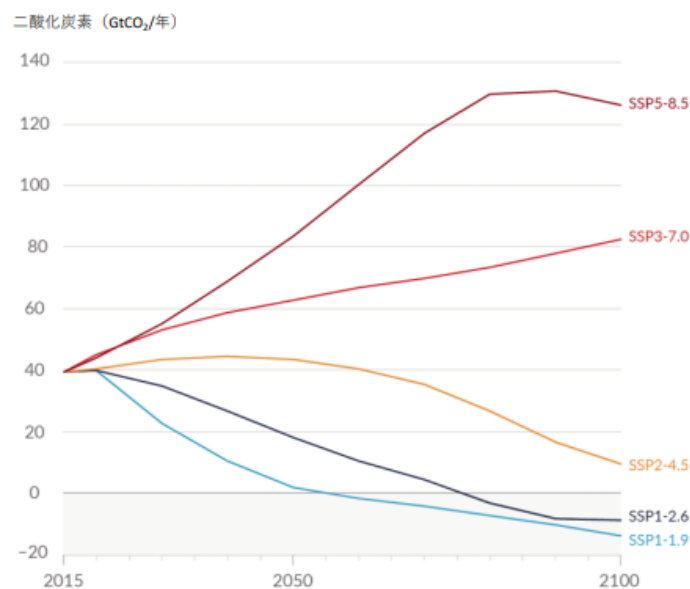


図 コラム 1.3 各 SSP シナリオによる二酸化炭素排出量

(IPCC 第 6 次評価報告書 (IPCC, 2021) Figure SPM.4(a)の一部を和訳・転載。)

詳しくは詳細編コラム 3 を参照)。

IPCC 第 5 次評価報告書 (IPCC, 2013) における将来予測では、2100 年頃の温室効果ガスの大気中濃度と、現在からその濃度に至るまでの温室効果ガス排出の経年変化を仮定した代表的濃度経路 (RCP) シナリオが用いられている (図 コラム 1.2)。このうち本報告書では、RCP2.6 シナリオ (本報告書では、「2°C 上昇シナリオ (RCP2.6)」と表記。) 及び RCP8.5 シナリオ (本報告書では、「4°C 上昇シナリオ (RCP8.5)」と表記。) に基づく予測結果を中心に記述している。RCP2.6 シナリオは低位安定化シナリオとも呼ばれ、気温上昇を工業化以前と比べて 2°C 未満に抑えることを目指す想定である。また、RCP8.5 は高位参照シナリオとも呼ばれ、追加的な緩和策を取らない場合を想定している。

一方、IPCC 第 6 次評価報告書では、共通社会経済経路 (SSP) シナリオが用いられている (図 コラム 1.3)。社会・経済活動の将来像を仮定せずに作成された RCP シナリオとは異なり、SSP シナ

リオは将来の社会・経済活動の方向性（持続可能性、化石燃料依存性等）を仮定している。RCP2.6 と SSP1-2.6、RCP8.5 と SSP5-8.5 はそれぞれ近い対応関係にある²⁴が、本報告書において SSP ではなく RCP シナリオを主に用いる理由は、執筆時点で行われていた研究成果の多くが RCP シナリオに基づいているためである。なお、詳細編で扱っている世界の将来予測は、SSP シナリオに基づいている。

将来予測の不確実性

気候モデルによる将来予測には「不確実性」が必ず含まれる。不確実性とは「予測が難しいこと、又は予測を難しくする要因」といった意味で、その主な要因としては次のようなものが挙げられる（詳しくは詳細編コラム 1 及び詳細編付録 B.1 節を参照）。

- ① 人類が今後、どのような温室効果ガスの排出シナリオを選択するか。
- ② 気候モデルで再現された世界が持つ、現実世界とのギャップ。
- ③ 地球が元々持っている、日～年～10 年以上の規模で周期的に変化する自然変動。

IPCC で引用される世界を対象とした将来予測実験では、世界各国の気象機関や研究機関の協力の下、これらの不確実性を適切に評価できるように実験が設計されている。一方、本報告書が対象とする日本の将来予測では解像度が高い領域モデルが将来予測に必要なことから、計算に必要な時間を考えると、これら全ての不確実性を評価することは難しい。そのため、用いた将来予測結果の特性及びそれが表現している不確実性の範囲を把握しておくことが重要となる。

このように不確実性が伴う研究分野ではあるが、多くの研究成果が蓄積されてきたことで、予測結果に対する一定の確からしさが得られている。そこで、本報告書では IPCC に倣い、日本の将来予測に対する「確信度（予測がどの程度確からしいか）」に関する情報を独自に評価し記述している（詳しくは詳細編付録 C を参照）。確信度は、他の気候予測モデルの予測結果との比較や、これまでの観測結果との長期変化傾向との比較から、「高い」「中程度」「低い」の 3 段階で評価している。ただし、確信度が低いことは、その変化が将来起こる可能性が低いということではないので注意が必要である。「確信度が低い」というのは、可能性が高いのか低いのかの判断がつきにくいということを意味する。気候変動対策を講じる際は、完全な将来予測というものは無く、将来予測には不確実性が含まれることを念頭に置くことが重要である。

24 2.6 や 8.5 などのシナリオ末尾の数字は、2100 年頃のおおよその放射強制力（詳細編第 2.3 節参照）を示しているため、同じ数字を持つシナリオは 21 世紀末の状態に近い関係性にあると対応付けることができる。ただし、SSP シナリオの方が大気汚染物質の排出変化をより広範囲に扱っているなどの違いから、実質的な放射強制力は、全体的に SSP シナリオの方が大きい（詳細編コラム 3 参照）。

【コラム 2】 1.5°C/3°C 上昇で起こる将来変化

本報告書では、日本の将来変化について二つの気温上昇シナリオに基づく予測結果を中心に示している。一つは「2°C 上昇シナリオ」で、パリ協定で策定された「2°C 目標」が達成された状況下で生じる気候の状態である。もう一つは「4°C 上昇シナリオ」である。これは、IPCC 評価報告書で取り上げられているシナリオの中で将来の気温上昇量が最大となるものであり、予測される気候の変化や影響が最も大きいことから本報告書で採用している。

これ以外の気温上昇シナリオについても、将来変化の情報が有用になることがある。例えば「1.5°C 上昇シナリオ」である。2015 年に策定されたパリ協定には、気温上昇を 2°C より十分下方に抑える（2°C 目標）とともに 1.5°C に抑える努力を継続することが盛り込まれている。また、IPCC 第 6 次評価報告書サイクルの中で公表された 1.5°C 特別報告書では、「1.5°C 上昇シナリオにおける自然及び人間システムに対する気候に関連するリスクは、2°C よりも低い（確信度が高い）」とされており、気候変動の影響を議論する上で重要なシナリオの一つである。また、「3°C 上昇シナリオ」も今後、ニーズが出てくる可能性は否定できない。IPCC 第 6 次評価報告書統合報告書（IPCC, 2023）では、2020 年末までに実施された政策が今後も継続された場合、今世紀末における工業化以前からの気温上昇量は 3.2°C（可能性の幅は 2.2~3.5°C）に達すると予測されており、今後起こりうる可能性のあるシナリオである。

しかし、これらの様々な気温上昇量に対してそれぞれ予測や評価を行うのは、データの計算や解析に非常に多くの時間がかかることから現実的ではない。そのため、実際には「スケーラビリティ」という考え方に基づいて評価が行われている。スケーラビリティとは、温室効果ガスの排出シナリオにしたがって予測される世界平均気温上昇量に対して、ある要素の変化量が比例関係にあることをいう。各要素にスケーラビリティがあるかを調査することで、これまでに計算されたモデルの結果から、計算されていない気温上昇量における要素の状態を推定することが可能になる。

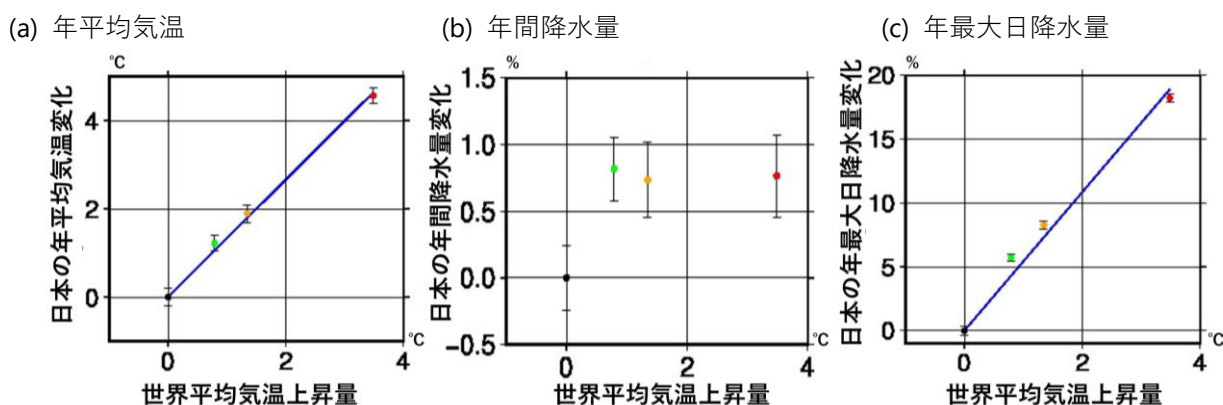


図 コラム 2.1 世界平均気温上昇量に対する日本の各要素における変化量

d4PDF（水平解像度 20 km）の、世界平均気温が工業化以前から 1.5°C、2°C 及び 4°C 上昇した場合を再現した気候データにおける、日本の(a)年平均気温、(b)年間降水量、(c)年最大日降水量の平均変化量と世界平均気温上昇量との関係を示す。世界平均気温上昇量及び日本の各要素の変化量は、ともに現在気候（1951～2010 年）を再現した気候データからの変化量である。縦棒は日本の変化量の取りうる値の範囲を示し、直線（青）は、世界平均気温上昇量と日本の各要素の変化量との比例関係を示す。

「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)」¹⁶は、工業化以前と比べて世界平均気温の上昇量が 1.5°C、2°C 及び 4°C の場合の気候を再現しており、日本周辺についてはこれらのデータを用いてスケラビリティを評価することができる。例えば、日本の年平均気温は世界平均気温の約 1.3 倍のスピードで上昇しているが、世界の平均気温と比例関係にありスケラビリティがあることが分かる (図 コラム 2.1 (a))。この関係性から、例えば世界平均気温が 3°C 上昇した場合の日本の気温は、世界平均気温 2°C 上昇時と 4°C 上昇時の中間に相当する上昇量になると推定できる。降水の例では、日本全体の年間降水量は世界平均気温が上がっても変化は認められないものの (図 コラム 2.1 (b))、年最大日降水量にはスケラビリティがあると分かる (図 コラム 2.1 (c))。(更なる詳細や、他の要素のスケラビリティの有無を調査した結果は、Nosaka et al. (2020)や Matte et al. (2019)を参照していただきたい。)

一方で、スケラビリティが無い、あるいはスケラビリティの有無を確認できない要素については、この考えを適用することはできない。この場合、計算されている変化量のうちどの値を用いるかは気候変動対策の政策決定に委ねられる。例えば、生命の危機を回避するための施策は最大のものを用い、施設で対応するための施策は平均値が用いられることがある。

4. 気温

4-1. [観測結果] 平均気温の上昇とともに極端な高温の頻度も増加している

- 世界と日本の年平均気温は、様々な時間スケールの変動を伴いながら上昇している。
- 日本の年平均気温の上昇率は世界平均よりも高い。
- 日本国内では、真夏日、猛暑日、熱帯夜等の日数が増加しており、冬日の日数は減少している。
- 都市域では、地球温暖化に都市化の影響が加わり、気温の上昇率が高くなっている。

(1) 世界平均気温は工業化以前の水準に比べて既に 1°C 以上上昇した

- [世界] IPCC 第 6 次評価報告書 (IPCC, 2021) によると、2011～2020 年の世界平均気温は、工業化以前 (1850～1900 年平均) よりも 1.09°C (可能性が非常に高い範囲は 0.95～1.20°C) 高かった。また、WMO が 2025 年 1 月に公表した報道発表²⁵によると、2024 年の世界平均気温²⁶は、工業化以前の水準として代用している 1850 年から 1900 年の平均を 1.55°C (可能性の幅は 1.42～1.68°C) 上回り⁵、2015 年から 2024 年までの 10 年間は過去 175 年間の記録上で最も暖かい 10 年間であった。(詳細編第 4.1.1 項、詳細編図 4.1.2(a))
- [世界] 気象庁の世界平均気温偏差²⁷の解析において、同じ工業化以前の水準から比較すると、1961～1990 年の平均値では 0.36°C であった昇温が、1991～2020 年では 0.83°C にまで大きくなっており (直近の 10 年間では 1.17°C に達する)、近年の気温の上昇量は大きい。(図 4-1.1、詳細編第 4.1.1 項)

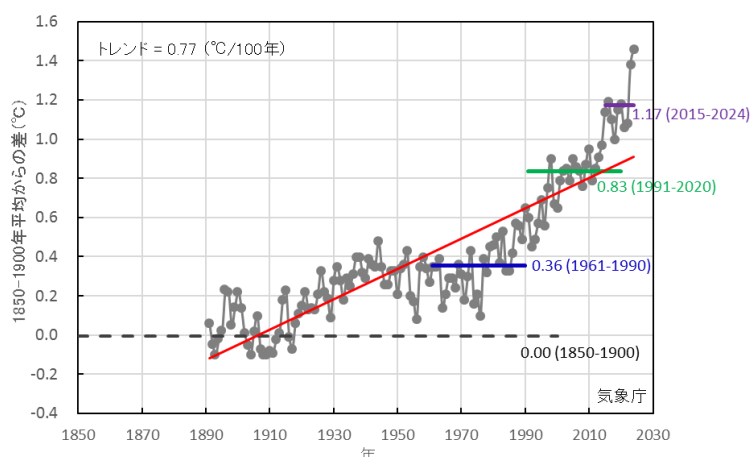


図 4-1.1 世界平均気温の年平均気温偏差の経年変化 (1891～2024 年)
折れ線 (黒) は、気象庁の解析に基づく世界平均気温の基準値 (1850～1900 年の平均値) からの偏差²⁸である。直線 (赤) は 1891～2024 年の長期変化傾向、破線は 1850～1900 年の平均値 (基準値)、青線は 1961～1990 年の平均値、緑線は 1991～2020 年の平均値、紫線は 2015～2024 年の平均値を示す。

25 <https://wmo.int/news/media-centre/wmo-confirms-2024-warmest-year-record-about-155degc-above-pre-industrial-level>

26 地上観測に基づく英国気象局ハドレーセンター、米国海洋大気庁 (NOAA)、米国航空宇宙局 (NASA)、Berkeley Earth (Rohde and Hausfather, 2020) のデータセットと、欧州中期予報センター (ECMWF) と気象庁の再解析データセットの計 6 つのデータセットから世界平均気温を算出している。

27 気象庁の解析では、陸域で観測された気温と海水のない海域の海面水温の解析値から全球平均値を世界平均気温として算出している。実際に算出している値は、各地点の基準値からの偏差 (基準となる状態からのずれ) を平均したものである。地球温暖化や自然変動に伴う大気の流れの変動は大きな広がりを持っていることから、世界の平均気温の実際の値を求めることが困難であっても、各地点の偏差を平均した値を指標として気候変動を監視することができる。

28 気象庁の解析に基づくデータの統計期間は 1891 年以降であるため、各年の 1961～1990 年の平均値に対する偏差に、

- [世界] IPCC 第 6 次評価報告書は、極端な高温（熱波²⁹を含む）が 1950 年代以降ほとんどの陸域で頻度及び強度が増加している一方で、極端な低温（寒波を含む）の頻度と強度が低下していることはほぼ確実であり、人為起源の気候変動がこれらの変化の主要な駆動要因であることについては確信度が高いと評価している。（詳細編第 4.1.1 項）

(2) 日本の年平均気温の上昇率は世界平均よりも高い

- [日本] 都市化の影響が比較的小さいとみられる気象庁の 15 観測地点³⁰で観測された年平均気温は、様々な時間スケールの変動を伴いながらも、長期的に上昇しており、その 1898 年から 2024 年までの上昇率は 100 年当たり 1.40℃ の割合である。特に 1990 年代以降、これまでの記録となるような高温年が頻出している。（図 4-1.2、詳細編第 4.2.1 項）
- [日本] 北半球の中緯度は陸地が多いため、日本の平均気温の上昇率は世界平均よりも高い。（詳細編第 4.2.1 項）

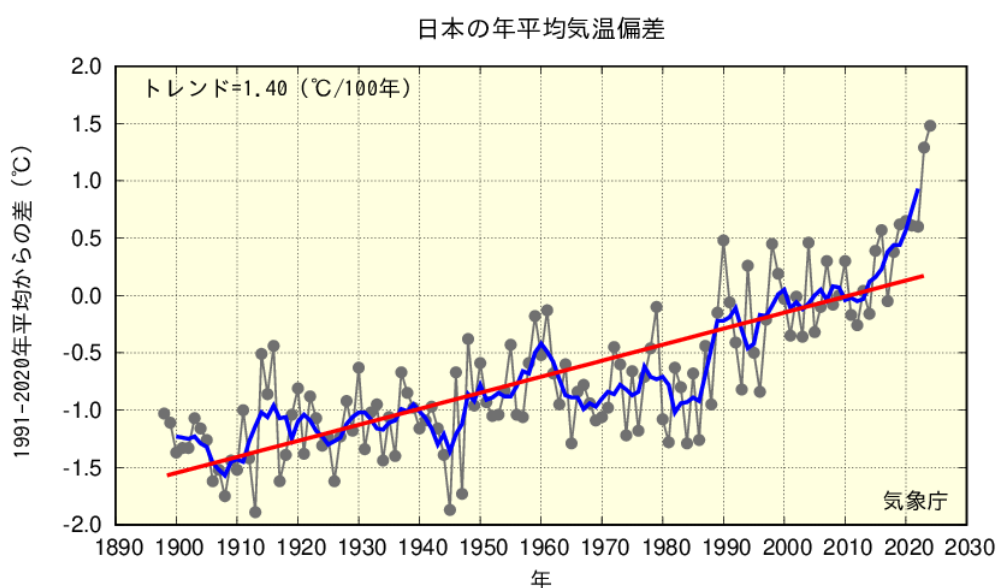


図 4-1.2 日本の年平均気温偏差の経年変化（1898～2024 年）

折れ線（黒）：各年の平均気温の基準値からの偏差、折れ線（青）：偏差の 5 年移動平均値、直線（赤）：長期変化傾向を示す。基準値は 1991～2020 年の 30 年平均値である。

5 年移動平均値はその年と前後 2 年を含めた 5 年分の平均をとった値である。5 年移動平均をとることにより、年ごとの短い周期の変動を取り除き、これらよりもゆっくりした変動を抽出することができる。

IPCC 第 6 次評価報告書による 1850～1900 年に対する 1961～1990 年の温暖化量 0.36℃ を加えた値である。

29 ここでの熱波（Heatwave）とは異常に暑い天候が続く現象のこと。2 日間から数か月間続く、相対的な気温の閾値を基準に定義されることが多い（IPCC 第 6 次評価報告書）。日本では、熱波を示す数値上の定義はなされていない。

30 日本の平均気温偏差の算出には、全国の地上気象観測地点の中から、観測データの均質性が長期間確保でき、かつ都市化等による環境の変化が比較的小さい地点を使用している。このような地点から地域的に偏りなく分布するように選出した 15 地点が、網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、飯田、銚子、境、浜田、彦根、宮崎、多度津、名瀬及び石垣島である。これらの観測地点を平均した日本の年平均気温の長期変化傾向に対しては都市化の影響がほとんどないことが考えられる（図 4-1.4 参照）。気象庁では、それらの地点ごとに年平均気温の偏差を算出し、15 地点分を平均することにより、日本の年平均気温の偏差としている。

(3) 日本国内では、真夏日、猛暑日、熱帯夜³¹の日数が増加している。また、冬日の日数は減少している。

- [日本] 日本国内の 13 観測地点³²における観測によると、1910 年以降（熱帯夜については 1929 年以降）、日最高気温が 30℃ 以上の日（真夏日）、35℃ 以上の日（猛暑日）及び日最低気温が 25℃ 以上（熱帯夜）の日数は、いずれも増加している。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。一方、同期間における日最低気温が 0℃ 未満（冬日）の日数は減少している。（図 4-1.3、詳細編第 4.2.1 項）
- [日本] 2018（平成 30）年 7 月の猛暑や 2023（令和 5）年 7 月の猛暑などの、近年の猛暑事例のいくつかは、地球温暖化の影響がなければ起こり得なかった事象であったことがイベント・アトリビューション³³による解析によって示されている。（詳細編コラム 8）

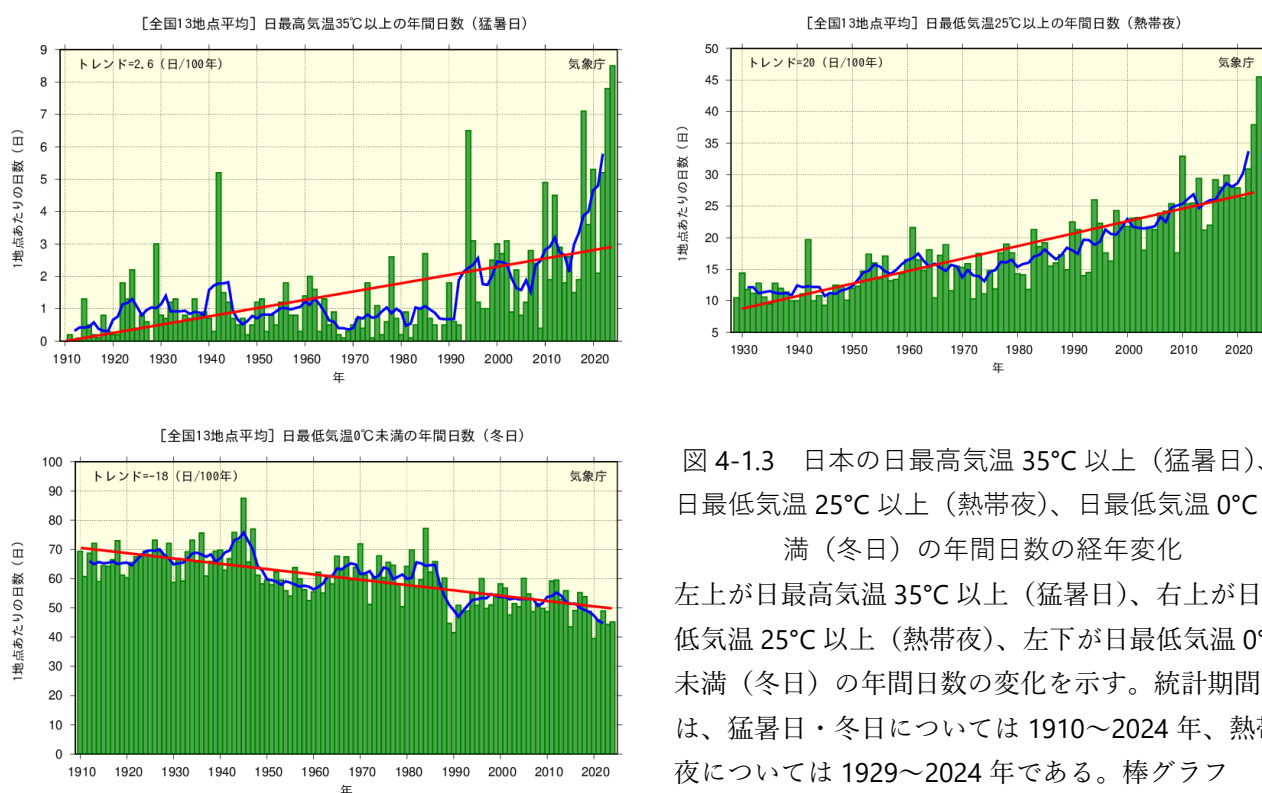


図 4-1.3 日本の日最高気温 35℃ 以上（猛暑日）、日最低気温 25℃ 以上（熱帯夜）、日最低気温 0℃ 未満（冬日）の年間日数の経年変化
左上が日最高気温 35℃ 以上（猛暑日）、右上が日最低気温 25℃ 以上（熱帯夜）、左下が日最低気温 0℃ 未満（冬日）の年間日数の変化を示す。統計期間は、猛暑日・冬日については 1910～2024 年、熱帯夜については 1929～2024 年である。棒グラフ（緑）：各年の年間日数（全国 13 地点における平均で 1 地点当たりの値）、折れ線（青）：5 年移動平均値、直線（赤）：長期変化傾向を示す。

31 熱帯夜は夜間の最低気温が 25℃ 以上のことを指すが、過去の観測データにおいて、日最低気温の記録はあっても夜間の最低気温の記録が残っていない等、長期間にわたる均質な統計データがないため、本報告書においては、日最低気温が 25℃ 以上の日を便宜的に熱帯夜とした。

32 気象観測施設は、周辺環境の変化等の事情から、長年の観測の間に、場所を移しているところもある。年平均気温の算出に用いる月平均気温に対してはこうした移転等の影響を考慮した補正方法が確立しているが、真夏日の日数等といった日最高気温、日最低気温に基づく値については、現時点では補正方法が確立していない。このため、前述の日本の平均気温に用いる国内 15 観測地点のうち、移転等による影響の除去が困難な宮崎と飯田は除外している。

33 個々の極端な気象現象の発生確率及び強さに対する人為起源の地球温暖化の影響をシミュレーション結果の比較により評価する手法のことである。（詳細編コラム 8 を参照）

(4) 大都市の平均気温は、地球温暖化に加え、ヒートアイランド現象が加わることで全国平均を上回る割合で上昇している

- [日本] 都市域では、都市化の影響が比較的小さいとみられる 15 地点平均と比べ、気温の上昇率が高い。(図 4-1.4、詳細編第 4.2.1 項 (3))
- [日本] 都市化率³⁴が高いほど気温の上昇率も高い。(詳細編第 4.2.1 項 (3)、詳細編図 4.2.6)
- [日本] 1950 年代後半から 1970 年頃にかけて東京などの大都市と 15 地点平均の差が急速に広がった。(図 4-1.4、詳細編第 4.2.1 項 (3))

(5) 都市化による気温の上昇傾向は、冬季、日最低気温で特に明瞭

- [日本] 都市化による気温上昇は夏より冬の方が大きい。(詳細編第 4.2.1 項 (3))
- [日本] 都市化による気温上昇は、日最高気温に比べて日最低気温に現れやすい。(詳細編第 4.2.1 項 (3)、詳細編図 4.2.6)

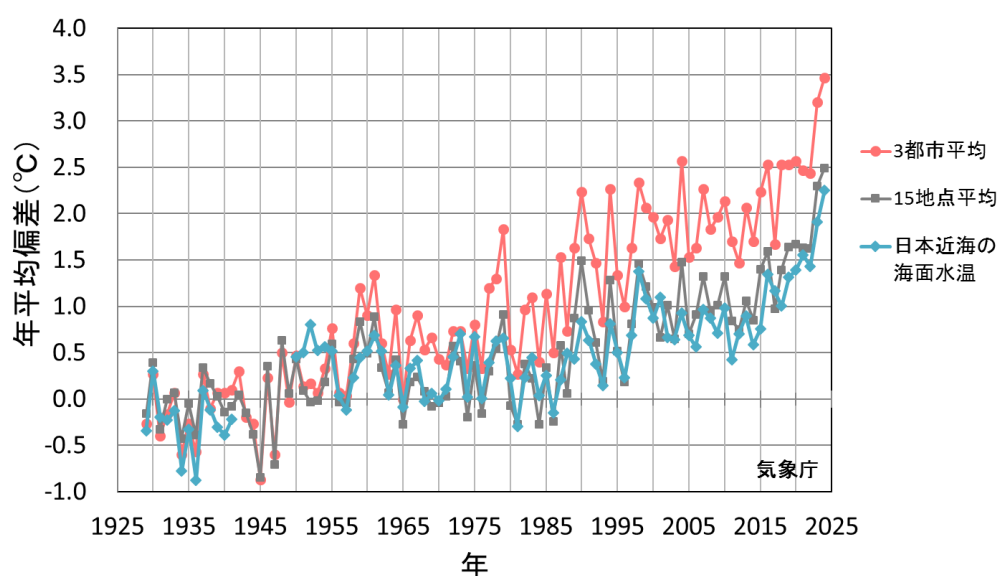


図 4-1.4 東京・名古屋・大阪の 3 都市平均と都市化の影響が比較的小さいとみられる 15 地点平均の気温及び日本近海の平均海面水温の経年変化 (1929～2024 年)

折れ線 (赤)：東京・名古屋・大阪の 3 都市平均の年平均気温の基準値 (1929～1958 年の平均値) からの偏差、折れ線 (黒)：都市化の影響が比較的小さいとみられる 15 地点それぞれの年平均気温の基準値からの偏差を平均した値、折れ線 (青)：日本近海の平均海面水温の基準値からの偏差を示す。1950 年代後半から 1970 年頃にかけて赤線と黒線の差が急速に広がっている。なお、折れ線 (黒) と折れ線 (青) との間にも若干の差があり、都市化の影響が比較的小さいとみられる 15 地点でも都市化の影響が全くないわけではないということになるが、15 地点を平均した気温と日本近海の海面水温 (第 8-1 節参照) の長期変化傾向は同程度³⁵であることから、日本の年平均気温にも用いる 15 地点平均の長期変化傾向に対する都市化の影響は小さいと考えられる。各偏差 (折れ線) の基準値は統計期間初期 (1929～1958 年) の平均値で一致させていることから、それぞれの 1929～1958 年の 30 年間における平均値も 0 で一致する。

34 都市化率は、観測地点を中心とした半径 7 km の円内における人工被覆率 (平成 28 年度版国土数値情報土地利用 3 次メッシュ (国土交通省国土政策局, 2018) における建物用地、道路、鉄道、その他の用地の占める割合) から求めた。

35 前者は +1.40°C/100 年、後者は +1.33°C/100 年の上昇率となっている。日本の平均気温の上昇率には ±0.10 の標準誤差があり、その範囲内の差であるため、両者はおおよそ同程度であると見積もることができる。

【参考】日本の気温上昇が世界平均よりも大きいのはなぜか？

地球温暖化に伴う気温の上昇は、海域よりも陸域で大きくなりやすい。日本は周囲を海に囲まれているが、北半球の中緯度域全体でみれば陸域が多いことから、陸域の高温が大きく影響し、日本の平均気温の上昇率は世界平均よりも高いと考えられる。具体的には、以下のメカニズムが考えられている。

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、大気から地表面に向かう下向きの赤外放射が増える結果、これとバランスするために地表面からの熱放出が増加する。この増加分の熱放出は、おもに潜熱放出（水の蒸発による熱の放出）と顕熱放出（昇温による熱の放出）が担うが、陸域では水分の量が限られることから、潜熱放出の増加は海域と比べて小さくなる。より大きな熱放出を顕熱放出で賄う必要があるため、陸面の温度は海域よりも高くなる。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きた（Sutton et al., 2007）。しかし、最近では、二酸化炭素濃度の増加に応じた陸域の雲の減少により、日射が増加する影響がより重要であることが指摘されている（Toda et al., 2021）。

4-2. [将来予測] 平均気温の上昇及び極端な高温の発生頻度・強度の増加が予測される

- いずれの温室効果ガスの排出シナリオにおいても、21 世紀末の世界と日本の平均気温は上昇すると予測される（確信度が高い）。
- これに伴い、日本における多くの地域で猛暑日や熱帯夜の日数も増加すると予測される（確信度が高い）。

(1) 4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）では、21 世紀末の日本の年平均気温は約 4.5℃ 上昇すると予測される

- [世界] 21 世紀末（2081～2100 年の平均）における世界の年平均気温は、20 世紀末頃（1986～2005 年の平均）と比べて、2℃ 上昇シナリオ（SSP1-2.6）で約 1.1℃、4℃ 上昇シナリオ（SSP5-8.5）で約 3.7℃ 上昇すると予測される（確信度が高い）。（IPCC 第 6 次評価報告書（IPCC, 2021））
- [日本] 21 世紀末（2076～2095 年の平均）における日本の年平均気温についても、20 世紀末（1980～1999 年の平均）と比べて、いずれの温室効果ガスの排出シナリオにおいても、上昇する（本報告書の予測。確信度が高い）。年平均気温の変化の全国平均は、2℃ 上昇シナリオ（RCP2.6）で約 1.4℃ 上昇、4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）で約 4.5℃ 上昇と予測され（詳細編第 4.2.2 項）、日本の気温上昇幅は世界平均よりも大きい（図 4-2.1、詳細編第 4.1.2 項）。
- [世界・日本] 気温上昇の度合いは一樣ではなく、緯度が高いほど上昇幅が大きく、また、夏よりも冬の方が大きい。（詳細編第 4.1.2 項、詳細編第 4.2.2 項、詳細編図 4.1.7、詳細編図 4.2.8）
- [世界・日本] こうした地域差や季節差は、これまでに観測された気温の変化にも表れており、これには北半球高緯度に見られる気温上昇の分布など様々な要因が影響していると考えられる。（詳細編第 4.3 節）

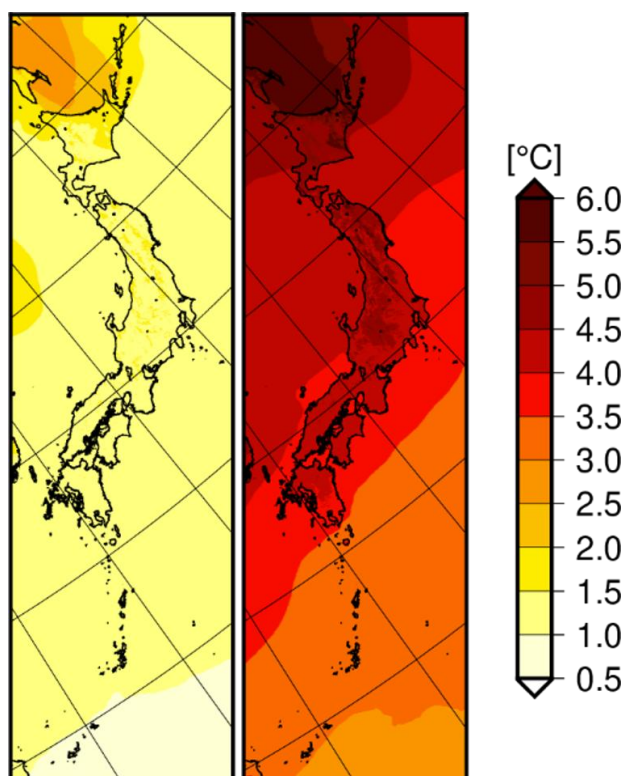


図 4-2.1 21 世紀末（2076～2095 年の平均）における日本の年平均気温の変化の分布（℃）
左は 2℃ 上昇シナリオ（RCP2.6）、右は 4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）での予測である。いずれも 20 世紀末（1980～1999 年の平均）との差を示している。

(2) 4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）では、猛暑日は全国平均で約 18 日増加すると予測される

- [日本] 平均気温の上昇に伴い、2℃ 上昇シナリオ（RCP2.6）と 4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）のいずれの温室効果ガス排出シナリオにおいても、20 世紀末と比べ、21 世紀末には多くの地域で猛暑日及び熱帯夜の年間日数は増加し、冬日の日数は減少する（確信度が高い）。例えば、猛暑日日数は、2℃ 上昇シナリオ（RCP2.6）では全国平均で約 3 日、4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）では約 18 日増加すると予測される（表 4-2.1）。（詳細編第 4.2.2 項）

表 4-2.1 2℃ 上昇シナリオ（RCP2.6）及び 4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）において予測される気温の変化
20 世紀末の気候と将来気候の差（将来変化量）を、「将来変化量 ± 将来気候における年々変動の幅」で示す。
20 世紀末の気候は 1980～1999 年の、将来気候は 2076～2095 年の平均である。

	2℃ 上昇シナリオ（RCP2.6） における予測	4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5） における予測
年平均気温の変化	1.4 ± 0.4℃ 上昇	4.5 ± 0.6℃ 上昇
猛暑日の年間日数の変化	2.9 ± 1.7 日増加	17.5 ± 5.0 日増加
熱帯夜の年間日数の変化	8.2 ± 3.2 日増加	38.0 ± 6.6 日増加
冬日の年間日数の変化	16.6 ± 6.5 日減少	46.2 ± 6.5 日減少

(3) 4℃ 上昇時には、工業化以前の気候で 100 年に一回だった極端な高温がほぼ毎年発生すると予測される³⁶

- [日本] 工業化以前の気候では 100 年に一回³⁷の発生頻度だった極端な高温は、地球温暖化の進行に伴い、20 世紀末（1981～2010 年）には全国平均で 100 年で約 10 回の発生頻度まで増加したと考えられる。地球温暖化が更に進行した場合、世界平均地表気温が工業化以前に比べて 1.5℃ 上昇時には約 38 回、2℃ 上昇時には約 67 回、4℃ 上昇時には約 99 回の発生頻度まで増加し（いずれも全国平均）、4℃ 上昇時にはほぼ毎年発生すると予測される。（図 4-2.2、表 2.2、詳細編第 4.2.2 項）
- [日本] 100 年に一回の極端な高温時の気温も、工業化以前と比べて、20 世紀末には全国平均で約 1.1℃ 上昇したと考えられる。地球温暖化が更に進行した場合、1.5℃ 上昇時には約 2.0℃、2℃ 上昇時には約 2.9℃、4℃ 上昇時には約 5.9℃ 上昇すると予測される（いずれも全国平均）。（図 4-2.2、表 2.2、詳細編第 4.2.2 項）

36 ここでは将来予測と比較しやすいよう、同じ気候モデルによるシミュレーションから推定した 20 世紀末気候における発生頻度と強度の変化についても記載する。また、この項における 1.5℃、2℃、4℃ は、2℃ 上昇シナリオや 4℃ 上昇シナリオにおける 21 世紀末の状態ではなく、世界平均地表気温がこれらの気温になった場合の状態に該当する。2℃ 上昇シナリオ（SSP1-2.6）や 4℃ 上昇シナリオ（SSP5-8.5）においてこれらの気温になるおおよその年代は、図 4-2.2 及び図 5-2.1 の上段に記載している。

37 「XX 年に一回発生」とは発生確率を表現している。つまり、XX 年に一回必ず発生するという意味ではなく、XX 年に二回以上発生する場合もあれば、全く発生しない場合もあり、発生頻度に周期性があるわけでもない。また、ある年に「XX 年に一回」の現象が発生した場合でも、その翌年に当該現象はもう発生しないとは言えず、翌年の発生確率も等しく XX 分の 1 である（詳細編コラム 7 参照）。

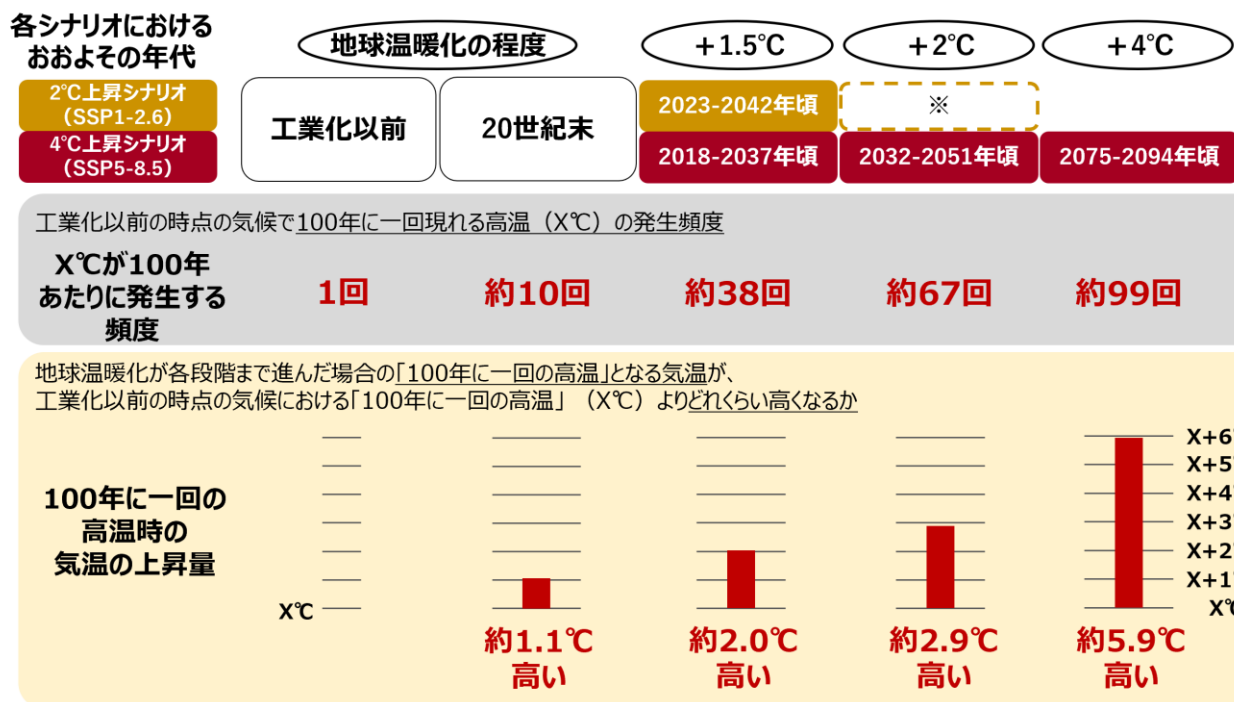


図 4-2.2 100 年に一回の極端な高温の発生頻度と強度の変化

上段は、2°C 上昇シナリオ（SSP1-2.6）及び 4°C 上昇シナリオ（SSP5-8.5）において各々の地球温暖化レベルが見込まれるおおよその年代を示す。中段（灰色枠）は、工業化以前の時点の気候で 100 年に一回現れる極端な高温が、20 世紀末（1981～2010 年）及び各々の地球温暖化レベル（1.5°C、2°C、4°C 上昇時）でどれくらい発生しやすくなるかを示す。下段（薄橙色枠）は、20 世紀末及び各々の地球温暖化レベルにおける「100 年に一回の高温」となる気温が、工業化以前の時点の気候における「100 年に一回の高温」と比べてどれくらい上昇するか（強度）を示す。

【コラム3】さくらの開花とかえでの紅葉・黄葉日の変動

気象庁では、季節の進み具合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、植物の開花や紅葉・黄葉などの観測を実施している。

中でも社会の関心の高い現象が、さくらの開花とかえでの紅葉・黄葉³⁸である。全国の観測対象地点（2025年1月1日現在、それぞれ58地点と51地点）の開花日、紅葉・黄葉日の1953年以降の経年変化を示したのが図 コラム 3.1 である。表 コラム 3.1 は主な都市のさくらの開花日の1991～2020年の30年平均値と1961～1990年の30年平均値との比較である。

図 コラム 3.1 によると、さくらの開花日は、10年当たり1.2日程度早くなっている。また、かえでの紅葉・黄葉日は、10年当たり3.1日程度遅くなっている。

さくらの開花日が早まる傾向やかえでの紅葉・黄葉日が遅くなる傾向は、これらの現象が現れる前の平均気温との相関が高く、長期的な気温上昇が影響していると考えられる。

IPCC 第6次評価報告書（IPCC, 2021）でも、京都のヤマザクラの満開日が、数百年間の歴史資料と照らし合わせてもここ数十年で早まっていることを例に挙げ、植物の生育期間に関する長期的な変化傾向があることを指摘している（詳細編コラム6）。

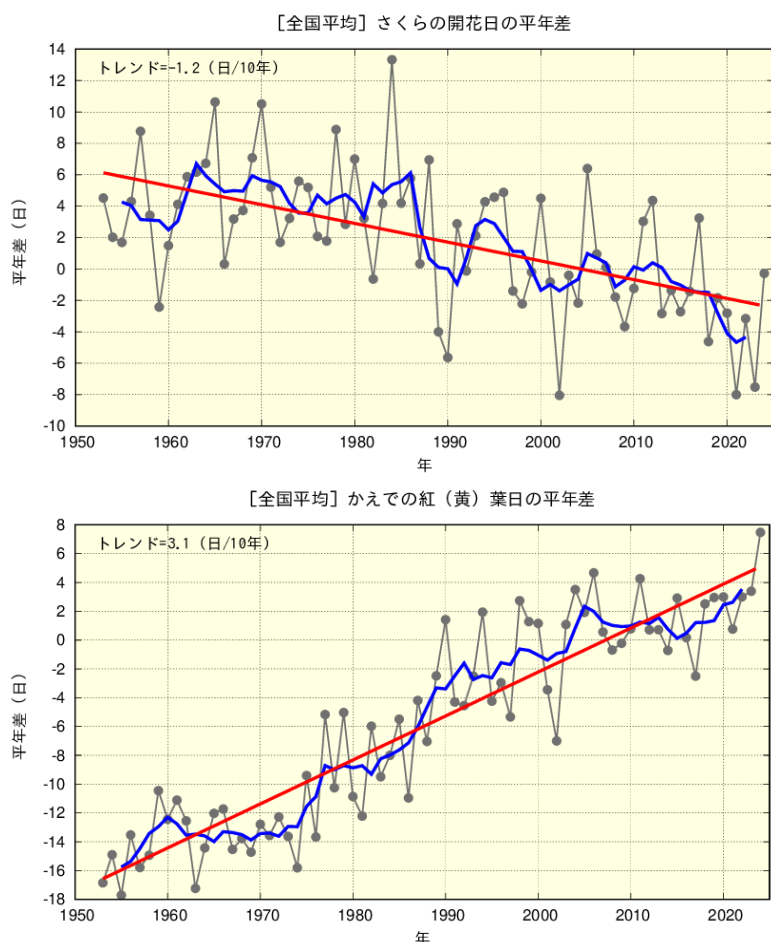


図 コラム 3.1 1953～2024年のさくらの開花日（上）と、かえでの紅葉・黄葉日（下）の経年変化
折れ線（黒）は平年差（観測地点で現象を観測した日の平年値（1991～2020年の平均値）からの差を全国平均した値）を、折れ線（青）は平年差の5年移動平均値を、直線（赤）は長期変化傾向をそれぞれ示す。

38 さくらの開花は「そめいよしの」、「えぞやまざくら」、「ひかんだくら」を対象に、かえでの紅葉・黄葉は「いろはかえで」、「やまもみじ」、「おおもみじ」（以上紅葉）、「いたやかえで」（黄葉）を対象に、観測を行っている。さくらの開花日とは、標本木（観測する対象の木）で胴咲き（枝ではなく幹や根から咲く）を含まずに5～6輪以上の花が開いた最初の日をいい、かえでの紅葉（黄葉）日とは、標本木全体を眺めたときに、大部分の葉の色が紅色（黄色）に変わり、緑色がほとんど認められなくなった最初の日をいう。

表 コラム 3.1 主な都市におけるさくらの開花日の比較

1961～1990 年の平均値と 1991～2020 年の平均値とを比較し、後者から前者を引いた日数の差を示す。

	30 年平均値 (1961～1990 年)	30 年平均値 (1991～2020 年)	差		30 年平均値 (1961～1990 年)	30 年平均値 (1991～2020 年)	差
釧路	5 月 19 日	5 月 16 日	3 日早い	大阪	4 月 1 日	3 月 27 日	5 日早い
札幌	5 月 5 日	5 月 1 日	4 日早い	広島	3 月 31 日	3 月 25 日	6 日早い
青森	4 月 27 日	4 月 22 日	5 日早い	高松	3 月 31 日	3 月 27 日	4 日早い
仙台	4 月 14 日	4 月 8 日	6 日早い	福岡	3 月 28 日	3 月 22 日	6 日早い
新潟	4 月 13 日	4 月 8 日	5 日早い	鹿児島	3 月 27 日	3 月 26 日	1 日早い
東京	3 月 29 日	3 月 24 日	5 日早い	那覇	1 月 16 日	1 月 16 日	なし
名古屋	3 月 30 日	3 月 24 日	6 日早い	石垣島	1 月 15 日	1 月 18 日	3 日遅い

5 降水

5-1. [観測結果] 日本国内の極端な大雨の発生頻度が増加している

- 日本国内の極端な大雨の発生頻度は増加し、強い雨ほど増加率が高くなっている。
- 一方で、雨の降らない日数も増加している。
- 年間の総降水量でみれば、過去約 130 年間では変化傾向は確認できない。

(1) 日本国内の極端な大雨の発生頻度や強度は増加している

- [日本] 気象庁の全国 51 の観測地点³⁹で観測された降水量のデータによれば、1901 年から 2024 年の期間、日降水量 100 mm 以上（図 5-1.1）及び 200 mm 以上（詳細編図 5.2.2(b)）の日数は、いずれも増加している。（詳細編第 5.2.1 項）
- [日本] 気象庁の全国約 1,300 地点⁴⁰のアメダス観測地点で観測された降水量のデータによれば、強い雨ほど頻度の増加率が高い。また、1 時間降水量 80 mm 以上⁴¹、3 時間降水量 150 mm 以上⁴²、日降水量 300 mm 以上⁴³といった大雨の発生頻度は、1980 年頃（1976～1985 年）と比較して、最近 10 年間（2015～2024 年）はおおむね 2 倍程度に増加している⁴⁴。（表 5-1.1、詳細編第 5.2.1 項）
- [日本] 極端な大雨の発生頻度だけではなく強度も増加する傾向にある。全国のアメダス地点のうち 1976 年から 2024 年の期間で観測を継続している地点（635 地点⁴⁵）のデータによれば、1 年で最も多くの雨が降った日の降水量（年最大日降水量）には増加傾向が現れている（図 5-1.2）。平均して 100 年に一回しか起きないような極端な大雨の強度もまた全国平均で増加している（詳細編図 5.2.7）。（詳細編第 5.2.1 項）

39 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、石垣島及び那覇。（※観測場所の移転や周囲の環境変化、測器、観測方法、統計方法の変更等を要因として観測データの均質性は損なわれうる。上記地点はこれらの影響がない地点を選定したものである。なお、降水量や大雨の変化傾向には都市化との明確な関連性は確認されていないため、観測データの均質性のみを考慮している。）

40 アメダスの地点数は気象台や測候所等の約 8 倍あり、面的に緻密な観測が行われていることから、局地的な大雨などは比較的よく捉えることが可能である。このため、全国のアメダス地点における総発生回数を利用して、地点別では発生がまれな現象の変化傾向を検証している。ただし、この解析に用いたアメダスの地点数は、1976 年当初は約 800 地点であり、2024 年は約 1300 地点となっているなど、年により地点数が異なるため、全ての年の発生回数を 1300 地点当たりの回数に換算して比較している。

41 1 時間降水量 80 mm 以上の雨は「猛烈な雨（息苦しくなるような圧迫感がある。恐怖を感じる）」と表現される。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。詳細は気象庁 HP「雨の強さと降り方」（https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/amehyo.html）を参照のこと。

42 滝のように降るイメージの 1 時間降水量 50mm 以上の「非常に激しい雨」が 3 時間降り続くような降水量である。なお、線状降水帯の発生をお知らせする「顕著な大雨に関する気象情報」を発表する際、線状降水帯の領域内の前 3 時間降水量最大値が 150mm 以上という条件が基準の一つとなっている。

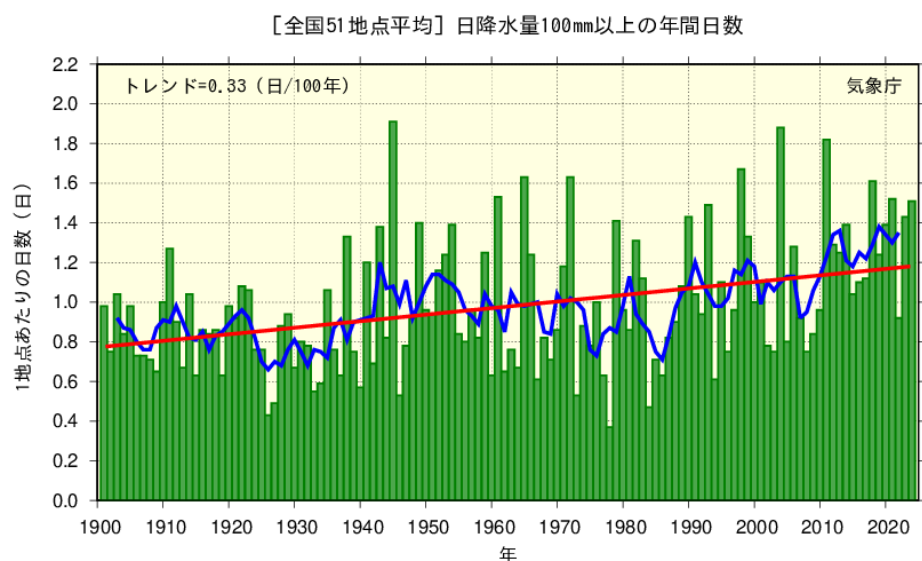
43 1875 年 6 月の統計開始以降、地上気象観測地点「東京」において日降水量 300mm 以上を記録した回数は 1 回のみである（2025 年 2 月現在）。

44 極端な大雨は全国的には増加しているが、空間的な局地性が強い現象であるため、もともと大雨の発生頻度の低い地域など変化傾向が捉えにくい地域も見られる。

45 各地点での基準値（1991～2020 年の 30 年平均値）からの比を各年において求めるため、1976～2024 年で観測が継続している地点を選出した。

(2) 地球温暖化は既に、大雨の頻度と強度の増加に影響を及ぼしている

- [日本] 平成 30 年（2018 年）7 月豪雨など近年の大雨事例のいくつかについて、地球温暖化の影響により大雨の発生確率と強度が大きくなったことがイベント・アトリビューションを用いた解析によって示されている。（詳細編コラム 8）



棒グラフ（緑）：各年の年間日数（全国 51 の観測地点による各年の年間日数の合計を有効地点数の合計で割って 1 地点当たりの年間日数に換算した値）、折れ線（青）：5 年移動平均値、直線（赤）：長期変化傾向を示す。

表 5-1.1 極端な大雨の変化（1976～2024 年）

極端な大雨の指標としている各要素の変化傾向及び統計期間の最初の 10 年間（1976～1985 年）と最近 10 年間（2015～2024 年）の変化の倍率（平均年間発生回数（日数）の比）。平均年間発生回数（日数）はアメダス 1,300 地点あたりに換算した値。これらは 1976～2024 年の観測値から算出した。

要素	変化傾向	変化の倍率 (最初の 10 年間と最近 10 年間の比)
1 時間降水量 50mm 以上	増加している	約 1.5 倍（約 226 回→約 334 回）
1 時間降水量 80mm 以上	増加している	約 1.7 倍（約 14 回→約 24 回）
1 時間降水量 100mm 以上	増加傾向が現れている	約 1.8 倍（約 2.2 回→約 4.0 回）
3 時間降水量 100mm 以上	増加している	約 1.6 倍（約 155 回→約 248 回）
3 時間降水量 150mm 以上	増加している	約 1.8 倍（約 19 回→約 33 回）
3 時間降水量 200mm 以上	増加している	約 2.0 倍（約 2.8 回→約 5.6 回）
日降水量 200mm 以上	増加傾向が現れている	約 1.5 倍（約 160 日→約 247 日）
日降水量 300mm 以上	増加している	約 1.9 倍（約 28 日→約 55 日）
日降水量 400mm 以上	増加している	約 2.1 倍（約 6.4 日→約 14 日）

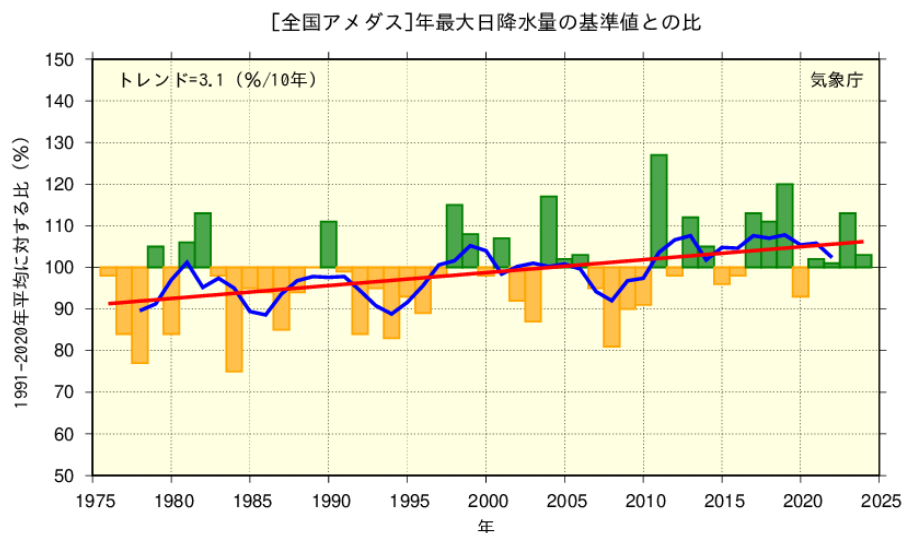


図 5-1.2 全国の年最大日降水量の基準値との比率の経年変化（1976～2024 年）

棒グラフ：観測地点ごとに基準値に対する各年の年最大日降水量の比率を算出し、それを全国平均した値（緑は年最大日降水量が基準よりも多く、橙は少ないことを示している）、折れ線（青）：5 年移動平均値、直線（赤）：長期変化傾向を示す。基準値は 1991～2020 年の平均値である。

(3) 雨の降らない日が増加している

- [日本] 前述の気象庁の全国 51 観測地点における観測によれば、1901 年から 2024 年の期間、雨の降らない日（ここでは日降水量が 1.0 mm 未満⁴⁶の日を指す）の日数は増加している。増加率は 100 年当たり 9.2 日である。（詳細編第 5.2.1 項、詳細編図 5.2.8）

(4) 日本の年降水量には、過去約 130 年間では変化傾向は確認できない

- [日本] 1898 年以降、前述の気象庁の全国 51 観測地点で観測された降水量のデータを用いて計算した日本の年降水量には変化傾向は確認できない。地方ごとに平均した年降水量にも変化傾向は確認できない。日本の年降水量について、1950 年以降の統計でも変化傾向は確認できないが、1980 年以降の統計では増加傾向が現れている。（詳細編第 5.2.1 項、詳細編図 5.2.1）
- [世界] 世界の陸域における年降水量は、1950 年以降増加している *可能性が高く*、1980 年代以降はその増加率が加速している（*確信度が中程度*）（IPCC 第 6 次評価報告書（IPCC, 2021））（詳細編第 5.1.1 項）。世界と日本の年降水量の変化傾向の違いについては、世界の降水量の変化には地域差があることなどが理由として考えられるが、統一的な見解はない。

46 日降水量 1.0mm は、気候変動監視における降水有無の判定において国際的に広く使われている基準である。国や組織、時代によって降水観測の最小単位が異なることを踏まえ（気象庁のアメダスによる降水量観測の最小単位は 2008 年 3 月 25 日まで 1.0mm であったが、2008 年 3 月 26 日以降は 0.5mm となっている）、国際的に広く長期間の均質性を保って評価できる基準として採用されていると考えられる。

【参考】雨の降り方が極端になってきているのはなぜか

日本では大雨の発生頻度が増加し強さも増す傾向にある一方、雨がほとんど降らない日も増えるなど、雨の降り方は極端になってきている。雨は大気中の水蒸気が雲の中で凝結し、それが地上に落ちてくる現象である。空気には、気温が高くなるほど飽和水蒸気量が増加する（大気中に水蒸気をより多く含むことができる）という性質がある。気温が高くなることで、大気中の水蒸気量が上限（飽和）に達しにくくなるために降水の回数が減り、その一方、一度の大雨がもたらす降水量は一般的に多くなる。気象庁の高層気象観測（国内13地点）によるデータからも、上空約1,500mの空気中に含まれる水蒸気量は増加傾向にあることが確認されている。大雨の発生頻度や強度が増えているのは、地球温暖化に伴って、このような大気の性質に基づく変化があることのほか、水蒸気量の増加によって対流現象が強化される（詳細編第5.3.3項）ことも影響していると考えられている。

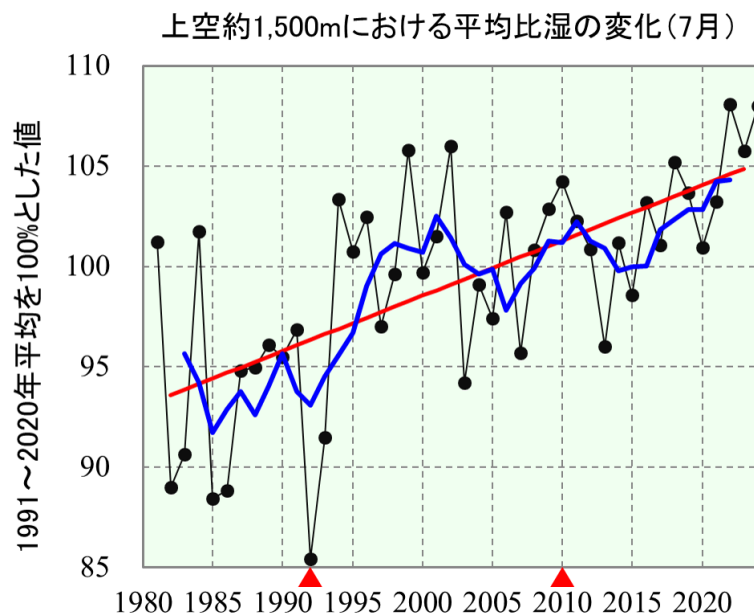


図 5-1.3 日本域の上空約 1,500m における平均比湿（空気 1 kg に含まれる水蒸気量）の基準値との比率の変化（7 月）（1981～2024 年）

折れ線（黒）：気象庁の国内 13 か所の高層気象観測地点（稚内、札幌、秋田、輪島、館野、八丈島、潮岬、福岡、鹿児島、名瀬、石垣島、南大東島、父島）ごとに基準値に対する比率（%）を算出し、それを全国平均した値、折れ線（青）：5 年移動平均値、直線（赤）：長期変化傾向を示す。基準値は 1991 年から 2020 年の平均値である。2 つの▲の時期に測器の変更有り、この間の期間の値は相対的にやや高めになっている可能性があるが、水蒸気量が増加傾向にあるという評価結果に影響を与えるほどではない。

5-2. [将来予測] 今後も雨の降り方が極端になる傾向が続くと予測される

- いずれの温室効果ガスの排出シナリオにおいても、極端な大雨の発生頻度は、全国平均では増加すると予測される（確信度が高い）。
- 世界全体の陸域における年降水量は、21 世紀にわたって増加すると予測される（確信度が高い）。一方で、将来の日本の年降水量に確かな変化傾向は見られない（確信度は中程度）。

(1) 極端な大雨の発生頻度や強度は全国平均では増加するが、雨の降らない日も増加すると予測される

- [日本] 本報告書の予測では、いずれの温室効果ガスの排出シナリオにおいても、1 日の降水量が 100 mm あるいは 200 mm 以上となる年間日数は、20 世紀末（1980～1999 年の平均）と比べ、21 世紀末（2076～2095 年の平均）には全国平均では増加すると予測される。3 時間降水量が 100 mm 以上や、1 時間降水量が 50 mm 以上の年間発生回数も、同様に全国平均では増加すると予測される。（表 5-2.1、詳細編第 5.2.2 項）
- [日本] さらに、1 年で最も多くの雨が降った日の降水量（年最大日降水量）も増加すると予測される。これは、極端な大雨の発生頻度だけではなく、強度も増すことを意味している。（表 5-2.1、詳細編第 5.2.2 項）
- [日本] 4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）では、雨の降らない日（ここでは 1 日の降水量が 1.0 mm 未満の日数⁴⁶⁾）が、20 世紀末と比べて 21 世紀末にはほぼ全国的に増加する。（表 5-2.1、詳細編第 5.2.2 項）
- [日本] このように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することから、その確信度は高い。（詳細編第 5.2.2 項）
- [日本] 極端な大雨の発生頻度や強度、雨の降らない日の増加度合いは、4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）の方が 2℃ 上昇シナリオ（RCP2.6）よりも大きい傾向にある。ただし、都道府県単位等、空間スケールのより小さな領域では、精度の高い予測は難しくなる。（詳細編第 5.2.2 項）

表 5-2.1 20 世紀末（1980～1999 年の平均）と比べた
21 世紀末（2076～2095 年の平均）の雨の降り方の変化（いずれも全国平均）

	2℃ 上昇シナリオ（RCP2.6） での予測	4℃ 上昇シナリオ （RCP8.5） での予測
1 時間降水量 50mm 以上の年間発生回数	約 1.8 倍に増加	約 3.0 倍に増加
3 時間降水量 100 mm 以上の年間発生回数	約 1.8 倍に増加	約 3.0 倍に増加
日降水量 100 mm 以上の年間日数	約 1.2 倍に増加	約 1.4 倍に増加
年最大日降水量の変化	約 12%（約 13 mm）増加	約 27%（約 28 mm）増加
日降水量が 1.0 mm 未満の日の年間日数	（明確な変化傾向なし）	約 9.1 日増加

(2) 4℃ 上昇時には、工業化以前の気候で 100 年に一回だった極端な大雨の発生頻度が約 5.3 倍に増加すると予測される³⁶

- [日本] 工業化以前の気候では 100 年に一回の発生頻度だった極端な大雨は、地球温暖化の進行に伴い、20 世紀末（1981～2010 年）には全国平均で 100 年に約 1.5 回の発生頻度まで増加したと考えられる。今後地球温暖化が更に進行した場合、世界平均地表気温が工業化以前と比べて 1.5℃ 上昇時には約 2.3 回、2℃ 上昇時には約 2.8 回、4℃ 上昇時には約 5.3 回（いずれも全国平均）まで発生頻度が増加すると予測される。（図 5-2.1、表 2.2、詳細編第 5.2.2 項）
- [日本] 100 年に一回の極端な大雨時の日降水量も、工業化以前と比べて、20 世紀末には全国平均で約 6%増加したと考えられる。地球温暖化が更に進行した場合、いずれも全国平均で 1.5℃ 上昇時には約 13%、2℃ 上昇時には約 17%、4℃ 上昇時には約 32%増加すると予測される。（図 5-2.1、表 2.2、詳細編第 5.2.2 項）
- [日本] 地球温暖化の進行に伴い、こうした極端な大雨を引き起こすことがある線状降水帯⁴⁷の発生頻度及び強度がともに増加すると指摘する研究もある。ただし、地球温暖化に伴う線状降水帯の変化に関する知見はまだ十分ではなく、更なる研究が必要である。（詳細編第 5.2.2 項）

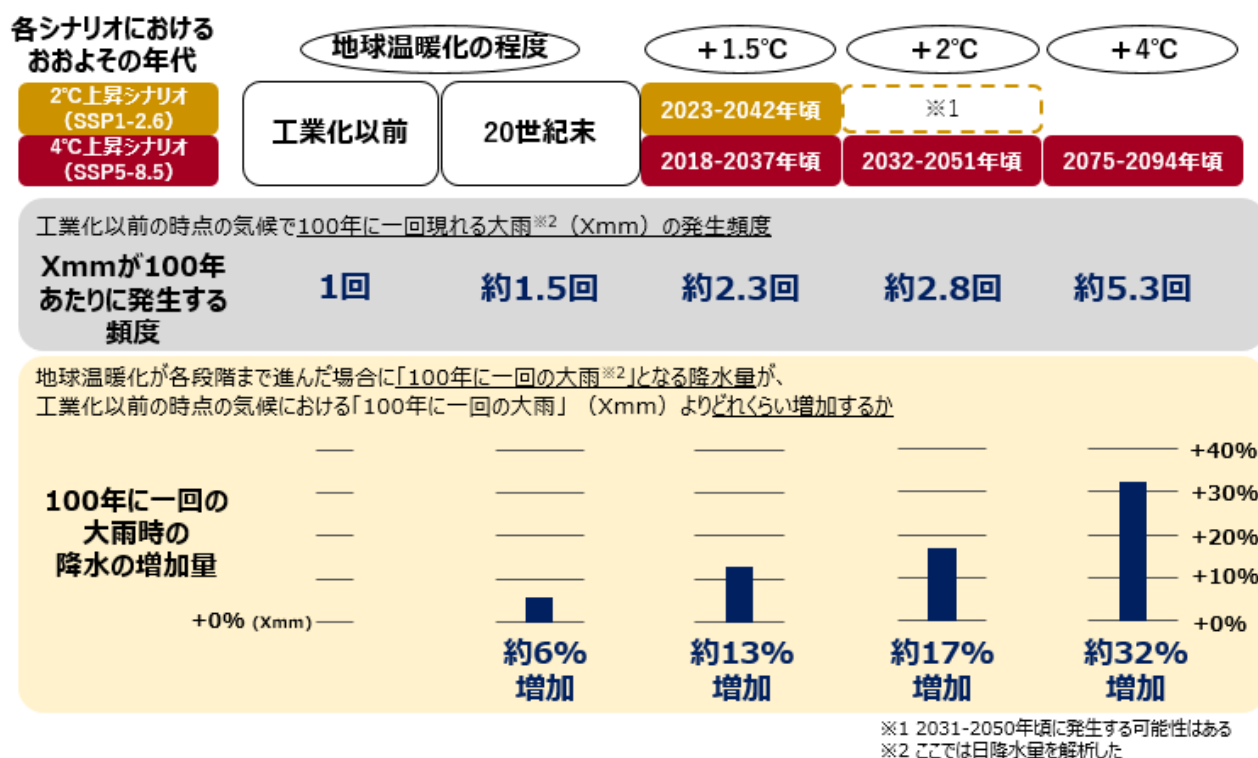


図 5-2.1 100 年に一回の極端な大雨の発生頻度と強度の変化

上段は、2℃ 上昇シナリオ（SSP1-2.6）及び 4℃ 上昇シナリオ（SSP5-8.5）において各々の地球温暖化レベルが見込まれるおおよその年代を示す。中段（灰色枠）は、工業化以前の時点の気候で 100 年に一回現れる極端な大雨（ここでは年最大日降水量から計算）が、20 世紀末（1981 年～2010 年）及び各々の地球温暖化レベル（1.5℃、2℃、4℃ 上昇時）でどれくらい発生しやすくなるかを示す。下段（薄橙色枠）は、20 世紀末及び各々の地球温暖化レベルにおける「100 年に一回の大雨」となる降水量が、工業化以前の時点の気候における「100 年に一回の大雨」と比べてどれくらい増加するか（強度）を示す。

47 気象庁が「顕著な大雨に関する気象情報」の発表基準として定義しているものとは異なる。当該研究での定義については https://www.mri-jma.go.jp/Topics/R05/050919/press_release050919.pdf（用語説明 4）を参照のこと。

(3) 将来の日本の年降水量の予測には確かな変化傾向は見られない（確信度は中程度）

- [世界] 世界全体の陸域における年降水量は、21 世紀にわたって増加すると予測される（確信度が高い）。（IPCC 第 6 次評価報告書（IPCC, 2021）、詳細編第 5.1.2 項）
- [日本] 21 世紀末における日本の年降水量は、本報告書の予測では、いずれの温室効果ガスの排出シナリオにおいても、20 世紀末と比べて確かな変化傾向は見られない（全国平均）。CMIP5 及び CMIP6¹¹ のモデルでも、年降水量が増加する予測と減少する予測があり、確かな変化傾向があるとは言えない。（詳細編第 5.2.2 項）

(4) 初夏（6 月）の梅雨降水帯は強まると予測される

- [日本] 気温上昇により大気中の水蒸気が増加することに関連し、初夏（6 月）の梅雨前線に伴う降水帯（梅雨降水帯）は強まると予測される（確信度は中程度）。（詳細編第 5.1.2 項、第 5.3.2 項）
- [日本] 梅雨降水帯の季節的な北上や弱化のタイミングに関する予測は不確定な要素が多い。（詳細編第 5.3.2 項）

【参考】雨の将来予測は難しい

雨や雪といった「降水」は、大気中の水蒸気が雲の中で凝結し、それが地上に落ちてくる現象である。そのため、地球温暖化による降水の変化を予測するには、①降水の材料となる大気中の水蒸気量の変化と、②雲を作って降水をもたらす大気の流れなどの変化、との双方を予測しなければならない。

上記①は気温が高くなるほど水蒸気を多く含むことができるという性質があるため、②の影響が十分小さいと仮定すれば、地球温暖化によって一度の雨で降る量は増えるとある程度は予測できる。一方、②については、対象とする空間が狭ければ狭いほど現時点では不確定な要素が多く、将来予測が難しい。

例えば、数時間といった短い間に大雨をもたらすような発達した積乱雲ができるメカニズムは、地球温暖化が進行した状況でも大きくは変わらないと考えられている。日単位等の長い時間スケールの大雨については、地域別には台風などの影響を受ける場合があるものの、全国的に見れば①の影響のほうが大きいと考えられる。このため、大雨の発生頻度や強度は①に対応するものとして、ある程度の予測ができる。

一方で、季節や年などの長い期間での平均降水量の変化は、①に加えて②の影響を大きく受ける。例えば、降水をもたらす低気圧の経路や前線の位置は、地球温暖化の進行に伴う大気の流れに応じて変化する（詳細編第 13 章参照）。また、山地の風上側では雲を発達させる上昇気流が起きやすいために雨量が多くなるなど、地形も複雑に影響する。大雨の発生頻度や強度の予測に比べて、平均降水量の予測が難しい背景にはこうした理由がある。

【コラム 4】XX 年に一回の現象とは

極端な大雨や高温、低温等の極端な気象現象（以下「極端現象」と表記。）について、その現象の「まれさ」又は「異常さ」（起こりにくさ）を表現する方法として、「XX 年に一回の現象」などの確率的な表現がしばしば用いられる。特に極端現象が発生した際にメディア等でも多用され、広く知れ渡った表現と考えられる一方、その意味は正しく理解されていない場合も多い。

「XX 年に一回の現象」のように、ある現象が長い期間を平均した場合に何年に一回発生するか、すなわち次は何年後に発生するかを"平均"を表す数値は「再現期間」と呼ばれる。例えば「100 年に一回の現象（再現期間 100 年の現象）」とは、平均的に「その現象が 100 年に一回の確率で発生する」「その現象の 1 年間の発生確率は 100 分の 1 である」ということを意味する。このため、以下のような点に注意が必要である。

「100 年に一回の現象」は、

- 100 年に一回必ず発生するものという意味ではなく、過去 100 年間で実際に一回発生したというわけでもない。
- 100 年に二回以上発生する場合もあれば、全く発生しない場合もありうる。
- 発生に周期性があるわけではない。
- ある年に 100 年に一回の現象が発生した場合、その翌年に同様の現象が発生しないとは言えない。

ある極端現象が何年に一回の現象なのかを推定する際、観測データのように限られた年数のデータしかない場合は、極値統計（ある事象の極値（最大値や最小値等）の統計的な性質を扱う理論）による統計的手法が用いられる。日田（大分県）の日降水量でみた 100 年に一回の大雨を例に考えてみる。「XX 年に一回の現象」といった極端現象を調べる場合、毎日の日降水量のデータは必要なく、年間の最大・最小値といった極値、又は一定の値以上のデータを用いる。ここでは本報告書の解析で使用した極値を用いた推定方法を示す。日田の日降水量の年最大値（年最大日降水量）データを横軸に、出現頻度を縦軸に整理すると、年最大日降水量の頻度分布が得られる（図 コラム 4.1）。分布の右側に行くほど極端な大雨の事例ということになる。日田の年最大日降水量データは 1943 年から 2023 年の 81 年分しかないが、極値統計の理論によれば、このような極値データは、一定の条件を満たしている場合、そのデータ数が多くなれば極値分布と呼ばれる分布に近づくことが知られている。この性質を踏まえ、利用可能な 81 個のデータに最も合う極値分布を数学的に求めることで、もっともらしい極値分布を推定し、その分布の上位 1% の値を計算することにより、日田において平均的に 1% の確率で発生する、つまり 100 年に一回の日降水量の値を推定することができる。逆に、ある日降水量が日田において何年に一回の現象であるかも推定することが可能である。ただし、あくまで有限の観測データを元にした様々な仮定の下での推定であり、誤差が含まれる点には留意が必要である。

以上のように推定した XX 年に一回といった極端現象のうち、極端な高温や大雨等は、地球温暖化の進行に伴ってその発生頻度、強度ともに増加することが予測されている。その様子を、高温を例に模式的に示したものが図 コラム 4.2 である。横軸に気温、縦軸に発生確率を取って両者の関係をプロットすると、気温の高い（極端な高温）現象ほど発生確率が低い傾向が示される。青線が工業化以前の気候における気温と発生確率の関係性、赤線が地球温暖化の進行した気候での関係性を示しており、地球温暖化が進行するにつれてグラフが右上にずれていく。これにより、ある気温の発生確率は縦の矢印で示されるように、工業化以前と比べて増加するとともに（発生頻度の増加）、

ある発生確率の気温も、横の矢印で示されるように工業化以前と比べて高くなる（強度の増加）。日本における 100 年に一回の極端な高温、大雨の発生頻度と強度の変化については、本編 4-2(3)、5-1(1)、5-2(2)に記載している。より詳細は、詳細編第 4.2.2 項(3)、第 5.2.1 項(2)と第 5.2.2 項(3)を参照していただきたい。

また、極端現象の確率的表現については、詳細編コラム 7 により詳しい解説がある。

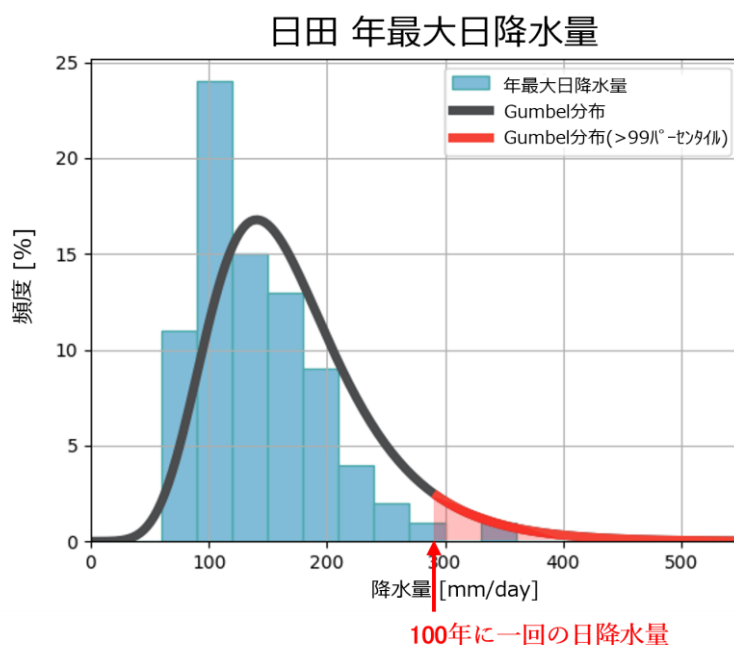


図 コラム 4.1 日田（大分県）における年最大日降水量の頻度分布

1943 年～2023 年の年最大日降水量の頻度分布（水色の棒グラフ）と、それに適合させた極値分布（Gumbel 分布、曲線）。縦軸は出現頻度（%）を、横軸は日降水量（mm）を示す。極値分布のうち赤線部分は、横軸との間の面積（赤色部分の面積）が極値分布全体の面積の 1%であることを示す。つまり、黒線と赤線の境目が極値分布の上位 1%の場所を示しており、これに対応する日降水量が日田における 100 年に一回の大雨（日降水量）と推定できる。

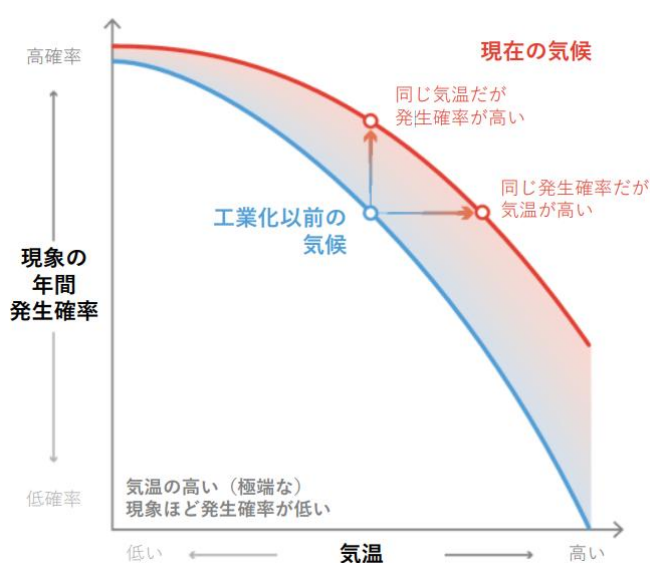


図 コラム 4.2 極端現象の頻度と強度の変化

工業化以前の気候（青色）及び現在の気候（赤色）との間で極端現象がどのように異なるかの例（図は高温の例である）。横軸は気温を示し、縦軸は各気温の現象が発生する確率を示す。（IPCC 第 6 次評価報告書（IPCC, 2021）FAQ11.3, Figure 1 を和訳・転載。）

【コラム 5】水災害への対策と気候変動

我が国は、その位置、地形、地質、気象などの自然的条件から、水災害が発生しやすい国土となっている。このため、我が国では堤防やダムなどの防災施設を整備し、これに備えてきた。しかし、地球温暖化の進行に伴い、大雨や極端な降水現象の発生頻度と強度が増大することが予測されており、これまでに想定していなかった頻度や規模で災害が発生する懸念も高まっている。

本コラムでは、洪水及び土砂災害について、また、湛水被害の一例として農地への湛水被害について、現状及び気候変動を踏まえた計画を概観する。詳細については、詳細編コラム 9「洪水への取り組み」、詳細編コラム 10「土砂災害への取り組み」及び文末に示す参考資料をご確認いただきたい。

洪水

近年、平成 30（2018）年 7 月豪雨（西日本豪雨）、令和元（2019）年東日本台風、令和 2（2020）年 7 月豪雨（熊本豪雨）など、大きな被害をもたらす豪雨災害が頻発している。いくつかの事例では、イベント・アトリビューション（詳細編コラム 8 参照）を用いた解析によって、地球温暖化の影響によって各期間内の総降水量が増加していたことが評価されている。地球温暖化は、既に大雨の頻度と強度の増加に影響を及ぼしているのである（第 5 章参照）。

地球温暖化の進行に伴って、今後も極端な降水現象の発生頻度や強度が増加することが予測されている。しかし、これまでの治水計画において整備の長期的な目標とする降雨量は、過去の実績に基づいた年超過確率⁴⁸で評価して定められており、その発生する確率は一級河川では 1/100～1/200 と設定されている。しかし、気候変動による降雨量の増加等により、従前の治水計画に基づく整備を終えたとしても、目標とする安全度が確保できなくなる可能性がある。そこで、国土交通省により「気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会」が設置された。

同検討会では、「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース（d4PDF）」¹⁶をもとに平均気温が 2℃ 上昇した場合には、21 世紀末には 20 世紀末と比べて、全国の一級水系で治水計画の対象とする降雨量の変化倍率が約 1.1 倍、洪水の流量の平均値は約 1.2 倍になり、洪水の発生頻度の平均値は約 2 倍になると試算されている。こうした試算を踏まえ、2019 年 10 月に提言が公表（2021 年 4 月に改訂）され、2℃ 上昇シナリオを外力設定の基本として、1.1 倍の降雨量変化倍率を予め見込んだ形で気候変動を踏まえた治水計画の見直しを進めていく方向性が示された。

さらに、「特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律の施行に伴う関係政令の整備等に関する政令」及び「特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律」（令和 3 年法律第 31 号）の施行通知⁴⁹が 2021 年 11 月 1 日に発出され、河川整備基本方針及び河川整備計画の作成に当たっては、「現在及び将来の気象の状況」を考慮事項とするとされたことから、現在、個別水系について気候変動を踏まえた河川整備基本方針や河川整備計画の見直しが進められている。例えば、国土交通省は、2021 年度より、気候変動による降雨量の増加を踏まえた、河川整備基本方針や河川整備計画の見直しを進めている。また、地方公共団体においても、和歌山県の周参見川（2023 年 3 月）や大分県の安岐川（2023 年 8 月）で、気候変動による降雨量の増加を考慮した河川整備基本方針を策定するなど、対応が進められている。

上述の気候変動を踏まえた治水計画の見直しに加えて、地球温暖化の適応策としても重要となる

48 年超過確率 1/100 とは、「毎年、1 年間にその規模を超える降雨の発生する確率が 1/100 である」ということ。

49 https://www.mlit.go.jp/river/kasen/ryuiki_hoan/pdf/r306/shiryo12.pdf

新たな治水の方針として、堤防整備、ダム建設・再生などの対策をより一層加速するとともに、集水域から氾濫域にわたる流域のあらゆる関係者で総合的かつ多層的に水災害対策を推進する「流域治水」が進んでいる。また、氾濫する頻度が相対的に高くなりがちな、支川や都道府県が管理する中小河川についても、様々な規模の降水に対する洪水のピーク流量を推定する技術開発が進んでいる。詳しくは、詳細編コラム9「洪水への取り組み」を参照いただきたい。

(参考) 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会：

https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/chisui_kentoukai/

土砂災害

土砂災害とは、斜面が崩れるなどの土砂移動現象のうち、人家や道路などに影響を及ぼした土砂移動のことを示し、大きく土石流、地すべり及びがけ崩れに分類される。大雨に伴って発生する土砂災害は、土壌中の土粒子の隙間を満たす水の圧力の上昇によって表層土が不安定化して崩れることを起因としている場合が多い。このため、これまでに降った雨で土壌中の水分量が増加しているところに強い雨が降った場合に発生しやすく、集中豪雨や局地的大雨が発生した時は、土砂災害の危険性が高まる。

土砂災害発生件数の中長期的な傾向は、1982 年からと直近の 2013 年からの各 10 年間の発生件数を比較すると約 30 年間で約 1.6 倍に増加しており、同期間の 1 時間降水量 50 mm 以上の年間発生件数も増加している（詳細編コラム 10 参照）。これらの関係から、地球温暖化の進行に伴って極端な降水現象の発生頻度や強度が増加することにより、土砂災害発生件数が増加している可能性がある。

しかし、土砂移動現象については未だ未解明な部分が多く、気候変動による影響を適切に把握し適応策を検討するためには技術的な課題が多く残っている。また、土砂災害の将来予測が難しい理由は複数ある⁵⁰が、その一つとして、地球温暖化の進行に伴う非常に細かい地域スケールでの雨の降り方の特性変化の予測が難しい点が挙げられる。降水をもたらず低気圧の経路や前線の位置が変化するとともに、それに伴う降水量の変化は地形の影響を複雑に受ける（第 5 章参照）。降雨特性の変化によって、地域が過去に経験したことのないタイプの土砂災害の発生や、発生頻度が極めて低かったタイプの土砂災害の頻発化等も起こりうる。今後、気候変動に伴う土砂災害対策の方向性を検討するためには、土砂災害を引き起こす雨の降り方が地域ごとにどう変わるのか、それを受けて顕在化若しくは頻発化する土砂移動現象は何か、を評価する必要がある。

国土交通省では、気候変動により土砂災害の頻度や形態がどのように変わり、どのように対応していくかについて、有識者による「気候変動を踏まえた砂防技術検討会」を設置し検討を進めている。可能なものから社会実装を進め、ハード・ソフト両面から気候変動を踏まえた土砂災害に対する適応策に適宜反映させていく予定である。

(参考) 気候変動を踏まえた砂防技術検討会：

https://www.mlit.go.jp/river/sabo/committee_kikohendo.html

50 本コラムで記載したもののほかに、地質構造、土の厚さ、森林の根系による崩壊防止機能の影響も重要であり、それらの非常に詳細な情報の把握が難しい点も理由として挙げられる。

農地への湛水被害

湛水とは、地面や建築物などの特定の区域に水がたまることを指す。ここでは気候変動を踏まえた検討事例として、農地への湛水被害に対する取り組みを取り上げる。

農村地域においては、大雨による農地への湛水被害を防止するため、農林水産省や都道府県等が排水機場や排水路等の施設を整備している。2021 年 10 月の改定において「農林水産省気候変動適応計画」では、新たな科学的知見を踏まえた中長期的な影響の予測・評価手法を確立し、将来予測に基づく施設整備を行う根拠を明確にした上で、今後の施設整備のあり方を検討することが位置付けられ、2024 年 5 月に改正された「食料・農業・農村基本法」では、「気候の変動その他の要因による災害の防止又は軽減を図ることにより農業生産活動が継続的に行われるようにする」こと等が新たに位置付けられた。

このような状況を踏まえ、農林水産省では、2025 年度からの新たな取り組みとして、排水事業において将来の降雨予測に基づく計画策定手法を取り入れることにより気候変動を踏まえた排水計画を策定していく方針としている。併せて、水田や農業用ダムなどの農地・農業水利施設を活用した流域の防災・減災の推進（「流域治水」の取り組み）も進めることとしている。

（参考）食料・農業・農村政策審議会農業農村振興整備部会技術小委員会：

<https://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/nousin/index.html#gijutushouinnkai>

6 雪

6-1. [観測結果] 日本国内の雪には減少傾向が現れている

- 1962 年以降、日本海側の各地域では年最深積雪に減少傾向が現れている。
- 1 日に 20 cm 以上の降雪が観測されるような大雪の日数にも減少傾向が現れている。

(1) 日本海側の各地域では年最深積雪に減少傾向が現れている

- [日本] 気象庁の日本海側の観測地点（表 6-1.1 参照）⁵¹で観測された 1962 年以降の積雪のデータによると、地域ごとに平均した年最深積雪（一冬で最も多く雪が積もった深さ）には減少傾向が現れている。（図 6-1.1、詳細編第 6.2.1 項）
- [日本] 気象庁のアメダス観測地点を用いて 1982 年以降の約 40 年間に観測された年最深積雪の変化をみると、日本全域の標高の高い地点においては、期間を通じた変化傾向は確認できない。（詳細編第 6.2.1 項、詳細編図 6.2.3）
- [日本] ただし、年最深積雪は年ごとの変動が大きく、それに対して観測期間は比較的短いことから、特に長期変化傾向を捉えるのが難しい。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。（詳細編第 6.2.1 項）
- [日本] 年最深積雪は長期的に減少傾向が現れている地域があるものの、近年は一時的な大雪によって、2018 年 1 月や同年 2 月、また 2020 年 12 月の大雪事例を始めとする社会的影響の大きい事例も引き続き発生している。一部の事例では地球温暖化の影響で降雪量が増大したことがイベント・アトリビューションによる解析で示されている。（詳細編第 6.2.1 項）

(2) 日本海側の各地域では大雪⁵²の頻度も減少傾向が現れている

- [日本] 気象庁の日本海側の観測地点（表 6-1.1 参照）における観測データによれば、北日本の日本海側には変化傾向は確認できないが、東日本の日本海側と西日本の日本海側では 1 日の降雪量が 20 cm 以上となった年間日数は減少している。また、東日本の日本海側では、1 日の降雪量が 50 cm 以上となった年間日数にも減少傾向が現れている。（図 6-1.2、詳細編第 6.2.1 項、詳細編図 6.2.4）
- [日本] 気象庁のアメダス観測地点を用いると、日本全域の標高の高い地点においても、1984 年以降の約 40 年間で日降雪量 20 cm 以上の日数には減少傾向が現れている。また、日降雪量 50 cm 以上の日数には期間を通じた変化傾向は確認できない。（詳細編第 6.2.1 項、詳細編図 6.2.5）
- [日本] 上記の大雪よりも極端な大雪の長期的な変化傾向については、現状において適切な評価は困難である。現状で利用可能な観測データの統計期間は比較的短いため、適切に評価するためには更なるデータの蓄積が必要である。（詳細編第 6.2.1 項）

51 表 6-1.1 の観測地点は、長期的な変化傾向を捉えるため、観測データが長期間存在し、もともとの降雪の発生頻度が高い日本海側の地点のみである。一方、後述するアメダス観測地点は地点数が多く、標高の高い地域にも配置されているため、日本全域の標高の高い地点（標高 300m 以上の地点）での変化傾向の検証に用いた（詳細編図 6.2.2）。ただし、観測期間が短く、変化傾向を確実に捉えるためには更なるデータの蓄積が必要である。

52 ここでは大雪の指標として、1 日に 20cm あるいは 50cm の降雪量となった日数を示す。一方、気象庁の予報用語においては「大雪注意報基準以上の雪」、季節予報及び天候情報においては「数日以上にわたる降雪により、社会的に大きな影響をもたらすおそれのある雪」を大雪としており、本指標とは異なる使い方であることに留意すること。

表 6-1.1 日本海側各地域の観測地点

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

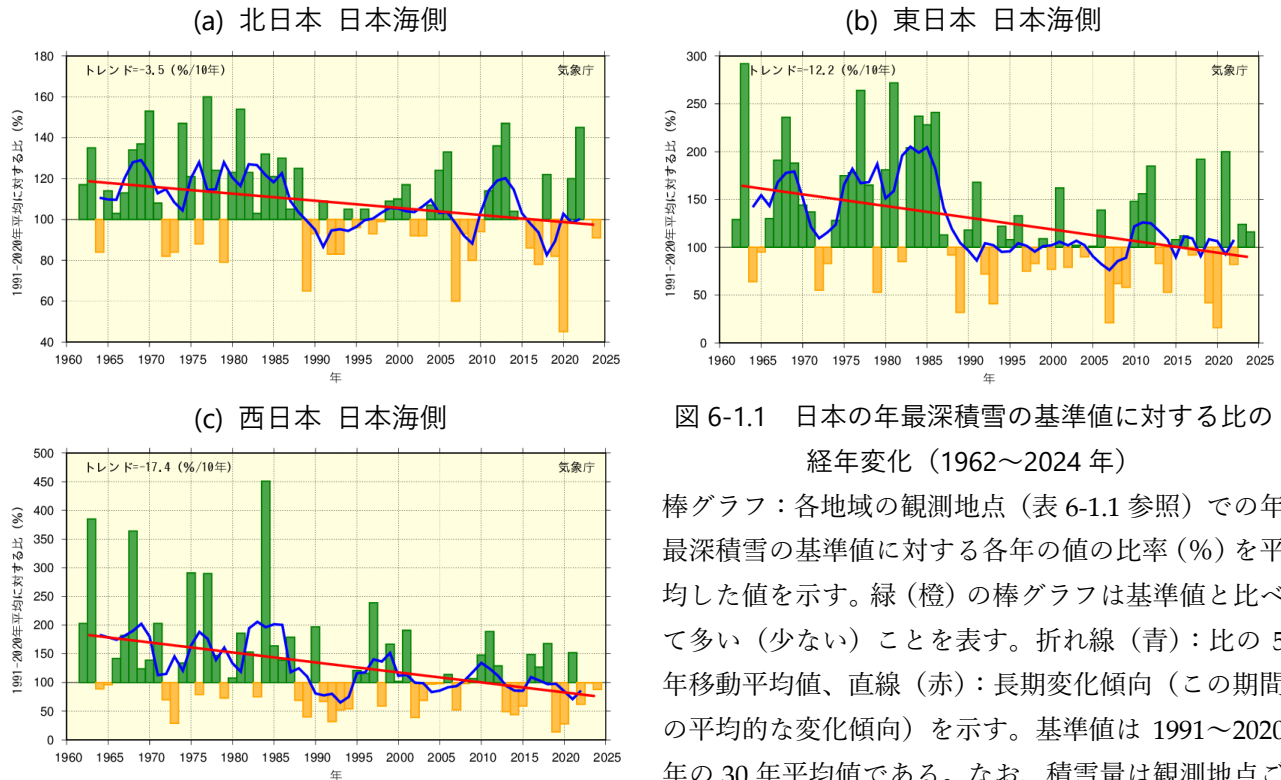


図 6-1.1 日本の年最深積雪の基準値に対する比の経年変化（1962～2024 年）

棒グラフ：各地域の観測地点（表 6-1.1 参照）での年最深積雪の基準値に対する各年の値の比率（%）を平均した値を示す。緑（橙）の棒グラフは基準値と比べて多い（少ない）ことを表す。折れ線（青）：比の 5 年移動平均値、直線（赤）：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 1991～2020 年の 30 年平均値である。なお、積雪量は観測地点ごとの差が大きいため、それぞれの地域において基準値に対する差ではなく比を平均している。各地域の具体的な範囲は詳細編図 1.4.5 を参照のこと。

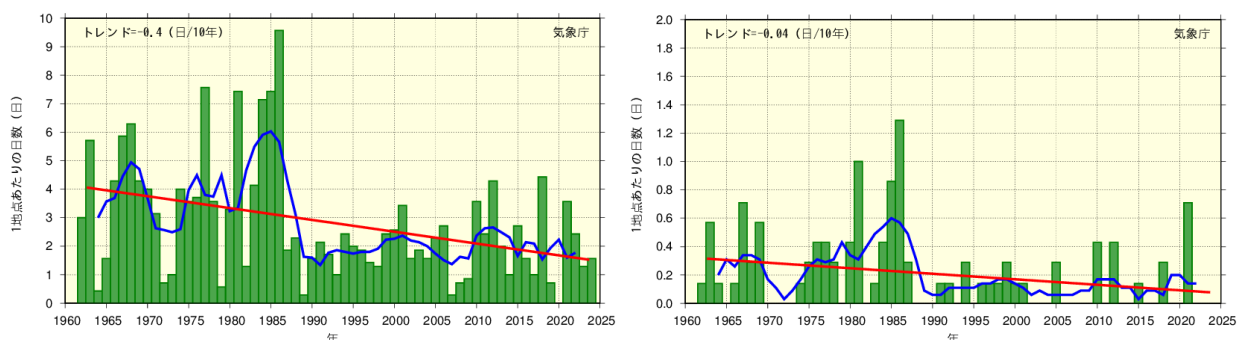


図 6-1.2 東日本日本海側における日降雪量 20 cm 以上、50 cm 以上の年間日数の経年変化（1962～2024 年）

東日本日本海側について、左が日降雪量 20 cm 以上、右が日降雪量 50 cm 以上の日数を示す。棒グラフ：東日本日本海側の観測地点（表 6-1.1 参照）での各年の日数を平均した値（1 地点当たりの日数）、折れ線（青）：5 年移動平均値、直線（赤）：長期変化傾向（この期間の平均的な変化傾向）を示す。

6-2. [将来予測] 降雪・積雪量は減少すると予測される

- 4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）では、年間の降雪・積雪量は全国的に減少すると予測される（確信度が高い）。
- 平均的な降雪量が減少したとしても、本州の山間部等の一部地域では、極端な大雪時の降雪量が増加する可能性はある（確信度は中程度）。

(1) 4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）では、年間の降雪・積雪量は全国的に減少すると予測される

- [日本] 2℃ 上昇シナリオ（RCP2.6）では、21 世紀末（2076～2095 年の平均）における年最深積雪や降雪量は、20 世紀末（1980～1999 年の平均）と比べて本州以南の地域で減少する。（全国平均でいずれも 30%程度）一方、北海道における将来変化は小さく、予測が難しい。4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）では、全国的に減少し、減少量はいずれも全国平均で 60%程度である。（図 6-2.1、詳細編第 6.2.2 項）
- [日本] この減少傾向は、気温の上昇に伴い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。（詳細編第 6.2.2 項）
- [日本] 4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）では、現在と比べて雪が降る期間が短くなる（始期が遅れ、終期が早まる）ことが予測される（詳細編図 6.2.12）。気温の上昇に伴い雪が雨に変わることを反映した結果と考えられ、確信度は高い。（2℃ 上昇シナリオ（RCP2.6）では、変化は明瞭ではない。）（詳細編第 6.2.2 項）
- [日本] より狭い地域に着目すると、北海道内陸部や 2℃ 上昇シナリオ（RCP2.6）での本州の山間部など、厳冬期（1 月及び 2 月）の降雪量が増加すると予測される地域もあるが、狭い範囲での降水量の予測は不確定な要素が多いことから、この予測の確信度は低い。（詳細編第 6.2.2 項）

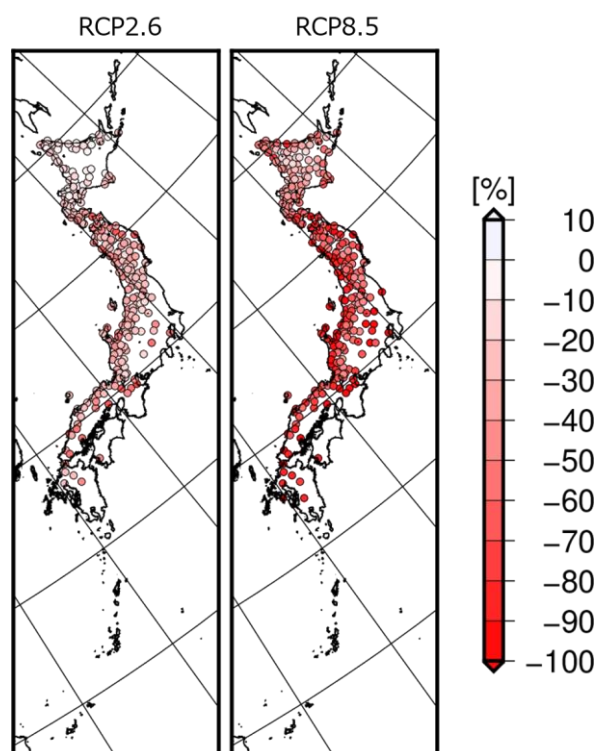


図 6-2.1 年最深積雪の将来変化（%）

左が 2℃ 上昇シナリオ（RCP2.6）、右が 4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）による予測結果である。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。不確定な要素により予測が難しい地点は表示していない。

(2) 一部地域では、極端な大雪時の降雪量が増加する可能性はある

- [日本] 1 年や 10 年に一回といった、低頻度で発生する極端な大雪時の降雪量は、本州の山間部等の一部地域では、むしろ増加するという予測を示す研究事例が複数報告されている（その背景要因は下記【参考】を参照）。（詳細編第 6.2.2 項）
- [日本] ただし、低頻度でしか発生しない現象であるために観測データに基づく評価は難しいことから、この予測の確信度は中程度である。（詳細編第 6.2.2 項）

【参考】なぜ大雪のリスクは残るのか

地球温暖化と降雪の関係を考える時には、次の 3 点を考慮する必要がある。それは、①気温が上昇しても 0℃ 以下であれば雨ではなく雪として降ること、②気温が上がるほど空気中に含まれる水蒸気量は増えること、③地球温暖化が進行すると日本海の海面水温も上がるため、寒気の吹き出しの際によりたくさんの水蒸気が大気へ供給されること、である。日本海側で大雪が降るのは、強い寒気の吹き出しがあったときや、冬の季節風が大陸側で白頭山（朝鮮半島北部）などの山を迂回したのち日本海で合流する、「日本海寒帯気団収束帯（JPCZ）」が発生したとき等である。このとき、地球温暖化が進行した状況では、よりたくさんの水蒸気が日本海から大気へ供給されるとともに（③）、大気も、より多くの水蒸気を蓄えることができる（②）。したがって、沿岸域など気温が 0℃ を超えている地域では大雨が降るが、気温が低い内陸部や山地では大雪として降ることになるのである（①）。

7 熱帯低気圧（台風など）

7-1. [観測結果] 猛烈な台風が増加しているとの研究結果もあるが、十分に評価できていない

- 1980 年代半ば以降、猛烈な台風⁵³の発生数は増加している（確信度が中程度）。しかし、その発生数の増加については十分な評価はできていない。
- 台風の発生数、日本への接近数に長期的な変化傾向は確認できない。
- 日本付近の台風は、強度が最大となる緯度が北に移動している。

(1) IPCC 第 6 次評価報告書では、1980 年代半ば以降、猛烈な台風⁵³の発生数が増加している（確信度は中程度）と評価している。しかし、「確信度は中程度」とされているように、その傾向はまだ十分には評価できていない。

- [北西太平洋] 北西太平洋では、1980 年代半ば以降、カテゴリ 4～5 の熱帯低気圧（おおむね「猛烈な台風」に相当する。詳しくは【参考】を参照⁵⁴）の発生数が増加していると評価されている（確信度が中程度）（IPCC 第 6 次評価報告書（IPCC, 2021））。（詳細編第 7.2.1 項）
- [世界] 熱帯低気圧は、世界全体でみても、気温などの気象要素と比べてデータ数が少なく、年々変動が大きいため、その変化傾向は捉えるのが難しい。北西太平洋における熱帯低気圧となると、更にデータ数が少なく、その発生数に関する変化は、着目する熱帯低気圧の強度、期間、解析手法の違い、元となるデータセットの違いによって異なる評価結果となる場合があり、議論の余地がある。引き続き、より長期かつ質の高い観測データに基づく研究成果の更なる蓄積を待つ必要がある。（詳細編第 7.2.1 項）

(2) 1951 年以降、台風の発生数、日本への接近数に長期的な変化傾向は確認できない

- [日本] 気象庁が解析した 1951 年以降の台風の発生数、日本への接近数には変化傾向は確認できない。（図 7-1.1、詳細編第 7.2.1 項）
- [日本] ただし、最近 40 年（1980 年～2019 年）で見ると、日本の太平洋側に接近する台風の数についての研究においては、期間の後半 20 年の東京への接近数が前半 20 年の約 1.5 倍になっている。（詳細編第 7.2.1 項、詳細編図 7.2.2）

(3) 日本付近の台風は、強度が最大となる緯度が北に移動している

- [北西太平洋] 北西太平洋の熱帯低気圧はその強度が最大になる位置について、緯度がより北へ移動している可能性が非常に高い（IPCC 第 6 次評価報告書）。（詳細編第 7.2.1 項、詳細編図 7.2.3）

53 熱帯低気圧のうち、北西太平洋又は南シナ海に存在し、低気圧域内の最大風速（10 分間の平均風速）がおおよそ 17m/s 以上のものを「台風」と呼ぶ。IPCC 第 6 次評価報告書においては、「北西太平洋では、1980 年代半ば以降、強度が強い熱帯低気圧の発生数が増加している（確信度が中程度）」と評価しているが、本報告書では、北西太平洋又は南シナ海に存在する熱帯低気圧については、より日本に馴染みの深い「台風」という表現で記載する場合がある。ただし、この評価における熱帯低気圧は、表 7-1.1 のカテゴリ 4～5 の熱帯低気圧（おおむね「猛烈な台風」（10 分間の平均風速 54 m/s 以上）に相当）を対象としていることに注意が必要である。

54 【参考】におけるカテゴリ 1 から 5 の分類は気象庁では採用していない。

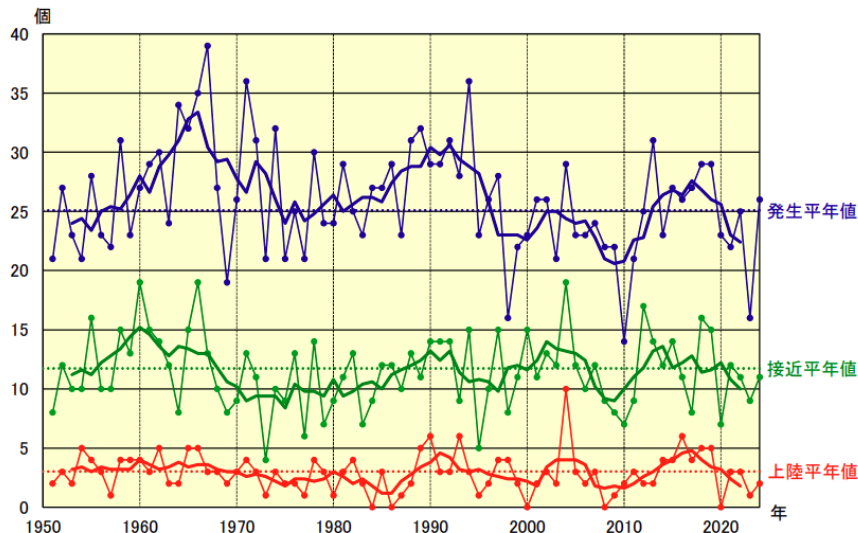


図 7-1.1 台風の発生数・接近数・上陸数の経年変化（1951～2024 年）

細実線で結ばれた点は各年の数、太実線は 5 年移動平均、破線は平年値（1991～2020 年の平均値）を示す。

【参考】熱帯低気圧の強さを表す階級

熱帯低気圧は風速によって分類される。世界で用いられているシンプソン・スケールでは、1 分間の平均最大風速により、熱帯低気圧をカテゴリー1 から 5 に分類している（最も強いカテゴリーが 5）。一方、気象庁では 10 分間平均風速を指標として台風の階級を定義している。両者を比較したものが表 7-1.1 である。

表 7-1.1 熱帯低気圧のカテゴリー及び台風の階級の対応関係

10分間平均 最大風速 (m/s)	気象庁	シンプソン・ スケール ※1	10分間平均 最大風速 (m/s) 換算値※2	1分間平均 最大風速 (m/s)
(強い) ↑			(強い) ↑	
54	「猛烈な」台風	カテゴリー5	(約 62)	約 70
		カテゴリー4	(約 51)	約 58
44	「非常に強い」台風	カテゴリー3	(約 43)	約 49
		カテゴリー2	(約 38)	約 43
33	「強い」台風	カテゴリー1	(約 29)	約 33
	台風			
17	熱帯低気圧※3	熱帯低気圧※3		
強度 ↑		強度 ↑		

※1 米国海洋大気庁国立ハリケーンセンターホームページを基に作成した。ノットを単位とした指標を基に、ノットに 0.514 を乗じて“m/s”の単位へ換算している。<https://www.nhc.noaa.gov/aboutsshws.php>

※2 シンプソン・スケールにおける 10 分間平均風速は、1 分間平均風速に係数 0.88 を乗じて換算している。

※3 本報告書での「熱帯低気圧」は、熱帯又は亜熱帯地方に発生する低気圧の総称（強度の弱いものから台風のように強いものまで含む）を指しているが、この表における「熱帯低気圧」は台風又はカテゴリー1 の強度に満たない強さのものを指している。

7-2. [将来予測] 日本付近の台風は強まると予測される

- 世界全体では、個々の熱帯低気圧に伴う降水と、強い強度の熱帯低気圧の割合は増加すると予測される（確信度は高い）。
- 日本付近の台風強度は強まり、台風に伴う降水量も増加すると予測される（確信度は中程度）。

(1) 世界全体では、個々の熱帯低気圧に伴う降水と、強い強度の熱帯低気圧の割合は増加すると予測される

- [世界] 地球温暖化に伴い、熱帯低気圧に伴う降水量は増加し、強い強度の熱帯低気圧の割合は増加する（確信度は高い）（IPCC 第6次評価報告書（IPCC, 2021））。（詳細編第7.1.2項、詳細編図7.1.1）
- [世界] 熱帯低気圧の全体数としては、減少するか変わらないと予測される（確信度は中程度）。（詳細編第7.1.2項、詳細編図7.1.1）

(2) 日本付近でも台風強度が強まるとともに、台風に伴う降水も増加すると予測される

- [日本] 台風の将来変化を予測した研究では、地球温暖化に伴い、日本付近では台風強度が強まる結果となったものが多い（確信度は中程度）。これは、地球温暖化に伴う水蒸気量の増加や海水温の上昇が影響するためと考えられる。（詳細編第7.2.2項）
- [日本] 個々の台風に伴う降水についても、将来増加すると予測される（確信度は中程度）。世界平均地表気温が工業化以前に比べて4℃上昇した気候下での予測では、台風に伴う日本の陸上における降水量が増加することが示されている（図7-2.1）。また、令和元年東日本台風を地球温暖化が進行した状況下で再現した研究も複数行われており、いずれにおいても台風に伴う降水量の増加が示されている。なお、台風に伴う発達した積乱雲の下では、落雷、ひょう及び竜巻などの激しい気象現象もしばしば発生する。それら激しい現象の個々に関する将来変化を評価することは困難であるが、一般論として、台風の強度が増加すれば、それら激しい現象が発生するリスクも増加する可能性はあると考えられるため、防災上の観点からは、大雨のみならず留意が必要である。（詳細編第7.2.2項）

台風による日本の陸上での最大24時間降水量

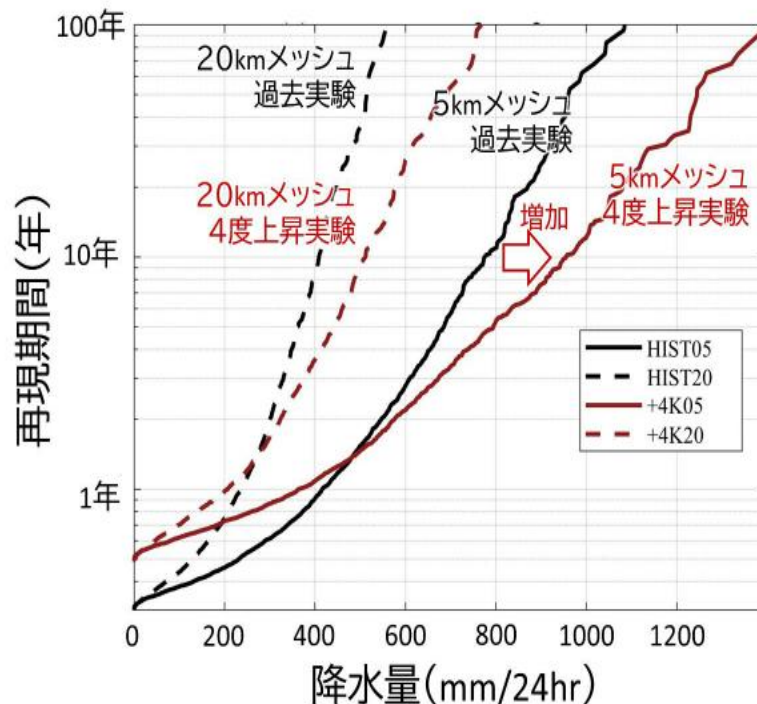


図 7-2.1 台風による日本の陸上での降水量変化

黒線は 20 世紀後半（過去）、茶線は世界平均地表気温が 4℃ 上昇した状態での実験結果を示す。実線は 5 km メッシュ、破線は 20 km メッシュのモデルによる。同じ線種（同じメッシュ）の線が右に移動すると、地球温暖化により降水量が増加することを意味する。縦軸は何年に一回の事象かを示し、例えば 5km メッシュモデル（実線）では、10 年に 1 回の台風による最大 24 時間降水量⁵⁵は、20 世紀後半は約 800mm であるが、4℃ 上昇時には約 1000mm に増加する。メッシュ（解像度）により降水量に違いがあるのは、メッシュが細くなることで、より細かいスケールでの大雨もシミュレーションできるようになる効果に基づくものであり、気象・気候モデルで一般的にみられる特性である。（気象庁気象研究所，気象業務支援センター，海洋研究開発機構，京都大学，北海道大学，寒地土木研究所，2023）

⁵⁵ 台風の中心から半径 500km 以内の日本の陸上の格子点における最大の 24 時間最大降水量のことを指す。

8 海水温

8-1. [観測結果] 日本近海の平均海面水温は、世界平均の 2 倍を超える割合で上昇している

- 世界平均海面水温は、気温と同様、様々な変動を伴いながら長期的に上昇している。
- 海洋貯熱量（海洋が蓄積した熱エネルギー）も長期的に上昇している。
- 日本近海の平均海面水温は、世界平均の 2 倍を超える割合で上昇している。
- 昇温の割合は、日本近海でも季節や海域によって異なり、時間的にも一定ではない。

(1) 世界平均海面水温は、世界平均気温と同様、様々な変動を伴いながら長期的に上昇している

- [世界] 2024 年の世界全体の年平均海面水温平年差 (1991～2020 年の平均値からの差) は $+0.44^{\circ}\text{C}$ であり、1891 年以降では最も高い値となった。世界全体の年平均海面水温は長期的に上昇しており、1891 年から 2024 年の期間における上昇率は 100 年当たり $+0.62^{\circ}\text{C}$ である。(詳細編第 8.1.1 項、詳細編図 8.1.1)
- [世界] 長期的な上昇には地球温暖化の影響が考えられるが、数年から数十年程度の時間規模での自然変動の影響も受けている。(詳細編第 8.1.1 項)
- [世界] 海面水温の上昇が進むに従い、海面水温の持続的な異常高温現象である「海洋熱波」の発生頻度は 20 世紀中に増加し（確信度が高い）、1982 年から 2016 年でおおよそ 2 倍になった。また、1980 年以降はその強度も増し、期間も長くなった（確信度が中程度）(IPCC 第 6 次評価報告書 (IPCC, 2021))。(詳細編コラム 11)

(2) 海洋貯熱量（海面のみならず深海も含めて海洋全体が蓄積した熱エネルギー）も長期的に増加している

- [世界] 温室効果ガスの増加により地球に新たに加わった熱エネルギーのおおよそ 90% が海洋に蓄えられており、海洋貯熱量が増加している（詳細編図 8.1.3）。この蓄積は 1990 年代半ばから加速している。海洋貯熱量の増加は海洋内部の昇温を伴い、海水の熱膨張を通じて世界平均海面水位の上昇にも影響している。(詳細編第 8.1.1 項)

(3) 日本近海の平均海面水温は、世界平均の 2 倍を超える割合で上昇している

- [日本] 日本近海において、年平均海面水温は長期的に上昇しており、2024 年までの上昇率は 100 年当たり $+1.33^{\circ}\text{C}$ の割合である (図 8-1.1)。この値は、世界平均の上昇率 (100 年当たり $+0.62^{\circ}\text{C}$) の 2 倍を超えており、日本の気温の上昇率 (100 年当たり $+1.40^{\circ}\text{C}$) と同程度の値となっている。(詳細編第 8.2.1 項)
- [日本] 日本近海は、温まりやすい陸地や暖流である黒潮の影響を地理的に受けやすく、上昇率が高くなったと考えられる。(詳細編第 8.3 節)

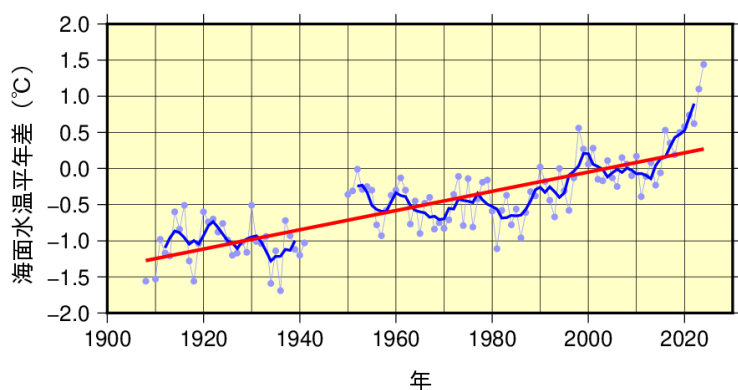


図8-1.1 日本近海の全海域平均海面水温（年平均）の年差の推移
青丸は各年の年差を、青の太い実線は5年移動平均値を表す。赤の太い実線は長期変化傾向を表す。平年値は1991～2020年の30年間の平均値である。全海域平均の解析には、観測数が一定数を超える1908年以降のデータを用いた。また、観測数が一定数に満たない第二次世界大戦中及びその後数年（1940～1950年頃）は欠測とした。

(4) 日本近海の平均海面水温の上昇率は、季節や海域によって異なり、時間的にも一定ではない

- [日本] 海域別に見ると、日本海北東部、三陸沖、関東の東、関東の南、沖縄の東及び先島諸島周辺における海面水温の上昇率は、日本の気温の上昇率（ $1.40^{\circ}\text{C}/100$ 年）よりも低く、その反対に、日本海中部及び釧路沖では高くなっている（図8-1.2）。季節別に見ると、おおむね秋季・冬季の上昇率が高い。（詳細編第8.2.1項）
- [日本] 日本近海の平均海面水温は単調に上昇を続けているわけではなく、世界の平均海面水温と同様、長期的な昇温に加えて、十年規模では上下の変動が認められる。（詳細編第8.2.1項）
- [日本] 日本近海の年ごとの全海域平均海面水温は、近年では2000年頃に極大、2010年頃に極小となった後、上昇している（図8-1.1）。同様の変化は、東シナ海北部、黄海、日本海南西部及び日本海中部を中心とした広い海域の冬季の海面水温に認められることから、冬季の季節風の強さが深く関係していると考えられる。（詳細編第8.2.1項）

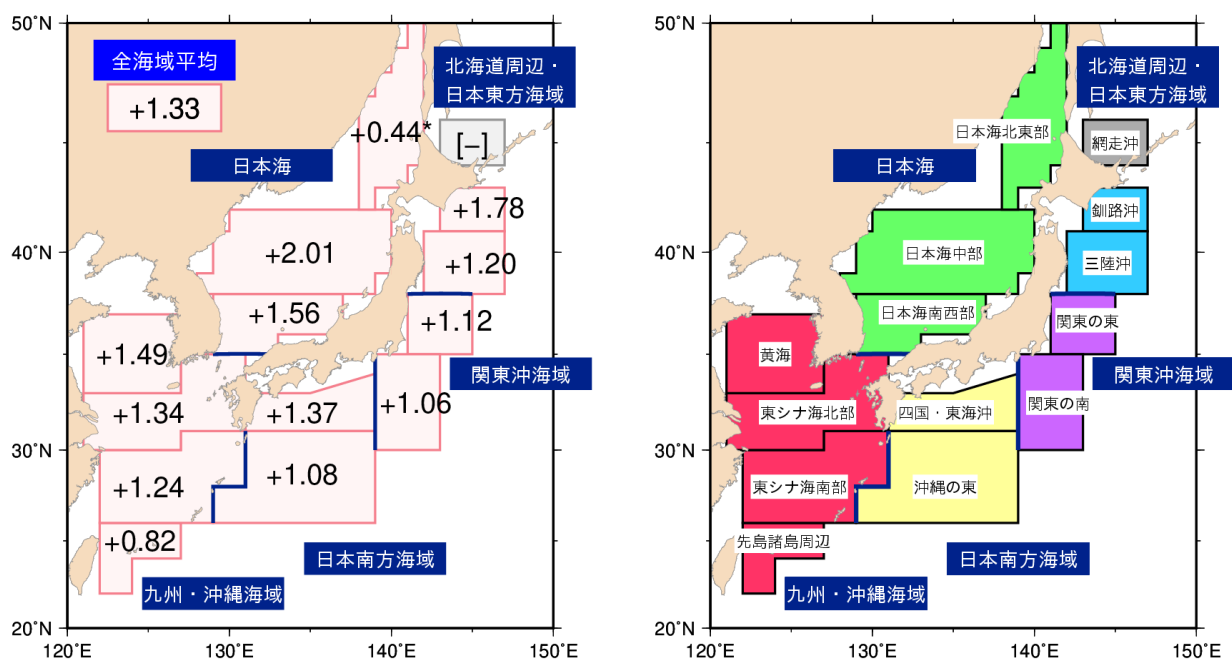


図8-1.2 日本近海の海域平均海面水温（年平均）の上昇率（ $^{\circ}\text{C}/100$ 年）（左図）と海域区分（右図）

図中の値は1900～2024年までの上昇率（100年当たりの上昇幅）を示す（値のみの海域は上昇している海域、値に「*」を付した海域は上昇傾向が現れている海域）。網走沖は1960年代以前のデータ数が少ないため長期変化傾向の解析は行っておらず、上昇率を[-]としている。

8-2. [将来予測] 日本近海の平均海面水温は、今後も上昇し続けると予測される

- 世界の平均海面水温は、排出シナリオに応じた割合で 21 世紀中に上昇し続けると予測される（確信度が高い）。
- いずれの温室効果ガスの排出シナリオにおいても、21 世紀末の日本近海の平均海面水温は上昇すると予測される（確信度が高い）。

(1) 世界の平均海面水温は、排出シナリオに応じた割合で 21 世紀中に上昇し続けると予測される（確信度が高い）

- [世界] 21 世紀末（2081～2100 年の平均）における世界の平均海面水温は、現在（1995～2014 年の平均）と比べ、2°C 上昇シナリオ（SSP1-2.6）では 0.86°C 上昇、4°C 上昇シナリオ（SSP5-8.5）では 2.89°C 上昇する（IPCC 第 6 次評価報告書（IPCC, 2021））。（詳細編第 8.1.2 項、詳細編図 8.1.4 (a)）
- [世界] 海洋内部への熱エネルギーの蓄積も排出シナリオに応じて更に進む。（詳細編第 8.1.2 項、詳細編図 8.1.4 (b)）

(2) 日本近海の平均海面水温は、4°C 上昇シナリオ（RCP8.5）では、21 世紀末に約 3.45°C 上昇すると予測される

- [日本] 日本域海洋予測データ⁵⁶によると、日本近海の海面水温は、21 世紀中に上昇する（確信度が高い）。（詳細編第 8.2.2 項）
- [日本] 21 世紀末における日本近海の平均海面水温は、20 世紀末（1986～2005 年の平均）と比べて、2°C 上昇シナリオ（RCP2.6）では 1.13°C⁵⁷、4°C 上昇シナリオ（RCP8.5）では 3.45°C⁵⁸ 上昇すると予測される。これらの見積もりは、世界平均より大きい値となっている。（詳細編第 8.2.2 項）
- [日本] 日本近海の海面水温上昇は一様ではなく、上昇幅は、2°C 上昇シナリオ（RCP2.6）では黄海で、4°C 上昇シナリオ（RCP8.5）では釧路沖や三陸沖で大きい。（図 8-2.1、詳細編第 8.2.2 項）
- [日本] 日本近海の海面水温上昇幅が世界平均より大きく、海域によって異なる要因としては、偏西風の北偏に伴う亜熱帯循環⁵⁹の北偏（確信度は中程度）が考えられる。（詳細編第 8.3 節）

56 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（TOUGOU）及び気候変動予測先端研究プログラム（SENTAN）の下で海洋研究開発機構と気象庁気象研究所の共同により作成されたデータセット。気象庁気象研究所で開発された海洋モデル（MRI.COM: Sakamoto et al., 2023）を用いている（詳細編付録 A.2.2 項）。

57 90%の信頼区間は、0.48～1.78°C である。

58 90%の信頼区間は、2.15～4.75°C である。

59 各大洋の貿易風と偏西風に挟まれた海域の表層に海上風によって引き起こされる流れで、北太平洋では時計回りの循環になる。

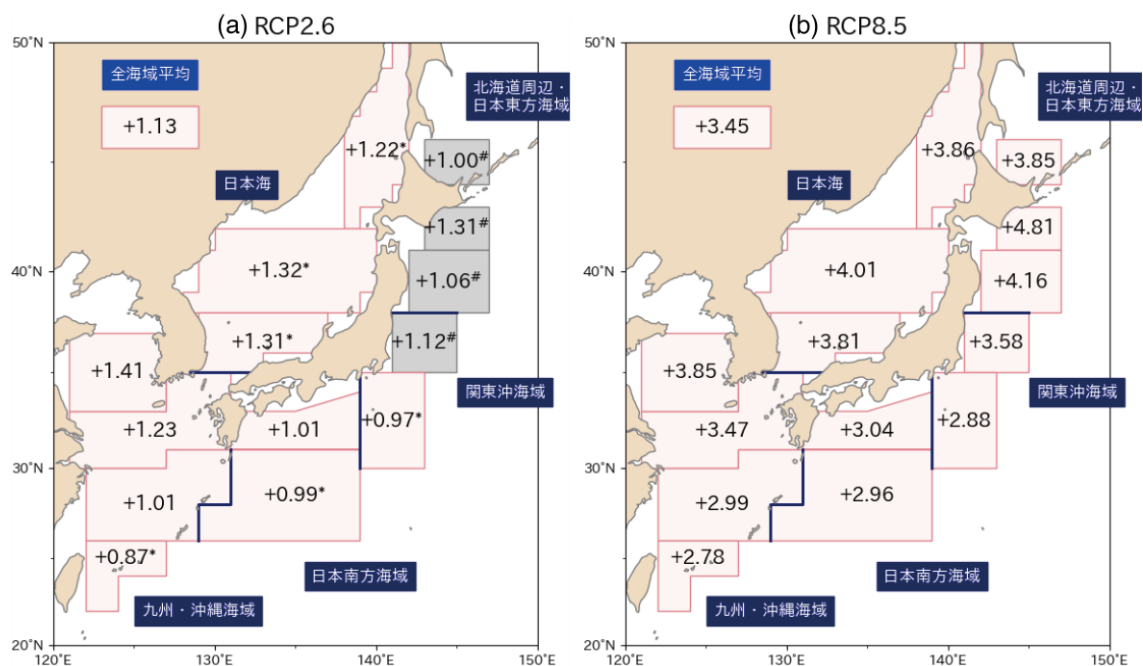


図 8-2.1 21 世紀末の日本近海の海域平均海面水温の 20 世紀末からの上昇幅 (°C)

日本域海洋予測データによる、2°C 上昇シナリオ (RCP2.6、左) 及び 4°C 上昇シナリオ (RCP8.5、右) に基づく見積もりを示す。図中の値は上昇幅を示す (値のみの海域は海面水温が上昇すると予測される海域、値に「*」を付した海域は海面水温の上昇傾向が現れると予測される海域。値に「#」を付した海域は、予測結果に明確な変化傾向は見られない海域)。

9 海面水位

9-1. [観測結果] 日本沿岸の平均海面水位は、1980 年代以降上昇傾向が現れている

- 世界平均海面水位の上昇は、1960 年代後半以降加速しており、2006 年から 2018 年の期間では、1 年当たり 3.7 mm 上昇している（確信度は高い）。
- 日本沿岸の平均海面水位は、1980 年代以降は上昇傾向が現れている。また、1906 年からの全期間を通して 10 年から 20 年周期の変動（十年規模の変動）が見られる。地盤上下変動を補正したデータでは、平均海面水位が 2004 年から 2024 年の間に 1 年当たり 3.4 mm 上昇している。

(1) 世界平均海面水位は過去約 110 年間で約 0.2 m 上昇している

- [世界] IPCC 第 6 次評価報告書（IPCC, 2021）によると、1901 年から 2018 年の期間に世界平均海面水位は 0.20 m 上昇した⁶⁰。その上昇率は、1971 年から 2018 年の期間では 1 年当たり 2.3 mm、2006 年から 2018 年の期間では加速して 1 年当たり 3.7 mm となった⁶¹（確信度は高い）。（詳細編第 9.1.1 項）
- [世界] 世界平均海面水位は、20 世紀に、過去 3000 年間のどの 100 年間よりも急速に上昇した（確信度が高い）。（詳細編第 9.1.1 項）
- [世界] 世界平均海面水位の上昇の原因は、地球温暖化に伴う海水の熱膨張と陸氷（氷河と氷床）が融解して海洋に流れ込んだことによる海水の増加が大部分を占める（確信度が高い）。（詳細編第 9.1.1 項、第 9.3 節、詳細編図 9.3.1）

(2) 日本沿岸の平均海面水位は、1980 年代以降上昇傾向が現れている

- [日本] 日本沿岸の平均海面水位（1906～2024 年）は、1950 年頃から 1980 年頃の海面水位低下、後述する十年規模の長周期変動や地盤変動等の影響の可能性のため、世界平均海面水位のような単調な上昇傾向は確認できないものの、1980 年代以降は地球温暖化の影響で上昇傾向が現れている。（図 9-1.1、詳細編第 9.2.1 項）
- [日本] 日本沿岸の地盤上下変動が少なく、長期間にわたる潮位データがある地点（4 地点又は 16 地点、詳細編図 9.2.1）から算出した日本沿岸の平均海面水位の上昇率は、2006 年から 2018 年の期間で 1 年当たり 2.9 mm であった⁶²。（図 9-1.1、詳細編第 9.2.1 項）
- [日本] 気象庁では、国土地理院と連携して日本沿岸の 13 地点の検潮所に GPS 観測装置を 2003 年以降に設置し、その観測データを活用して、地盤上下変動の影響を除外した海面水位変動を精密に評価している。この 13 地点を単純平均した海面水位の上昇率は、2004 年から 2024 年の期間では、地盤変動補正前で 1 年当たり 4.4 mm、地盤変動補正後で 1 年当たり 3.4 mm であっ

60 90%の信頼区間は、0.15～0.25 m である。

61 90%の信頼区間は、1971～2018 年の期間で 1.6～3.1 mm、2006～2018 年の期間で 3.2～4.2 mm である。

62 90%の信頼区間は、0.8～5.0 mm である。

た⁶³。2006 年から 2018 年の期間では、地盤変動補正後で 1 年当たり 3.4 mm であった⁶⁴（図 9-1.2、詳細編図 9.2.3、詳細編表 9.2.2）。図 9-1.2 は、図 9-1.1 と比較して、2004 年以降しかデータが無いものの、実際の海面水位変動量に近い数値である。（詳細編第 9.2.1 項）

(3) 日本沿岸の平均海面水位は、地球温暖化に伴う変化とは別の、十年規模の長周期変動がある

- [日本] 日本沿岸の平均海面水位には、人間活動ではなく、自然変動によると考えられる十年規模変動が見られる。図 9-1.1 で 1930 年頃、1950 年頃、1970 年頃に海面水位が高くなっている現象が十年規模変動である。1980 年代後半以降は、十年規模変動より地球温暖化による海面水位上昇の方が顕著になっている。（詳細編第 9.3 節）

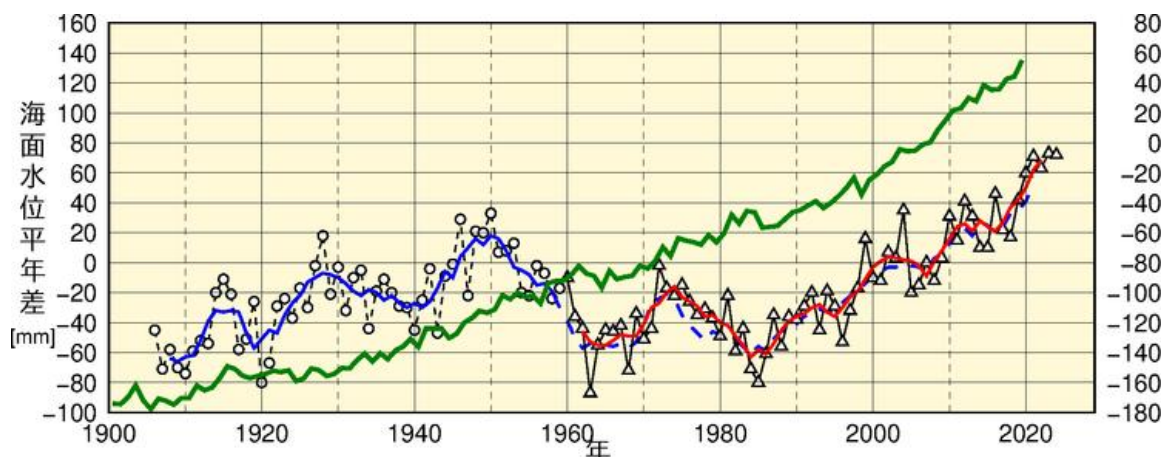


図 9-1.1 全国 4 地点又は 16 地点の日本沿岸の海面水位の推移（1906～2024 年）

○（青実線）は日本沿岸 4 地点の平均水位（その 5 年移動平均値）、△（赤実線）はその 4 地点を含む総計 16 地点の平均水位（その 5 年移動平均値）を示す（いずれも縦軸の目盛は図の左側）。比較として、世界平均水位を緑線で示す（縦軸の目盛は図の右側）。いずれも、1991～2020 年の平均値との差（平年差）。青破線は 4 地点平均の平年差の 5 年移動平均値を後半の期間について示したものである。日本沿岸の観測地点については、詳細編図 9.2.1 を参照のこと。世界平均水位のデータは豪州連邦科学産業研究機構（CSIRO）気候科学センターの世界平均解析値である。

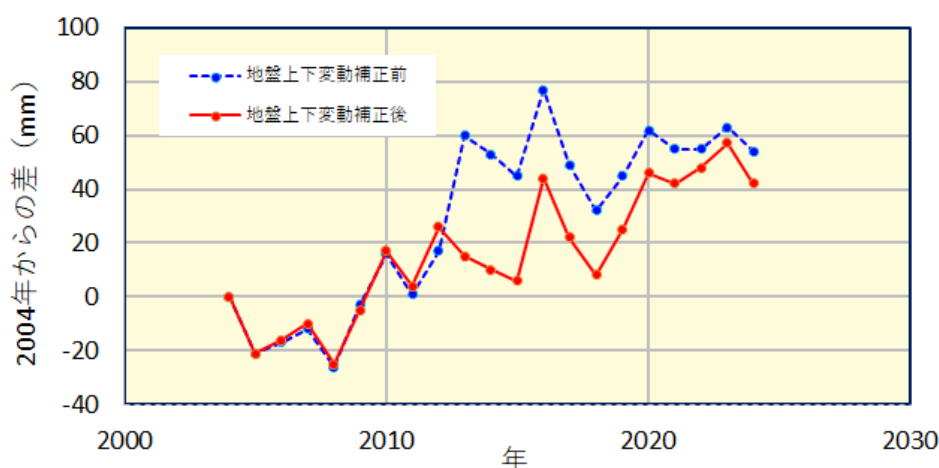


図 9-1.2 全国 13 地点で平均した日本沿岸の年平均海面水位の変動（2004～2024 年）

地盤変動補正前（破線）と地盤変動補正後（実線）の海面水位について 2004 年の値からの差を示している。

63 90%の信頼区間は、地盤変動補正前で 3.3～5.6 mm、地盤変動補正後で 2.6～4.2 mm である。

64 90%の信頼区間は、1.1～5.6 mm である。

9-2. [将来予測] 日本沿岸の平均海面水位は上昇すると予測される

- 日本沿岸の平均海面水位は 21 世紀中に上昇し続けると予測される（確信度が高い）。
- 21 世紀末には、2℃ 上昇シナリオ（SSP1-2.6）の下では 0.40 m、4℃ 上昇シナリオ（SSP5-8.5）の下では 0.68 m 上昇すると予測される。

(1) 世界平均海面水位が 21 世紀中に上昇し続けることはほぼ確実である

- [世界] IPCC 第 6 次評価報告書（IPCC, 2021）によると、1995 年から 2014 年の平均値を基準として、2100 年までに 2℃ 上昇シナリオ（SSP1-2.6）では 0.44 m、4℃ 上昇シナリオ（SSP5-8.5）では 0.77 m 上昇すると見積もられている⁶⁵（確信度は中程度）。2050 年頃までは各シナリオ間の差は小さいが、21 世紀後半ではその差は加速度的に上昇する（図 9-2.1）。（詳細編第 9.1.2 項）
- [世界] 南極及びグリーンランド氷床の大規模な崩壊等、不確定な要素が多い現象が発生した場合は、4℃ 上昇シナリオ（SSP5-8.5）において 2100 年に 2 m に、2150 年には 5 m に近づくような海面水位上昇の可能性を排除できない（図 9-2.1）。（詳細編第 9.1.2 項）

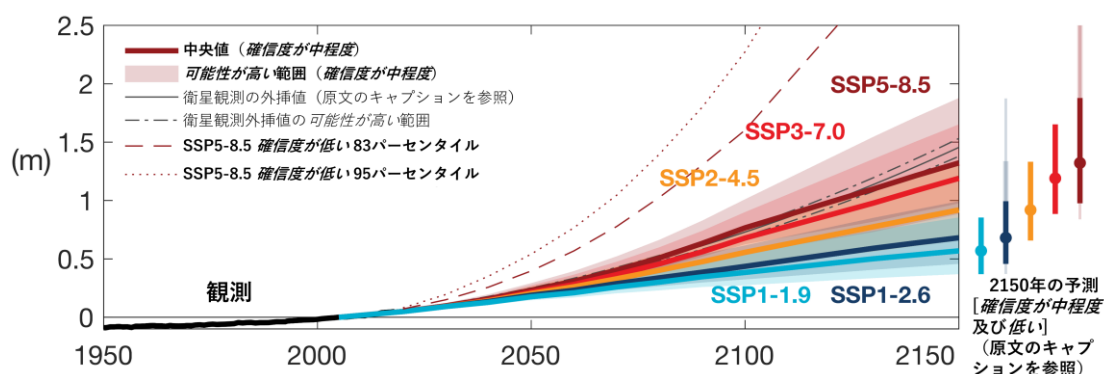


図 9-2.1 異なる気温上昇シナリオの下での世界平均海面水位予測

黒線は過去の世界平均海面水位を示す。グラフ内の SSP1-2.6 の線（濃い青）は 2℃ 上昇シナリオの世界平均海面水位の予測、SSP5-8.5 の線（茶色）は 4℃ 上昇シナリオの世界平均海面水位の予測を示す。破線及び点線は、不確定な要素が多い現象を含む場合の 4℃ 上昇シナリオにおける世界平均海面水位の 83 パーセントイルと 95 パーセントイルを示す。（IPCC 第 6 次評価報告書より、Figure 9.27 を和訳・転載。）

(2) 日本周辺の平均海面水位は、21 世紀中に上昇すると予測される

- [日本] 日本沿岸の平均海面水位の上昇幅には顕著な海域差は見られず、20 世紀末（1986～2005 年の平均）を基準とすると、近未来（2031～2050 年の平均）には、2℃ 上昇シナリオ（SSP1-2.6）では 0.17 m、4℃ 上昇シナリオ（SSP5-8.5）では 0.19 m 上昇すると予測される⁶⁶。また、21 世紀末（2081～2100 年の平均）には、2℃ 上昇シナリオ（SSP1-2.6）では 0.40 m、4℃ 上昇シナリオ（SSP5-8.5）では 0.68 m 上昇すると予測される⁶⁷（詳細編図 9.2.6）（確信度が高い）。（詳細編第 9.2.2 項、詳細編表 9.2.3）

65 可能性の幅（17～83%）は、2℃ 上昇シナリオ（SSP1-2.6）で 0.33～0.62 m、4℃ 上昇シナリオ（SSP5-8.5）で 0.63～1.01 m である。

66 可能性の幅（17～83%）は、2℃ 上昇シナリオ（SSP1-2.6）で 0.14～0.21 m、4℃ 上昇シナリオ（SSP5-8.5）で 0.16～0.24 m である。

67 可能性の幅（17～83%）は、2℃ 上昇シナリオ（SSP1-2.6）で 0.30～0.55 m、4℃ 上昇シナリオ（SSP5-8.5）で 0.56～0.88 m である。

- [日本] 日本の沖合の平均海面水位は、海域別に見ると、黒潮を含む亜熱帯循環域では海面水位上昇が大きい、日本海では少し小さく、亜寒帯域とオホーツク海では更に小さい。4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）では、21 世紀末に、日本南方の太平洋では上昇量が 0.8m 以上であるのに対し、オホーツク海では 0.6 m の上昇に留まる。（図 9-2.2、詳細編第 9.2.2 項）
- [日本] 日本南方及び南東方の沖合で海面水位上昇幅の変動が大きい理由は、黒潮流路変動の影響を受けるためである（黒潮はその流路の南北で 1 m にも及ぶ水位差がある）。もともと自然変動の大きな領域であり、モデルの不確定な要素も多いことから、確信度は低い。（詳細編第 9.3 節）

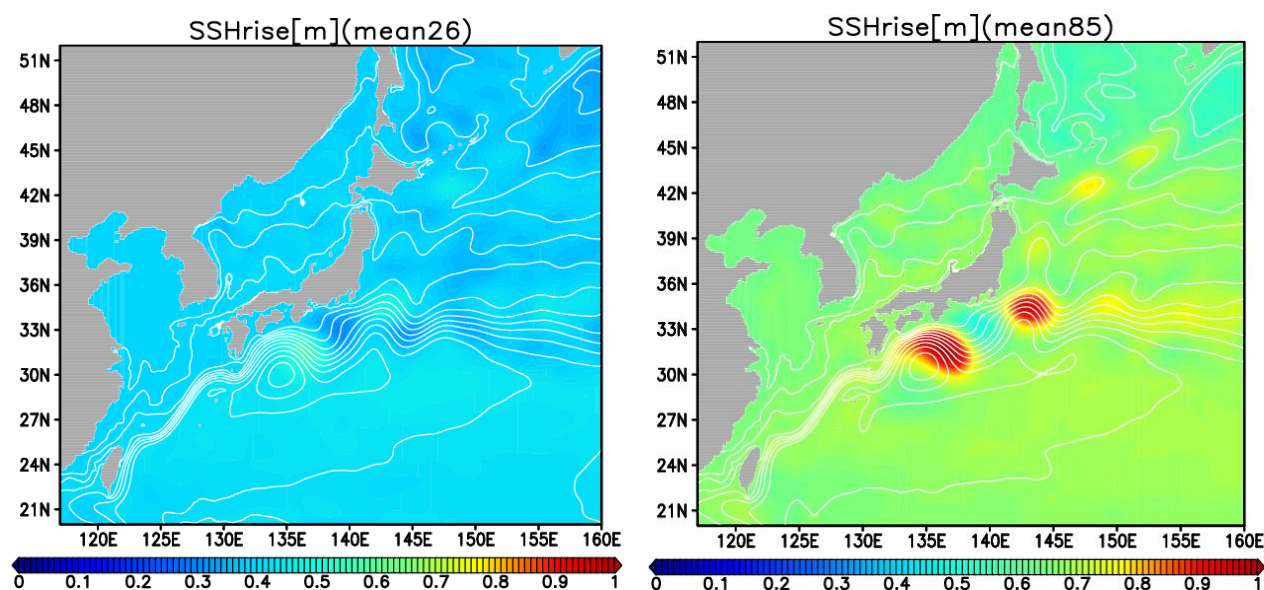


図 9-2.2 21 世紀末における日本近海の海面水位（年平均）の 20 世紀末からの上昇幅（m）

左図は 2℃ 上昇シナリオ（RCP2.6）、右図は 4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）による予測を示す。等値線はそれぞれの将来気候における海面水位分布を示す。

将来予測の海面水位の算出方法は、日本域海洋予測データの力学的海面高度（全球平均で 0 m）に、陸氷の融解や海水の熱膨張等の影響（各シナリオでの全球平均海面水位上昇量）を加えて、その海域の海面水位としている。

(3) 海面水位上昇により浸水災害リスクが増加すると予測される

- [世界・日本] 長期的な平均海面水位の上昇は、高潮や高波による影響を底上げすることにつながるため、浸水災害リスクを増加させると予測される（第 11 章参照）。（詳細編第 9.2.2 項）

10 海氷

10-1. [観測結果] オホーツク海 of 海氷域面積は減少している

- オホーツク海 of 年最大海氷域面積は、長期的に減少している。
- 網走では流氷初日が次第に遅くなり、流氷終日も次第に早くなる傾向が現れている。
- 北極 of 海氷域面積は長期的に減少しているが、南極 of 海氷域面積には変化傾向は確認できない。

(1) オホーツク海では 10 年当たり全面積 of 3.2% of 割合で海氷域が消失している

- [オホーツク海] オホーツク海 of 年最大海氷域面積は、気温、風や海水温 of 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。（詳細編第 10.2.1 項）
- [オホーツク海] 長期的に見ると、1971 年から 2024 年まで、10 年当たり 5.1 万 km² of 減少となっている（図 10-1.1）。この値は、九州と四国を合わせた面積とほぼ同じで、オホーツク海 of 全面積 of 3.2%に相当する海氷域が 10 年ごとに消失していることを意味する。（詳細編第 10.2.1 項）

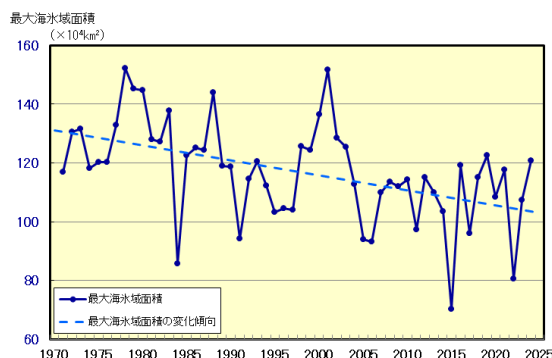


図 10-1.1 オホーツク海 of 最大海氷域面積 of 推移
(1971～2024 年)

実線は最大海氷域面積 of 推移、破線は長期変化傾向を示す。

(2) 網走では、流氷初日は 10 年当たり 1.3 日遅くなり、流氷終日も 10 年当たり 3.6 日早くなる傾向が現れている

- [日本] 観測データがそろっている 1946 年から 2021 年までの沿岸海氷観測データによれば、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、流氷初日⁶⁸は 10 年当たり 1.3 日遅くなり、流氷終日⁶⁹も 10 年当たり 3.6 日早くなる傾向が現れている。稚内と釧路では、1980 年代後半以降、流氷が観測されない年が多く、流氷初日と流氷終日 of 変化傾向は確認できない。（詳細編第 10.2.1 項、詳細編図 10.2.2）

(3) 北極 of 海氷域面積は長期的に減少する一方、南極 of 海氷域面積には変化傾向は確認できない

- [北極] 1979 年から 2024 年までの人工衛星による観測データによれば、北極域 of 海氷域面積は長期的に減少している。特に顕著なのは年最小値で、10 年当たり 85 万 km²（日本 of 面積 of 約 2.3 倍） of 割合で減少している。（詳細編第 10.1.1 項、詳細編図 10.1.1(a)）
- [南極] 南極域 of 海氷域面積には変化傾向は確認できない。（詳細編第 10.1.1 項、詳細編図 10.1.1(b)）

68 視界内 of 海面で流氷が見られた最初 of 日 of ことを指す。

69 視界内 of 海面で流氷が見られた最後 of 日 of ことを指す。

10-2. [将来予測] オホーツク海の海水面積は今後も減少すると予測される

- 21 世紀末のオホーツク海の海水面積は 20 世紀末に比べて減少すると予測される（確信度が高い）。
- 北極海の海水面積は減少し、21 世紀末までには夏季にほぼ海水がなくなると予測される（確信度が高い）。

(1) オホーツク海の海水面積は減少し、北海道沿岸域の海水も減少すると予測される

- [オホーツク海] オホーツク海の海水域が最大となる 3 月の海水面積は、いずれの温室効果ガス排出シナリオにおいても、21 世紀末（2081～2100 年の平均）には 20 世紀末（1986～2005 年の平均）と比べて減少する（確信度が高い）。（図 10-2.1、詳細編第 10.2.2 項）
- [オホーツク海] 20 世紀末（1986～2005 年の平均）と比べた減少の割合は、2℃ 上昇シナリオ（RCP2.6）では $32 \pm 42\%$ 、4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）では $78 \pm 21\%$ と予測される（不確実性の幅は Wakamatsu et al. (2017) に基づく標準偏差）。ただし、2℃ 上昇シナリオ（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。（図 10-2.1、詳細編第 10.2.2 項）
- [オホーツク海] 4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）では、海水の結氷時期は 11 月から 12 月に遅れる一方、海水が完全に融解する時期は 6 月から 5 月に早まる（図 10-2.1）。しかしながら、モデルのバイアス⁷⁰を考慮すると、これら具体的な時期についての予測の確信度は低い。（詳細編第 10.2.2 項）
- [日本] 形成域であるシベリア沿岸における海水生産量が減少することに伴い、下流の北海道沿岸での海水量も減少すると予測される。（詳細編第 10.2.2 項、詳細編図 10.2.4）

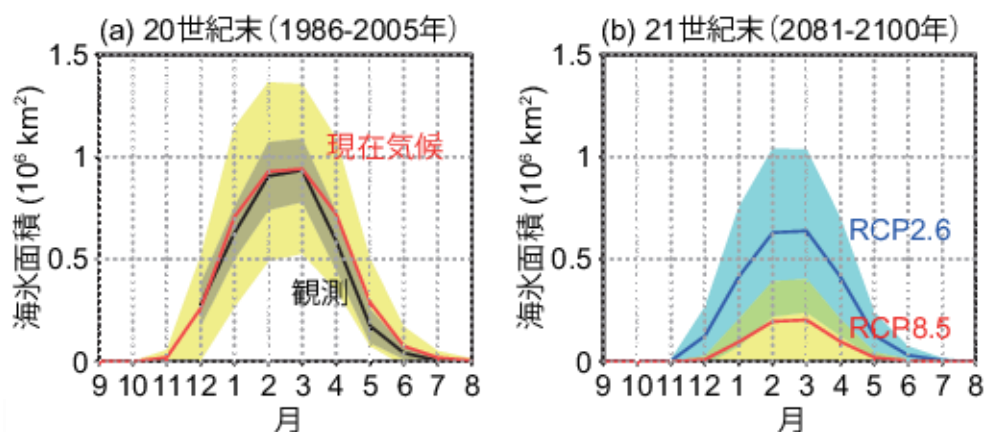


図 10-2.1 現在気候と将来予測におけるオホーツク海の海水面積の季節変化

(a) 20 世紀末における観測（黒）と現在気候シミュレーション（赤）。(b) 21 世紀末の予測シミュレーション。

観測データの陰影は年々変動、予測データの陰影は年々変動に加え、モデル間の相違とサンプル数に起因する不確実性を考慮した標準偏差（Wakamatsu et al., 2017）を示す。現在気候、将来予測（RCP2.6、RCP8.5）は日本域海洋予測データセットに基づく。

⁷⁰ モデルごとに異なる特性を反映した系統的な偏りのことを指す。

(2) 北極海の海水面積は減少し、21 世紀末までには夏季にほぼ海水がなくなると予測される（確信度が高い）

- [北極] IPCC 第 6 次評価報告書（IPCC, 2021）によると、21 世紀の間に北極海の海水面積は全球気温の変化に依存して減少する（可能性が高い）。例えば北極海の海水面積は、20 世紀末（1995～2014 年）から 21 世紀末（2081～2100 年）にかけて、3 月及び 9 月には 2°C 上昇シナリオ（SSP1-2.6）でそれぞれ $14.2 \times 10^6 \text{ km}^2$ 及び $1.7 \times 10^6 \text{ km}^2$ 、4°C 上昇シナリオ（SSP5-8.5）でそれぞれ $9.7 \times 10^6 \text{ km}^2$ 及び $0.3 \times 10^6 \text{ km}^2$ にまで減少すると予測される。4°C 上昇及び中程度の温暖化シナリオ（SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5）では、21 世紀半ばに夏季に北極海の海水がほとんどない年が現れ、21 世紀末までには夏季にほぼ海水がなくなると予測されている（確信度が高い）。（詳細編第 10.1.2 項、詳細編図 10.1.2）
- [南極] 南極の海水面積に関しては、モデルによる観測結果の再現性が低い上に、将来予測もモデル間のばらつきが大きいことから、確信度が低い。（詳細編第 10.1.2 項）

11 高潮・高波

11-1. [観測結果] 日本の高潮の発生頻度に変化傾向は確認できない

- 日本の高潮の発生頻度は、年によって変動が見られるが、長期変化傾向は確認できない。
- 高波の波高は、世界の広い海域で高まる傾向が見られる。

(1) 高潮と高波の災害リスク

- [世界・日本] 台風や発達した低気圧の接近時には、沿岸部で顕著な高潮が発生することがある。海面が堤防の高さを越えると、陸地に海水が流入する。海水の流入時に流木等が流れてくることもある。従来に比べて人的被害は顕著に少なくなっているが、沿岸には多くの大都市や人口密集地帯が存在しており、経済的被害額は大きくなる傾向がある。（詳細編第 11.1 節）
- [世界・日本] 沿岸部では、高潮だけでなく高波の被害も発生する。高波による海難事故、交通の遮断、沿岸の建築物の破壊などの被害が発生している。（詳細編第 11.3 節）
- [世界・日本] 地球温暖化による長期的な平均海面水位の上昇（第 9 章参照）で、高潮と高波による沿岸部の浸水リスクはより高まる。（詳細編第 11.1～11.4 節）

(2) 日本の高潮の発生数や大きさに長期変化傾向は確認できない

- [日本] 高潮の発生数や大きさには年ごとの変動が大きいものの、1950 年から現在までの期間において長期変化傾向は確認できない（図 11-1.1）。高潮の発生頻度や規模は、台風の上陸数や強度、上陸地点等で大きく変化するほか、港湾構造物による地形変化等の要因でも変化するため、気候変動に伴う高潮の変化傾向を評価するのは難しい。（詳細編第 11.2.1 項）
- [日本] これまで国内では台風による高潮が顕著であったが、2012 年 4 月の秋田県沿岸部、2014 年の北海道根室港周辺の高潮等、発達した低気圧による高潮災害も発生している。（詳細編第 11.2.1 項）

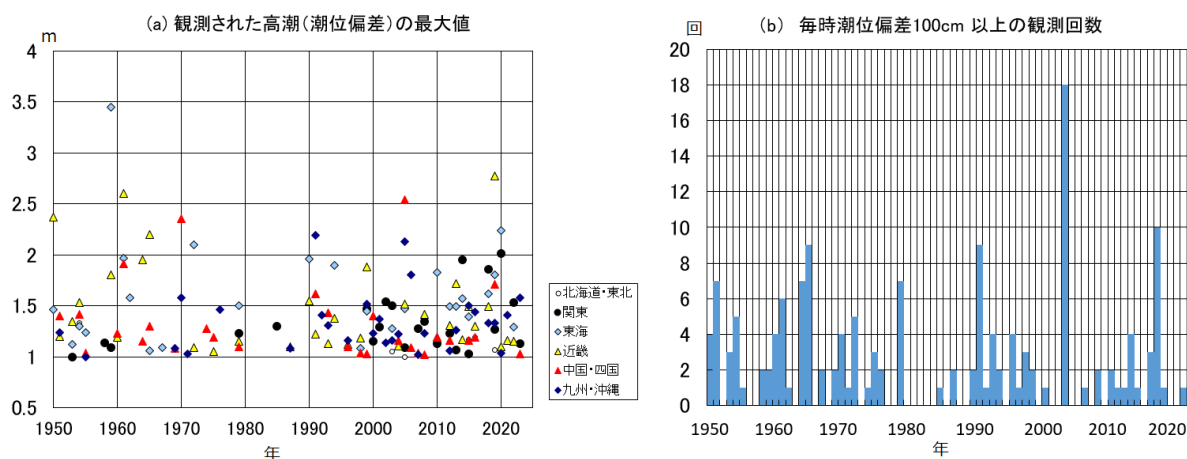


図 11-1.1 国内における高潮の最大値と発生数

(a) 1960 年代以前から観測している気象庁の検潮所 50 地点で各年に観測された高潮（潮位偏差）の最大値（1 m 以上）を示す（痕跡に基づく推定値も含む）。

(b) 気象庁の検潮所 50 地点において顕著な高潮（ここでは、毎正時の潮位偏差が 1 m 以上である事象を「顕著な高潮」として扱っている）を観測した回数を示す。

- [日本] 日本において高潮は、主に台風に伴い発生する。台風は日本付近では北向きに移動する傾向があるために、台風へ吹き込む風と周囲の風が同じ方向に吹く南風が強くなりやすいことから、主に南側に向いた湾で高潮が多く発生する。(詳細編第 11.6 節)

(3) 世界では高波の波高に上昇傾向が見られる

- [世界] 複数の衛星観測データを統合した解析から、全球の広い範囲で高波の波高に上昇傾向が見られ、1985 年から 2018 年の期間では、南大洋で 1 年当たり 1 cm、北大西洋では 1 年当たり 0.8 cm の上昇傾向がある (確信度が高い)。(詳細編第 11.3.1 項)

(4) 日本沿岸では高波の波高が上昇する傾向が見られる

- [日本] 日本沿岸でも高波の波高に上昇傾向が見られる。(詳細編第 11.4.1 項)
- [日本] 日本周辺の高波の波高に上昇傾向が報告されているものの、地球温暖化によるものか自然変動に由来するものかについて見解の一致は得られていない。(詳細編第 11.4.1 項)

(5) 極端海面水位及び全海面水位⁷¹

- [世界・日本] 地球温暖化で議論される海面水位は、年単位といった長期的な平均海面水位である(第 9 章参照)。極端海面水位は長期的な平均海面水位に短期的な潮位変化(満潮と高潮)を加えたもの、全海面水位は極端海面水位に波浪による遡上・打ち上げ高を加えたものである。(詳細編第 11.5 節)
- [世界・日本] 沿岸域では、地球温暖化による平均海面水位上昇、高潮及び強雨による河川水流入の組み合わせにより、氾濫の可能性が高くなる (確信度が高い) (IPCC 第 6 次評価報告書 (IPCC, 2021))。このため、沿岸域における適応計画を策定するためには、将来気候における極端海面水位と全海面水位を評価することが重要である。(詳細編第 11.5 節)
- [世界・日本] ある地点の地盤高が下がると、相対的にその地点の海面水位が上昇し、浸水の被害を受けやすくなる。日本は、世界的に見て地盤上下変動が大きいいため、地盤高の長期変化を加えた相対的な海面水位上昇量の評価が重要である。(詳細編第 11.5 節)

⁷¹ 本報告書では、IPCC 第 6 次評価報告書 (IPCC, 2021) における Extreme Sea Level (ESL)を極端海面水位、Total Water Level (TWL)を全海面水位と翻訳している。詳しい定義は詳細編第 11.5 節を参照。

11-2. [将来予測] 高潮のリスクは増大すると予測される

- 複数の将来予測の結果、多くのケースで将来強い台風が増加するため、東京湾、大阪湾、伊勢湾では最大潮位偏差が増大すると予測される（確信度は中程度）。
- 大阪湾では、小規模な高潮の発生頻度は減少するものの、よりまれで大規模な高潮の発生頻度は増加すると予測される（確信度は低い）。
- 日本沿岸では平均波高は低くなると予測される（確信度は中程度）。
- 台風による極端な波高は多くの海域で高くなるが（確信度は低い）、台風経路予測の不確実性及び自然変動の大きさから予測が難しい。

(1) 熱帯低気圧の将来変化が、高潮の将来変化を引き起こす

- [世界・日本] 熱帯低気圧の強度と頻度の将来変化が、地域の高潮の将来変化を引き起こす（確信度は低い）（IPCC 第6次評価報告書（IPCC, 2021））。熱帯低気圧に起因する高潮は、経路の将来変化の影響も受けるため地域ごとに影響が異なることが指摘されているが、今のところ統一的・系統的な全球の予測結果はない。（詳細編第 11.1.2 項）

(2) 日本の三大湾（東京湾、大阪湾、伊勢湾）の高潮は、大きくなると予測される

- [日本] 将来の気候条件における三大湾の高潮による最大潮位偏差は、平均的に 0.5～1.5m 上昇すると見込まれる（図 11-2.1）（確信度は中程度）。（詳細編第 11.2.2 項）
- [日本] 大阪湾では、台風の将来変化に応じて、小規模な高潮の発生頻度は減少するものの、低頻度かつ大規模な高潮の発生頻度は増加することが予測される。（詳細編第 11.2.2 項、詳細編図 11.2.3）
- [日本] 三大湾では、地球温暖化により高潮に特に大きな変化が予測され、大阪湾では、2020 年から 2050 年までに可能最大高潮⁷²は約 0.5m 増加すると予測される（確信度が中程度）。（詳細編第 11.2.2 項）
- [日本] 地球温暖化に伴う大規模な高潮の将来変化について、東京湾より西の太平洋側のいくつかの地点では大きな変化があるものの、茨城県より北の太平洋側と日本海側では今のところ顕著な増加傾向は確認できない。（詳細編第 11.2.2 項、詳細編図 11.2.4）

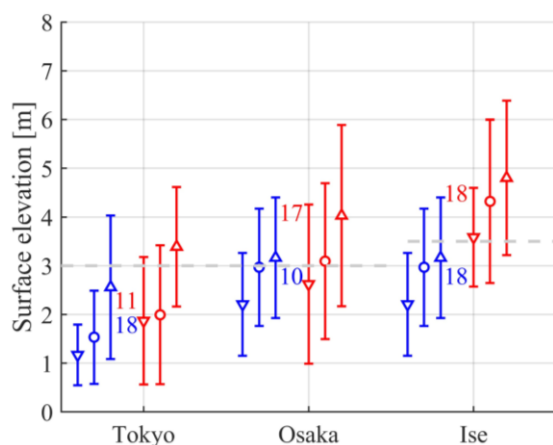


図 11-2.1 既往文献に基づく三大湾の最大潮位偏差の平均値（記号）と分散（バー）

青線：現在気候、赤線：将来気候、○平均的予測、△上位予測、▽下位予測、数字は論文数を示す。（森ほか、2020 を基に 2022 年までの論文を取り入れて改変。）

72 地球温暖化時に予測される最強クラスの台風による高潮のことである。

(3) 世界の海岸線の約 52%で、地球温暖化に伴い、平均的な波浪特性に変化が起これと予測される

- [世界] 4℃ 上昇シナリオ (RCP8.5) において、世界の海岸線の約 52%で平均的な波浪特性 (波高、周期、波向き) に 5~10%程度の変化が起これと予測される (確信度が中程度)。 (詳細編第 11.3.2 項)
- [北西太平洋] 北西太平洋では、台風の通過数の減少により、年最大の有義波高⁷³が顕著に低くなる一方、低頻度の極端波高⁷⁴は高くなると予測される (確信度が低い)。 (詳細編第 11.3.2 項、詳細編図 11.3.2)

(4) 日本沿岸では、平均波高は減少するものの極端な高波の波高は多くの海域で高くなると予測される

- [日本] 21 世紀末において、南北方向の気圧勾配及び風速の減少⁷⁵に伴い波高が平均 10%程度減少すると予測される。しかし、過去の観測からは波高減少が報告されていないため、確信度は中程度である。 (詳細編第 11.4.2 項)
- [日本] 日本周辺の高波の将来変化は、台風強度・頻度・経路変化に複合的に依存する。低頻度の極端波高に関しては、21 世紀末に多くの海域で高くなるが、台風の経路変化の影響を受けて場所により±30%程度の変化がある (確信度は低い) (図 11-2.2)。 (詳細編第 11.4.2 項)

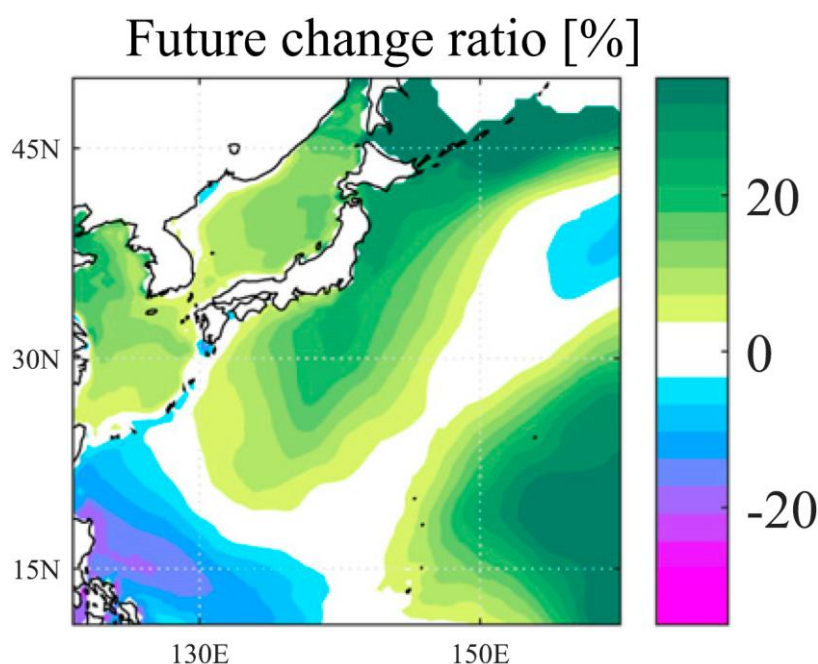


図 11-2.2 台風による極端波高 (10 年確率値) の将来変化
21 世紀末と 20 世紀末の差 (%) として表している。

(Shimura et al. (2015) より図の一部を転載 ©American Meteorological Society. Used with permission)

73 ある地点で連続する波を一つずつ観測したとき、波高の高い方から順に全体の 3 分の 1 の個数の波を選び、これらの波高を平均したもの。人が目で見た波の高さのイメージに近い。

74 ある地点で数年~数十年に 1 回といった、台風や非常に発達した低気圧により引き起こされる極端に高い波の高さのこと。海岸構造物の設計に用いられ、防災上非常に重要である。

75 南北方向の気圧勾配及び風速が減少する理由については、詳細編第 11.4.2 項を参照のこと。

12 海洋酸性化

12-1. [観測結果] 北西太平洋、日本周辺海域とも、海洋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）は低下を続けており、世界の海洋で酸性化が進んでいる。
- 北西太平洋や日本周辺海域においても、世界の平均と同程度の割合で海洋酸性化が進んでいる。

(1) 世界の海洋で酸性化が進行している

- [世界] 化石燃料の燃焼などにより人為的に大気中に排出された二酸化炭素のおよそ 4 分の 1 は海洋に吸収されている。吸収された二酸化炭素は炭酸として作用するため、弱アルカリ性である海水の水素イオン濃度指数（pH）は低下している（海洋酸性化）。（詳細編第 12 章）
- [世界] 表面海水の pH は、工業化以降（1750 年以降）現在までに 0.1 低下した（水素イオン濃度の 25% の増加に相当）と見積もられている。1990 年代以降は、10 年当たりおよそ 0.02 の速度で低下している（図 12-1.1、詳細編図 12.1.2(a)）。（詳細編第 12 章）
- [世界] 海洋酸性化はサンゴや貝類などの生物の骨格や殻の形成を困難にすることから、海洋生態系への影響が懸念されている。（詳細編第 12.3.2 項）

(2) 北西太平洋や日本周辺海域においても、世界平均と同程度の割合で海洋酸性化が進んでいる

- [北西太平洋・日本] 長期にわたり海洋観測が行われている東経 137 度の pH の変化を見ると、全ての緯度で低下している（図 12-1.2）。また、日本周辺海域の pH も、1998 年から 2024 年までの期間で 10 年当たり 0.022 の割合で低下しており、世界平均と同程度の割合で海洋酸性化が進んでいる（図 12-1.3）。（詳細編第 12.2.1 項）
- [日本] 日本の沿岸域では、河川や陸域の影響を受けるため海域による違いが大きいですが、平均的には酸性化する傾向にある。1978 年から 2009 年までの期間における pH の低下速度は、年間最小値をとる夏季で 10 年当たり 0.014、年間最大値をとる冬季で 0.024 と、外洋域の観測値と同程度の値が報告されている。（詳細編第 12.2.1 項）

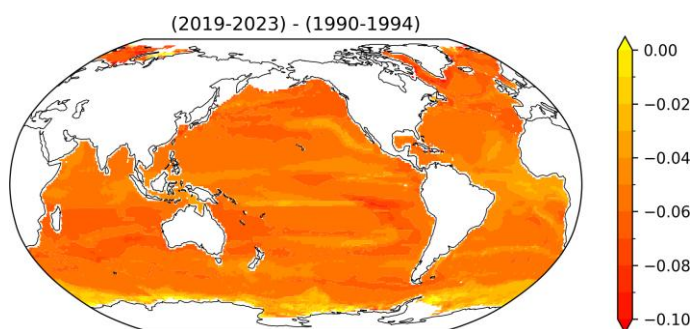


図 12-1.1 表面海水の pH 変化量の水平分布
2019～2023 年の平均の pH の、1990～1994 年の平均からの偏差の分布。

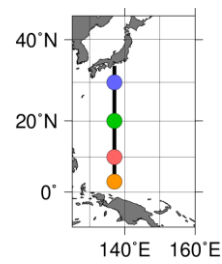
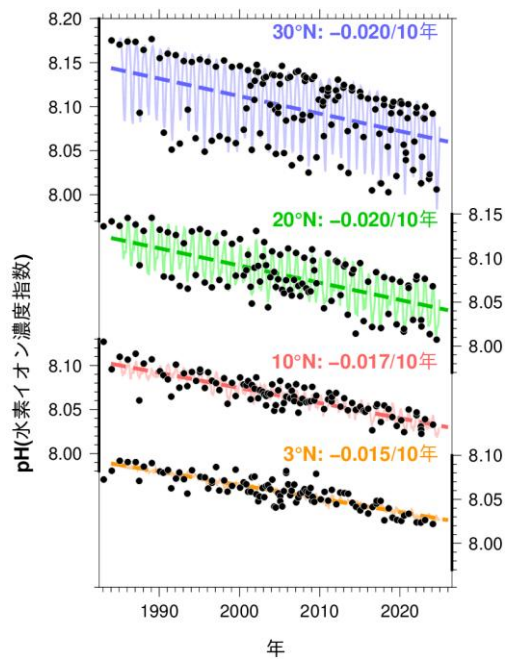


図 12-1.2 東経 137 度線における

表面海水 pH の長期変化

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。

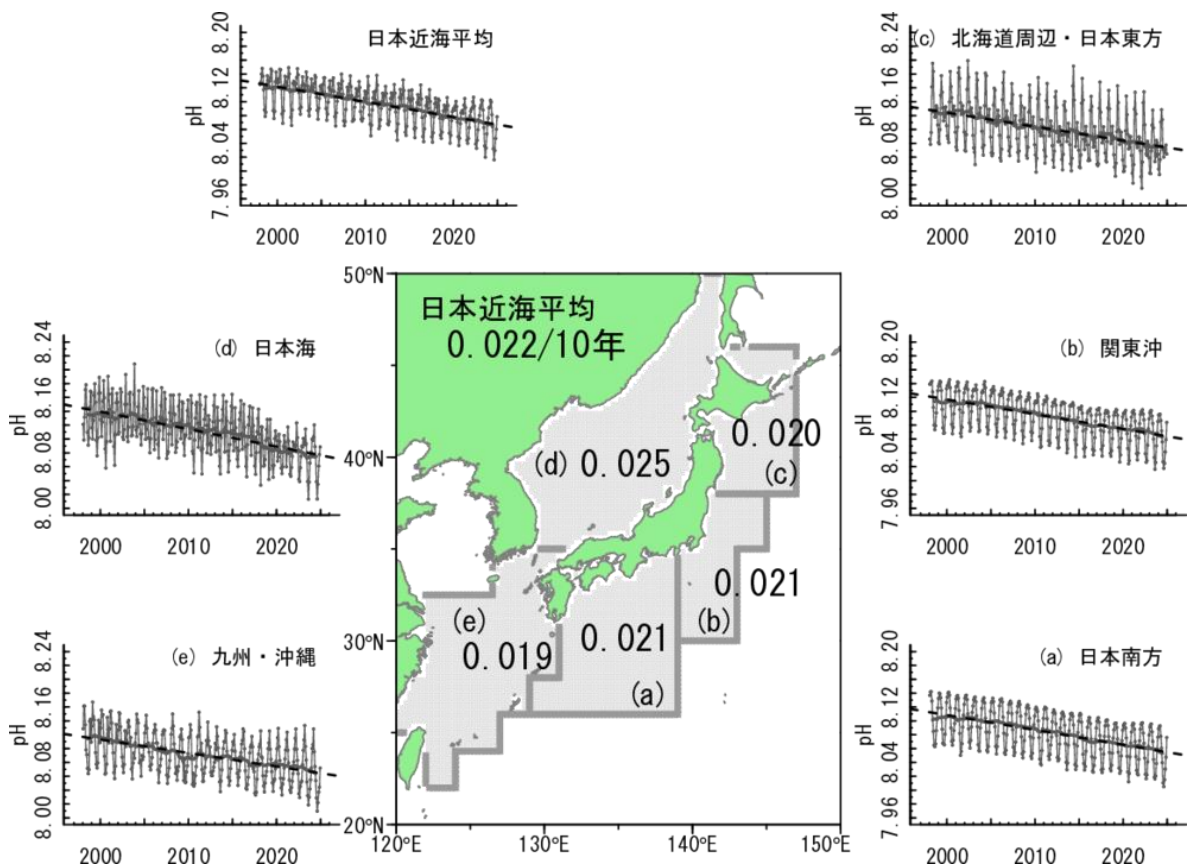


図 12-1.3 日本周辺海域の pH の 10 年当たりの低下速度

現場水温における pH の値を表し、時系列図の黒丸及び細線は海域内の pH の月平均値、太線はその 13 か月移動平均、細破線は長期変化傾向を示す。

12-2. [将来予測] 海洋酸性化は今後も進行すると予測される

- 世界の表面海水における酸性化は、温室効果ガスの排出シナリオに応じて、今後も進行すると予測される（確信度が高い）。
- 日本周辺海域では、海洋酸性化が世界平均と同程度に進行すると予測される（確信度が中程度）。

(1) 世界の表面海水における酸性化は、温室効果ガスの排出シナリオに応じて、今後も進行すると予測される

- [世界] 世界の表面海水 pH の低下は、4°C 上昇シナリオ（SSP5-8.5）では今後も進行する（確信度が高い）が、2°C 上昇シナリオ（SSP1-2.6）では進行が 2060 年頃までには止まり、それ以上の低下は抑えられる（確信度が中程度）⁷⁶（図 12-2.1）。21 世紀末（2081～2100 年平均）と 20 世紀末（1986～2005 年平均）の世界の平均表面海水 pH を比較すると、2°C 上昇シナリオ（RCP2.6）では 0.065（0.06～0.07）⁷⁷、4°C 上昇シナリオ（RCP8.5）では 0.31（0.30～0.32）低下する。（IPCC 第 6 次評価報告書（IPCC, 2021）；詳細編第 12.1.2 項）
- [世界] 表面海水の pH の低下は地域的に一様ではなく、極域や亜寒帯域で低下が速い（確信度が中程度）。（詳細編第 12.1.2 項、詳細編図 12.1.4）
- [世界] pH が低下すると、海洋酸性化の生物影響を評価する際に用いられるアラゴナイト飽和度（ Ω_A ）の値も低下する（ Ω_A については、【参考】を参照）。この Ω_A の低下も地域的に一様ではなく、低下速度は熱帯域や亜熱帯域で大きいものの（確信度が中程度）、サンゴ礁への重大な影響が顕在化する目安となる 3 を下回るのは、元々 Ω_A が低い高緯度域が先となる。4°C 上昇シナリオ（RCP8.5）の場合、2060 年までには、熱帯域や亜熱帯域を除く広い海域で年平均の Ω_A が 3 を下回る（確信度が中程度）。（詳細編第 12.1.2 項、詳細編図 12.1.5）

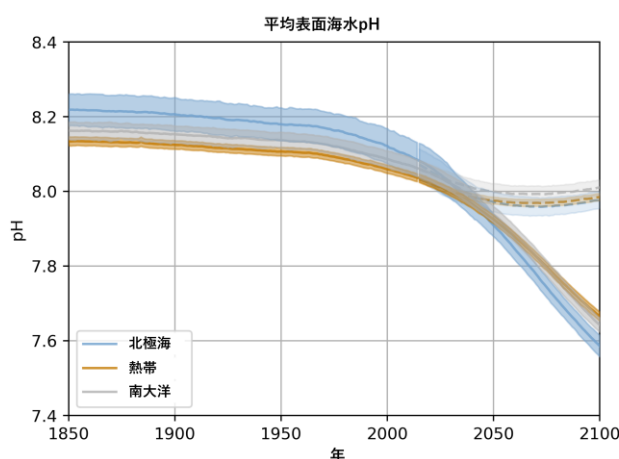


図 12-2.1 CMIP6¹¹地球システムモデル⁷⁸による海域別表面海水 pH の予測
破線は 2°C 上昇シナリオ（SSP1-2.6）、実線は 4°C 上昇シナリオ（SSP5-8.5）に基づく 11 のモデルによる予測の平均値である。陰影はモデルが示した値の範囲。青は北極海、橙は熱帯、灰色は南大洋を示す。

(2) 日本周辺海域の海洋酸性化は世界平均と同程度で進行すると予測される

- [日本] 日本周辺海域では、2°C 上昇シナリオ（RCP2.6）では、2060 年頃までに海洋酸性化の進行が止まり（確信度が中程度）、20 世紀末（1986～2005 年の平均）と比較して、pH は 0.06～

76 それぞれのシナリオの放射強制力（詳細編第 2.3 節参照）に相当する二酸化炭素濃度の変化を基に計算した。

77 括弧内の範囲は、計算に使用した 11 のモデルが示した値の範囲である。

78 物理法則（詳細編付録 A 参照）に加え、炭素循環や化学反応など、生物・化学的過程を含んだモデルのことである。

0.09 の低下にとどまる（図 12-2.2）。一方、4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）の場合には、21 世紀を通じて海洋酸性化が進行し（確信度が高い）、21 世紀末（2081～2100 年の平均）には、pH が 0.29～0.36 低下する（図 12-2.2）。これらは世界平均とほぼ同様の進行度合いである（確信度が中程度）。（詳細編第 12.2.2 項）

- [日本] 4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）の場合は、九州・沖縄周辺や日本南方では、2030 年代には季節的に Ω_A が 3 を下回り始め、2060 年代には年間を通じて 3 を下回るようになる。また、日本海や北海道周辺・日本東方海域では、21 世紀末には季節的に $\Omega_A < 1$ 、すなわちアラゴナイトが未飽和になる予測もある（図 12-2.2）。（詳細編第 12.2.2 項）

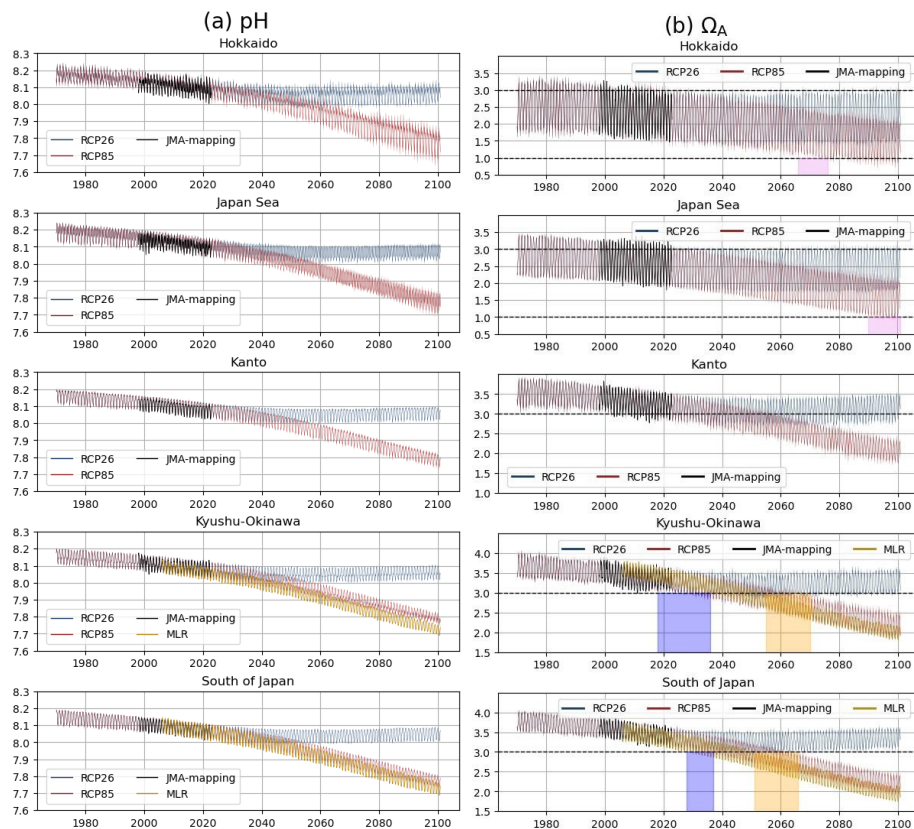


図 12-2.2 2℃ 上昇シナリオ（RCP2.6）及び 4℃ 上昇シナリオ（RCP8.5）による予測における、海域別の表面海水(a) pH 及び(b) Ω_A の変化

(b) の 4℃ 上昇シナリオの Ω_A における青色陰影は Ω_A が季節的に初めて 3 を下回る年、黄色陰影は年間を通じて 3 を下回る年、赤色陰影は季節的に初めて 1 を下回る年のばらつきを示す。

【参考】アラゴナイト飽和度（ Ω_A ）

サンゴのように、主にアラゴナイト（炭酸カルシウムを主成分とする鉱物）で形成されている骨格を持つ生物に対する海洋酸性化の影響の指標には pH より Ω_A が用いられることが多い。 Ω_A が 1 を下回るとアラゴナイトは化学的に溶解するため、生物がアラゴナイトの骨格を形成するのが困難になる。また、1 以上であっても、 Ω_A が低下すると成長速度に悪影響が出る。現在のサンゴ生息域は Ω_A が 3 以上の海域とほぼ一致するため、本報告書では $\Omega_A = 3$ をサンゴの成長に影響が開始する閾値として用いた（詳細編第 12.3.2 項）

【コラム 6】大気循環、海洋循環

大気循環や海洋循環の変化は気象や海洋に影響をもたらす。そのため、気候モデルによる予測結果や信頼性を適切に解釈するには、これらの変化についても考慮する必要がある。以下に、その概要を示す。なお、大気循環については詳細編第 13 章、海洋循環については詳細編第 14 章により詳しい説明がある。

大気循環

アジア地域の広範囲はアジア・モンスーンと呼ばれる季節風の影響を受ける。冬季には、日本を含む東アジア地域では、ユーラシア大陸から太平洋に向かう北西風が卓越する。これは、冬季に低温となるシベリア付近を中心に発達するシベリア高気圧と、アリューシャン近海で発達するアリューシャン低気圧の間の気圧差によってもたらされるものである。なお、両者が発達し、地上付近では日本の西で高気圧、東で低気圧となる気圧配置は「冬型の気圧配置」と呼ばれる。この北西風によりユーラシア大陸上の冷たく乾燥した大気が南東方向へ移動する際、相対的に温かい日本海上を通過すると、水蒸気の供給を受けて雪雲が発生し、日本海側の地域では雪が多く観測される。ただし、北海道や本州の山々を越えて吹きおろす大気は乾燥しているため、太平洋側の地域では晴れて乾燥した天気となる。一方、夏季には、海洋と比べて温まりやすいユーラシア大陸は相対的に低圧部となり、これに向かって海洋から風が吹き込むため冬季とは風向が逆転する。日本付近では、太平洋高気圧に伴う南寄りの風が卓越し、この風によって南の海上から湿った空気が供給されるため、大雨が発生しやすくなったり、晴れても湿度が高く蒸し暑くなったりする。

地球温暖化に伴う大気循環の変化は、このような日本の気候にも影響を与える。例えば、気象庁気象研究所が開発した気候モデルによると、4°C 上昇シナリオ（RCP8.5）では、今世紀末には、冬季のアリューシャン低気圧の位置が 20 世紀末と比べて北寄りに位置すると予測されている（詳細編第 13.2.1 項、確信度は高い）。これにより日本付近、特に東・西日本では東西の気圧差が 20 世紀末と比べて小さくなるため、ユーラシア大陸から太平洋に向かう北西風が弱まり（つまり、冬型の気圧配置が弱まり）、冬季の降水量に影響が及ぶと考えられる。地域的な予測であるため不確定な要素は多いものの、例えば北陸地方や中国地方の冬季の降水量は、4°C 上昇シナリオ（RCP8.5）では減少すると予測されている（詳細編第 5.2.2 項）。

海洋循環

地球温暖化の進行に伴う長期的な大気の状態の変化は、海洋循環にも変化を及ぼす。日本付近を流れる黒潮は、北太平洋の亜熱帯域を時計回りに流れる海洋循環の一部で、東シナ海を北上して九州と奄美大島の間のトカラ海峡から太平洋に入り、日本の南岸を沿いながら、房総半島沖を東に流れる。黒潮によって大量の水や熱が低緯度域から中緯度域へ運ばれることから、黒潮の流路変動は日本付近の海水温や気候に大きな影響を与え、さらに、海洋生物の生息域や日本沿岸の潮位を変化させる要因のひとつとなる。

海洋循環の変化によって水温や塩分の分布が影響を受けるのはもちろんのこと、海水温の上昇により大気中から海洋中へ酸素が溶けにくくなることや、海洋表層から深層への混合が弱まることなどによる溶存酸素量の減少（貧酸素化）の進行が懸念されている。さらに、海洋の温暖化・低塩分化によって光や栄養塩の分布が変わることで、主に植物プランクトンが担う海洋の一次生産への直接的な影響も考えられる。実際に、日本近海も含め（詳細編第 14.2.1 項(2)）、世界の多くの海域で貧酸素化が観測されており、多くの海洋生物の生息域が影響を受けている可能性が指摘されている。

【コラム 7】 気候変動適応法及び気候変動影響評価報告書について

環境省 地球環境局 総務課 気候変動科学・適応室

気候変動への適応を推進することを目的として、2018（平成 30）年 6 月に気候変動適応法（以下、「適応法」）が公布され、同年 12 月 1 日に施行された。本法では、政府による気候変動適応計画の策定、環境大臣による気候変動影響評価の実施、情報基盤の整備、地域での適応の強化、国際協力の推進や事業者等の取り組み促進等が定められている。また、熱中症対策を一層推進するため、2023（令和 5）年 4 月に改正適応法が成立した。

適応法においては、最新の科学的知見を踏まえ、おおむね 5 年ごとに、気候変動影響評価報告書を作成・公表し、その結果等を踏まえて、気候変動適応計画を変更することとしている。

2020（令和 2）年 12 月に公表した『気候変動影響評価報告書』（本コラム内では以下、「本報告書」）は、「総説」と「詳細」の 2 冊構成となっている。「総説」では、各分野における気候変動影響の概要に加えて、『日本の気候変動 2020』等の知見に基づく気温や降水量などの観測結果と将来予測、影響の評価に関する今後の課題や現在の政府の取り組みを記載しており、「詳細」では、各分野における気候変動影響に関する詳細な情報を記載している。

本報告書では、気候変動が日本にどのような影響を与えるのかについて、科学的知見に基づき、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 71 項目を対象として、「重大性」（影響の程度、可能性等）、「緊急性」（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）、「確信度」（情報の確からしさ）の 3 つの観点から評価を行った（表 コラム 7.1 参照）。

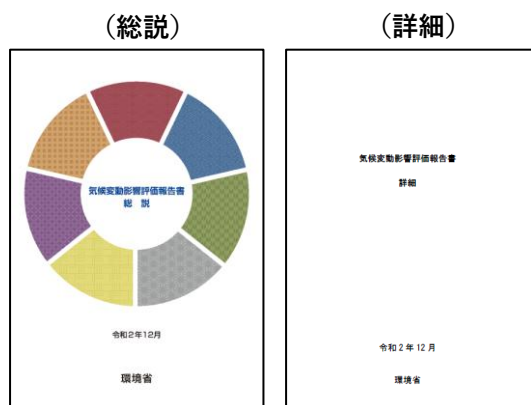


図 コラム 7.1 気候変動影響評価報告書
(2020（令和 2）年 12 月)

表 コラム 7.1 気候変動影響評価の結果一覧

分野	大項目	小項目	重大性 (RCP2.6/8.5)	緊急性	確信度	
農業・ 林業・ 水産業	農業	水稲	●/●	●	●	
		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	●	●	▲		
水環境・ 水資源	水環境	沿岸域・内水面漁場環境等	●/●	●	▲	
		湖沼・ダム湖	◆/●	▲	▲	
		河川	◆	▲	■	
	水資源	沿岸域及び閉鎖性海域	◆	▲	▲	
		水供給（地表水）	●/●	●	●	
		水供給（地下水）	●	▲	▲	
自然 生態系	陸域生態系	水需要	◆	▲	▲	
		高山・亜高山帯	●	●	▲	
		自然林・二次林	◆/●	●	●	
		里地・里山生態系	◆	●	■	
		人工林	●	●	▲	
		野生鳥獣による影響	●	●	■	
		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	●	●	▲		
自然 生態系	海洋生態系	生物季節	◆	▲	■	
		分布・個体群の変動（在来生物）	●	●	●	
	その他	分布・個体群の変動（外来生物）	●	●	▲	
		生態系サービス	●	—	—	
	その他	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	●	▲	■	
		自然生態系と関連するレクリエーション機能等	●	▲	■	

分野	大項目	小項目	重大性 (RCP2.6/8.5)	緊急性	確信度	
自然災害・ 沿岸域	自然災害	河川	●/●	●	●	
		内水	●	●	●	
	沿岸	海面上昇	●	▲	●	
		高潮・高波	●	●	●	
		海岸侵食	●/●	▲	●	
	山地	土石流・地すべり等	●	●	●	
		その他	強風等	●	●	▲
	複合的な災害影響			●	●	▲
	健康	冬季の温暖化	冬季死亡率等	◆	▲	▲
			暑熱	死傷リスク等	●	●
暑熱		熱中症等	●	●	●	
		感染症	水系・食品媒介性感染症	●	▲	▲
節足動物媒介感染症			●	●	▲	
その他		その他の感染症	●	■	■	
		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・基礎疾患患者等）	●	●	▲	
		その他の健康影響	◆	▲	■	
産業・ 経済活動		製造業		◆	■	■
	食品製造業		●	▲	▲	
	エネルギー	エネルギー需給	◆	■	▲	
		商業		◆	■	■
	小売業		◆	▲	▲	
		金融・保険		◆	▲	▲
	観光業	レジャー	◆	▲	●	
		自然資源を活用したレジャー等	●	●	■	
	建設業		◆	●	■	
		医療	◆	▲	■	
その他		その他（海外影響等）	◆	■	▲	
その他		その他（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	生物季節・ 伝統行事・地場産業等	—	●	▲	
		暑熱による生活への影響等	●	●	●	
	その他		●	●	●	
			●	●	●	
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			

凡例

重大性

●：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、確信度

●：高い

▲：中程度

■：低い

—：現状では評価できない

また、本報告書では、各項目で、「気候変動による影響の要因」「現在の状況」「将来予測される影響」「重大性・緊急性・確信度の評価と根拠」をまとめている。以下に例として、農業・林業・水産業分野の水稲に関する気候変動影響評価の概要について示す。

農業・林業・水産業分野の水稲に関する気候変動影響評価の概要

(出典：『気候変動影響評価報告書（概要版）』をもとに作成)

(気候変動による影響の要因)

- 気温の上昇は、コメの収量や品質に影響を及ぼす。さらにコメの生育が早まり、生育期間の変化に伴う影響が生じる可能性がある。
- 二酸化炭素濃度の上昇は、施肥効果を高めコメの収量を増加させるが、その効果は気温上昇により低下する可能性がある。
- 強雨の増加は水稲の冠水頻度を増加させ、コメの収量が減少する可能性がある。

(現在の状況)

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

(将来予測される影響)

- 21世紀末には、コメの収量は全国的に増加から減少に転じるほか、高温リスクを受けやすいコメの割合が著しく増加することを予測するシナリオがある。
- 白未熟粒の発生割合が増加すると予測され、一等米比率の減少により経済損失が大きく増加すると推計されている。
- 二酸化炭素濃度の上昇による施肥効果は気温上昇により低下する可能性がある。
- 降水パターンの変化はコメの年間の生産性を変動させ、気温による影響を上回ることも想定される。出穂期の冠水でのコメの減収率が最も高く、整粒率が最も低くなる試験結果もある。

(重大性・緊急性・確信度の評価と根拠)

- 概要については、表 コラム 7.2 のとおり。

表 コラム 7.2 重大性・緊急性・確信度の評価の概要（「【農業・林業・水産業】水稲」分野）

評価項目	評価	根拠
重大性	特に重大な影響が認められる※ 観点:社会/経済	コメの収量・品質への影響の範囲は全国に及び、供給及び農業従事者の収入に直接影響する。今後のコメの経済価値の減少や、強雨の増加等に伴う減収が懸念される。
緊急性	高い	既に全国で、気温上昇による品質の低下が生じていることや、今世紀半ばより大きな影響が生じることが予測されており、各地域の実情に応じた系統的な適応策の立案と技術開発に早期に着手する必要がある。
確信度	高い	モデルにより予測された結果が2010年以降、実際に起こりつつある。特に広域スケールでの、南北の地域性を含めた影響は高い確信度を持つ。

※ RCP2.6及び2°C上昇相当並びにRCP8.5及び4°C上昇相当のシナリオでの評価

本報告書は、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おり、2020（令和2）年12月に公表した本報告書等を踏まえて、2021（令和3）年10月には気候変動適応計画の見直しを実施した。次期報告書については、最新の科学的知見を踏まえ、2025（令和7）年度に作成・公表する予定である。

【コラム 8】 地域気候変動適応センターにおける取り組み

～埼玉県の場合～

埼玉県環境科学国際センター

2018 年 12 月に気候変動適応法が施行され、都道府県と市町村は、地域気候変動適応センター（以下「適応センター」という）の設置と、地域気候変動適応計画の策定を努力義務として負うことになった。埼玉県では、法の施行に合わせ日本で最初の地域気候変動適応センター（埼玉県気候変動適応センター）を埼玉県環境科学国際センターに設置した。県適応センターの運用は環境科学国際センターの温暖化対策担当の研究員が主に担っている。

気候変動に対する適応策を計画・実施するには、県内における温暖化の実態把握やその影響、将来予測などの気候変動情報が不可欠である。県適応センターでは、現在や将来の気象データなどを様々なチャンネルから収集して整理するとともに、多様な手段を通じて情報提供している。

情報収集のチャンネルとしては、国立環境研究所に設置されている国の気候変動適応センターが運用する A-PLAT⁷⁹があるが、埼玉県のみで特化した気候変動情報としては、『日本の気候変動 2020』の都道府県版リーフレット⁸⁰を活用している(図コラム 8.1)。このリーフレットには、県ごとの過去から現在の気温や降水の変化傾向に加えて、将来予測データも分かりやすくまとめられており、県のニーズに沿った細やかな情報であるために多くの場面で活用できる情報である。具体的な活用事例としては、県地球温暖化対策実行計画（第 2 期）の作成や、県民からの要請に応じて適応センターの研究員が実施する地球温暖化に関する出前講座の基礎資料として利用している。



図 コラム 8.1 『日本の気候変動 2020』の都道府県版リーフレット（埼玉県の気候変動）より抜粋

情報提供の手段としては、県適応センターの web サイト「SAI-PLAT」がある(図コラム 8.2)。このサイトでは、気象庁 HP から収集した県内のアメダス地点の気温や降水量データを整理してグラフ化しての掲載や、県内で実施されている適応策の事例を掲載することを通じて普及啓発を行っている。また、県適応センターが主催するサイエンスカフェ等の催し等の周知を実施している。

埼玉県では、県と市町が共同で適応センターを設置するという全国的にも珍しい取り組みを行っている。2024 年 6 月現在、県内の 17 市町と共同設置し、市町村の適応センター機能も担っている。最近では、温暖化の周知を図るためのポスター作成や、打ち水イベントなどの普及啓発イベントを

79 <https://adaptation-platform.nies.go.jp/>

80 <https://www.data.jma.go.jp/tokyo/shosai/chiiki/kikouhenka/leaflet2025/pdf/saitama-l2025.pdf> (『日本の気候変動 2025』を基にしたリーフレット『埼玉県の気候変動』へのリンク)

市町の適応センターと共同開催し、県だけでなく市町における適応策の推進を目指している。また、「SAI-PLAT」内に市町村適応センターのページを作成し、市町村適応センターの取り組み等についても情報発信を行っている。

しかし、市町村のニーズ全てに合致する情報提供は時として難しいことがある。市町村の地域気候変動適応計画の策定時には、先方から各市町における将来気候情報の提供を求められることが多々あるが、リーフレットでは地方気象台がある熊谷のみの情報にとどまっている。今後は、より細やかな市町村スケールの将来予測データが作成、提供されることを期待している。



図 コラム 8.2 埼玉県気候変動適応センターweb サイト「SAI-PLAT」のトップページ

参考文献一覧

- 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., <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>.
- IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp., <https://doi.org/10.1017/9781009157896>.
- IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp., <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>.
- Matte D., M.A.D. Larsen, O.B. Christensen and J.H. Christensen, 2019: Robustness and Scalability of Regional Climate Projections Over Europe. *Front. Environ. Sci.*, 6:163, <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00163>.
- Nosaka, M., M. Ishii, H. Shiogama, R. Mizuta, A. Murata, H. Kawase and H. Sasaki 2020: Scalability of future climate changes across Japan examined with large-ensemble simulations at +1.5 K, +2 K, and +4 K global warming levels. *Prog Earth Planet Sci*, 7, 27. <https://doi.org/10.1186/s40645-020-00341-3>.
- Rohde, R.A. and Z. Hausfather, 2020: The Berkeley Earth Land/Ocean Temperature Record, *Earth Syst. Sci. Data*, 12, 3469 – 3479, <https://doi.org/10.5194/essd-12-3469-2020>.
- Sakamoto, K., H. Nakano, S. Urakawa, T. Toyoda, Y. Kawakami, H. Tsujino and G. Yamanaka, 2023: Reference manual for the Meteorological Research Institute Community Ocean Model version 5 (MRI.COMv5). Tech Rep 87, Meteorological Research Institute, Japan, <https://doi.org/10.11483/mritechrepo.87>.
- Shimura, T., N. Mori and H. Mase, 2015: Future projections of extreme ocean wave climates and the relation to tropical cyclones: Ensemble experiments of MRI-AGCM3.2H. *Journal of Climate*, 28(24), 9838 – 9856, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00711.1>.
- Sutton, R.T., B. 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>.
- Toda, M., M. Watanabe and M. Yoshimori, 2021: An energy budget framework to understand mechanisms of land–ocean warming contrast induced by increasing greenhouse gases. Part I: Near-equilibrium state. *J. Climate*, 34, 9279–9292, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-21-0302.1>.
- Wakamatsu, S., K. Oshio, K. Ishihara, H. Murai, T. Nakashima and T. Inoue, 2017: Estimating regional climate change uncertainty in Japan at the end of the 21st century with mixture distribution. *Hydrological Research Letters*. 11, 65 – 71, <https://doi.org/10.3178/hrl.11.65>.
- WMO, 2024: WMO Greenhouse Gas Bulletin, No. 20, <https://library.wmo.int/idurl/4/69057>.
- 気象庁, 2015 : 異常気象レポート 2014.

気象庁，2025：WMO 温室効果ガス年報 第 20 号 気象庁訳.

https://www.data.jma.go.jp/env/info/wdcgg/GHG_Bulletin-20_j.pdf.

気象庁気象研究所，気象業務支援センター，海洋研究開発機構，京都大学，北海道大学，寒地土木研究所，2023：地球温暖化がさらに進行した場合、線状降水帯を含む極端降水は増加することが想定されます，報道発表資料，令和 5 年 9 月 19 日.

国土交通省国土政策局，2018：国土数値情報 土地利用細分メッシュ 第 2.6 版.

<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-b.html>.

森信人，福井信気，志村智也，2020：気候変動を考慮した我が国の三大湾の高潮最大潮位偏差についての研究レビュー．土木学会論文集 B2(海岸工学)，76 巻 1 号，1-6，

https://doi.org/10.2208/kaigan.76.1_1.

執筆者・執筆協力者一覧

1.	はじめに	気象庁 大気海洋部 気象リスク対策課 気候変動対策推進室
2.	気候変動に関する諸要素の変化と日本における変化のまとめ	気象庁 大気海洋部 気象リスク対策課 気候変動対策推進室
3.	温室効果ガス	気象庁 大気海洋部 環境・海洋気象課 気象庁 大気海洋部 環境・海洋気象課 大気海洋環境解析センター
コラム 1	将来予測	気象庁 大気海洋部 気象リスク対策課 気候変動対策推進室 気象庁 大気海洋部 気候情報課
コラム 2	1.5°C/3°C 上昇で起こる将来変化	気象庁 大気海洋部 気象リスク対策課 気候変動対策推進室 気象庁 大気海洋部 気候情報課
4.	気温	気象庁 大気海洋部 気候情報課
コラム 3	さくらの開花とかえでの紅葉・黄葉日の変動	気象庁 大気海洋部 気象リスク対策課 気候変動対策推進室 気象庁 大気海洋部 観測整備計画課
5.	降水	気象庁 大気海洋部 気候情報課
コラム 4	XX 年に一回の現象とは	気象庁 大気海洋部 気候情報課
コラム 5	水災害への対策と気候変動	気象庁 大気海洋部 気象リスク対策課 気候変動対策推進室 国土交通省 水管理・国土保全局 河川計画課 河川計画調整室 [†] 国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部 砂防計画課 [†] 農林水産省 農村振興局 整備部 設計課 計画調整室
6.	雪	気象庁 大気海洋部 気候情報課
7.	熱帯低気圧（台風など）	気象庁 大気海洋部 気候情報課
8.	海水温	気象庁 大気海洋部 環境・海洋気象課 大気海洋環境解析センター
9.	海面水位	気象庁 大気海洋部 環境・海洋気象課 海洋気象情報室
10.	海水	気象庁 大気海洋部 環境・海洋気象課 海洋気象情報室
11.	高潮・高波	気象庁 大気海洋部 環境・海洋気象課 海洋気象情報室
12.	海洋酸性化	気象庁 大気海洋部 環境・海洋気象課 大気海洋環境解析センター
コラム 6	大気循環、海洋循環	気象庁 大気海洋部 気候情報課 気象庁 大気海洋部 環境・海洋気象課 大気海洋環境解析センター
コラム 7	気候変動適応法及び気候変動影響評価報告書について	環境省 地球環境局 総務課 気候変動科学・適応室
コラム 8	地域気候変動適応センターにおける取り組み ～埼玉県の場合～	埼玉県環境科学国際センター

([†]…執筆協力者)

気候変動に関する懇談会及び同評価検討部会 委員

気候変動に関する懇談会 委員

石川 洋一	海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門 地球情報科学技術センター センター長
鬼頭 昭雄	(元) 気象庁気象研究所 気候研究部 部長
木本 昌秀	国立環境研究所 理事長
小池 俊雄	土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター センター長
三枝 信子	国立環境研究所 地球システム領域 領域長
高橋 潔	国立環境研究所 社会システム領域 副領域長
竹村 俊彦	九州大学 応用力学研究所 教授
中北 英一	京都大学 副理事 / 防災研究所 気候変動適応研究センター センター長
◎花輪 公雄	東北大学 名誉教授 / 海洋研究開発機構 変動海洋エコシステム高等研究所 顧問
保坂 直紀	サイエンスライター / 東京大学 大気海洋研究所 特任研究員
山崎 登	国土舘大学 防災・救急救助総合研究所 名誉教授

(◎…会長)

気候変動に関する懇談会 評価検討部会 委員

井田 寛子	気象キャスターネットワーク 理事長
大場 あい	毎日新聞社 編集局 くらし科学環境部 副部長
◎鬼頭 昭雄	(元) 気象庁気象研究所 気候研究部 部長
塩竈 秀夫	国立環境研究所 地球システム領域 地球システムリスク解析研究室 室長
須賀 利雄	東北大学 大学院理学研究科 教授
名取 晶子	損害保険料率算出機構 火災・地震・傷害保険部 企業火災グループリーダー
浜田 崇	長野県環境保全研究所 自然環境部 温暖化対策班 主任研究員
藤部 文昭	(元) 気象庁気象研究所 環境・応用気象研究部 部長
保坂 直紀	サイエンスライター / 東京大学 大気海洋研究所 特任研究員
町田 敏暢	国立環境研究所 地球環境研究センター 大気・海洋モニタリング推進室 室長
森 信人	京都大学 防災研究所 教授
渡辺 真吾	海洋研究開発機構 地球環境部門 環境変動予測研究センター センター長代理
渡部 雅浩	東京大学 大気海洋研究所 教授

(◎…部会長)

※ いずれも五十音順、敬称略。所属・役職は2025年2月1日現在。

本報告書からの引用等について

本報告書中の文章及び図表については、別の資料からの引用であるものを除き、出典を明記した上で、また、編集・加工等を行った場合はその旨を明記した上で、自由に複製、公衆送信、翻訳・変形等を行うことができる。別の資料からの引用であるものについては、それぞれの資料で使用条件等を確認の上、利用者の責任において必要に応じて別途許諾を申請・取得していただきたい。

なお、図やデータの電子ファイルは、可能な限り以下の『日本の気候変動 2025 素材集』で公開している。利用方法は当該ページを参照のこと。

『日本の気候変動 2025 素材集』：

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2025/sozai/sozai_index.html

参考のため、本編中の図表のうち第三者が著作権を有するものについて、図表番号・タイトル、掲載ページ及び出典を以下に示す。

IPCC 評価報告書から和訳して転載した図表は、それぞれ IPCC 公式ウェブサイトから取得した原文*に基づき、気象庁が翻訳したものであり、IPCC の公式訳ではない。

* <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

(The translations of figures of the IPCC AR6 WG1 are not IPCC translations. They have been provided by the Japan Meteorological Agency with the aim of reflecting in the most accurate way the language used in the original text.)

図表番号・タイトル	掲載ページ	出典
図 コラム 1.3 各 SSP シナリオによる二酸化炭素排出量	22	IPCC (2021)
図 コラム 4.2 極端現象の頻度と強度の変化	44	IPCC (2021)
図 7-2.1 台風による日本の陸上での降水量変化	55	気象庁気象研究所，気象業務支援センター，海洋研究開発機構，京都大学，北海道大学，寒地土木研究所 (2023)
図 9-2.1 異なる気温上昇シナリオの下での世界平均海面水位予測	62	IPCC (2021)
図 11-2.1 既往文献に基づく三大湾の最大潮位偏差の平均値（記号）と分散（バー）	69	森ほか (2020)
図 11-2.2 台風による極端波高（10 年確率値）の将来変化	70	Shimura et al. (2015)

出典の記載例

以下は、本報告書からの出典として記載する場合の例である。気象庁の他の資料から引用した図表は、その資料からの出典として記載すること。

① そのまま利用する場合

出典：文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025 ― 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書 ―」

文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025 ― 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書 ―」より引用

本報告書中の文章（文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025 ― 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書 ―」）

図表タイトル（文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025 ― 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書 ―」）

② 編集・加工して利用する場合

文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025 ― 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書 ―」をもとに〇〇株式会社作成

図表タイトル（文部科学省及び気象庁「日本の気候変動 2025 ― 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書 ―」）に加筆

※ 本報告書中の文章及び図表を編集・加工した場合、それをあたかも文部科学省及び気象庁が作成したかのような状態で公表・利用することは固く禁止する。

お問い合わせ先

内容等についてお気づきの点がありましたら、下記までご連絡ください。

〒105-8431

東京都港区虎ノ門 3-6-9

気象庁 大気海洋部 気象リスク対策課 気候変動対策推進室

電話 03-6758-3900（代表）

気象庁ホームページ <https://www.jma.go.jp/jma/index.html>

ご意見・ご感想はこちらから <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/goiken.html>



文部科学省

MINISTRY OF EDUCATION,
CULTURE, SPORTS,
SCIENCE AND TECHNOLOGY-JAPAN



気象庁

Japan Meteorological Agency