

変化する気候下での海洋・雪氷圏に関する IPCC 特別報告書

政策決定者向け要約 (SPM)

(2021年3月29日時点 環境省仮訳。[]で示された箇所は訳に際しての補足部分)

原文の版:

2019年9月24日総会承認版に、2020年2月10日公表エラー修正(*)を反映

* URL https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2020/02/SROCC_Errata_10022020.pdf

原稿執筆者:

Drafting Authors:

Nerilie Abram (Australia), Carolina Adler (Switzerland/Australia), Nathaniel L. Bindoff (Australia), Lijing Cheng (China), So-Min Cheong (Republic of Korea), William W. L. Cheung (Canada), Matthew Collins (UK), Chris Derksen (Canada), Alexey Ekaykin (Russian Federation), Thomas Frölicher (Switzerland), Matthias Garschagen (Germany), Jean-Pierre Gattuso (France), Bruce Glavovic (New Zealand), Stephan Gruber (Canada/Germany), Valeria Guinder (Argentina), Robert Hallberg (USA), Sherilee Harper (Canada), Nathalie Hilmi (Monaco/France), Jochen Hinkel (Germany), Yukiko Hirabayashi (Japan), Regine Hock (USA), Anne Hollowed (USA), Helene Jacot Des Combes (Fiji), James Kairo (Kenya), Alexandre K. Magnan (France), Valérie Masson-Delmotte (France), J.B. Robin Matthews (UK), Kathleen McInnes (Australia), Michael Meredith (UK), Katja Mintenbeck (Germany), Samuel Morin (France), Andrew Okem (South Africa/Nigeria), Michael Oppenheimer (USA), Ben Orlove (USA), Jan Petzold (Germany), Anna Pirani (Italy), Elvira Poloczanska (UK/Australia), Hans-Otto Pörtner (Germany), Anjal Prakash (Nepal/India), Golam Rasul (Nepal), Evelia Rivera-Arriaga (Mexico), Debra C. Roberts (South Africa), Edward A.G. Schuur (USA), Zita Sebesvari (Hungary/Germany), Martin Sommerkorn (Norway/Germany), Michael Sutherland (Trinidad and Tobago), Alessandro Tagliabue (UK), Roderik Van De Wal (Netherlands), Phil Williamson (UK), Rong Yu (China), Panmao Zhai (China)

Draft Contributing Authors:

Andrés Alegría (Honduras), Robert M. DeConto (USA), Andreas Fischlin (Switzerland), Shengping He (Norway/China), Miriam Jackson (Norway), Martin Künsting (Germany), Erwin Lambert (Netherlands), Pierre-Marie Lefevre (Norway/France), Alexander Milner (UK), Jess Melbourne-Thomas (Australia), Benoit Meyssignac (France), Maike Nicolai (Germany), Hamish Pritchard (UK), Heidi Steltzer (USA), Nora M. Weyer (Germany)

序

この『変化する気候下での海洋・雪氷圏¹に関する気候変動に関する政府間パネル(IPCC)特別報告書』(SROCC)は第6次評価サイクルの間に3つの特別報告書を準備するというパネルによる2016年の決定²を受けて準備された。新たな科学的文献³を評価することによって、SROCC⁴は政府及びオブザーバー機関による提案に対応する。SROCCは、『1.5°Cの地球温暖化』(SR1.5)及び『気候変動と土地』(SRCL) ⁵に関する他の2つの特別報告書に続き、生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学-政策プラットフォーム(IPBES)による『生物多様性と生態系サービスに関する地球規模評価報告書』に続く。

本政策決定者向け要約(SPM)は報告書の主要な知見をまとめるもので、3つのセクションによって構成される：SPM.A：観測された変化と影響、SPM.B：予測される変化及びリスク、そしてSPM.C：海洋及び雪氷圏の変化に対する対応の実施。報告書を読み進める補助として、内容に該当するアイコンを示す。主要な知見の確信度はIPCCで基準化された(技術)用語を用いて報告され、各知見の基礎となる科学的根拠は、報告書本体を参照することによって提示する。

内容を示すアイコンの凡例

	高山地域の雪氷圏
	極域
	沿岸域及び海面水位上昇
	海洋

¹ 雪氷圏は、本報告書(附属書1:用語集)において、陸域及び海洋の表面及びその下層で凍結している地球システムの構成要素で、積雪、氷河、氷床、棚氷、氷山、海水、湖水、河水、永久凍土及び季節凍土を含む。

² 気候変動並びに海洋と雪氷圏に関する特別報告書を作成する決定は2016年4月11-13日にケニア・ナイロビで開催された第43回IPCC総会にて行われた。

³ 締切日：文献の提出(投稿)日については2018年10月15日、出版に向けた受理日については2019年5月15日。

⁴ SROCCは、第1作業部会及び第2作業部会の科学的な指揮の下で作成された。承認されたアウトラインに従い、緩和の選択肢(第3作業部会)は、ブルーカーボン(沿岸生態系)の緩和ポテンシャルを除き、評価されていない。

⁵ 2つの特別報告書の正式名称は『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』、『気候変動と土地：気候変動、砂漠化、土地の劣化、持続可能な土地管理、食料安全保障及び陸域生態系における温室効果ガスフラックスに関するIPCC特別報告書』である。

⁶ 各々の知見は、基礎となっている証拠と見解の一致度の評価にその基盤を置く。確信度は「非常に低い」「低い」「中程度」「高い」「非常に高い」の5段階の表現を用い、「確信度が中程度」のように斜体字で記述する。ある成果または結果について評価された可能性の度合いを示すために次の用語を用いる。「ほぼ確実」：確率99~100%、「可能性が非常に高い」：確率90~100%、「可能性が高い」：確率66~100%、「どちらも同程度の可能性」：確率33~66%、「可能性が低い」：確率0~33%、「可能性が非常に低い」：確率0~10%、「ほぼあり得ない」：確率0~1%。適切な場合には追加的な用語(「可能性が極めて高い」：確率95~100%、「どちらかと言えば可能性が高い」：確率>50~100%、「どちらかと言えば可能性が低い」：確率0~<50%、「可能性が極めて低い」：確率0~5%)を用いることがある。可能性の評価結果は、「可能性が非常に高い」のように斜体字で記述する。本報告書では、「可能性が高い範囲」または「可能性が非常に高い範囲」の表現を用い、結果について評価された可能性の度合いが17~83%または5~95%の確率の範囲の間であることを示す。より詳細な説明については1.9.2節、図1.4を参照のこと。

スタートアップ・ボックス 人々にとっての海洋及び雪氷圏の重要性

地球上のすべての人々は海洋及び雪氷圏に直接的または間接的に依存する。世界全体の海洋は地球の表面の71%を占め、地球の水の97%を含んでいる。雪氷圏は地球システム¹の凍結している部分を指す。地球の陸域の面積の約10%が氷河または氷床に覆われている。海洋及び雪氷圏は固有の生息地を支え、世界全体にわたる水、エネルギー及び炭素の交換を通じて気候システムの他の要素と相互につながっている。過去及び現在の人為起源の温室効果ガスの排出量及び進行する地球温暖化に対する海洋及び雪氷圏の応答には、数十年から数千年にわたる回避できない変化、急激な変化の閾値、及び不可逆性が含まれる{Box 1.1, 1.2}。

沿岸環境、極域、小島嶼（小島嶼開発途上国（SIDS[Small Islands Developing States]）を含む）、及び高山地域⁷と密接な関係にある人間コミュニティは特に、海面水位の上昇、極端な海面水位及び雪氷圏の縮小など、海洋及び雪氷圏の変化に曝されている。沿岸からより離れた内陸のその他コミュニティも、極端な気象現象などを通じて、海洋の変化に曝されている。今日、約400万人の人々が北極域に定住しており、そのうち10%は先住民である。沿岸低平地⁸には、現在約6億8000万人（2010年の世界人口の約10%）が居住し、2050年までに10億人以上に達すると予測される。SIDSには約6500万人が居住する。先住民を含む約6億7000万人（2010年の世界人口の約10%）が、南極以外の大陸における高山地域に居住する。高山地域では、2050年までに人口が7億4000万～8億4000万人に達すると予測される（予測される世界人口の8.4～8.7%）。{1.1, 2.1, 3.1, Cross-Chapter Box 9, 図2.1}

自然及び人為起源の二酸化炭素（CO₂）及び熱の吸収（uptake）及び再配分、並びに生態系のサポートなど、気候システムにおける役割に加え、海洋及び／または雪氷圏が人々に提供するサービスには、食料及び水の供給、再生可能エネルギーの供給、並びに健康と福祉、文化的価値、観光、貿易及び運輸への便益を含む。海洋及び雪氷圏の状態は、国連持続可能な開発目標（SDGs）に反映されている持続可能性の各側面と相互に作用する。{1.1, 1.2, 1.5}

⁷ 高山地域には、氷河、雪、または永久凍土が景観の顕著な特徴となっているすべての山岳地域を含む。本報告書において取り扱う高山地域の一覧については、第2章を参照されたい。高山地域の人口は、本報告書で評価される高山地域における氷河または永久凍土から100キロメートル未満の地域について計算される{2.1}。2050年の予測は5つすべての共有社会経済経路[シナリオ]におけるこれらの地域の人口の幅を示す{Cross-Chapter Box 1 in Chapter 1}。

⁸ 低標高の沿岸域の人口は、小島嶼国を含む、沿岸に接続する海拔10メートル未満の陸域について算定される{Cross-Chapter Box 9}。2050年の予測は、5つすべての共有社会経済経路におけるこれらの地域の人口の幅を示す{Cross-Chapter Box 1 in Chapter 1}。

A. 観測された変化及び影響

観測された自然の (physical な) 変化

A.1 最近数十年にわたって、地球温暖化は雪氷圏の広範に及ぶ縮小をもたらし、それは氷床及び氷河の質量の減少 (確信度が非常に高い)、積雪[の深さ、面積及び期間]の減少 (確信度が高い) 及び北極域の海氷の面積や厚さの減少 (確信度が非常に高い)、並びに永久凍土における温度の上昇 (確信度が非常に高い) を伴う。{2.2, 3.2, 3.3, 3.4, 図SPM.1, 図SPM.2}

A.1.1  世界中で氷床及び氷河の質量が減少している (確信度が非常に高い)。2006~2015 年に、グリーンランド氷床⁹は $278 \pm 11 \text{ Gt/年}$ (世界平均海面水位上昇として $0.77 \pm 0.03 \text{ mm/年}$ に相当) の平均速度で質量が減少しており、そのほとんどは表面の融解による (確信度が高い)。2006~2015 年に、南極氷床¹⁰は $155 \pm 19 \text{ Gt/年}$ (世界平均海面水位上昇として $0.43 \pm 0.05 \text{ mm/年}$ に相当) の速度で質量が減少しており、それは主に、西南極氷床の流出を招いている、主要な流出氷河の急速な薄化と後退によるものである (確信度が非常に高い)。グリーンランド及び南極を除く世界中の氷河は、2006~2015 年に $220 \pm 30 \text{ Gt/年}$ (世界海面水位上昇 $0.61 \pm 0.08 \text{ mm/年}$ に相当) の平均速度で質量が減少した。{3.3.1, 4.2.3, Appendix 2.A, 図 SPM.1}

A.1.2  北極域における 6 月の積雪面積は、主に地上気温の上昇により、1967 年~2018 年に 10 年あたり $13.4 \pm 5.4\%$ 減少し、合計約 250 万 km^2 の減少となった (確信度が高い)。ほぼすべての高山地域において、特に標高の低い地域において、積雪の深さ、面積及び期間は最近数十年の間に減少している (確信度が高い)。{2.2.2, 3.4.1, 図 SPM.1}

A.1.3  永久凍土の温度は、2007~2016 年に極域及び世界全体の高山地域において最近 $0.29 \pm 0.12^\circ\text{C}$ 上昇したのを含め、1980 年代から現在まで記録的に高い水準にまで上昇している (確信度が非常に高い)。北極域及び北方 (boreal) の永久凍土は、1460~1600 Gt の有機炭素を含み、これは大気中の炭素のほぼ 2 倍である (確信度が中程度)。北半球の永久凍土地域が、現在融解によって追加的なメタン及び CO_2 が正味で放出していることについては、証拠が中程度で見解一致度が低い。永久凍土の融解及び氷河の後退により高山の山腹斜面の安定性が減少している (確信度が高い)。{2.2.4, 2.3.2, 3.4.1, 3.4.3, 図 SPM.1}

A.1.4  1979~2018 年に、北極域の海氷面積は 1 年間のすべての月において減少した可能性が非常に高い。9 月の海氷は 10 年につき $12.8 \pm 2.3\%$ 減少している可能性が非常に高い。9 月のこれらの海氷の変化は少なくとも過去 1000 年の間に前例がない可能性が高い。北極域の海氷は薄くなっており、同時に、より若い氷に移行しており、1979~2018 年に少なくとも 5 年を経過した多年氷が占める面積の割合が約 90% 減少している (確信度が非常に高い)。夏季の海氷及び春季の陸域の積雪の減少によるフィードバックは、北極域において拡大する昇温に寄与しており (確信度が高い)、同地域の地上気温が、過去 (直近の) 20 年間で世界平均の 2 倍以上上昇している可能性が高い。北極域の海氷の変化は、中緯度の気象に影響を与える可能性を有するが (確信度が中程度)、特定の気象の種類に対してこの影響を検出する確信度が低い。南極の海氷面積全体については、地域間のシグナルの違い及び大きな年々変動により全般的に統計的に有意な変化傾向を示していない (1979~2018 年) (確信度が高い)。{3.2.1, 6.3.1, Box 3.1, Box 3.2, SPM A.1.2, 図 SPM.1, 図 SPM.2}

⁹ 周縁氷河を含む。

¹⁰ 氷 360 Gt は、世界平均海面水位 1 mm に相当する。

海洋・雪氷圏における過去および将来の変化

RCP2.6及びRCP8.5における主要な指標の（観測された及びモデリングによる）歴史的变化

■ 歴史的（観測）
 ■ 歴史的（モデル）
 ■ 予測（RCP2.6）
 ■ 予測（RCP8.5）

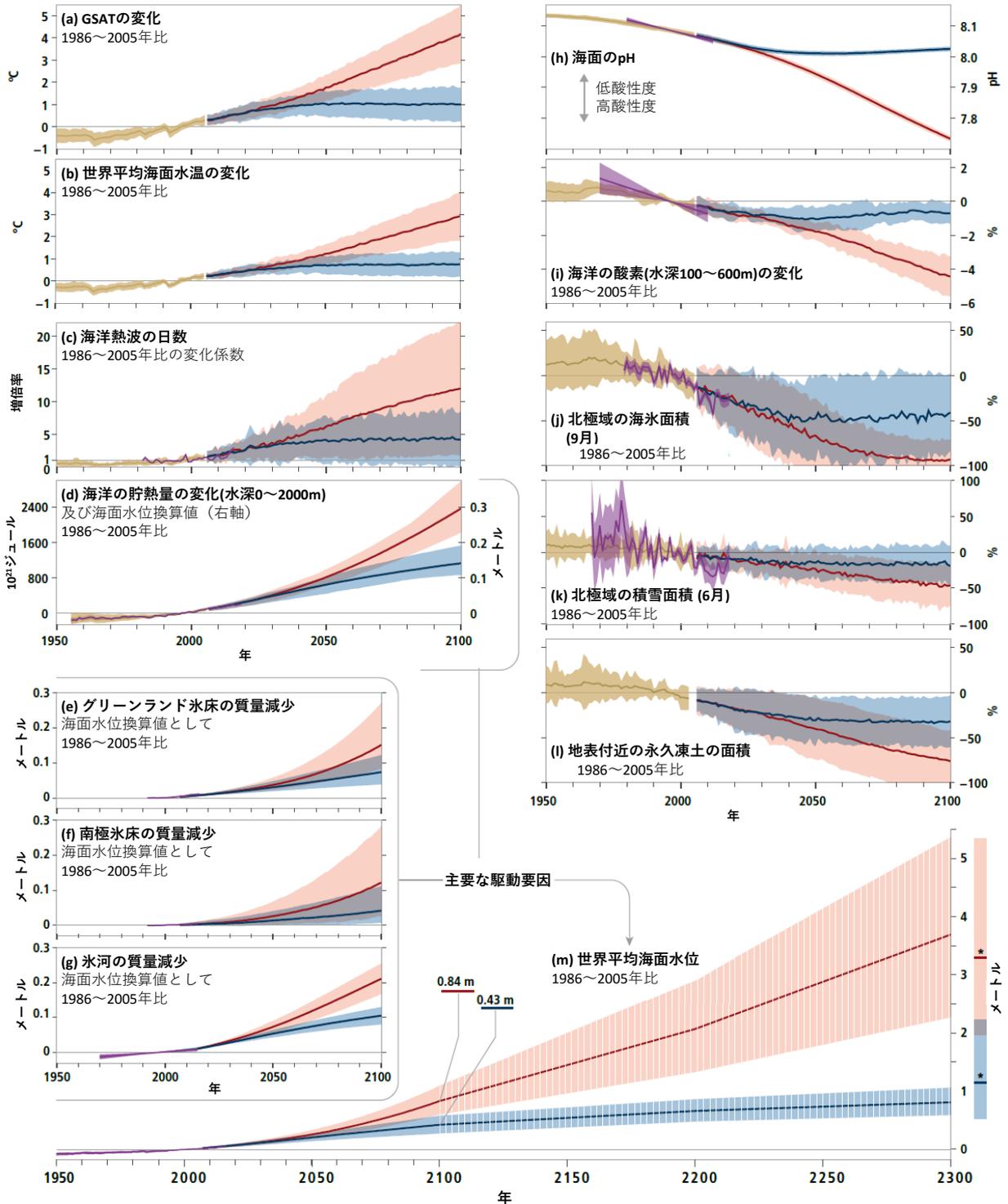


図 SPM.1 1950年¹¹以降の海洋及び雪氷圏における、観測値とモデリング（再現計算）による歴史的変化[の結果]、並びに温室効果ガスの低排出（RCP2.6）及び高排出（RCP8.5）のシナリオにおいて予測される将来の変化{Box SPM.1}。(a) 表面付近の世界平均気温（[GSAT:] Global Mean Surface Air Temperature）の変化と**可能性が高い**範囲{Box SPM.1, Cross-Chapter Box 1 in Chapter 1}。**海洋に関連する変化**と**可能性が非常に高い**範囲;(b) 世界平均海面水温{Box 5.1, 5.2.2}; (c) 海洋表層部における海洋熱波の日数の変化係数{6.4.1}; (d) 世界全体の海洋の貯熱量の変化（水深0～2000m）。1970年以降に観測された昇温に近似的に相当する[熱膨張による]海面水位上昇の値を、海洋の貯熱量に熱膨張係数の世界平均（ $\epsilon \approx 0.125 \text{ m} / 10^{24}$ ジュール [10²⁴ジュールあたり 0.125 m]）¹²を乗じることにより、右軸に示した{図 5.1}; (h) 海面の pH（トータルスケール）の世界平均。こうした観測に基づく変化傾向は、外洋域の15年より長い時系列を有するサイトに基づいて評価している{Box 5.1, 図 5.6, 5.2.2}; (i) 海洋の酸素変化の世界平均（水深100～600m）。評価の対象となった観測に基づく変化傾向は、1996年を中心に1970～2010年にわたる期間で評価している{図 5.8, 5.2.2}。**海面水位の変化の可能性の高い**範囲;(m) 世界平均海面水位の変化。縦線の入った着色域は、2100年以降の海面水位の予測の**確信度が低い**ことを反映し、2300年の棒グラフは、海面水位の変化可能性の幅についての専門家の判断を反映する{4.2.3, 図 4.2}。その構成要素;(e, f) グリーンランド及び南極の氷床の質量減少{3.3.1}; (g) 氷河の質量減少 {Cross-Chapter Box 6 in Chapter 2, 表 4.1}。更なる**雪氷圏に関連する変化の可能性が非常に高い**範囲;(j) 9月の北極域の海氷面積の変化¹³ {3.2.1, 3.2.2, 図 3.3}; (k) 6月の北極域の積雪の変化（北緯60°以北の陸域）{3.4.1, 3.4.2, 図 3.10}; 及び(l) 北半球における地表付近（上部3～4m）の永久凍土面積 {3.4.1, 3.4.2, 図 3.10}。RCP4.5及びRCP6.0の中間的シナリオにおいて予測された変化の評価はここで考慮されるすべての変数について利用可能ではないが、利用が可能な場合には報告書本体において言及している{RCP4.5について2.2.2, Cross-Chapter Box 6 in Chapter 2, 3.2.2, 3.4.2, 4.2.3を参照、RCP6.0についてCross-Chapter Box 1 in Chapter 1を参照}。

¹¹ これは、変化が1950年に始まったことを示唆するものではない。一部の変数における変化は工業化以前の期間から起こっている。

¹² この換算係数（世界平均熱膨張を単位熱あたりメートルで示す世界平均海洋熱膨張）は、異なるモデル間で約10%の差異があり、海洋の昇温が平均熱膨張係数を増大させていることにより、RCP8.5の強制力において2100年までに約10%系統的に増大する。{4.2.1, 4.2.2, 5.2.2}

¹³ 南極の海氷は、将来予測の確信度が低いためここに示されていない。{3.2.2}

ボックス SPM.1 SROCC における気候変動のシナリオの利用

本報告書において予測される将来変化の評価は主に代表的濃度経路（RCP）を用いた CMIP5¹⁴気候モデル予測に基づく。RCP はすべての温室効果ガス、エアロゾル及び化学的活性ガスの排出量及び濃度、並びに土地利用/土地被覆の時系列を含むシナリオである。RCP は異なる水準の地球温暖化を引き起こすであろう可能性がある多くのシナリオの中の一組を示すに過ぎない。{Annex I: Glossary}

本報告書は、利用可能な文献を反映し、その評価に主に RCP2.6 及び RCP8.5 用いる。RCP2.6 は、CMIP5 のシミュレーションにおいて 3 分の 2 の確率で地球温暖化を 2100 年までに 2°C より低く抑える、温室効果ガスの排出量が少なく緩和が大きい将来を示す¹⁵。それに対し RCP8.5 は、温室効果ガスの高排出シナリオで、気候変動に対処する政策を実施せず、その結果大気中の温室効果ガスの濃度が継続的及び持続的に増加する。すべての RCP と比較して、RCP8.5 は温室効果ガスの排出量が最も多い経路に該当する。根拠となる章では、温室効果ガスの排出量が中程度の RCP4.5 及び RCP6.0 を含むその他のシナリオも参照している。{Annex I: Glossary, Cross-Chapter Box 1 in Chapter 1}

表 SPM.1 は、SROCC で用いられる主要な評価期間について 4 つの異なる RCP における工業化以前からの全昇温の合計の推定値を示す。1850～1900 年の期間から 1986～2005 年の期間にかけての昇温は、海洋及び陸域における表面付近の気温の観測結果を用いて、0.63°C（可能性が高い範囲は 0.57 to 0.69°C）と評価されている。AR5 におけるアプローチと整合して、モデルによる表面付近の世界平均気温の変化（基準期間：1986～2005 年）は、この観測された昇温に加算される。{Cross-Chapter Box 1 in Chapter 1}

表 SPM.1 4 つの RCP における 2 つの期間について予測される 1850～1900 年からの世界平均地表温度の変化¹⁶

シナリオ	短期：2031～2050年		21世紀末：2081～2100年	
	中央値（°C）	可能性の幅（°C）	中央値（°C）	可能性の幅（°C）
RCP2.6	1.6	1.1～2.0	1.6	0.9～2.4
RCP4.5	1.7	1.3～2.2	2.5	1.7～3.3
RCP6.0	1.6	1.2～2.0	2.9	2.0～3.8
RCP8.5	2.0	1.5～2.4	4.3	3.2～5.4

¹⁴ CMIP5は、第5次結合モデル相互比較プロジェクト（Annex I: Glossary）。

¹⁵ RCP2.6より低い程度の昇温の予測に対応するより低排出の経路（RCP1.9）は、CMIP5に含まれてない。

¹⁶ 本報告書は、2006～2015年と比較した変化を評価する場合がある。1850～1900年の期間から2006～2015年にかけての昇温は0.87°C（可能性が高い範囲は0.75～0.99°C）{Cross-Chapter Box 1 in Chapter 1}。

A.2 世界全体の海洋は、**ほぼ確実に** 1970年より弱まることなく昇温しており、気候システムにおける余剰熱の90%超を取り込んできた（**確信度が高い**）。1993年より、海洋の昇温率は2倍を超えている（**可能性が高い**）。海洋熱波は、1982年から、発生頻度が2倍に増大した**可能性が非常に高く**、その強度は増大している（**確信度が非常に高い**）。海洋がより多くのCO₂を吸収することによって、海面（表面海水）の酸性化が進行している（**ほぼ確実に**）。海面から水深1000mまで酸素の減少が起きている（**確信度が中程度**）。{1.4, 3.2, 5.2, 6.4, 6.7, 図SPM.1, 図SPM.2}

A.2.1  IPCC 第5次評価報告書（AR5）に記述された海洋の昇温傾向が続いている。1993年以降、海洋の昇温率、つまり吸収される熱量は、1969～1993年に3.22 ± 1.61 ZJ/年（水深0～700 m）及び0.97 ± 0.64 ZJ/年（700～2000 m）であったのに対し、1993～2017年に6.28 ± 0.48 ZJ/年（0～700 m）及び3.86 ± 2.09 ZJ/年（700～2000 m）¹⁷と2倍以上に増加しており（**可能性が高い**）、人為起源の強制力によるものと原因が特定できる（**可能性が非常に高い**）。{1.4.1, 5.2.2, 表5.1, 図SPM.1}

A.2.2  1970～2017年において、南大洋は、世界全体の海洋の上層2,000m（2,000m以浅）で増加した（得られた）熱の総量の35～43%を占めた（**確信度が高い**）。その割合は、2005～2017年に45～62%に増加した（**確信度が高い**）。2000mより下の深海は、1992年以降昇温し（**可能性が高い**）、特に南大洋において昇温した。{1.4, 3.2.1, 5.2.2, 表5.1, 図SPM.2}

A.2.3  世界全体で、海洋における熱に関連する現象が増加している。日平均海面水温が1982～2016年の各地点の99パーセントイルを超える場合（の現象）と定義される海洋熱波¹⁸は、その頻度が倍増し、より長い期間にわたって持続し、より強く、より広大になっている（**可能性が高い**）。2006～2015年に発生した海洋熱波の84～90%は人為起源の昇温に原因特定できる**可能性が非常に高い**。{表6.2, 6.4; 図SPM.1, 図SPM.2}

A.2.4  1970年以降、海洋の上層200m（200m以浅）で、密度成層¹⁹が強まっている（**可能性が非常に高い**）。観測された表層水温の昇温及び高緯度における淡水の増加により、海洋表層は海洋のより深い層に比べて密度が一層小さくなっており（**確信度が高い**）、表層水と深層水の混合が抑制されている（**確信度が高い**）。上層200m（200m以浅）の成層度の平均は1971～1990年の平均と1998～2017年の平均の間で2.3 ± 0.1%（**可能性が非常に高い範囲**）増加した。{5.2.2}

A.2.5  1980年代以降、海洋は人為起源の炭素の総量の20～30%（**可能性が非常に高い**）を吸収し、さらなる海洋酸性化をもたらしている。外洋の海面のpHは、1980年後半から10年につき0.017～0.027pH値の割合（**可能性が非常に高い範囲**）で低下しており²⁰、海洋表層のpHの低下は、海洋面積の95%より広い範囲で、背景にある自然変動を超えて生じている**可能性が非常に高い**。{3.2.1, 5.2.2, Box 5.1, 図SPM.1}

A.2.6  1970～2010年にわたるデータセットによれば、外洋では水深1,000mより上層（1,000m以浅）で、酸素が0.5～3.3%減少している**可能性が非常に高く**、それに伴い酸素極小層の体積が3～8%拡大している**可能性が高い**ことが示されている（**確信度が中程度**）。酸素の減少は主に海洋の成層化の強まり、ベンチレーション（通気）の変化及び生物地球化学に起因する（**確信度が高い**）。{5.2.2; 図SPM.1, 図SPM.2}

¹⁷ ZJはゼタジュールと読み、10²¹ジュールに等しい。海洋全体を1°C昇温するのに約5500ZJ必要であり、144ZJで上層部100mを約1°C上昇させるだろう。

¹⁸ 海洋熱波は、極端に温かい海面近い温度が続く期間で、数日から数ヶ月に及んで継続し、数千キロメートルにわたって広がりうる（Annex I: Glossary）。

¹⁹ 本報告書において、密度成層は、より浅い層とより深い層の間の密度の対比と定義される。成層化の拡大によって熱、塩分、酸素、炭素及び栄養塩の垂直方向の交換を減少させる。

²⁰ 15年以上に及ぶ現場の記録に基づく。

A.2.7  観測（現場観測（2004–2017年）及び海面水温の復元を含む）は、大西洋子午面循環（AMOC）²¹が1850～1900年に比べて弱まっていることを示唆する（確信度が中程度）。観測記録の長さが限られているため、その弱化の規模を定量化、または人為起源の強制力が原因であると適切に特定するにはデータが不十分である。原因特定は現在可能でないが、1850～2015年の期間のCMIP5のモデルシミュレーション結果の平均的は、人為起源の強制力によって駆動した場合にAMOCの弱化を示している。{6.7}

A.3 世界平均海面水位（GMSL）は、グリーンランド及び南極の氷床から氷が減少する速度の増大（確信度が非常に高い）、氷河の質量の減少及び海洋の熱膨張の継続により、最近の数十年加速して上昇している。熱帯低気圧による風及び降雨の増大、並びに極端な高波の増加は、相対的な海面水位の上昇と結びついて、海面水位の極端現象及び沿岸域のハザードを悪化させる（確信度が高い）。{3.3, 4.2, 6.2, 6.3, 6.8, 図SPM.1, 図SPM.2, 図SPM.4, 図SPM.5}

A.3.1  1902～2010年の期間にGMSLは0.16m（可能性が非常に高い範囲は0.12～0.21m）上昇した。2006～2015年の期間のGMSLの上昇率である3.6mm/年（可能性が非常に高い範囲は3.1～4.1mm/年）は、直近の100年で例がなく（確信度が高い）、1.4mm/年（0.8～2.0mm/年、可能性が非常に高い範囲）であった1901～1990年の上昇率の約2.5倍である。2006～2015年における氷床及び氷河による寄与分の合計は、海面水位の上昇（1.8mm/年、非常に可能性が高い範囲は1.7～1.9mm/年）の最も大きな要因となっており、海洋水の熱膨張（1.4mm/年、非常に可能性が高い範囲は1.1～1.7mm/年）²²の効果より大きい（確信度が非常に高い）。1970年以降の世界平均海面水位の上昇の支配的な原因は、人為起源の強制力である（確信度が高い）。{4.2.1, 4.2.2, 図SPM.1}

A.3.2  グリーンランド及び南極の氷床の氷の減少の増大により（確信度が極めて高い）、海面水位の上昇は加速している（可能性が極めて高い）。2007～2016年の期間で、南極の氷床の質量の減少は1997～2006年に比べて3倍になった。グリーンランドでは、同じ期間で質量の減少が2倍になった（可能性が高い、確信度が中程度）。{3.3.1, 図SPM.1, 図SPM.2, 図SPM A.1.1}

A.3.3  数世紀のうちに数メートルの海面水位の上昇を引き起こす可能性のある、南極における氷の流出及び後退の加速化が、西南極のアムンゼン湾及び東南極のウィルクスランドにおいて観測されている（確信度が非常に高い）。これらの変化は氷床の不可逆的²³な不安定化の始まりかもしれない。氷床の不安定化プロセスの始まりに関連する不確実性は、観測が限定されていること、モデルによる氷床プロセスの不十分な表現、並びに大気、海洋及び氷床の複雑な相互作用の理解が限られていることに起因する。{3.3.1, Cross-Chapter Box 8 in Chapter 3, 4.2.3}

A.3.4  海面水位の上昇は世界的に一様ではなく、地域によって異なる。地域による違いは、世界平均海面水位の上昇の±30%以内であり、陸域の氷の減少並びに海洋の昇温及び循環の変化によって生じる。世界平均海面水位との差は、局所的な人為的な活動によるもの（例えば、地下水の汲み上げ）を含む、急速な土地の上下動がある地域においてより大きくなりうる。（確信度が高い）{4.2.2, 5.2.2, 6.2.2, 6.3.1, 6.8.2, 図SPM.2}

A.3.5  海面水位の極端現象、沿岸侵食及び浸水（洪水）をもたらす極端な波高は、南大西洋及び北大西洋では、1985～2018年の期間でそれぞれ約1.0cm/年及び0.8cm/年増加した（確信度が中程度）。北極域における海氷の減少によっても、1992～2014年の期間で波高が増大している（確信度が中程度）。{4.2.2, 6.2, 6.3, 6.8, Box 6.1}

²¹ 大西洋子午面循環（AMOC）は南北大西洋において中心的な海流系である（Annex I: Glossary）。

²² 海面水位の上昇の合計速度は、陸水の貯蔵量の推定値の不確実性により、雪氷圏及び海洋の寄与分の合計より大きい。

²³ 回復の時間軸は何百年から何千年である（Annex I: Glossary）。

A.3.6  人為起源の気候変動は、熱帯低気圧に伴って観測された降水（確信度が中程度）、風（確信度が低い）、及び海面水位の極端現象（確信度が高い）を増大させており、複数の極端現象及び関連する複合的な影響の強度を増大させている（確信度が高い）。人為起源の気候変動は、人為起源の強制力による熱帯域の拡大に関連して、最近数十年の西部北太平洋における熱帯低気圧の最大強度の極側への移動に寄与したかもしれない（確信度が低い）。世界全体でカテゴリ-4 またはカテゴリ-5 の熱帯低気圧の年間発生数の全体に占める割合が最近数十年で増加していることについて、新しい証拠が出てきている（確信度が低い）。{6.2, 表 6.2, 6.3, 6.8, Box 6.1}

生態系に対する観測された影響

A.4 雪氷圏及び関連する水循環の変化は、以前は氷に覆われていた土地の露出、積雪の変化、並びに永久凍土の融解によって、高山地域及び極域における陸域及び淡水の生物種並びに生態系に影響を与えてきた。これらの変化は、季節行動、生態学的、文化的及び経済的に重要な動植物種の個体数及び分布、生態学的攪乱、並びに生態系の機能発現の変化に寄与してきた。（確信度が高い）2.3.2, 2.3.3, 3.4.1, 3.4.3, Box 3.4, 図SPM.2}

A.4.1  直近 100 年にわたって一部の動物種及び植物種は、氷河が後退し、雪のない季節が長期化したことに伴い、個体数が増大し、分布域を移動し、及び新たな地域に定着している（確信度が高い）。昇温とともに低標高の生物種が高標高に移動することで、高山地域における局所的な生物種の豊富さを増大させている（確信度が非常に高い）。一部の寒冷に適応した、または雪に依存する種は個体数を減少させ、絶滅のリスクを増大させており、それは特に山頂付近において顕著である（確信度が高い）。極域及び山岳地域において、特に冬の終わり及び春に、多くの種の季節的な活動が変化してきている（確信度が高い）。{2.3.3, Box 3.4}

A.4.2  森林火災の増加及び急激な永久凍土の融解、並びに北極及び山岳地域の水循環への変化によって、生態系の攪乱の頻度及び強度が変化している（確信度が高い）。これには植生並びにトナカイ及びサケなどの野生生物に対する正と負の影響も含まれている（確信度が高い）。{2.3.3, 3.4.1, 3.4.3}

A.4.3  人工衛星による観測は、ツンドラにわたって全体的な緑化を示し、これは植物の生産性の増大を示唆することが多い（確信度が高い）。ツンドラ及び北方林における一部の褐色化が進む地域は、生産性の低下を示唆する（確信度が高い）。これらの変化は、高山地域（確信度が中程度）及び極域（確信度が高い）の両方において、生態系サービスの供給、調整及び文化的な側面に対して負の影響を与えている。{2.3.1, 2.3.3, 3.4.1, 3.4.3, Annex I: Glossary}

A.5 1950 年頃より多くの海洋生物種が、多数の種群にわたって、生息地における海洋の昇温、海水の変化及び酸素の減少などの生物地球化学的な変化に応答し、地理的な分布域の移動（変化）及び季節行動の変化を経ている（確信度が高い）。これは赤道から両極〔北極・南極〕にわたって種の構成、個体数及び生態系のバイオマス（生物量）生産の変化をもたらしている。種間の相互作用の変化によって生態系の構造及び機能発現に連鎖的な影響をもたらされている（確信度が中程度）。一部の海洋生態系では、種は漁業及び気候変動の両方の影響を受けている（確信度が中程度）。{3.2.3, 3.2.4, Box 3.4, 5.2.3, 5.3, 5.4.1, 図SPM.2}

A.5.1  1950 年代以降、異なる海洋生物種にわたる分布域の極域へ向けた移動の速度は、表層域（海面から上層 200 m（200m 以浅）まで）及び海底生態系においてそれぞれ 10 年につき 52 ± 33 km 及び 29 ± 16 km（可能性が非常に高い範囲）である。観測される分布域の移動の速度及び方向は、水深、緯度勾配及び経度勾配にわたる局所的な温度、酸素、及び海流によって形成される（確信度が高い）。昇温に起因する生物種の分布域の拡大は、例えば北大西洋、北東太平洋、及び北極海において、生態系の構造及び機能の変化を引き起こしている（確信度が中程度）。{5.2.3, 5.3.2, 5.3.6, Box 3.4, 図 SPM.2}

A.5.2   直近数十年の間、北極域の純一次生産は、氷のない水域で増加し（確信度が高い）、海氷の変化及び海洋生態系にとって空間的に多様で正または負の影響をもたらす栄養塩（riverine nutrients）の利用性に応答し、春季の植物プランクトンのブルーム（大繁殖）は、一年のより早い時期に起こっている（確信度が中程度）。南極では、そのような変化は空間的に不均一で、氷河の後退及び海氷の変化を含む急速な局所的变化に関連して起きている（確信度が中程度）。一部の北極域の動物プランクトンの季節行動、生産及び分布の変化、並びに南大西洋におけるナンキョクオキアミの個体群分布の南下は、気候に関連する環境変化に関連している（確信度が中程度）。極域では、氷に関連する海棲哺乳類及び海鳥類が海氷の変化に関連する生息地の縮小（確信度が高い）及び獲物の分布に対する気候の影響によって生じる採餌の成功率への影響（確信度が中程度）を経験している。複数の気候に関連するストレス要因が極域の動物プランクトンに与える連鎖的影響は、食料網の構造及び機能、生物多様性、並びに漁業に影響を与えている（確信度が高い）。{3.2.3, 3.2.4, Box 3.4, 5.2.3, 図 SPM.2}

A.5.3  東岸境界湧昇システム（EBUS）は、最も生産性の高い海洋生態系の一つである。海洋酸性化及び酸素の減少の増大によって、4つの主要な湧昇システムのうち2つ（カリフォルニア海流とフンボルト海流）が負の影響を受けている（確信度が高い）。カリフォルニア海流の湧昇システムにおける海洋酸性化及び酸素水準の低下はバイオマスの生産及び種の構成に対する直接的な負の影響を伴う生態系の構造を変化させた（確信度が中程度）。{Box 5.3, 図 SPM.2}

A.5.4  20世紀及びそれ以降の海洋の昇温は、一部の漁業資源について乱獲の影響と複合して（確信度が高い）、潜在的な最大漁獲量の全体的な低下に寄与している（確信度が中程度）。多くの地域では、地球温暖化の直接的及び間接的影響による魚類及び甲殻類の資源量の減少、並びに生物地球化学的变化が、既に漁獲量の減少に寄与している（確信度が高い）。一部の地域では、海洋の状況の変化は、一部の種について適切な生息地の拡大及び／または個体数の増加に寄与している（確信度が高い）。これらの変化は1970年代以降、多くの生態系において漁獲物の種組成の変化を伴ってきた（確信度が中程度）。{3.2.3, 5.4.1, 図 SPM.2}

A.6 沿岸域の生態系は、人為的な活動が海洋及び陸上にもたらす不利益な結果（作用）とあいまって、海洋熱波の強化、酸性化、酸素の喪失、塩水流入及び海面水位の上昇を含む海洋の温暖化の影響を受ける（確信度が高い）。[これらの]影響は、生息地の面積及び生物多様性、並びに生態系の機能発現及びサービスにおいてすでに観測されている（確信度が高い）。{4.3.2, 4.3.3, 5.3, 5.4.1, 6.4.2, 図SPM.2}

A.6.1  植生被覆のある沿岸域の生態系は、海岸線を暴風及び侵食から保護し、海面水位の上昇の影響を低減させる。沿岸湿地の50%近くは、局所的に起こる人為的な圧力、海面水位の上昇、昇温、及び極端な気象現象の影響の組み合わせによって、直近100年の間に失われた（確信度が高い）。植生被覆のある沿岸生態系は重要な炭素の貯蔵庫（carbon store）であり、それらの消失の結果、現在0.04–1.46 GtC/年が放出されている（確信度が中程度）。昇温に応答して、海草藻場及びコンブ場（kelp forests）の分布域は1970年代後半以降、高緯度地域で拡大し、低緯度地域で縮小しており（確信度が高い）、一部の地域では熱波の後に一時的な消失が起こる（確信度が中程度）。1960年代以降に昇温の結果として起こっている大規模なマングローブの消滅は、気温の上昇に関連して起こる亜熱帯域の塩性湿地へのマングローブの分布の拡大によって部分的に相殺され、その結果、それに依存する動物種に食料及び生息地を提供する草本植物に覆われた野原（open areas）が減少している（確信度が高い）{4.3.3, 5.3.2, 5.3.6, 5.4.1, 5.5.1, 図 SPM.2}。

A.6.2 ■■■  海面水位の上昇に起因する河口域への海水の侵入の増加によって、海棲生物種の上流側への再分布を招き（確信度が中程度）、河口域の生物コミュニティに適した生息地（ハビタット）の減少を引き起こしている（確信度が中程度）。1970年代以降、人間による集中的な開発及び河川に由来する負荷量による河口域における栄養塩及び有機物負荷量の増大は、海洋の昇温による、細菌の呼吸に刺激をもたらす影響を悪化させ、低酸素地域の拡大を引き起こしている（確信度が高い）。{5.3.1}。

A.6.3 ■■■  沿岸生態系に対する海面水位の上昇の影響には生息地の縮小、関連する生物種の地理的な移動、並びに生物多様性及び生態系の機能性の低下が含まれる。影響は、人間による直接的な攪乱によって増幅し、人為的な障壁によって湿地帯及びマングローブは内陸への移動を阻まれる（「沿岸の圧迫」という）（確信度が高い）。局所的な地形学上の特質及び堆積物（土砂）供給によって、湿地帯及びマングローブは、現在の平均海面水位上昇と同等またはそれより速い速度で鉛直[方向]に拡大[成長]しうる（確信度が高い）。{4.3.2, 4.3.3, 5.3.2, 5.3.7, 5.4.1}

A.6.4 ■■■  サンゴ、フジツボ及びムラサキイガイなどの固着性で石灰化する（例えば、貝殻及び骨格を作る）生物が支配的に存在する暖水性サンゴ礁及び岩礁海岸は、現在、極端な温度及び海洋酸性化の影響を受けている（確信度が高い）。海洋熱波の結果、既に大規模なサンゴの白化現象がより高い頻度で発生しており（確信が非常に高い）、1997年以降、世界中でサンゴ礁の劣化を引き起こし、発生した場合、その回復は遅い（15年以上）（確信度が高い）。高い環境温度及び生物の干出〔脱水状態〕が長引くことにより、岩礁海岸の生態系に対して高いリスクを呈する（確信度が高い）。{SR1.5; 5.3.4, 5.3.5, 6.4.2.1, 図SPM.2}

海洋及び雪氷圏における変化による観測された地域に対する影響

原因特定		海洋														
		北極海	EBUS ¹	北大西洋	北太平洋	南大西洋	南太平洋	南大洋	インド洋	大西洋	インド洋	太平洋	凡例			
温室効果ガス	物理的な変化	水温	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	物理的变化 ●● 増加 ● 減少 ●● 増加及び減少
		酸素	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	
		海洋pH	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	
		海面面積	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	
		海面水位	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	
気候変動	生態系	表層域	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	システム ● 正 ● 負 ● 正及び負
		サンゴ	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	
		沿岸湿地	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	
		コンブ場	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	
		岩礁	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	
		深海	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	
	人間システム及び生態系サービス	極域の底生生物	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	人間システム及び生態系サービス ●● 高い ●● 中程度 ● 低い
		海水関連	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	
		漁業	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	
		観光	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	
人間システム及び生態系サービス	生息地サービス	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	原因特定の確信度 ●●● 高い ●● 中程度 ● 低い	
	運輸/船舶輸送	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●		
	文化的サービス	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●		
	沿岸域での炭素隔離	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●		

¹東岸境界湧昇システム（ベンゲラ海流、カナリア海流、カリフォルニア海流、及びファンボルト海流）{Box 5.3}

原因特定		高山地域及び極域の陸域																
		ヒマラヤ、チベット台地及びその他	高山アジア ²	低緯度 ³	南アンデス	ニュージーランド	アメリカ合州国	西カナダ及び北米	ヨーロッパ及び北米	北ヨーロッパ	コーカサス	ロシア	アイスランド	北極域	アラスカ ⁵	カナダ北極域及びグリーンランド	南極	
温室効果ガス	物理的な変化	水の利用性	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
		洪水	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
		土砂崩れ	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
		雪崩	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
気候変動	生態系	地盤沈下	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
		ツンドラ	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
		森林	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
		湖沼	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
人間システム及び生態系サービス	河川	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	
	観光	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	
	農業	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	
	インフラ	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	
人間システム及び生態系サービス	移動 ⁶	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	
	文化的サービス	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	

²ヒンドークシュ、カラコラム、横断山脈、天山山脈を含む。³熱帯アンデス、メキシコ、東アフリカ及びインドネシア、⁴フィンランド、ノルウェー、スウェーデンを含む。⁵ユーコン準州及びブリティッシュ・コロンビア内の隣接するカナダの地域を含む。⁶「移動」は、価値の有無ではなく、正味の移動の増減を意味する。

図 SPM.2 SROCC で評価した海洋²⁴ (上段) 及び高山地域及び極域の陸域 (下段) において観測された地域のハザード及び影響の統合。各地域について、物理的な変化について、主要な生態系への影響、並びに人間システム及び生態系の機能・サービスに対する影響を示す。物理的な変化は、黄色/緑色は、測定された変数の数量または頻度の増加・減少をそれぞれ示す。生態系、人間システム、及び生態系サービスに対する影響について、青色または赤色は観測された影響がそれぞれ所与のシステムまたはサービスに対して正 (有益な) または負 (悪い) の影響であることをそれぞれ示す。「増加及び減少」を示すセルは、当該地域においては物理的な変化の増加及び減少の両方が見られるが、必ずしも同等ではないことを示す。「正及び負」の原因特定ができる影響を示すセルについても同様である。海洋 [(上段)] については、観測された変化を、物理的な変化については温室効果ガスの放射強制力に、生態系、人間システム及び生態系サービスについては気候変動に原因特定できる確信度を示す。高山地域及び極域 [(下段)] については、物理的な変化及び影響を少なくとも部分的に雪氷圏の変化に原因特定できる確信度を示す。「評価なし」は、適用できない、地域スケールで評価されていない、または評価するための証拠が不十分であることを意味する。「海洋」の「物理的な変化」において、「水温」は南極海 (0~2000m) 及び北極海 (上層の混合層及び主要な流入) を除く海洋の 0~700m の層における温度変化、「酸素」は 0~1200m の層または酸素極小層における酸素[濃度]、「海洋 pH」は海洋表層の pH (pH の低下は海洋酸性化の進行に一致する)、と定義される。「生態系」においては、「サンゴ」は暖水性サンゴ礁及び冷水性サンゴを意味する。「表層域」の項目は、外洋域の上層 200m より深い層でも一部の漂泳性生物による影響を含む北極域を除き、すべての海域において水深 200m 未満の表層域を示す。「沿岸湿地」には、塩性湿地、マングローブ [(林)] 及び海草が含まれる。「コンブ場」は、特定の分類の大型藻類 (macroalgae) の生息地である。「岩礁海岸」はイガイ及びフジツボなど不動性の石灰化生物が占拠する沿岸域の生息地である。「深海」は水深 3000~6000m の海底生態系である。「海氷関連」には、海氷の中、上及び下の生態系を含む。[「人為システムと生態系サービス」においては、]「生息地サービス」は、生息地を支える構造及びサービス (例えば、生息地、生物多様性、一次生産) を意味する。「沿岸域の炭素隔離 (carbon sequestration)」は沿岸域のブルーカーボン生態系による炭素の吸収 (uptake) 及び貯蔵 (storage) を意味する。陸域の生態系:「ツンドラ地帯」は、ツンドラ及び高山地域の草原及び南極の陸域生態系を指す。「移動」は正味の移動の増減を指し、それによる便益・悪影響といった価値を示すものではない。「観光への影響」は環境部門にとっての運営条件を指す。「文化的サービス」には、氷河の考古学の寄与に加え、文化的アイデンティティ、帰属意識、並びに精神的、本質的及び美的価値を含む。陸域に関して裏付けとなる情報は、表 SM2.6, SM2.7, SM2.8, SM3.8, SM3.9 及び SM3.10 に、海洋地域については表 SM5.10, SM5.11, SM3.8, SM3.9 及び SM3.10 に示す {2.3.1, 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5, 2.3.6, 2.3.7, 図 2.1, 3.2.1; 3.2.3; 3.2.4; 3.3.3; 3.4.1; 3.4.3; 3.5.2; Box 3.4, 4.2.2, 5.2.2, 5.2.3, 5.3.3, 5.4, 5.6, 図 5.24, Box 5.3}。

人々及び生態系サービスに対する観測された影響

A.7 20世紀半ばより、北極圏及び高山地域における雪氷圏の縮小は、食料安全保障、水資源、水質、生計、健康と福祉、インフラ、交通、観光とレクリエーション、及び人間社会の文化に、主に負の影響を与えており、これは特に先住民にあてはまる (確信度が高い)。コスト及び便益は、人々及び地域にわたって不平等に分布している。先住民の知識及び地域の知識を含むことは適応の努力において利益をもたらしてきた (確信度が高い)。{1.1, 1.5, 1.6.2, 2.3, 2.4, 3.4, 3.5, 図 SPM.2}

A.7.1  北極圏の多くの地域において、食料及び水の安全保障は積雪、湖沼及び河川の氷、並びに永久凍土における変化から負の影響を受けている (確信度が高い)。これらの変化は、牧畜、狩猟、漁業及び採集の地域の利用可能性及びそれらの地域内の食料の入手可能性を攪乱し、先住民の人々を含む北極域の住民の生計及び文化的アイデンティティに害を及ぼしている (確信度が高い)。氷河の後退及び積雪面積の変化は、ヒンドゥークシュ・ヒマラヤ並びに熱帯アンデスを含む一部の高山地域において農業の収量の局所的な減少に寄与している (確信度が中程度)。{2.3.1., 2.3.7, Box 2.4, 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, 3.5.2, 図 SPM.2}

A.7.2  北極域では、特に先住民の間で、雪氷圏の変化による人間の健康に及ぼす負の影響として、食品媒介性及び水媒介性の疫病、栄養不良、傷害及び精神面の健康の課題がある (確信度が高い)。一部の高山地域において、融解する氷河及び永久凍土から放出される汚染物質、特に水銀が水質に影響を与えている (確信度が中程度)。北極域における健康に関連した適応の取り組みは、局所的な規模から国際的な規模までの幅があり、その成功は先住民の知識に支えられている (確信度が高い)。{1.8, Cross-Chapter Box 4 in Chapter 1, 2.3.1, 3.4.3}

²⁴ 本報告書では、緑海は個別の海域としては評価されていない。

A.7.3   北極域の住民、特に先住民は、季節性の変化並びに陸上、氷上及び雪の移動の状況に対応するために活動の時期を調整している。自治体及び産業界は、浸水（洪水）及び永久凍土の融解に関連するインフラの不具合に対処し始めており、一部の沿岸域のコミュニティは移転を計画している（**確信度が高い**）。計画過程に意味のある形で関わるための資金、技術、能力及び制度の各側面での支援が限定的であることが適応の課題となっている（**確信度が高い**）。{3.5.2, 3.5.4, Cross-Chapter Box 9}

A.7.4   北極圏の夏季における船舶による輸送（観光を含む）は直近 20 年の間に、北極圏の海水の減少と同時に増加している（**確信度が高い**）。これは、世界貿易及び伝統的な航路に関係する経済国に影響を及ぼし、北極域の海洋生態系及び沿岸域のコミュニティに対して、侵略的生物種及び局所的な汚染などによるリスクを呈する（**確信度が高い**）。{3.2.1, 3.2.4, 3.5.4, 5.4.2, 図 SPM.2}

A.7.5    直近数十年の間、人口、観光及び社会経済開発の増加により人々及びインフラの自然ハザードに対する曝露が増大している（**確信度が高い**）。一部の災害は、例えばアンデス、アジアの高山域、コーカサス及びヨーロッパアルプスなどにおいて、雪氷圏における変化に関連づけられている（**確信度が中程度**）。{2.3.2, 図 SPM.2}

A.7.6    積雪が支配的あるいは氷河融解のある河川流域において、雪及び氷河の変化は、流出及び水資源の量及び季節性を変化させている（**確信度が非常に高い**）。水力発電設備は、高山地域、例えば、中央ヨーロッパ、アイスランド、米国・カナダ西部及び熱帯アンデスにおいて流入量の季節性の変化及び増加と減少の両方を経験している（**確信度が中程度**）。しかし、その結果として[水力発電設備の]操作及びエネルギー生産が影響を受けたという**証拠は限定的**である。{B1.4, 2.3.1}

A.7.7    高山地域の景観及び文化的側面は、（例えば、ヒマラヤ、東アフリカ、熱帯アンデスにおいて）氷河及び積雪の減少による負の影響を受けている（**確信度が中程度**）。観光及びレクリエーション（スキー及び氷河観光、ハイキング、並びに登山を含む）も、多くの高山地域において負の影響を受けている（**確信度が中程度**）。一部の場所では、スキー観光に対する負の影響が人工造雪によって低減されている（**確信度が中程度**）。{2.3.5, 2.3.6, 図 SPM.2}

A.8 海洋における変化は、海洋生態系及び生態系サービスに影響を与えてきたが、その結果は地域毎に異なり、ガバナンスに課題を呈してきた（確信度が高い）。漁業（確信度が中程度）、地域の文化及び生計（確信度が中程度）、並びに観光及びレクリエーション（確信度が中程度）を通じて、正負両方の影響を食料安全保障にもたらす。生態系サービスへの影響は、健康及び福祉（確信度が中程度）並びに漁業に依存する先住民及び地域コミュニティに対して、負の影響をもたらす（確信度が高い）。{1.1, 1.5, 3.2.1, 5.4.1, 5.4.2, 図 SPM.2}

A.8.1   昇温によって引き起こされた、一部の魚類及び甲殻類の資源の空間分布及び個体数の変化は、漁獲量、経済便益、生計、及び地域文化に正負の影響を与えてきた（**確信度が高い**）。先住民及び漁業に依存する地域コミュニティにとって負の影響をもたらされる（**確信度が高い**）。種の分布及び個体数の変化は、北極域、北大西洋及び太平洋を含む地域で、生態系の保全を確保するための漁業規制及び漁業団体間の資源の共有の側面において、国際的及び国内の海洋及び漁業のガバナンスに課題を呈してきた（**確信度が高い**）。{3.2.4, 3.5.3, 5.4.2, 5.5.2, 図 SPM.2}

A.8.2  有害藻類のブルーム（大繁殖）は、気候変動に関連する駆動要因及び河川の栄養塩の流出などの気候以外の駆動要因に応答し、1980年代以降、分布域の拡大及び沿岸域の発生頻度の増加を示している（*確信度が高い*）。有害藻類のブルームについて観測された傾向は、海洋の昇温、海洋熱波、酸素の喪失、富栄養化及び汚染の影響に部分的に原因特定される（*確信度が高い*）。有害藻類のブルームは、食料安全保障、観光、地域経済及び人間の健康に負の影響をもたらしてきた（*確信度が高い*）。これらの生物ハザードにより脆弱な人間コミュニティは、有害藻類のブルームに関する持続的なモニタリング制度及び専用の早期警戒システムのない地域のコミュニティである（*確信度が中程度*）。{Box 5.4, 5.4.2, 6.4.2}.

A.9 沿岸域のコミュニティは、熱帯低気圧、極端な海面水位の上昇及び浸水（洪水）、海洋熱波、海水の減少及び永久凍土の融解を含む、複数の気候に関連するハザードに曝露されている（*確信度が高い*）。多様な対応が、主に極端現象が起こった後に世界各地で実施されているが、一部の対応（例えば、大規模なインフラの場合など）は将来の海面水位の上昇を見込んで実施されている。{3.2.4, 3.4.3, 4.3.2, 4.3.3, 4.3.4, 4.4.2, 5.4.2, 6.2, 6.4.2, 6.8, Box 6.1, Cross Chapter Box 9, 図SPM.5}

A.9.1  多くの場所において沿岸域で人間が現在受けている影響について、海面水位の上昇に原因を求めることは依然として難しい。それは、地盤沈下（例、地下水のくみ上げ）、汚染、生息地の劣化、並びにサンゴ及び砂の採掘など、気候以外の人為起源の駆動要因によっても状況が悪化しているためである（*確信度が高い*）。{4.3.2., 4.3.3}

A.9.2  堤防（dikes）、胸壁（seawalls）及び防潮堤（surge barriers）などハード面の対策による海岸防護は、多くの沿岸都市及びデルタ地域において広く普及している。生態系ベース（生態系を活用した）及び生態系及び人工のインフラを組み合わせたハイブリッド型のアプローチは、世界中にさらに普及している。「拡張（Advance）」は海に向かって建設することによって新しい土地を造成すること（例、埋め立て）のことで、沿岸域の人口密度が高く、土地が不足しているほとんどの地域において長い歴史を有する。沿岸域の「後退（retreat）」は、沿岸域における人間による占拠が取り払われることを指し、一般的に小規模の人間コミュニティに限定して観測されるにとどまるが、沿岸湿地のハビタット（生息地）を創出するために起こる。海面水位の上昇に対する対応の効果は図 SPM.5 において評価される。{3.5.3, 4.3.3, 4.4.2, 6.3.3, 6.9.1, Cross-Chapter Box 9}

B. 予測される変化及びリスク

予測される自然の（physical な）変化²⁵

B.1 世界全体レベルでの（グローバルな）氷河の質量の減少、永久凍土の融解、並びに積雪及び北極域の海氷面積の減少は、地上気温の上昇によって短期的（2031～2050年）に継続すると予測され（**確信度が高い**）、河川流出及び局所的な（ローカルな）ハザードに不可避な影響をもたらす（**確信度が高い**）。グリーンランド及び南極の氷床は、21世紀にわたって、またそれ以降も、さらに加速して質量の減少が進むと予測される（**確信度が高い**）。これらの雪氷圏の変化の速度及び規模は、温室効果ガスの高排出シナリオにおいて、21世紀後半にさらに増加すると予測される（**確信度が高い**）。今後数十年における温室効果ガスの排出量の大幅な削減によって、2050年以降のさらなる変化が低減されると予測される（**確信度が高い**）。{2.2, 2.3, Cross-Chapter Box 6 in Chapter 2, 3.3, 3.4, 図SPM.1, SPM Box SPM.1}

B.1.1  2015年から2100年にかけて予測される氷河の質量の減少（氷床を除く）は、RCP2.6の $18 \pm 7\%$ （**可能性が高い範囲**）からRCP8.5の $36 \pm 11\%$ （**可能性が高い範囲**）の幅があり、RCP2.6では海面水位換算 $94 \pm 25\text{mm}$ （**可能性が高い範囲**）、RCP8.5では海面水位換算値 $200 \pm 44\text{mm}$ （**可能性が高い範囲**）の海面水位[上昇]への寄与に相当する（**確信度が中程度**）。比較的氷河が小さい地域（例、中央ヨーロッパ、コーカサス、北アジア、スカンジナビア、熱帯アンデス、メキシコ、東アフリカ及びインドネシア）では、RCP8.5において2100年までに現在の氷河の質量の80%以上が減少すると予測され（**確信度が中程度**）、将来の[温室効果ガス]排出量に関係なく多くの氷河が消滅すると予測されている（**確信度が非常に高い**）。{Cross-Chapter Box 6 in Chapter 2, 図 SPM.1}

B.1.2  グリーンランド氷床は、2100年のGMSLの上昇に、RCP2.6では0.07m（0.04～0.12m、**可能性が高い範囲**）、RCP8.5では0.15m（0.08～0.27m、**可能性が高い範囲**）寄与すると予測される。2100年に、南極氷床はRCP2.6では0.04m（0.01～0.11m、**可能性が高い範囲**）、RCP8.5では0.12m（0.03～0.28m、**可能性が高い範囲**）[のGMSLの上昇に]寄与すると予測される。現在、グリーンランド氷床の方が南極氷床よりも海面水位の上昇に大きく寄与しているが（**確信度が高い**）、[南極氷床の]急速な後退の結果、21世紀末までに南極の方が、寄与が大きくなるだろう（**確信度が低い**）。2100年以降、RCP8.5におけるGMSLの上昇に対するグリーンランド及び南極のそれぞれの寄与の差が拡大することは、北半球における相対的な海面水位の上昇の速度に重大な影響を与える。{3.3.1, 4.2.3, 4.2.5, 4.3.3, Cross-Chapter Box 8, 図 SPM.1}

B.1.3  北極域の秋季及び春季の積雪は短期的（2031～2050年）に1986～2005年に比べて5～10%減少すると予測され、その後、RCP2.6ではそれ以上の減少はない一方で、RCP8.5では、今世紀末までにさらに15～25%減少すると予測される（**確信度が高い**）。高山地域では、標高の低い地域における冬季の平均積雪深は、排出シナリオに関係なく、1986～2005年に比べて2031～2050年に10～40%減少する**可能性が高い**と予測される（**確信度が高い**）。2081～2100年には、この予測される減少はRCP2.6では10～40%、RCP8.5では50～90%となる**可能性が高い**。{2.2.2, 3.3.2, 3.4.2, 図 SPM.1}

²⁵ 本報告書では主としてRCP2.6及びRCP8.5を次の理由により用いる：これらのシナリオは、本報告書で取り扱う話題について評価された範囲の大部分を示し、評価された文献においてCMIP5に基づいて取り扱われている内容の大部分を示し、予測される変化について一貫性のあるストーリーの提示を可能にする。RCP4.5及びRCP6.0は報告書で取り扱うすべての話題について利用可能ではない。{Box SPM.1}

B.1.4  永久凍土の広範囲にわたる融解が今世紀（確信度が非常に高い）及びそれ以降に起こると予測される。2100年までに地表面付近（3～4m）の永久凍土の面積はRCP2.6では24 ± 16%（可能性が高い範囲）、RCP8.5では69 ± 20%（可能性が高い範囲）減少すると予測される。RCP8.5のシナリオでは、2100年までにCO₂²⁶及びメタンとしての永久凍土の炭素の大気への累積放出量が数百億～数千億トンとなり、気候変動を加速させる可能性を伴う（確信度が中程度）。より低排出のシナリオは、永久凍土地域からの炭素排出の応答を抑える（確信度が高い）。メタンの寄与は、炭素の追加放出量全体に占める割合は小さいが、その昇温能力がより高いため重要である。植物の成長の増加によって土壌炭素が部分的に補充されると予測されるが、長期にわたる炭素の放出量には満たない（確信度が中程度）。{2.2.4, 3.4.2, 3.4.3, 図SPM.1, Cross-Chapter Box 5 in Chapter 1}

B.1.5  多くの高山地域において、氷河の後退及び永久凍土の融解は山腹斜面の安定性をさらに減少させると予測され、氷河湖の数及び面積が増大する（確信度が高い）。氷河湖の決壊または雪の上の降水による洪水、地滑り及び雪崩は、新たな場所または異なる季節においても発生すると予測される（確信度が高い）。{2.3.2}

B.1.6  積雪が支配的な、あるいは氷河融解のある高山流域における河川の流出量は、排出シナリオに関係なく変化すると予測され（確信度が非常に高い）、冬季の平均流出量の増加（確信度が高い）及び春季のピーク流量の早期化（確信度が非常に高い）を伴う。すべての排出シナリオにおいて、氷河からの年間流出量及び夏季の流出量は21世紀末にまたはその前までに（例えば、アジアの高山域では21世紀半ば頃に）ピークに達し（確信度が高い）、その後は減少すると予測される。氷河の面積が小さい地域（例えば、熱帯アンデス、ヨーロッパアルプス）では、ほとんどの氷河がこのピークを既に過ぎている（確信度が高い）。2100年（RCP8.5）までに予測される氷河からの流出量の減少によって、いくつかの大規模な河川流域、特に乾季のアジアの高山域において、雪解け期の少なくとも1ヶ月の河川流出量を10%またはそれ以上に減少させうる（確信度が低い）。{2.3.1}

B.1.7  北極域の海水の減少は世紀半ばまで継続し、その後の差異は地球温暖化の規模に依拠すると予測される。1.5°Cの安定化した地球温暖化では、[今]世紀末までに海水のない9月となる確率は約1%であり、これは2°Cの安定化した地球温暖化では10～35%に上昇する（確信度が高い）。南極の海水の予測については確信度が低い。{3.2.2, 図SPM.1}

B.2 21世紀にわたって海洋は、水温の上昇（ほぼ確実）、海洋上層部における成層の強化（可能性が非常に高い）、酸性化の進行（ほぼ確実）、酸素の減少（確信度が中程度）及び純一次生産の変化（確信度が低い）を伴って前例のない状態に移行すると予測される。海洋熱波（確信度が非常に高い）、極端なエルニーニョ現象及びラニーニャ現象（確信度が中程度）は、さらに頻繁に発生するようになると予測される。大西洋子午面循環（AMOC）は弱まると予測される（可能性が非常に高い）。これらの変化の速度及び規模は、温室効果ガスの排出量が低いシナリオにおいてより小さくなる（可能性が非常に高い）。{3.2, 5.2, 6.4, 6.5, 6.7, Box 5.1, 図SPM.1, 図SPM.3}

B.2.1  海洋は21世紀を通して昇温を続ける（ほぼ確実）。2100年までに海洋の上層2,000m（2,000m以浅）は、1970年以降観測された海洋による貯熱量と比べて、RCP8.5では5～7倍（またはRCP2.6では2～4倍）の熱を吸収すると予測される（可能性が非常に高い）。上層200m（200m以浅）の密度成層¹⁴の年平均（北緯60°と南緯60°の間の平均）は、2081～2100年に1986～2005年と比べて、RCP8.5では12～30%、RCP2.6では1～9%増大し（可能性が非常に高い）、その結果、栄養塩、炭素及び酸素の鉛直方向の流れを抑制すると予測される。{5.2.2, 図SPM.1}

²⁶ 背景として、人為起源のCO₂の年間排出総量は2008～2017年の期間にわたって平均10.8 ± 0.8 GtC/年（39.6 ± 2.9 GtCO₂/年）であった。人為起源のメタンの年間排出総量は2003～2012年の期間にわたって平均0.35 ± 0.01 GtCH₄/年であった。{5.5.1}

B.2.2 ■■■■ 🌊 2081～2100年までに RCP8.5 では海洋の酸素含有量（確信度が中程度）、海洋上層部の硝酸塩含有量（確信度が中程度）、純一次生産（確信度が低い）及び炭素輸送（確信度が中程度）は世界全体で減少する予測され、その可能性が非常に高い範囲はそれぞれ 2006～2015年と比べて 3～4%、9～14%、4～11% 及び 9～16%である。RCP2.6 では、酸素の減少（可能性が非常に高い）、栄養塩の利用性（どちらも同程度の可能性）及び純一次生産（確信度が高い）について世界全体で予測される変化は、RCP8.5 に比べて小さい。{5.2.2; Box 5.1; 図 SPM.1, 図 SPM.3}

B.2.3 ■■■■ 🌊 2100年まで海洋による炭素の吸収が続けば、海洋酸性化を進行させることはほぼ確実である。外洋の海面の pH は、RCP8.5 において 2081～2100年までに、2006～2015年に比べて pH 値が 0.3 低下すると予測される（ほぼ確実）。RCP8.5 では、2081～2100年までに北極域及び亜寒帯において 1年を通してアラゴナイトの安定性の閾値を超えることにより、アラゴナイトの殻を形成する中枢種にとってのリスクが高まる（可能性が非常に高い）。RCP2.6 ではこれらの状況が今世紀中は回避できる（可能性が非常に高い）が、一部の東岸境界湧昇システムは依然として脆弱になると予測される（確信度が高い）。{3.2.3, 5.2.2, Box 5.1, Box 5.3, 図 SPM.1}

B.2.4 ■■■■ 🌊 海洋では、工業化以降かつてないほど気候が変化しており、外洋の生態系に対するリスクを高めている。海面の酸性化及び昇温は現在に至るまでの期間において既に顕在化している（可能性が非常に高い）。RCP8.5 では、2031～2050年までの期間に水深 100～600m における酸素の減少は、海洋の面積の 59～80%において起こると予測される（可能性が高い）。海洋生態系の変化の 5つの主な駆動要因（海面の昇温及び酸性化、酸素の減少、硝酸塩の含有量、純一次生産の変化）が顕在化する時期が、RCP8.5 では 2031～2050年までに 60%より広い海域で、RCP2.6 では 30%より広い海域で、すべて[の駆動要因は]2100年より前に起こると予測される（可能性が非常に高い）。{Annex I: Glossary, Box 5.1, Box 5.1 図 1}

B.2.5 ■■■■ 🌊 海洋熱波は頻度、持続期間、空間的な広がり及び強度（最高温度）に関してさらに増加すると予測される（確信度が非常に高い）。気候モデルは、海洋熱波の頻度が 2081～2100年までに 1850～1900年に比べて、RCP8.5 で約 50倍、RCP2.6 で 20倍増加すると予測する（確信度が中程度）。頻度は、北極域及び熱帯域の海洋で最も大きいと予測される（確信度が中程度）。海洋熱波の強度は、2081～2100年までに 1850～1900年に比べて、RCP8.5 で約 10倍に増大すると予測される（確信度が中程度）。{6.4, 図 SPM.1}

B.2.6 ■■■■ 🌊 極端なエルニーニョ現象及びラニーニャ現象は、21世紀に頻度が増大する可能性が高く、世界のいくつかの地域でより乾燥またはより湿潤な応答を伴うことで既存のハザードを強化する可能性が高いと予測される。21世紀には、RCP2.6 及び RCP8.5 の両方において極端なエルニーニョ現象が 20世紀に比べて 2倍発生すると予測される（確信度が中程度）。予測によると、極端なインド洋ダイポールモード現象も頻度が増加することが示されている（確信度が低い）。{6.5; 図 6.5, 6.6}

B.2.7 ■■■■ 🌊 AMOC は 21世紀にすべての RCP において弱体化すると予測されるが（可能性が非常に高い）、停止に至る可能性が非常に低い（確信度が中程度）。CMIP5 の予測によると、2300年までの AMOC の停止[するかしないか]は高排出シナリオにおいて五分五分の可能性で、低排出シナリオでは可能性が非常に低い（確信度が中程度）。AMOC の大幅な弱体化が起こった場合、北大西洋における海洋生産性の低下（確信度が中程度）、北ヨーロッパにおける暴風雨（storm）の増加（確信度が中程度）、サヘル地域[（サハラ砂漠南縁部に広がる半乾燥地域）]（確信度が高い）及び南アジア（確信度が中程度）における夏季の降水量の減少、大西洋における熱帯低気圧の数の減少、並びに北米の北東部の沿岸における地域的な海面水位の上昇（確信度が中程度）を引き起こすと予測される（確信度が中程度）。このような変化が、地球温暖化のシグナルの上に加わって起こるものである。{6.7; 図 6.8-6.10}

B.3 海面水位の上昇は加速しながら続いていく。歴史的に稀な（最近の過去100年に一度）海面水位の極端現象が、全てのRCPシナリオで2050年までに、多くの場所において頻繁（1年に一度以上）に、特に熱帯地域において、起こると予測される（確信度が高い）。高海面水位になる頻度の増大により、曝露の度合いによるが、多くの場所で深刻な影響を与えうる。（確信度が高い）。海面水位の上昇は、全てのRCPシナリオにおいて、2100年以降も継続すると予測される。高排出シナリオ（RCP8.5）では、2100年までに予測される世界全体の海面水位の上昇は、南極氷床の寄与がより大きいことにより、AR5と比べて大きい（確信度が中程度）。RCP8.5の下では、今後数世紀にわたって、海面水位は年間数センチを超える速度で上昇し、その結果数メートル上昇すると予測される（確信度が中程度）が、RCP2.6では海面水位の上昇が2300年に1m程度に抑えられると予測される（確信度が低い）。極端な海面水位及び沿岸域のハザードは、熱帯低気圧の強度及び降水量の増加によって悪化する（確信度が高い）。波浪や潮汐の予測される変化がこれらのハザードを増幅または低減するかどうかは、場所により異なる（確信度が中程度）。{Cross-Chapter Box 5 in Chapter 1; Cross-Chapter Box 8 in Chapter 3; 4.1; 4.2; 5.2.2, 6.3.1; 図SPM.1, 図SPM.4, 図SPM.5}

B.3.1  RCP2.6では世界平均海面水位（GMSL）の上昇は、1986～2005年の期間と比べて、2081～2100年の期間に0.39m（0.26～0.53m、可能性が高い範囲）、2100年に0.43m（0.29～0.59m、可能性が高い範囲）になると予測される。RCP8.5では、対応するGMSLの上昇は2081～2100年に0.71m（0.51～0.92m、可能性が高い範囲）、2100年に0.84m（0.61～1.10m、可能性が高い範囲）になると予測される。RCP8.5における2100年の平均海面水位の上昇はAR5に比べて0.1m高くなっており、可能性が高い範囲は、南極氷床の減少がより大きくなるため、2100年に1mを超えている（確信度が中程度）。21世紀末の不確実性は、特に南極の氷床によって主に決定される。{4.2.3, 図SPM.1, 図SPM.2, 図SPM.4, 図SPM.5}

B.3.2  海面水位の予測はGMSLとの地域差を示す。自然のプロセス及び人為的活動によって引き起こされた局所的な地盤沈下など、最近の気候変動によって引き起こされたもの以外のプロセスは沿岸域での相対的な海面水位の変化にとって重要である（確信度が高い）。気候に起因する海面水位の上昇の相対的な重要性は時間を経て増加すると予測される一方で、海面水位の予測及び影響には局所的なプロセスを考慮する必要がある（確信度が高い）。{SPM A3.4, 4.2.1, 4.2.2, 図SPM.5}

B.3.3  海面水位の上昇の速度は、RCP8.5では2100年に15mm/年（10～20mm/年、可能性が高い範囲）に達し、22世紀には数cm/年を超えると予測される。RCP2.6では、その速度は2100年に4mm/年（2～6mm/年、可能性が高い範囲）に達すると予測される。モデルの研究は、2300年までに海面水位は数メートル上昇することを示し（RCP8.5において2.4～5.4m、RCP2.6において0.6～1.07m）（確信度が低い）、海面水位の上昇を抑えるためには排出削減が重要であることを示唆する。将来の棚氷の減少の時期及び氷床の不安定性の広がりや左右するプロセスは、海面水位上昇に対する南極の寄与を、100年及びそれより長い時間スケールにおける可能性が高い範囲より大幅に大きな値に増加させうる（確信度が低い）。南極氷床の部分的な崩壊に伴う海面水位の上昇の結果を考慮すると、この影響力の大きいリスクは注目に値する。{Cross-Chapter Box 5 in Chapter 1, Cross-Chapter Box 8 in Chapter 3, 4.1, 4.2.3}

B.3.4  世界平均海面水位の上昇によって、ほとんどの場所での海面水位の極端現象の頻度が増大する。歴史的に1世紀に一度[の確率で]発生した局所的な海面水位（歴史的に100年ごとの現象）が、すべてのRCPシナリオでほとんどの場所で2100年まで少なくとも毎年起こると予測される（確信度が高い）。多くの低平地のメガシティ及び小島嶼（SIDSを含む）は、RCP2.6、RCP4.5及びRCP8.5では、歴史的に1世紀に一度の現象を、2050年までに少なくとも年に一度経験することが予測される。中緯度域において歴史的に1世紀に一度の現象が年に一度の現象となる年は、RCP8.5において、最も早く発生し、続いてRCP4.5、RCP2.6で発生する。高海面水位の頻度の増加は、曝露の程度によって、多くの場所で深刻な影響を与えうる（確信度が高い）。{4.2.3; 6.3; 図SPM.4, SPM.5}

B.3.5  有義波高（波高の高い方から順に全体の3分の1の個数平均）は、RCP8.5では南極海及び熱帯の東太平洋（確信度が高い）並びにバルト海（確信度が中程度）で増加し、北大西洋及び地中海で減少すると予測される（確信度が高い）。沿岸域の潮位の振幅及びパターンは、海面水位の上昇及び沿岸域の適応策によって変化すると予測される（可能性が非常に高い）。気象パターンの変化によって発生すると予測される波の変化及び海面水位の上昇による潮位の変化の予測により、沿岸域のハザードを局所的に強化または改善しうる（確信度が中程度）。{6.3.1, 5.2.2}

B.3.6  熱帯低気圧の平均強度、熱帯低気圧全体に占めるカテゴリ4及び5の割合、並びに関連する平均降水量は、世界全体の気温が2°C上昇する場合、どの基準期間と比べても増加すると予測される（確信度が中程度）。平均海面水位の上昇は、熱帯低気圧に関連したさらに高い極端な海面水位に寄与する（確信度が非常に高い）。沿岸域のハザードは、熱帯低気圧の平均強度、高潮の規模及び降水量の増加によって悪化する。今世紀半ばから2100年にかけて、RCP2.6よりRCP8.5においてより大幅な増大が予測されている（確信度が中程度）。全球規模での熱帯低気圧が将来発生する頻度の変化については確信度が低い。{6.3.1}

予測される生態系に対するリスク

B.4 将来起こる陸域の雪氷圏の変化は、生態系の構造及び機能発現に変化をもたらす種の分布の大規模な移動（変化）、そしてその後起こる世界全体で固有の生物多様性の喪失を伴って、高山地域及び極域における陸域及び淡水の生態系を改変し続ける（確信度が中程度）。森林火災（wildfire）は、今世紀の残りの期間において、一部の山岳地域を含むほとんどのツンドラ及び北方の地域にわたって、大幅に増加すると予測される（確信度が中程度）。{2.3.3, Box 3.4, 3.4.3}

B.4.1  高山地域では、より低標高の生物種によるさらなる高標高への移動、生息域の縮小及び死亡率の増大により、多くの高山帯の生物種、特に氷河または雪に依存する生物種の個体数の減少を引き起こし（確信度が高い）、局所的に、そして最終的には世界全体における生物種の喪失を伴う（確信度が中程度）。高山帯の生物種の持続性及び生態系サービスの持続は、適切な保全策及び適応策に依拠する（確信度が高い）。{2.3.3}

B.4.2  北極域の陸域では、一部の北極圏の高緯度の生物種にとって避難できるレフュージア（避難場所）が限定的であり、それ故温帯域の生物種との競争に負けるため、世界的に固有の生物多様性の喪失が予測される（確信度が中程度）。2050年までに低木及び高木が拡大し、北極圏のツンドラ帯の24～52%を被覆すると予測される（確信度が中程度）。北方林[の分布域]は、北端で拡大する一方で、南端では消滅し、より低層のバイオマスによる森林/灌木地に置き換わると予測される（確信度が中程度）。{3.4.3, Box 3.4}

B.4.3  永久凍土の融解及び雪の減少は、北極域及び山岳地域の水循環及び森林火災に影響を与え、その結果、植生や野生生物に影響を及ぼす（確信度が中程度）。北極域の陸域の永久凍土の約20%は急激な永久凍土の融解及び土壌侵食に脆弱で、RCP8.5において2100年までに小さい湖沼の面積が50%増大すると予測される（確信度が中程度）。降水量の増加、蒸発散及び北極海への河川流出を含む地域の水循環が全体的に強化されると予測されているにも関わらず、雪及び永久凍土の減少は土壌の乾燥を引き起こし、生態系の生産性及び攪乱に影響するだろう（確信度が中程度）。森林火災は今世紀末まで、ほとんどのツンドラ地帯及び北方、並びに一部の山岳地域にわたって増加すると予測され、同時に気候及び植生の移動の間の相互作用によって将来の火災の強度及び頻度が影響を受ける（確信度が中程度）。{2.3.3, 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, SPM B.1}

B.5 全ての排出シナリオにおいて、海洋動物の群集の世界全体のバイオマス〔(生物量)〕の減少、その生産及び潜在的な漁獲量の減少、並びに種の構成の変化が、21世紀にわたって海面から深海の海底にかけて海洋生態系において起こると予測される(確信度が中程度)。減少の速度及び規模は、熱帯域において最大(確信度が高い)となる一方で、影響は極域において依然として多様であり(確信度が中程度)、[影響は]高排出シナリオにおいては増大すると予測される。海洋酸性化(確信度が中程度)、酸素の減少(確信度が中程度)及び海氷面積の減少(確信度が中程度)並びに気候以外の人間の活動(確信度が中程度)は、温暖化によって引き起こされたこれらの生態系への影響を悪化させる潜在的可能性を有する。{3.2.3, 3.3.3, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.4.1, 図SPM.3}

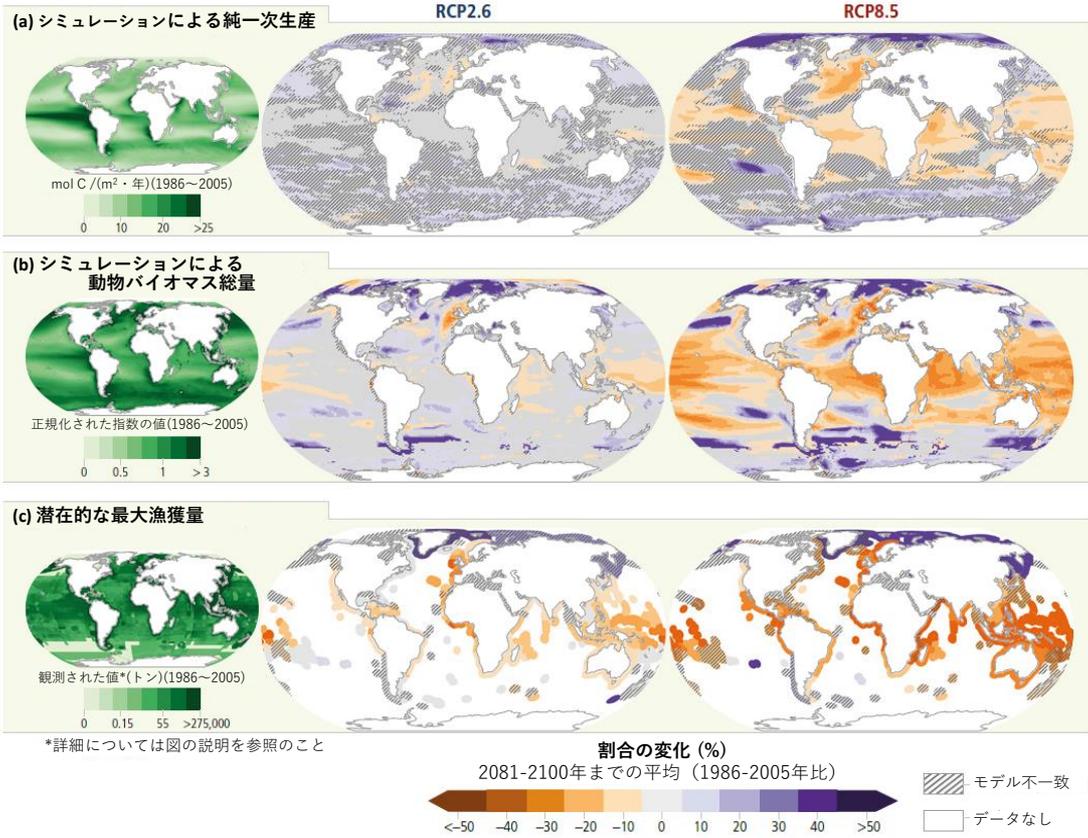
B.5.1   予測される海洋の昇温及び純一次生産の変化は、海洋生態系におけるバイオマス、生産及び群集構造を改変する。食物網全体にわたる海洋生物の世界規模のバイオマスは RCP8.5 において 21 世紀末までに 1986~2005 年に比べて $15.0 \pm 5.9\%$ (可能性が非常に高い範囲) 減少し、潜在的な最大漁獲量は 20.5~24.1% 減少すると予測される(確信度が中程度)。これらの変化は RCP2.6 と比べて RCP8.5 において 3~4 倍大きくなる可能性が非常に高い。{3.2.3, 3.3.3, 5.2.2, 5.2.3, 5.4.1, 図 SPM.3}

B.5.2   成層化が強化されると、RCP8.5 において、栄養塩の供給の削減によって熱帯域の海洋の純一次生産が 2081~2100 年までに 7~16% (可能性が非常に高い範囲) 減少すると予測される(確信度が中程度)。熱帯地域では、21 世紀に、すべての排出シナリオにおいて、海洋生物のバイオマス及び生産が世界平均より減少すると予測される(確信度が高い)。昇温及び海氷の変化によって、湧昇及び成層化における移行による栄養塩の供給が変化し、北極域(確信度が中程度)及び南極周辺で(確信度が低い)の海洋の純一次生産が増加すると予測される。世界全体では、有機物質の海洋上層部から沈下する流量(フラックス)は減少すると予測され、これは純一次生産における変化に関連するところが大きい(確信度が高い)。その結果、RCP8.5 において深海(水深 3000~6000m)の海底域の 95% 以上及び冷水性サンゴ生態系は底生バイオマスの減少を経験すると予測される(確信度が中程度)。{3.2.3, 5.2.2, 5.2.4, 図 SPM.1}

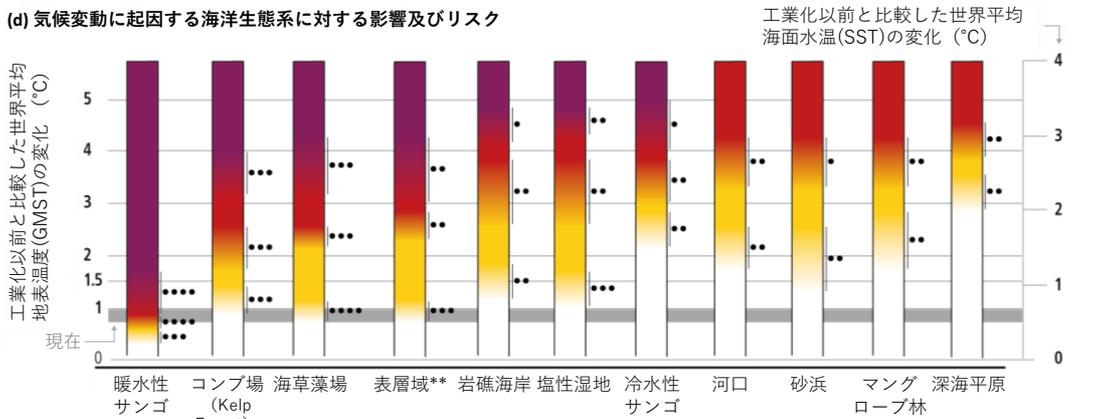
B.5.3   昇温、海洋酸性化、季節海氷の面積の減少、及び多年氷の継続的な減少は、生息地、個体数及びその生存能力に対する直接的及び間接的影響を通じて、極域の海洋生態系に対し影響を与えると予測される(確信度が中程度)。海棲哺乳類、海鳥類及び魚類を含む、北極域の海洋生物種の地理的生息範囲は縮小すると予測される一方で、一部の亜北極域の魚類の群集の生息範囲は拡大すると予測され、その結果高緯度北極圏の生物種に対する圧力はさらに増大する(確信度が中程度)。南極海では、ペンギン、アザラシ及びクジラが捕食する主な生物種であるナンキョクオキアミの生息地が、RCP2.6 及び RCP8.5 の両方において、南方へ縮小すると予測される(確信度が中程度)。{3.2.2, 3.2.3, 5.2.3}

B.5.4   海洋の昇温、酸素の減少、海洋酸性化及び海面から深海への有機炭素のフラックスの減少は、石灰化の減少、骨格溶解の増加及び生物侵食の部分的な寄与によって、高い生物多様性を支える、生息地を形成する冷水性サンゴに害を与える(確信度が中程度)。温度と酸素の両条件が当該生物種の耐性の範囲外に達する場所及び時において、脆弱性及びリスクが最も高くなる(確信度が中程度)。{Box 5.2, 図 SPM.3}

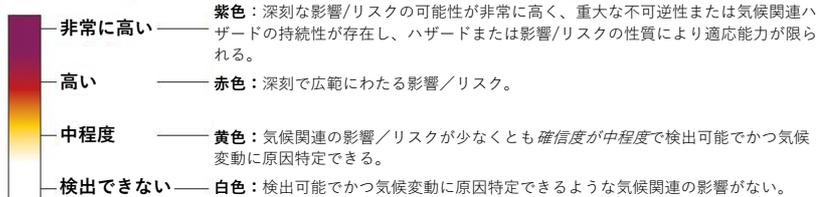
気候変動の結果起こる海洋生態系における変化、影響及びリスクの予測



(d) 気候変動に起因する海洋生態系に対する影響及びリスク



追加的な影響/リスクの水準



移行の確信度

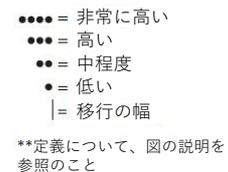


図 SPM.3 海洋地域及び生態系において予測される変化、影響及びリスク。(a) 水深で統合された(鉛直方向に積算された)純一次生産(NPP, CMIP5に基づく²⁷)、(b) 動物バイオマス総量(水深で統合、FISHMIP²⁸に基づく魚類及び無脊椎動物を含む)、(c) 潜在的な最大漁獲量及び(d) 沿岸域及び外洋の生態系の影響及びリスク。左側の3つのパネルは、シミュレーションによる(a, b)及び観測された(c)直近(1986~2005年)における平均値を示し、中央及び右側のパネルは、それぞれ低排出(RCP2.6)及び高排出(RCP8.5)シナリオにおける最近の過去から2081~2100年に予測される変化(%)を示す[Box SPM.1]。最近の過去における動物バイオマス総量(b, 左パネル)は、空間格子ごとに予測される動物バイオマス総量と世界平均の比を示す。(c)*直近に観測された平均漁獲量である(シー・アラウンド・アス世界漁業データベースに基づく)。大陸棚における潜在的な最大漁獲量について予測される変化は、2つの漁業及び海洋生態系モデルの平均値に基づく。モデル[間]の不一致の箇所を示すため、着色域は、(a)及び(b)では10のモデル予測のうち3つ、(c)では2つのモデルのうち1つが変化の方向性について一致しない地域を表している。着色されていないが、北極域及び南極域において予測される(b)動物バイオマス総量及び(c)漁獲可能量における変化は、複数の相互に作用する駆動要因及び生態系の応答のモデリングに関連する不確実性により**確信度が低い**。(b)及び(c)に示された予測は、海洋の物理的及び生物地球化学的条件の変化によって引き起こされる(例えば、CMIP5地球システムモデルを用いて予測された温度、酸素水準及び純一次生産)**「海洋表層域」は、光合成を可能にするに十分な日光が届く、海面から200m以内の海洋の最上層部を指す。(d)生態系の構造及び機能発現並びに生物多様性に対する、観測された及び予測された気候の影響に基づく沿岸域及び外洋域の生態系のリスク評価。影響及びリスクはGMSTの工業化以前の水準からの変化との関連において示される。リスク及び影響の評価は世界平均海面温度(SST)に基づくため、対応するSSTの水準も示す²⁹。リスクの移行の評価については第5章5.2、5.3、5.2.5及び5.3.7の各節、Supplementary Materials SM5.3, 表SM5.6, 表SM5.8並びに報告書本文のその他の箇所において説明する。本図は近似の昇温の水準において評価されたリスク及び海洋における増大する気候関連のハザード(海洋の昇温、酸性化、貧酸素化、密度成層化の増大、炭素フラックスの変化、海面水位の上昇及び極端現象の頻度及び/または強度の増大)を示す。本評価は、生態系の自然の適応能力並びにその曝露及び脆弱性を考慮する。影響及びリスク水準は、人間による介入などのリスク低減戦略または気候以外の駆動要因における将来変化を考慮していない。生態系に対するリスクは、生物学的、生物地球化学的、地形学的及物理的側面を考慮して評価された。気候ハザードの複合的影響に関連するより高いリスクには、生息地及び生物多様性の喪失、種の構成及び分布範囲の変化、並びに動物/植物のバイオマス及び密度、生産性、炭素フラックス、並びに土砂流送、における変化を含む生態系の構造及び機能発現に対する影響/リスクが含まれる。評価の一部として、文献を集め、データを抽出して表にまとめた。閾値の判断の評価を独立させた、専門家による評価プロセスを複数回繰り返し、最後にコンセンサスを得るための議論を行った。手法や根拠となる文献についての追加的な情報は、第5章の5.2及5.3の各節並びにSupplementary Materialにある。{3.2.3, 3.2.4, 5.2, 5.3, 5.2.5, 5.3.7, SM5.6, SM5.8, 図5.16, Cross Chapter Box 1 in Chapter 1 表CCB1}

B.6 沿岸生態系の生物多様性、[沿岸生態系の]構造及び機能に対する深刻な影響のリスクは、評価される気温を踏まえると、21世紀中及びそれ以降、低排出シナリオよりも高排出シナリオにおいて、より高くなると予測される。予測される生態系の応答には、種の生息地及び生物多様性の喪失、並びに生態系機能の劣化が含まれる。生物及び生態系の調整及び適応する能力は、低排出シナリオにおいてより高くなる(確信度が高い)。海草藻場及びコンブ場などの敏感な生態系においては、気候に関連する他のハザードとともに、地球温暖化が工業化以前の気温より2°Cを超えた場合に、高いリスクが予測されている(確信度が高い)。暖水性サンゴはすでに高いリスクに曝されており、地球温暖化が1.5°Cに抑えられたとしても非常に高いリスクに移行すると予測される(確信度が非常に高い)。{4.3.3, 5.3, 5.5, 図SPM.3}

B.6.1  評価されたすべての沿岸生態系は増大するリスク水準に直面すると予測され、その水準は2100年までRCP2.6において「中程度」~「高い」、RCP8.5において「高い」~「非常に高い」となる(確信度が中程度)。潮間岩礁生態系は、昇温(特に海洋熱波の間の昇温)並びに酸性化、海面水位の上昇、石灰化する生物種及び生物多様性の喪失に起因して、RCP8.5において2100年までに非常に高いリスクに直面すると予測されている(確信度が高い)。海洋酸性化はこれらの生態系を困難に陥れ、石灰化の低減及び生物侵食の強化によって再生を阻むことで、その生息地としての適性をさらに制限する(確信度が中程度)。コンブ場の減少は、特に予測される海洋熱波の激化の下、昇温によって温帯域において続くと予測され、RCP8.5では局所的な絶滅の高いリスクを伴う(確信度が中程度)。**{5.3, 5.3.5, 5.3.6, 5.3.7, 6.4.2, 図SPM.3}**

²⁷ NPPは第5期結合モデル相互比較計画(CMIP5)から推定される。

²⁸ 動物バイオマス総量は、漁業・海洋生態系モデル相互比較研究プロジェクト(FISHMIP)に基づく。

²⁹ GMSTとSSTの間の変換は、一連のRCP8.5のシミュレーションの変化から得られた換算係数1.44に基づく。この換算係数は、RCP2.6とRCP8.5のシナリオ間の差異により約4%の不確実性を有する{表SPM.1}。

B.6.2  海草藻場及び塩性湿地、並びに関連する炭素の貯蔵庫 (carbon stores) は 1.5°Cの地球温暖化において中程度のリスクに曝され、さらなる昇温によってリスクが増大する (確信度が中程度)。世界全体で、沿岸湿地の 20~90%が 2100 年までに消失すると予測される。この消失は、特に鉛直方向の生長が堆積物供給の減少によって制限され、内陸への移動が急勾配の地形または人為的な海岸線の改変によって制限されている場所で、予測される海面水位の上昇、地域差及び湿地の種類に依拠する (確信度が高い)。{4.3.3, 5.3.2, 図 SPM.3, SPM A.6.1}

B.6.3  海洋の昇温、海面水位の上昇及び潮位変化は、河口の塩性化及び低酸素化を拡大させると予測され (確信度が高い)、高排出シナリオにおいて、一部の生物相にとって移動、局所的な絶滅及び生存率の減少を引き起こす高いリスクを伴う (確信度が中程度)。これらの影響は、温帯域及び高緯度域におけるより脆弱な富栄養で、浅い、そして潮位差の小さい河口において明確になると予測される (確信度が中程度)。{5.2.2., 5.3.1, 図 SPM.3}

B.6.4  地球温暖化が 1.5°Cに抑えられても、ほとんど全ての暖水性サンゴが、大幅な面積の喪失及び局所的な絶滅を経ると予測される (確信度が高い)。残存するサンゴ礁群集は今日のサンゴ礁とは生物種の構成及び多様性において異なると予測される (確信度が非常に高い)。{5.3.4, 5.4.1, 図 SPM.3}.

予測される人々及び生態系サービスに対するリスク

B.7 陸域における将来の雪氷圏の変化は、水力発電 (確信度が高い) 及び高山地域とその下流域における灌漑農業 (確信度が中程度) 並びに北極域の生計 (確信度が中程度) 等、水資源 [の状況] とその利用方法に影響を与えると予測される。洪水、雪崩、地滑り及び山腹斜面の不安定化における変化は、インフラ、文化、観光及びレクリエーションの資源にもたらされるリスクを増大させると予測される (確信度が中程度)。{2.3, 2.3.1, 3.4.3}

B.7.1   高山地域及び北極域における人間の居住地及び生計の選択肢への災害リスクは増大すると予想され (確信度が中程度)、それは洪水、火災、地滑り、雪崩、不安定な雪氷の状態、並びに人々及びインフラの曝露の将来の変化による (確信度が高い)。ハザードの性質は変化するため、現在の工学的なリスク低減のアプローチは効果が低減すると予測される (確信度が中程度)。今世紀の間に多くの山岳地域において曝露及び脆弱性が増大しているため、大幅なリスクの低減及び適応の戦略は、山岳地域における洪水及び地滑りのハザードの影響を回避するのを助ける (確信度が高い)。{2.3.2, 3.4.3, 3.5.2}

B.7.2   永久凍土の融解に起因する地盤沈下は、北極域及び高山地域に広がる都市域及び農村域の通信及び運輸のインフラに影響を与えると予測される (確信度が中程度)。北極圏のインフラの大半は、[今]世紀半ばまでに、永久凍土の融解が増大すると予測される地域に位置する。インフラの改修及び再設計は、永久凍土の融解及びその他の気候変動に関連する影響から生じるコストを、2100 年までに低減させる潜在的可能性を有する (確信度が中程度)。{2.3.4, 3.4.1, 3.4.3}

B.7.3   高山地域の文化資産並びに観光及びレクリエーション活動は将来の雪氷圏の変化による負の影響を受けると予測される (確信度が高い)。特に 2°C及びそれを超える地球温暖化において、ヨーロッパ、北アメリカ及び日本のほとんどの地域では、現在の人口造雪技術によるスキー観光のリスク低減の効果が低くなると予測される (確信度が高い)。{2.3.5, 2.3.6}

B.8 気候変動による将来の魚類の分布の移動 (変化)、並びにその個体数及び潜在的な漁獲量の減少は、海洋資源に依存するコミュニティの収入、生計及び食料安全保障に影響を与えると予測される (確信度が中程度)。海洋生態系の長期的な喪失及び劣化によって、人間のアイデンティティ及び福祉にとって重要な、文化的な、レクリエーションとしての、及び本質的な価値において、海洋が担う役割が損なわれる (確信度が中程度)。{3.2.4, 3.4.3, 5.4.1, 5.4.2, 6.4}

B.8.1   予測される地理的な移動並びに世界全体の海洋動物のバイオマス及び潜在的量の減少は、RCP2.6 に比べて RCP8.5 の方が顕著で、特に経済的に脆弱な地域において、それらに依存する人間コミュニティの収入及び生計に対するリスクを高める（確信度が中程度）。予測される資源及び個体数の再分布は、漁場、当局またはコミュニティ間の紛争のリスクを増大させる（確信度が中程度）。RCP8.5 では、漁業ガバナンスの課題が北極域及び熱帯太平洋などの地域的なホットスポットを伴って広範に広がる（確信度が中程度）。{3.5.2, 5.4.1, 5.4.2, 5.5.2, 5.5.3, 6.4.2, 図 SPM.3}

B.8.2   暖水性サンゴ礁の減少は、食料供給（確信度が高い）、沿岸防護（確信度が高い）、及び観光（確信度が中程度）など、それらが社会に提供するサービスを大きく損なうと予測される。魚介類の入手可能性の低減に伴う、魚介類の食料安全保障に対するリスクの増大（確信度が中程度）は、北極域、西アフリカ、及び小島嶼開発途上国などの魚介類への依存度の高い一部のコミュニティにおける栄養面の健全性に対するリスクを高めると予測される（確信度が中程度）。それらの影響は、社会経済的变化及び陸域の気候変動によって引き起こされる食生活及び食料システムにおけるその他の転換によるいかなるリスクをも悪化させる（確信度が中程度）。{3.4.3, 5.4.2, 6.4.2}

B.8.3   地球温暖化は、海洋動植物における難分解性の有機汚染物質及び水銀などの生物蓄積の増加に人間が曝されること（確信度が中程度）、水媒介性のピブリオ属の病原体の蔓延（確信度が中程度）、並びに有害藻類のブルーム（大繁殖）が起こる可能性の高まり（確信度が中程度）を通じて、魚介類の食料安全保障を損なう（確信度が中程度）。これらのリスクは、沿岸域の先住民コミュニティを含む魚介類の消費量が多い人間コミュニティ（確信度が中程度）、並びに漁業、養殖業及び観光などの経済部門（確信度が高い）にとって特に大きくなると予測される。{3.4.3, 5.4.2, Box 5.3}

B.8.4   海洋生態系及びそのサービスに対する気候変動の影響は、生活及び生計の主要な文化的側面をリスクに曝し（確信度が中程度）、これには漁獲される種の分布あるいは個体数の変化（Shift）、あるいは漁場ないし猟場へのアクセスの消滅によるものも含まれる。これには、文化ならびに地域及び先住民の知識の潜在的に急速かつ不可逆的な喪失、並びに伝統的な食生活及び食料安全保障、美的側面、海洋におけるレクリエーション活動に対する負の影響も含まれる（確信度が中程度）。{3.4.3, 3.5.3, 5.4.2}

B.9 平均海面水位及び極端な海面水位は、海洋の昇温と酸性化を伴って沿岸低平地の人間コミュニティにもたらされるリスクを増大させると予測される（確信度が高い）。急速な土地の隆起のない北極域の人間コミュニティ及び都市化した環礁島では、低排出シナリオ（RCP2.6）でさえも、適応の限界に達する（確信度が高い）ことを含め、リスクが「中程度」～「高い」になると予測される（確信度が中程度）。高排出シナリオ（RCP8.5）では、デルタ地域及び資源が豊富な沿岸都市は、現在の適応では2050年以降に中程度から高いリスクを経験すると予測される（確信度が中程度）。変革的なガバナンスを含む野心的な適応によって、リスクが低減されることが期待される（確信度が高い）が、伴う便益はそれぞれの文脈に特有である。{4.3.3, 4.3.4, 6.9.2, Cross-Chapter Box 9, SM4.3, 図SPM.5}

B.9.1   今日と比べてより野心的な適応の取り組みが無く、かつ沿岸域のコミュニティの曝露及び脆弱性が増大する現在の傾向の下では、平均海面水位の上昇及び極端現象による侵食及び土地の消失、浸水（洪水）、塩性化及び連鎖的な影響などのリスクは、全ての温室効果ガス排出シナリオにおいて、今世紀にわたって大幅に増加すると予測される（確信度が非常に高い）。同じ前提において、沿岸域における浸水（洪水）による年間の被害は2100年までに今日と比べて2、3桁増大すると予測される（確信度が高い）。{4.3.3; 4.3.4; Box 6.1; 6.8; SM4.3; 図 SPM.4, 図 SPM.5}

B.9.2  サンゴ礁の環境、都市化した環礁島及び低平地の北極域の脆弱なコミュニティは、高排出シナリオの場合に今世紀末のはるか以前に、海水面の上昇による「高い」～「非常に高い」リスクに曝される。これは、適応が限界に到達し、適応行動を通じて主体の目的（またはシステムのニーズ）を許容不可能リスクから守ることができない段階である（確信度が高い）。適応の限界（例えば、生物物理的、地理的、財政的、技術的、社会的、政治的及び制度的な限界）への到達は、排出シナリオ及び文脈に固有のリスク許容度に依拠し、海面水位の上昇の長期にわたる継続性により、2100年以降には他の地域にも広がると予測される（確信度が中程度）。一部の島嶼国は、気候関連の海洋及び雪氷圏の変化によって居住不可能になる可能性が高いが、居住適性の閾値は依然として評価することが困難である。{4.3.4, 4.4.2, 4.4.3, 5.5.2, Cross-Chapter Box 9, SM4.3, SPM C1, Glossary, 図 SPM.5}

B.9.3  世界全体で、気候に関連する海洋及び雪氷圏の変化の速度が遅い方が、より大きな適応の機会を与える（確信度が高い）。変革的な変化のためのガバナンスを含む野心的な適応は、多くの場所でリスクを低減する潜在的な可能性を有することについて確信度が高いが、そのような便益は場所によって異なりうる。世界的な規模において、沿岸防護は21世紀中に2-3桁の規模で浸水（洪水）のリスクを低減しうるが、これは年間数千億米ドルの投資に依拠する（確信度が高い）。そのような投資は、一般的に人口密度の高い都市域にとってコスト効率が高い一方で、一部の小島嶼国にとっては相対的な年間コストがGDPの数パーセントに相当し、農村域及びより貧困の地域はそのような投資を賄うことが困難かもしれない（確信度が高い）。大規模な適応の取り組みによっても、残余のリスク及びそれに伴う損失が起こると予測されており（確信度が中程度）、文脈に固有の適応の限界及び残余のリスクは依然として評価することが困難である。{4.1.3, 4.2.2.4, 4.3.1, 4.3.2, 4.3.4., 4.4.3, 6.9.1, 6.9.2, Cross-Chapter Boxes 1-2 in Chapter 1, SM4.3, 図 SPM.5}

海面水位の極端現象

予測される世界平均海面水位（GMSL）の上昇の結果、歴史的には1世紀に一度起こった（歴史的に世紀に一度の現象：HCEs）局所的な海面水位は、21世紀の間にほとんどの地点において少なくとも1年に一度起こる現象となると予測される。HCEsの高さには大きな幅があり、曝露の程度によって深刻な影響をもたらす。影響はHCEsの頻度の増大に伴って増大し続ける。

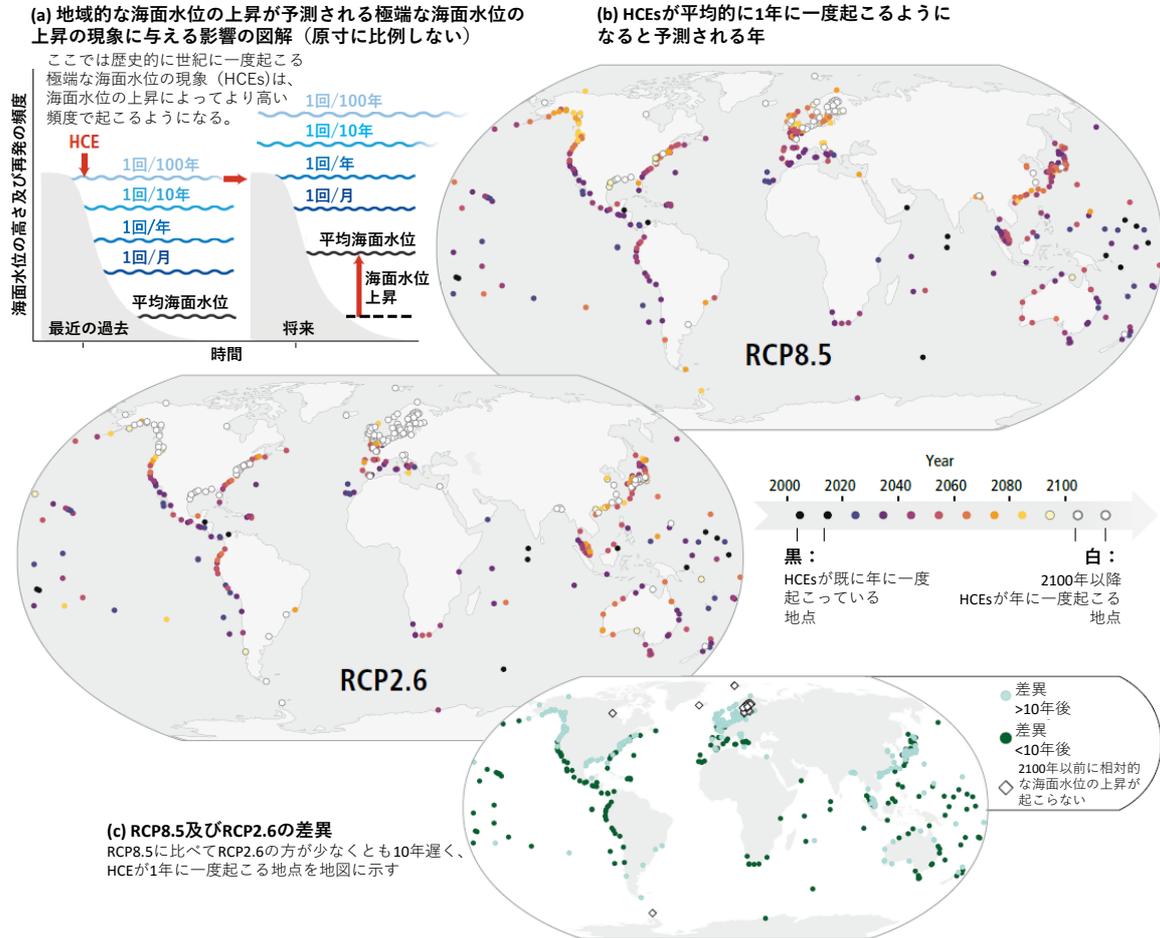


図 SPM.4 地域的な海面水位の上昇が沿岸域の地点の海面水位の極端現象に与える影響。(a) 海面水位の極端現象並びに最近の過去（1986～2005年）及び将来における発生回数の平均の模式図。平均海面水位の上昇の結果、歴史的には1世紀に一度起こった（Historical Centennial Events：HCEs）局所的な海面水位は、将来的により高い頻度で繰り返し起こると予測される。(b) 観測記録が十分にある439箇所の沿岸域の各地点において、RCP8.5及びRCP2.6の下でHCEsが平均的に1年に一度の確率で再発すると予想される年。丸がない場合は、データの不足により評価を実施できなかったことを意味し、曝露及びリスクがないことを示すのではない。丸の色が濃い方がこの移行が早く起こると予想されている。この移行が2100年より以前に起こると予想される地点について、可能性が高い範囲は±10年である。白い丸（RCP2.6では全体の33%の地点、RCP8.5下では10%の地点）は、2100年以前にHCEsが1年に一度起こると予想されていないことを示す。(c) RCP2.6におけるHCEsから1年に一度起こる現象への移行が、RCP8.5より10年遅くなると予測される地点を示す。各シナリオが2050年までに示す差がどの地点においても小さいため、RCP4.5については結果をここで示さないが、[本編報告書]第4章において記述されている。{4.2.3, 図4.10, 図4.12}

C. 海洋及び雪氷圏の変化に対する対応の実施

課題

C.1 海洋及び雪氷圏における気候に関連する変化の影響によって、局所的な規模から世界的な規模において、適応による対応を策定し実施する現在のガバナンスの取り組みは、益々困難になり、場合によってはその限界まで追い込まれる。最も曝露の度合いが高くかつ脆弱性の高い人々は、対応する能力が最も低い人々であることが多い（確信度が高い）。{1.5, 1.7, Cross-Chapter Boxes 2–3 of Chapter 1, 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3, 2.4, 3.2.4, 3.4.3, 3.5.2, 3.5.3, 4.1, 4.3.3, 4.4.3, 5.5.2, 5.5.3, 6.9}

C.1.1  海洋及び雪氷圏における気候変動の影響、並びにそれが社会にもたらす結果の時間スケールは、ガバナンスの取り決め（例えば、計画サイクル、公的及び企業の意思決定サイクル、及び財政手段）より長い時間軸で動いている。そのような時間軸の違いは、極端現象の頻度及び強度の変化を含む長期的な変化に対して十分に準備し、対応する各社会の能力に困難をもたらす（確信度が高い）。例えば、高山地域において変化する地滑り及び洪水、北極圏並びに低平地の国、小島嶼国及びその他沿岸域における重要な生物種及び生態系並びにサンゴ礁生態系に対するリスクなどである。{2.3.2, 3.5.2, 3.5.4, 4.4.3, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5.1, 5.5.2, 5.5.3, 6.9}

C.1.2  ガバナンスの取り決め（例えば、海洋保護区、空間計画及び水管理システム）は、多くの文脈において、海洋及び雪氷圏における気候関連の変化による増大し連鎖するリスクに統合的な方法で対応するには、行政的な境界及び部門などによって断片化しすぎている（確信度が高い）。極域及び海洋地域におけるガバナンスシステムが気候変動影響に対応する能力は最近強化されているが、この進展は、予測されるリスクの増大の規模に適切に対応するには十分な速度又は頑強さではない（確信度が高い）。高山地域、沿岸域及び小島嶼では、様々なスケール、部門及び政策の領域にわたって相互に作用する気候関連または気候以外のリスクの駆動要因（例えば、利用不可能性、人口及び居住の動向、並びに局所的な活動による地盤沈下）のために、気候変動への適応の対応を調整する上で困難がある。（確信度が高い）{2.3.1, 3.5.3, 4.4.3, 5.4.2, 5.5.2, 5.5.3, Box 5.6, 6.9, Cross-Chapter Box 3 in Chapter 1}

C.1.3  生態系における気候変動への適応において特定された障壁及び限界が幅広く存在する（確信度が高い）。限界には、生態系が必要とする空間、適応の対応の一部として対応する必要がある気候以外の駆動要因及び人間の影響、気候変動による生態系の適応能力の低下、繰り返し起こる気候の影響や技術・知識・財政支援の利用可能性、及び既存のガバナンスの取り決めより遅い生態系再生の速度が含まれる（確信度が中程度）。{3.5.4, 5.5.2}

C.1.4  海洋及び雪氷圏における気候関連の変化の現在の及び予測された負の影響に対して対策を講じるには、財政的、技術的、制度的及びその他の障壁が存在し、レジリエンスの構築及びリスク低減の対策を阻む（確信度が高い）。そのような障壁が適応の効果を低減し、または適応の限界に相当するかどうかは、文脈に固有の状況、気候変動の速度及び規模、並びに適応能力を効果的な適応の対応に転換する社会の能力に依拠する。適応能力は、コミュニティ内及び社会内、並びにそれらの間で異なり続ける（確信度が高い）。海洋及び雪氷圏の変化に起因する現在及び将来のハザードに対して最も曝され脆弱性が高い人々は、多くの場合適応能力が最も低い人々であり、特に開発の課題を有する低平地の島嶼及び沿岸域、北極域並びに高山地域に見られる（確信度が高い）。{2.3.1, 2.3.2, 2.3.7, Box 2.4, 3.5.2, 4.3.4, 4.4.2, 4.4.3, 5.5.2, 6.9, Cross-Chapter Boxes 2 and 3 in Chapter 1, Cross-Chapter Box 9}

対応の選択肢の強化

C.2 海洋及び雪氷圏に関連する生態系によって提供される、広範に及ぶサービス及び選択肢は、保護、再生、再生可能な資源利用の予防的な生態系ベース（生態系を活用した）の管理、並びに汚染及びその他のストレス要因の削減によって支えられる（**確信度が高い**）。統合的な水管理（**確信度が中程度**）及び生態系ベースの適応（**確信度が高い**）のアプローチは、気候リスクを局所的に低減し、複数の社会的便益を提供する。しかし、それらの対応には生態学的、資金的、制度的及びガバナンス上の制約が存在し（**確信度が高い**）、多くの文脈において、生態系ベースの適応は最も低い昇温の程度においてのみ有効である（**確信度が高い**）。{2.3.1, 2.3.3, 3.2.4, 3.5.2, 3.5.4, 4.4.2, 5.2.2, 5.4.2, 5.5.1, 5.5.2, 図SPM.5}

C.2.1  保護区のネットワークは、炭素の吸収（uptake）及び貯蔵（storage）を含む生態系サービスの維持を助け、昇温及び海面水位の上昇に応答して起こる、極域への及び高標高への生物種、個体群、生態系の移動を促進することによって、将来における生態系ベースの適応の選択肢を可能とする（**確信度が中程度**）。地理的障壁、生態系の劣化、生息地の分断化、及び地域協力への障壁は、そのようなネットワークが海洋、高山地域及び極域の陸域における将来の種の移動を支える潜在的可能性を制限する（**確信度が高い**）。{2.3.3, 3.2.3, 3.3.2, 3.5.4, 5.5.2, Box 3.4}

C.2.2  陸域及び海洋の生息地の再生、並びに生物種の移動の援助及びサンゴの栽培などの生態系管理ツールは、生態系ベースの適応の強化において局所的に効果がありうる（**確信度が高い**）。それらの対策は、コミュニティから支持があり、地域及び先住民の知識を用いると同時に科学的な根拠があり、気候以外のストレス要因の低減または除去を含む長期にわたる支持があり、かつ最低水準の昇温下である場合に最も成功する（**確信度が高い**）。例えば、サンゴ礁の再生の選択肢は、現在の昇温の水準において既に高リスク（**確信度が非常に高い**）であるため、地球温暖化が1.5°Cを超えた場合に効果がないかもしれない。{2.3.3, 4.4.2, 5.3.7, 5.5.1, 5.5.2, Box 5.5, 図 SPM.3}

C.2.3  乱獲または資源が枯渇した漁業の再構築などの予防的アプローチ及び既存の漁業管理戦略の応答性の強化は、漁業に対する気候変動の負の影響を低減し、地域経済及び生計に対する便益を伴う（**確信度が中程度**）。将来の生態系の動向評価の情報を受け、長期にわたって定期的に対策を評価及び更新する漁業管理は、漁業に対するリスクを低減するが（**確信度が中程度**）、生態系の変化に対応する能力は限定的である。{3.2.4, 3.5.2, 5.4.2, 5.5.2, 5.5.3, 図 SPM.5}

C.2.4  マングローブ林、塩性湿地及び海草藻場などの植生被覆のある沿岸域の生態系（沿岸域の「ブルーカーボン」生態系）の再生は、現在の世界の年間排出量の約0.5%に相当する量の炭素の吸収（uptake）と貯蔵（storage）の増加によって、気候変動の緩和を提供しうるだろう（**確信度が中程度**）。改善された保護及び管理によってこれらの生態系からの炭素の排出量を削減しうる。同時に、これらの行動は、暴風雨からの保護、水質の改善、生物多様性及び漁業への便益など、他の複数の便益をもたらしうる（**確信度が高い**）。これらの沿岸生態系の炭素貯蔵及び温室効果ガスのフラックスの定量化を改善することは、測定、報告及び検証に関する現在の不確実性を低減する（**確信度が高い**）。{Box 4.3, 5.4, 5.5.1, 5.5.2, Annex I: Glossary}

C.2.5  海洋の再生可能エネルギーは気候変動の緩和を支えることができ、それは洋上風力潮流、波力、水温（熱）及び塩分勾配及び藻類由来のバイオ燃料などからのエネルギーの抽出からなる。代替エネルギー資源に対する新しい需要は、海洋再生可能エネルギー部門の経済的な機会を生むことが期待されるが（**確信度が高い**）、それらの潜在的可能性も気候変動の影響を受けるかも知れない（**確信度が低い**）。{5.4.2, 5.5.1, 図 5.23}

C.2.6  複数のスケールにわたる統合的な水管理は、高山地域における、雪氷圏の変化による影響に対応し機会（選択肢）を活用するとき効果的になりうる。これらのアプローチは、多目的な貯水及び放流の開発及び最適化による水資源管理を支持し（確信度が中程度）、生態系及びコミュニティに対する潜在的な負の影響の対応も伴う。1年間を通しての観光活動の多様化は、高山地域の経済における適応を助ける（確信度が中程度）。{2.3.1, 2.3.5}

C.3 沿岸域のコミュニティは、利用可能な選択肢のコスト、便益及びトレードオフの均衡を維持しつつ、時間の経過に応じて調整が可能な、文脈に固有で（状況に応じた）統合的な海面水位の上昇への対応を策定するにあたって、困難な選択を迫られている（確信度が高い）。保護、順応、生態系ベースの適応、海岸線拡張と後退（retreat）を含む、どの種類の選択肢も、それが利用可能ならばどのような場合でも、これら統合的な対応において重要な役割を果たしうる（確信度が高い）。{4.4.2, 4.4.3, 4.4.4, 6.9.1, Cross-Chapter Box 9; 図SPM.5}

C.3.1  海面水位の上昇がより高くなればなるほど、沿岸防護はより困難となり、それは技術的な限界よりも、主に経済的、財政的及び社会的障壁による（確信度が高い）。今後数十年の間、沿岸域の都市化及び人為起源の地盤沈下など、曝露及び脆弱性の局所的な駆動要因の削減は、効果的な対応を構成する（確信度が高い）。空間的制約があり、曝露されている資産の価値が高い場所（例えば都市）では、ハードインフラによる保護（例えば、堤防）は、文脈の固有性（状況に応じた事情）を考慮し、21世紀の間は費用効率的な対応の選択肢となる可能性が高いが（確信度が高い）、資源が限定的な地域ではそのような投資を負担できないかもしれない。[十分な]空間が利用可能な場所では、生態系ベースの適応は沿岸域のリスクを低減することができ、炭素貯蔵、水質の改善、生物多様性の保全、及び生計の補助など、その他複数の便益を提供しうる（確信度が中程度）。{4.3.2, 4.4.2, Box 4.1, Cross-Chapter Box 9, 図 SPM.5}

C.3.2  早期警戒システム及び浸水（洪水）に強い建物など、一部の沿岸域の順応策は、現在の海面水位の下では低コストかつ非常に費用効率が高い場合が多い（確信度が高い）。予測される海面水位の上昇及び沿岸域のハザードの増加の下では、これらの対策は他の対策と組み合わせなければ効果が減少する（確信度が高い）。防護、順応、生態系ベースの適応、沿岸域の「拡張（advance）」、及び代替的な場所が利用可能な場合の計画的な移住を含むすべての種類の選択肢は、そのような統合的な対応において重要な役割を果たしうる（確信度が高い）。影響を受けるコミュニティの規模が小さい場合、または災害発生後には、安全で代替的な場所が利用可能であれば、沿岸域からの計画的な移住によってリスクを低減することは考慮する価値がある。そのような計画的な移住は、社会的、文化的、財政的、及び政治的な制約がありうる（確信度が非常に高い）。{4.4.2, Box 4.1, Cross-Chapter Box 9, SPM B3}

C.3.3  海面水位の上昇への対応及び関連するリスクの低減は社会に対して重大なガバナンスの課題を呈し、これは将来の海面水位の上昇の規模及び速度に関する不確実性、複数の社会目標（例えば、安全、保全、経済開発、世代内／世代間の衡平）の間の複雑なトレードオフ、資源制約、様々な利害関係者の間の利害及び価値観の対立の結果もたらされる（確信度が高い）。これらの課題は、長期にわたって状況変化に応じて調整された、意思決定分析、土地利用計画、市民参加、多様な知識システム及び紛争解決アプローチの、局所的に適切な組み合わせを用いることで、緩和しうる（確信度が高い）。{Cross-Chapter Box 5 in Chapter 1, 4.4.3, 4.4.4, 6.9}

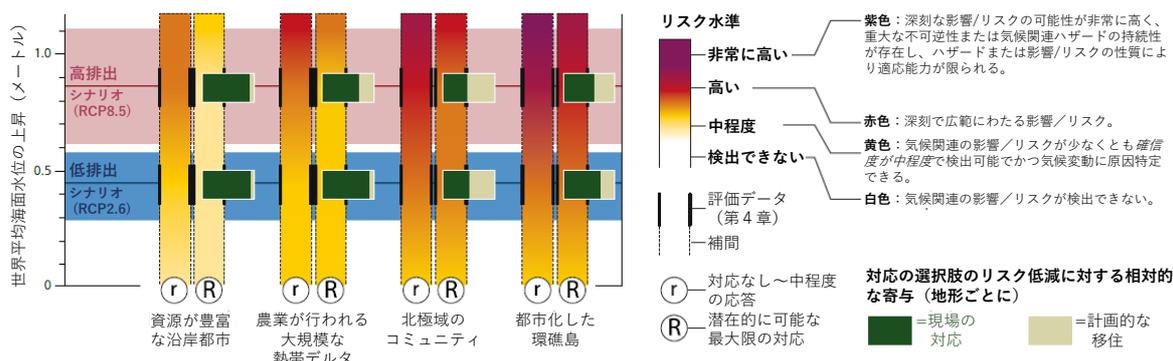
C.3.4  2050年以降の海面水位の上昇の規模及び速度に関する大きな不確実性にもかかわらず、数十年から1世紀以上の時間を有する多くの意思決定が沿岸域に関して現在行われている。これら（重要インフラ、沿岸防護施設の工事、都市計画など）は、相対的な海面水位の上昇を考慮し、早期警戒シグナルのための監視システムに支えられた柔軟な対応（すなわち、時間を経て適応させられるもの）を優先し、定期的に決定を調整し（すなわち順応型意思決定）、強い意思決定のアプローチ、専門家の判断、シナリオ構築、及び複数の知識システムを用いることにより、改善しうる（確信度が高い）。沿岸域の対応の計画・実施にあたって考慮する必要がある海面水位の上昇の範囲は、利害関係者のリスク許容力に依拠する。リスク許容力が相対的に高い利害関係者（例えば、予見できない状況に対して容易に適応可能な投資の計画をしている者）は、予測の可能性の高い範囲を用いることを好む一方で、リスク許容力が比較的低い利害関係者（例えば、重要なインフラ基盤整備に関する決定を行っている者）は、世界及び局所的な平均海面水位について、可能性が高い範囲の上限を超える数字（RCP8.5において2100年までに世界全体で1.1m）や、専門家判断などのように確信度が低いことが特徴である方法による数字も考慮する。{1.8.1, 1.9.2, 4.2.3, 4.4.4, 図4.2, Cross-Chapter Box 5 in Chapter 1, 図SPM.5, SPM B3}

海面水位上昇のリスク及び対応

ここでは、後退（retreat）など一部の対応は適応とみなされないかもしれないため、「適応」ではなく「対応」を用いる。

(a) 海面水位の上昇及び対応の、異なるシナリオ下での2100年におけるリスク

平均海面水位の変化による例示的な地形におけるリスク（確信度が中程度）

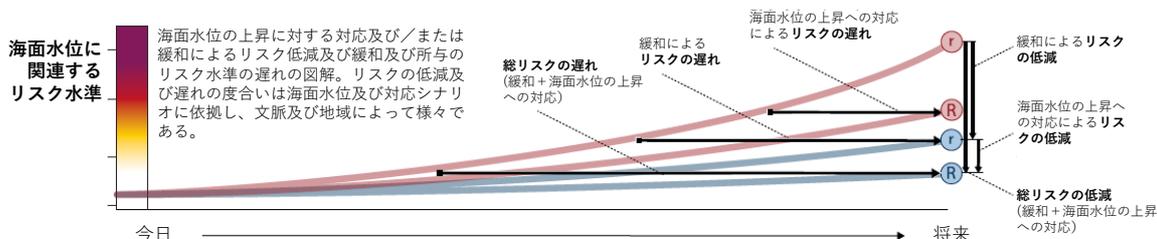


本評価では、「対応」は、海面水位の上昇に対する現場の対応（工学的なハード面の沿岸保護、劣化した生態系の再生、地盤沈下の抑制）及び計画的な移住が含まれる。「計画的な移住」は、積極的な管理された後退（retreat）または再定住（resettlement）を意味し、それらは局所的なスケールに限定され、特定の文脈の特異性（例えば、都市化された環礁島では、当該島内、近隣の島または人工的に造成された島）に依拠する。強制移住及び国際的な移住は本評価では考慮していない。

例示的な地理は、査読文献において十分に取り扱われている、限られた数の事例に基づく。リスクの実現は、文脈の特異性に依拠する。

海面水位の上昇シナリオ：本評価では根拠となる文献はRCP2.6及びRCP8.5についてのみ入手可能であるため、RCP4.5及びRCP6.0は評価していない。

(b) 海面水位の上昇への対応及び緩和の便益



(c) 平均及び極端な海面水位の上昇に対する応答

本表は、応答とその特徴を説明する。網羅的ではない。ある対応が適用可能か否かは地理的条件及び文脈に依拠する。
 確信度の水準（効果について評価）：●●●●●=非常に高い ●●●=高い ●●=中程度 ●=低い

応答	潜在的効果 海面水位の上昇リスクを低減の効果 (技術的/生物物理的限界)	利点 (リスク低減を超える利点)	コベネフィット	欠点	経済効率	ガバナンス上の課題	
ハード面の保護	数メートルの海面水位上昇(SLR)まで{4.4.2.2.4} ●●●	予想可能な安全性の水準{4.4.2.2.4}	レクリエーションまたはその他土地利用も含む多機能の堤防{4.4.2.2.5}	沿岸の圧迫、洪水及び侵食による沿岸漂砂、ロックイン、防護の失敗による破壊的な結果{4.3.2.4, 4.4.2.2.5}	多くの都市化された人口密度の高い沿岸地域でみられるよう保護される示唆の価値が高い場合に高い。{4.4.2.2.7}	多くの場合、より貧困な地域ではアフォーダブルではない。目的間の対立（例えば、安全性、観光）、公的資金の分配をめぐる対立、資金不足。{4.3.3.2, 4.4.2.2.6}	
堆積物による保護	効果あるが堆積物の利用性に依拠。{4.4.2.2.4} ●●●	高い柔軟性{4.4.2.2.4}	レクリエーション/観光向けに砂浜保存{4.4.2.2.5}	堆積物の供給源の生息地の破壊{4.4.2.2.5}	観光収入が高い場合に高い{4.4.2.2.7}	公的資金の分配をめぐる対立。{4.4.2.2.6}	
生態系ベースの適応	サンゴの保全	SLR0.5cm/年まで有効●● 海洋の昇温及び酸性化によって極めて限定的。多くの場所で1.5°Cの昇温では制約があり、2°Cでは消失。{4.3.3.5.2, 4.4.2.3.2, 5.3.4} ●●●	コミュニティ参加の機会{4.4.2.3.1}	生息地の獲得、生物多様性、炭素貯留、観光による収入、漁業の生産性の強化、水の質の改善。食料、医薬品、燃料、木材及び文化的便益の提供{4.4.2.3.5}	長期的効果は海洋の昇温、反省か及び排出シナリオに依拠{4.4.3.5.2, 4.4.2.3.2}	費用便益の割合について証拠が限定的。人口密度及び土地の利用制に依拠。{4.4.2.3.7}	実施の許可の取得が困難。資金不足。保全政策の実施不足。EbAの選択肢は、短期的な経済利益、土地の利用可能性を理由に却下。{4.4.2.3.6}
	サンゴの再生	SLR0.5cm/年まで有効●● 2°Cで減少{4.3.3.5.1, 4.4.2.3.2, 5.3.7} ●●●			安全水準の予測がより難しい。開発の便益は実現されない{4.4.2.3.5, 4.4.2.3.2}		
	湿地の保全 (沼地、マングローブ林)	SLR0.5~1cm/年まで有効●● 2°Cで減少{4.3.3.5.1, 4.4.2.3.2, 5.3.7} ●●●			安全水準の予測がより難しい。大規模な土地が必要。内陸への生態系拡大の障壁は除去する必要がある。{4.4.2.3.5, 4.4.2.3.2}		
	湿地の再生 (沼地、マングローブ林)						
沿岸域の前進	数メートルの海面水位上昇(SLR)まで{4.4.2.2.4} ●●●	予測可能な水準の安全性{4.4.2.2.4}	適応の資金となりうる、土地及び土地売却収益を生む。{4.4.2.4.5}	地下水の塩性化、侵食の拡大及び沿岸生態系・生息地の喪失。{4.4.2.4.5}	多くの都市化された沿岸域にみられるように、土地価格が高ければ非常に高い。{4.4.2.4.7}	多くの場合、貧困地域ではアフォーダブルではない。新規の土地の利用可能性及び分配に関する社会的対立。{4.4.2.4.6}	
沿岸域の順応 (建物の洪水対策、洪水現象に対する早期警戒システムなど)	小規模の海面水位上昇に非常に有効{4.4.2.5.4} ●●●	成熟した技術。堆積物によって標高が押し上げられる可能性{4.4.2.5.5}	ランドスケープの連続性を維持{4.4.2.2.5}	洪水/影響を防止しない{4.4.2.5.5}	早期警戒システム及び建物レベルの対策にとって非常に高い{4.4.2.5.7}	早期警戒システムには効果的な制度上の取り決めが必要{4.4.2.6.6}	
後退	計画的移住	代替的な安全な場所があれば有効{4.4.2.6.4} ●●●	出発点における海面水位のリスクは除去可能{4.4.2.6.4}	改善されたサービス（医療、教育、住宅）、雇用機会、経済成長の利用{4.4.2.6.5}	社会的一体性、文化的アイデンティティ及び福祉の喪失。サービス（医療、教育、住宅）、雇用機会、経済成長の落ち込み。{4.4.2.6.5}	証拠が限定的{4.4.2.6.7}	人々を移住させたことによる出発点及び目的地における利害関係の相違和解。{4.4.2.6.6}
	強制移住	出発点での緊急リスクのみ対応	該当せず	該当せず	生命の喪失から生計及び主権の喪失までの幅がある{4.4.2.6.5}	該当せず	生計、人権及び公平性に関する複雑な人道的な疑問の提起。{4.4.2.6.6}

(d) 海面水位の上昇の対応を可能にするための選択

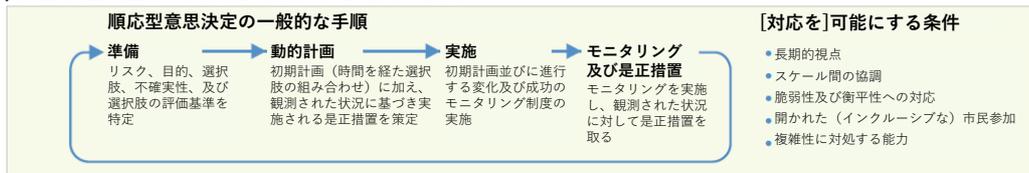


図 SPM.5 海面水位の上昇のリスク及び対応。ここでは、後退 (retreat) など一部の対応は適応とみなされないかも知れないため、「適応」ではなく「対応」を用いる。パネル(a)は、RCP2.6 及び RCP8.5、並びに 2 つの対応のシナリオの下で変化する平均海面水位及び極端な海面水位に起因する沿岸浸水、侵食及び塩性化の 2100 年における複合的リスクを例示的な地形について示す。RCP4.5 及び RCP6.0 の下でのリスクについては評価した地形に関する文献の不足により評価していない。評価は、平均海面水位の上昇に直接起因する変化を超える極端な海面水位の変化を考慮していない。極端な海面水位のその他の変化 (例えば、低気圧の強度の変化に起因する変化) を考慮すれば、リスク水準が上昇するだろう。パネル a)は、世紀にわたって沿岸域の人口密度が比較的安定した社会経済シナリオを考慮している {SM4.3.2}。例示的な地形に対するリスクは、一連の具体例について予測された相対的な海面水位の変化に基づいて評価されている：広範な対応の経験を有する資源が豊富な沿岸都市についてはニューヨーク市、上海市及びロッテルダム、都市化した環礁島については南タラワ、フォンガファル及びマレ、大規模な熱帯農業デルタについてはメコン及びガンジスーブラマプトラーメグナ、並びに急速な氷河性地殻均衡から離れた地域に位置する北極域のコミュニティについてはビコフスキー、シシュマレフ、キバリナ、タクトゥイヤトック、シングルポイントがある {4.2, 4.3.4, SM4.2}。評価は、2 つの対照的な対応シナリオを区別する。「対応なし～中程度」は今日と同等の取り組みを示す (すなわち、さらなる大きな対策または新たな種類の対策はない)。「潜在的に可能な最大限の対応」では、組み合わせられた複数の対策がそれぞれ最大限に実施され、したがって今日に比べて大幅に追加的な対策が取られており、最小限の財政的、社会的、及び政治的障壁を前提としている。評価は、図中のバーニングエンバーに示される通り、海面水位の上昇及び対応の各シナリオについて実施されている。中間のリスク水準は補間されている {4.3.3}。評価基準には暴露及び脆弱性 (資産の密度、陸域及び海洋の緩衝地帯の生態系の劣化の程度、沿岸域のハザード (浸水、海岸線の侵食、塩性化)、現場の対応 (土木的 (工学的) なハード面の沿岸防護、生態系再生または新しい自然お緩衝地帯の形成、及び地盤沈下の管理) 及び計画的な移住が含まれる。計画的な移住は、第 4 章で説明される通り、管理された後退 (retreat) または再定住、すなわち人々、資産及びインフラを移動させることによってリスクを低減する、積極的な局所的規模の対策を指す。強制移住はこの評価では考慮されていない。パネル (a)はさらに、全体的なリスク低減に対する現場の対応及び計画的な移住の相対的な寄与も明白に示している。パネル (b)は、海面上昇に対する緩和及び/または対応によるリスク低減 (垂直の矢印) 及び緩和リスクの遅れ (水平の矢印) を図式的に描いたものである。パネル (c)は海面水位の上昇に対する対応を、それらの効果、費用、共便益 (コベネフィット)、欠点、経済効率及び関連するガバナンス上の課題の側面からまとめたものである {4.4.2}。パネル (d)は海面水位の上昇に対する対応の順応的な意思決定アプローチの一般的な手順、及びそれらを可能にする主要な条件を示したものである {4.4.4, 4.4.5}。

【対応を】可能にする条件

C.4 気候へのレジリエンス及び持続可能な開発を可能とすることは、調整された持続可能でさらに野心的な適応行動を組み合わせ、緊急で野心的な排出削減に大きく依拠する (確信度が非常に高い)。海洋及び雪氷圏における気候関連の変化に対する効果的な対応を実施するための主要な成功要因には、ガバナンスを行う当局の間の空間スケール及び計画期間にわたる協力や 調整の強化が含まれる。教育及び気候リテラシー、監視及び予測、全ての利用可能な知識源の利用、データや情報及び知識の共有、資金、社会的な脆弱性及び平衡性への対応、並びに制度的な支援も重要である。そのような投資は、能力開発、社会学習、文脈に固有の [(状況に応じた)] 適応への参加、並びにトレードオフの交渉への参加及び短期的なリスク低減及び長期的なレジリエンスと持続可能性の構築のコベネフィットの達成を可能にする (確信度が高い)。本報告書は、先行する IPCC 及び IPBES の報告書でも評価されたように、低い程度の地球温暖化 (1.5° C) における海洋及び雪氷圏に関する科学の現状を反映する。{1.1, 1.5, 1.8.3, 2.3.1, 2.3.2, 2.4, 図 2.7, 2.5, 3.5.2, 3.5.4, 4.4, 5.2.2, Box 5.3, 5.4.2, 5.5.2, 6.4.3, 6.5.3, 6.8, 6.9, Cross-Chapter Box 9, 図 SPM.5}

C.4.1  海洋及び雪氷圏における観測及び予測された変化を踏まえると、多くの国では野心的な緩和を伴っても、適応の課題に直面するであろう (確信度が非常に高い)。高排出シナリオでは、多くの海洋及び雪氷圏に依存するコミュニティが 21 世紀後半に適応の限界 (例えば、生物物理的、地理的、財政的、技術的、社会的、政治的及び制度的限界) に直面すると予測される。比較として、低排出経路は、今世紀及びそれ以降の海洋及び雪氷圏の変化によるリスクを抑え、より効果的な対応を可能とし (確信度が高い)、同時にコベネフィットも生む。経済及び制度の深く変革的な変化によって、海洋及び雪氷圏の文脈において気候にレジリエントな開発経路を可能とする (確信度が高い)。{1.1, 1.4– 1.7, Cross-Chapter Boxes 1–3 in Chapter 1, 2.3.1, 2.4, Box 3.2, 図 3.4, Cross-Chapter Box 7 in Chapter 3, 3.4.3, 4.2.2, 4.2.3, 4.3.4, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.6, 5.4.2, 5.5.3, 6.9.2, Cross-Chapter Box 9, 図 SPM.5}

C.4.2  異なるスケール、管轄、部門、政策領域及び計画期間をまたいで当局間の協力と調整を強化することによって、海洋、雪氷圏及び海面水位の上昇における変化に対する効果的な対応が可能となりうる（確信度が高い）。協定及び条約を含む地域協力は適応行動を支えうるが、海洋及び雪氷圏における変化から生じる影響及び損失への対応が、地域的な政策枠組みによって可能となっている範囲は現在限定的である（確信度が高い）。地域コミュニティと先住民コミュニティとの間に多層的な強いつながりを提供する制度的な取り決めは適応に利益となる（確信度が高い）。国内政策及び国境をまたぐ地域政策の間の調整及び補完によって、水及び漁業などの資源の安全保障及び管理に対するリスクに対応する取り組みを支援しうる（確信度が中程度）。{2.3.1, 2.3.2, 2.4, Box 2.4, 2.5, 3.5.2, 3.5.3, 3.5.4, 4.4.4, 4.4.5, 表 4.9, 5.5.2, 6.9.2}

C.4.3  今日までの経験（例えば、海面水位の上昇、一部の高山地域における水関連のリスク及び北極域の気候変動のリスクへの対応の経験）によって、短期的な決定をおこなうときに、2050年以降の文脈に固有の[(状況に応じた)]リスクの不確実性を明示的に考慮して、長期的な視点を持つこと（確信度が高い）、及び複雑なリスクに対処するためのガバナンス能力を構築すること（確信度が中程度）が成功要因としての効果を持つことを明らかにしている {2.3.1, 3.5.4, 4.4.4, 4.4.5, 表 4.9, 5.5.2, 6.9, 図 SPM.5}

C.4.4  様々なレベル及びスケールにおける教育及び能力開発への投資は、社会学習並びにリスクを低減しレジリエンスを強化する文脈に固有の[(状況に応じた)]対応を執る長期的な能力を促進する（確信度が高い）。具体的な活動の例として、複数の知識システム及び地域の気候関連情報を意思決定に利用すること、並びに地域コミュニティ、先住民、及び関連する利害関係者を順応的ガバナンスの準備及び計画の枠組みに参画させることがあげられる（確信度が中程度）。気候リテラシーの推進および地域、先住民および科学的知識の活用は、地域に固有のリスク及び対応の潜在的可能性に関する市民の意識、理解及び社会学習を可能とする（確信度が高い）。そのような投資は、制度を開発し、多くの場合既存の制度を変革し、情報提供のある、相互作用的な順応的ガバナンスの取り決めを可能とする（確信度が高い）。1.8.3, 2.3.2, 図 2.7, Box 2.4, 2.4, 3.5.2, 3.5.4, 4.4.4, 4.4.5, 表 4.9, 5.5.2, 6.9}

C.4.5  海洋及び雪氷圏における変化の文脈に固有な（状況に応じた）監視及び予想は、適応の計画及び実施に対して情報を提供し、短期的及び長期的な利益の間のトレードオフにおけるロバストな決定を促進する（確信度が中程度）。持続的な長期的監視、データ、情報及び知識の共有、より極端なエルニーニョ/ラニーニャ現象、熱帯低気圧、及び海洋熱波を予想するための早期警戒システムを含む文脈に固有の（状況に応じた）予想は、漁業における損失など、海洋の変化による負の影響、並びに人間の健康、食料安全保障、農業、サンゴ礁、養殖、森林火災、観光、保全、干ばつ及び浸水（洪水）に対する悪影響の管理を助ける（確信度が高い）。{2.4, 2.5, 3.5.2, 4.4.4, 5.5.2, 6.3.1, 6.3.3, 6.4.3, 6.5.3, 6.9}

C.4.6  公正で公平な気候のレジリエンス及び持続可能な開発は、社会的な脆弱性及び衡平性に対応する対策を優先することによって、推進され（確信度が高い）、意義のある市民参加、熟議及び紛争解決のための安全なコミュニティ環境を作ることがその助けとなりうる（確信度が中程度） {Box 2.4, 4.4.4, 4.4.5, 表 4.9, 図 SPM.5}。

C.4.7  変化する気候下での海洋・雪氷圏に関する本評価は、野心的な緩和及び効果的な適応が持続可能な開発にもたらす便益を明らかにする一方で、対策の遅れによって増大するコスト及びリスクも明らかにする。気候にレジリエントな開発経路を計画する潜在的可能性（ポテンシャル）は、海洋、高山地域及び極域それぞれの地域内及び地域間で異なる。この潜在的可能性（ポテンシャル）の実現は変革的な変化に依拠する。これは時宜を得た、野心的なで協調的な、持続的な対策を優先することの緊急性を強調する（確信度が非常に高い）。{1.1, 1.8, Cross-Chapter Box 1, 2.3, 2.4, 3.5, 4.2.1, 4.2.2, 4.3.4, 4.4, 表 4.9, 5.5, 6.9, Cross-Chapter Box 9, 図 SPM.5}