

2019年10月16日
環境ジャーナリスト講座2019
IPCC 2つの特別報告書を読み解く

「海洋・雪氷圏特別報告書 (SROCC)」 を読み解く

国立極地研究所
国際北極環境研究センター
榎本浩之

気候変動に関する政府間パネル（IPCC） 「海洋・雪氷圏特別報告書（SROCC）」 （2019年9月25日公開）

第1章：報告書の構成と背景

第2章：高山地域

第3章：極域

第4章：海面水位上昇並びに低海拔の島嶼、沿岸域
及びコミュニティへの影響

第5章：海洋、海洋生態系及び依存するコミュニ
ティの変化

第6章：極端現象、急激な変化及びリスク管理

SROCC全般

- Special Report (SR)は、自然科学のWGIにWG IIの視点も含む。
- レビューでなくアセスメント
- メッセージ, 届け先: Policy relevant (i.e.: SPM)
- AR5からの進展を示す。
- 本文、図表、Box、CCBの構成 推敲
- 同時進行で他のレポートが作成される。

WGIレポートをWGIIが読んで作成することは難しい。

SRでは最初から一緒に作成チームに入れる。

Special Report on Global Warming of 1.5°C Oct. 2018

Special Report on Climate Change and Land (SRCCL) Aug. 2019

これらの新結果を、SROCCは取り込まなければいけない。

- 新事実とともに一貫性を確認。
- 信頼性confidence level を明示。Deep Uncertaintyも言及。

SPM Headline Statements

A. OBSERVED CHANGES AND IMPACTS 観測された変化および影響

Observed Physical Changes

Observed Impacts on Ecosystems

Observed Impacts on People and Ecosystem Services

B. PROJECTED CHANGES AND RISKS 将来予想される変化およびリスク

Projected Physical Changes

Projected Risks for Ecosystems

Projected Risks for People and Ecosystem Services

C. IMPLEMENTING RESPONSES TO OCEAN AND CRYOSPHERE CHANGE

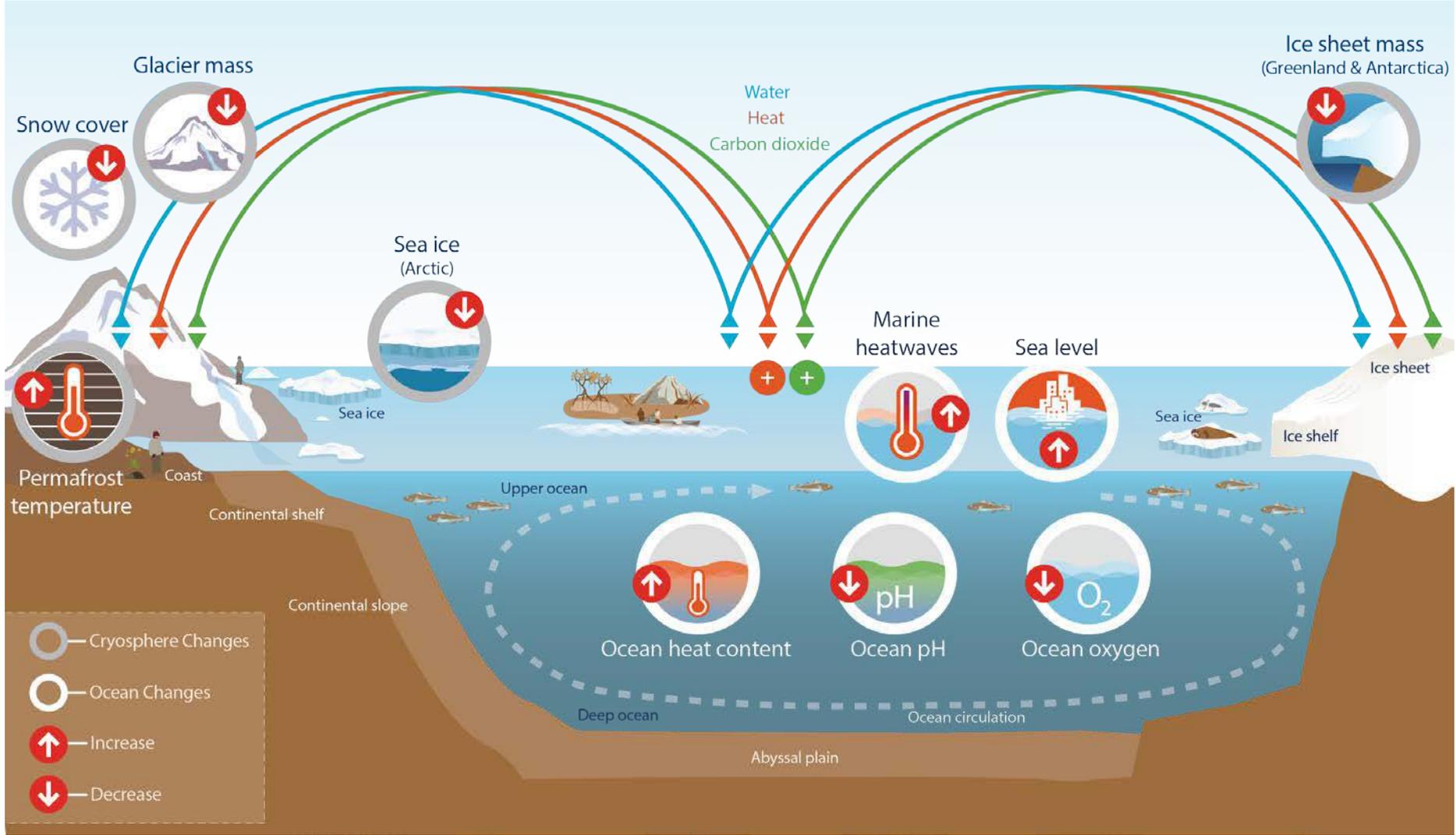
海洋及び雪氷圏の変化に対する対応の実施

Challenges

Strengthening Response Options

Enabling Conditions

海洋・雪氷圏特別報告書 (SROCC) が扱う内容



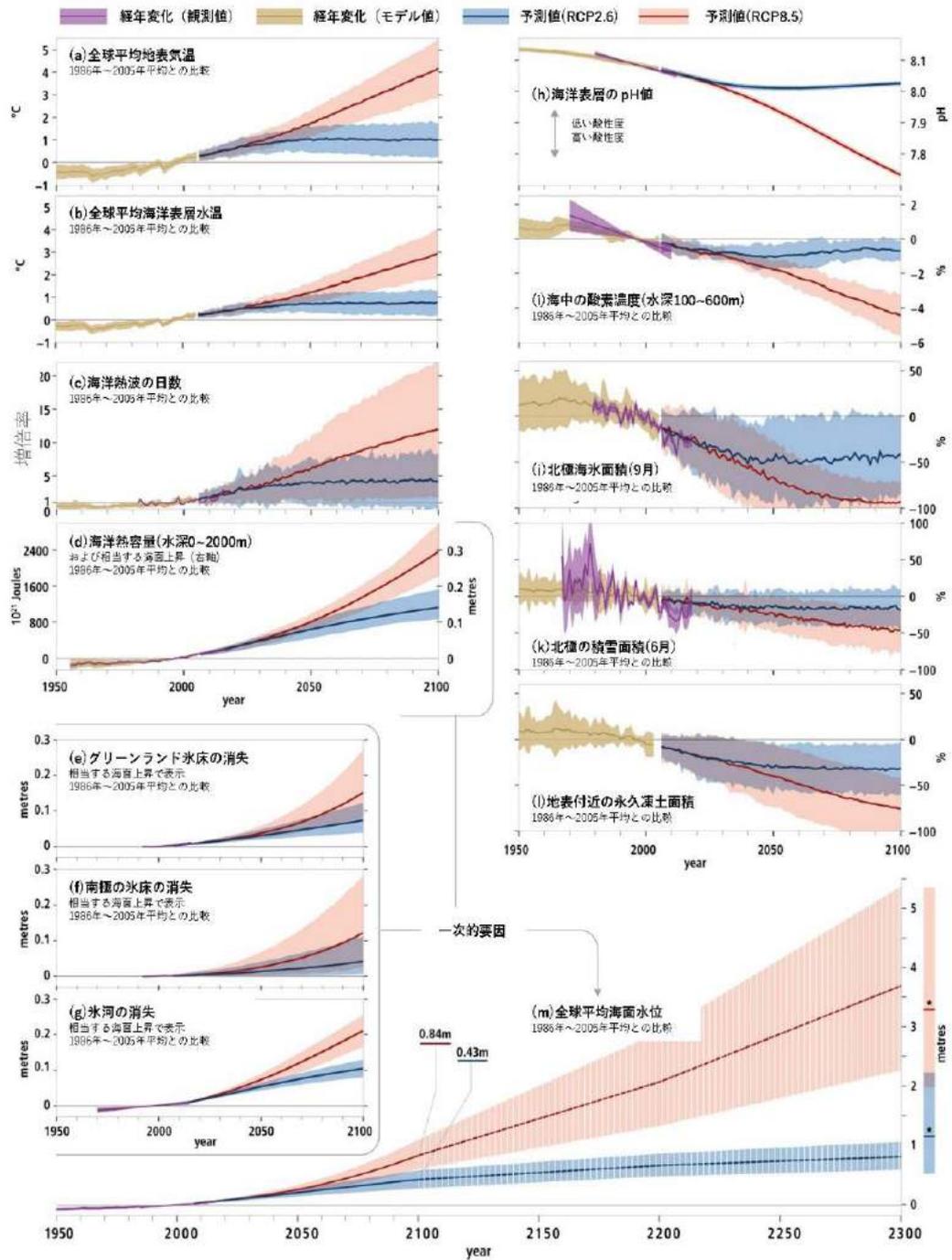
A. 観測された変化および影響

観測された自然の (physical な) 変化

- A1. 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退をもたらし、それは氷床及び氷河の質量の消失 (確信度が非常に高い)、積雪被覆の減少 (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。
- A2. 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% を超える熱を取り込んできた (確信度が高い)。1993 年より、海洋の昇温速度は 2 倍を超えて加速している (可能性が高い)。海洋熱波は、1982 年から、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)。海面から水深 1000m まで酸素の損失が起きている (確信度が中程度)。
- A3. 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消失する速度の増大 (確信度が非常に高い)、氷河の質量の消失及び海洋の熱膨張の継続により、ここ最近の数十年加速化して上昇している。
- 熱帯低気圧による風及び降雨の増大、並びに極端な波の増加は、相対的な海面水位の上昇と組み合わさって、極端な海面水位の現象及び沿岸域のハザードを悪化させる (確信度が高い)。

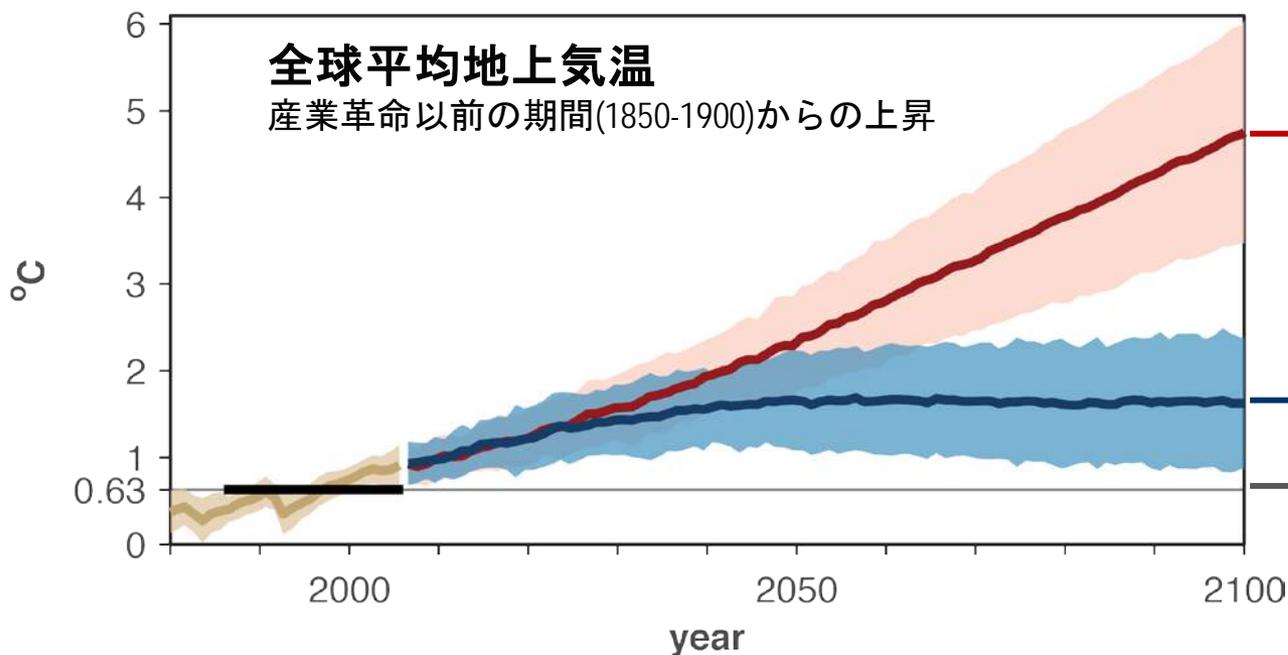
Fig. SPM 1 海洋と雪氷圏の 過去と未来の変化

経年変化(観測)
経年変化(モデル)
予測(RCP2.6)
予測(RCP8.5)





将来の変化のシナリオ



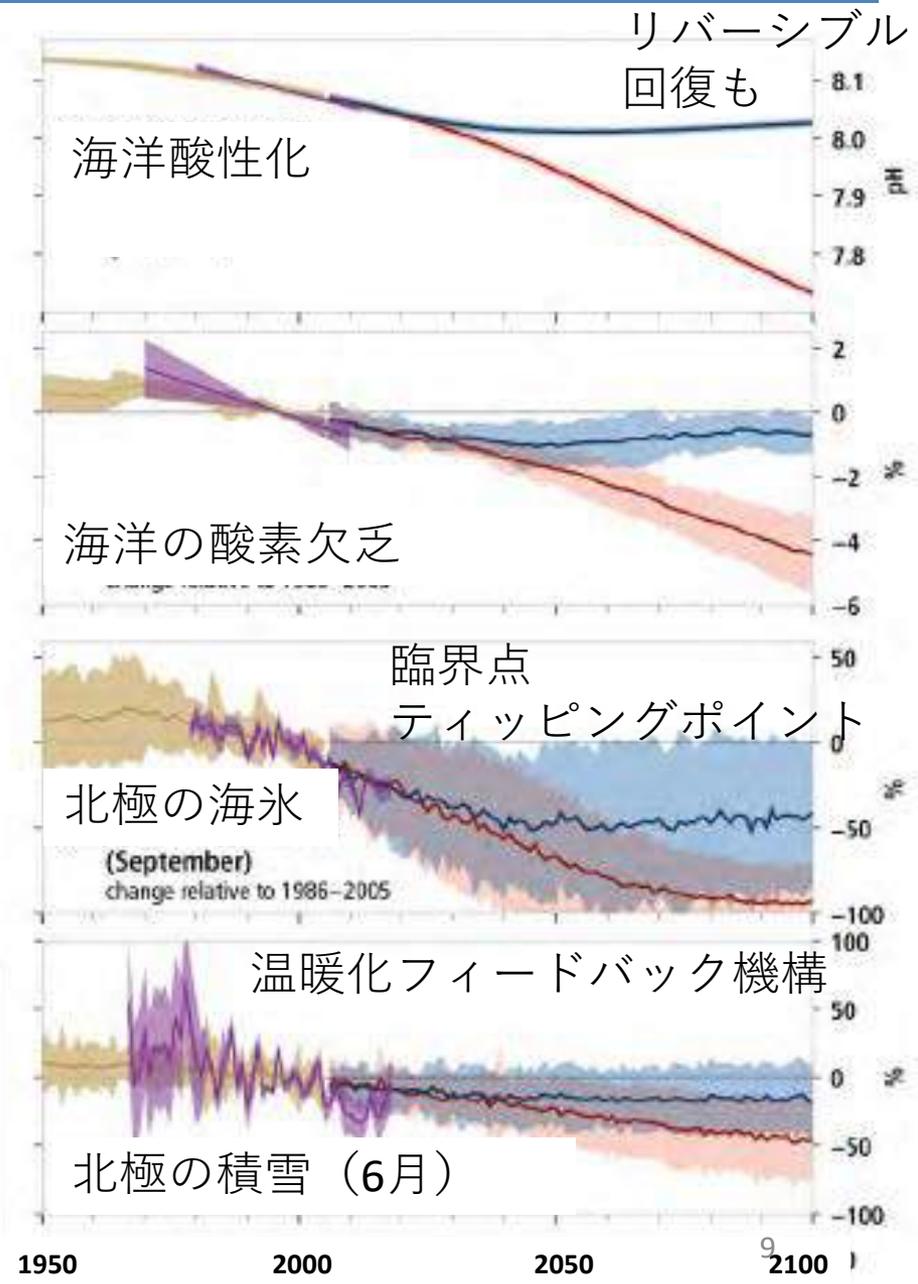
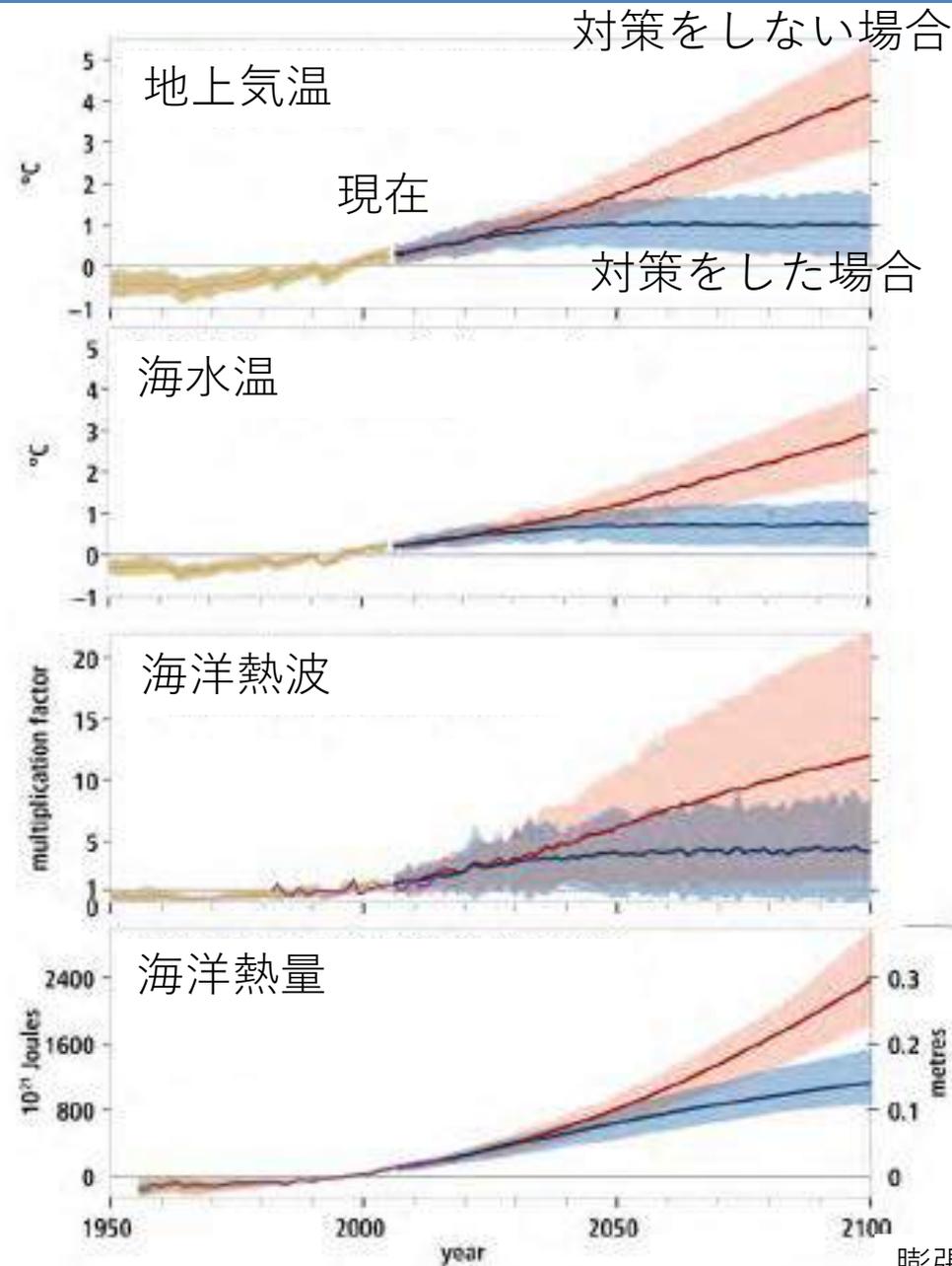
温室効果気体排出が多い場合（気候変動対策なし）(RCP8.5).
2081-2100年のCO₂濃度は850 ppm、気温は+4.3°C (±1.1°C).

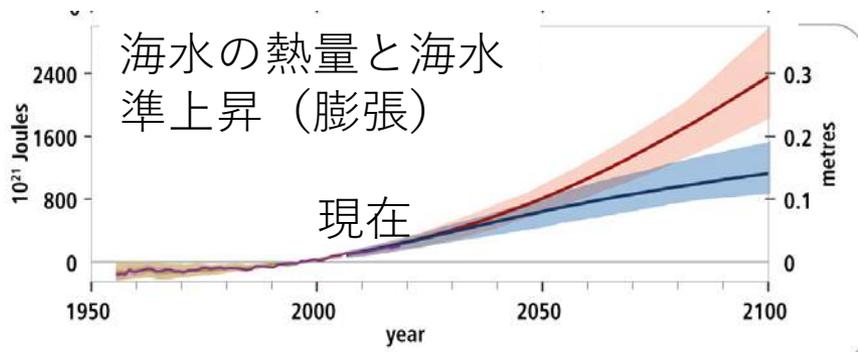
温室効果気体排出を低いレベルに抑える場合（強い緩和策）(RCP2.6).
2100年までに気温上昇を2°C以内に抑える。2081-2100年のCO₂濃度は426 ppm、気温は+1.6°C (±0.7°C).

1850-1900年から1986-2005年の間に観測された気温上昇 0.63°C (±0.06°C). SR1.5.

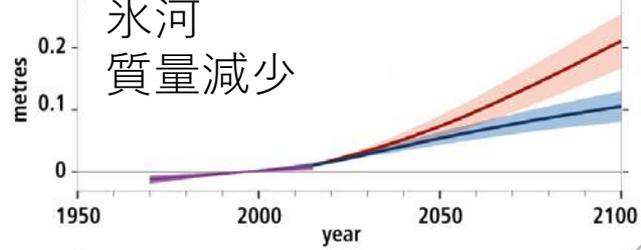
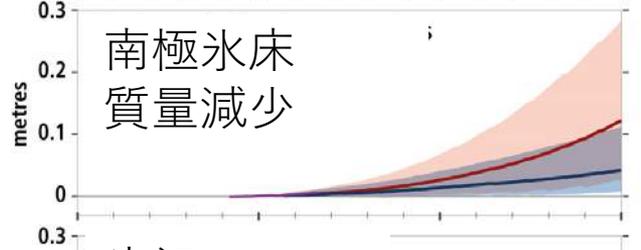
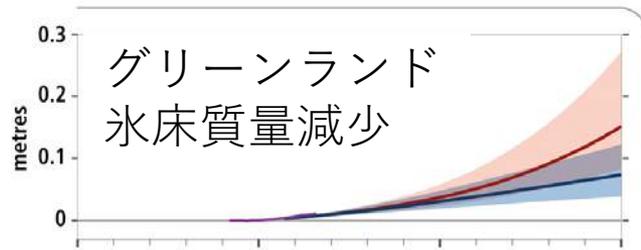
経年変化(観測)
経年変化(モデル)
予測(RCP2.6)
予測(RCP8.5)

海洋と雪氷圏の過去と将来





- 2100年以降も海水準上昇は続く。
- 温室効果気体排出を抑えればin 2300年までの上昇は1mに抑えられる。
- 排出削減政策をとらなければ2300年には上昇は5.4mに及びうる。
- 適応策をとることが有効である。



主要因

最大1.1m

0.84m

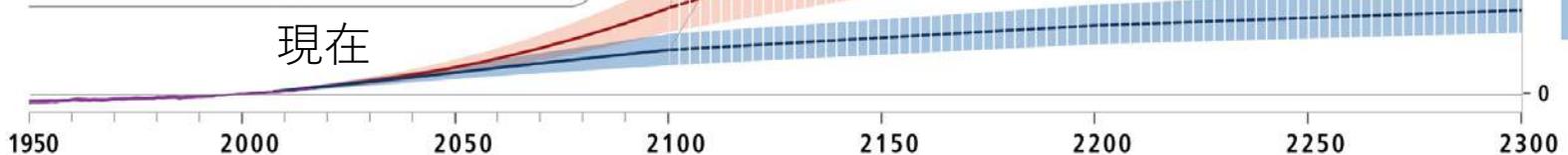
0.43m

海水準上昇

change relative to 1986-2005

対策をしない場合

対策をする場合



(参考) 氷床融解による海面上昇(従来の観点から)

北極:地球全体の氷床の9%を占める。グリーンランドの氷床が全部融解すると地球全体の海水面が約6メートル上昇。

南極:地球全体の氷床の90%を占める。全部融解すると地球全体の海水面が約60メートル上昇。
それは大変だけど、すぐには起きない?

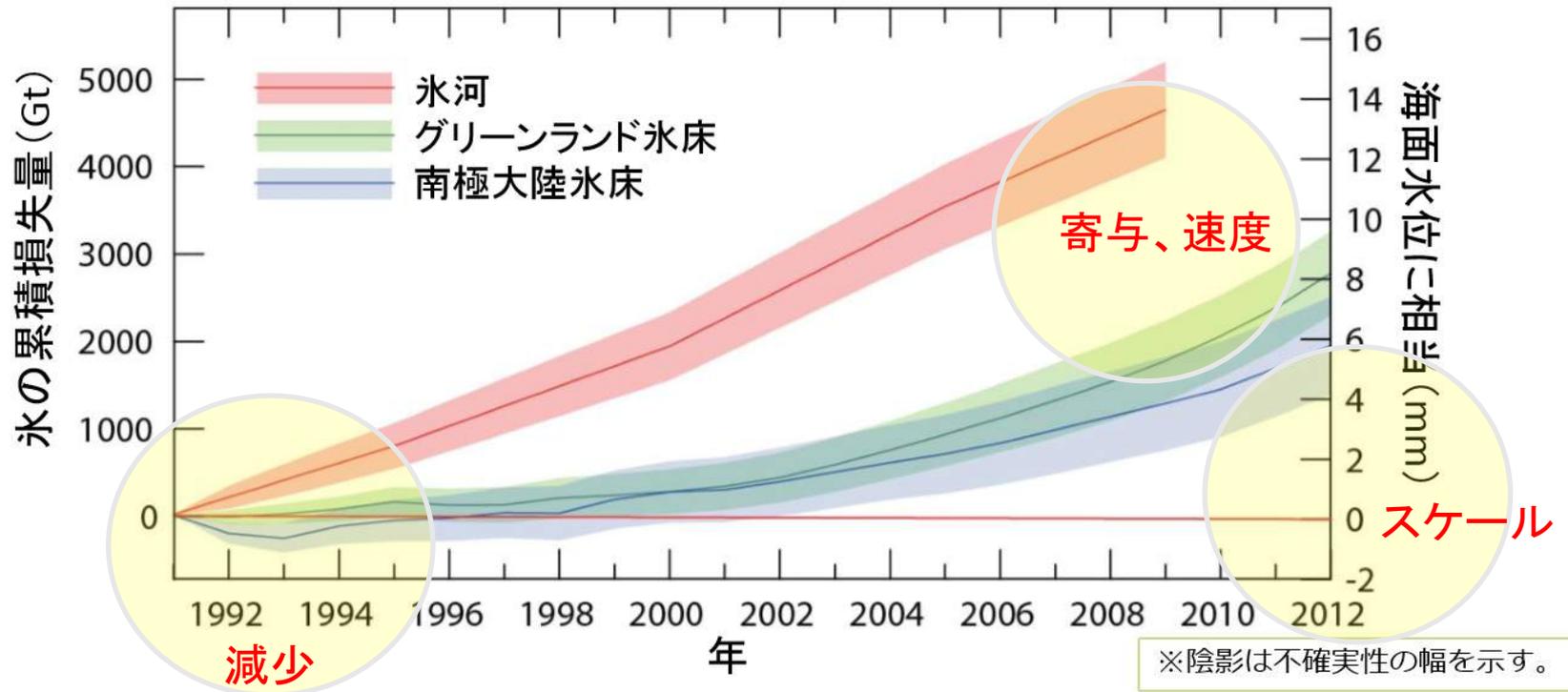
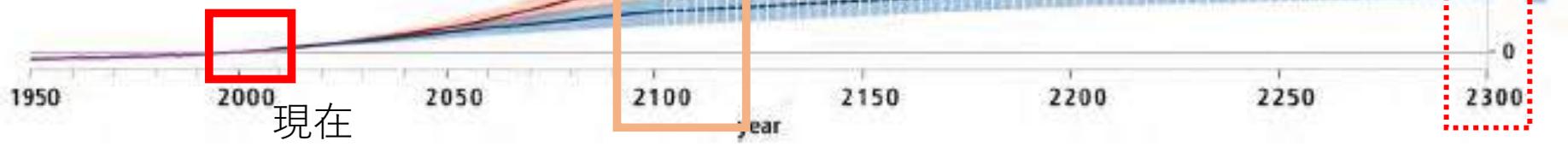
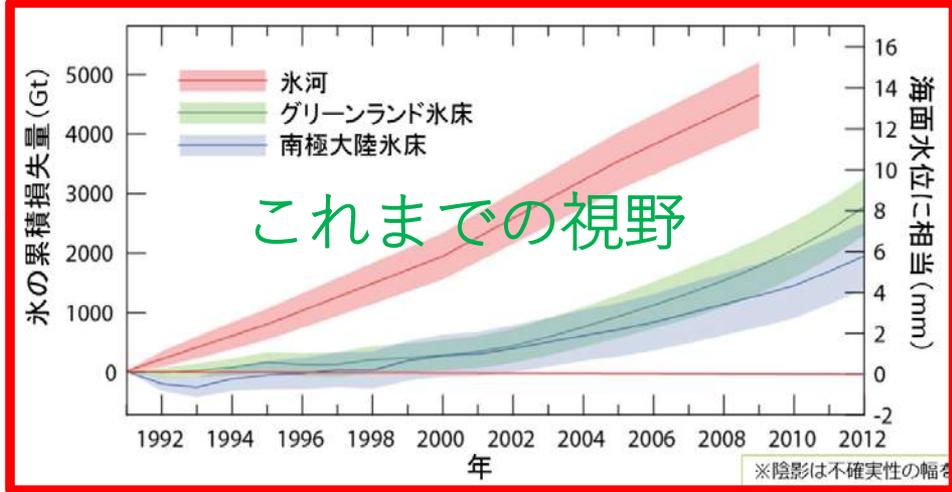
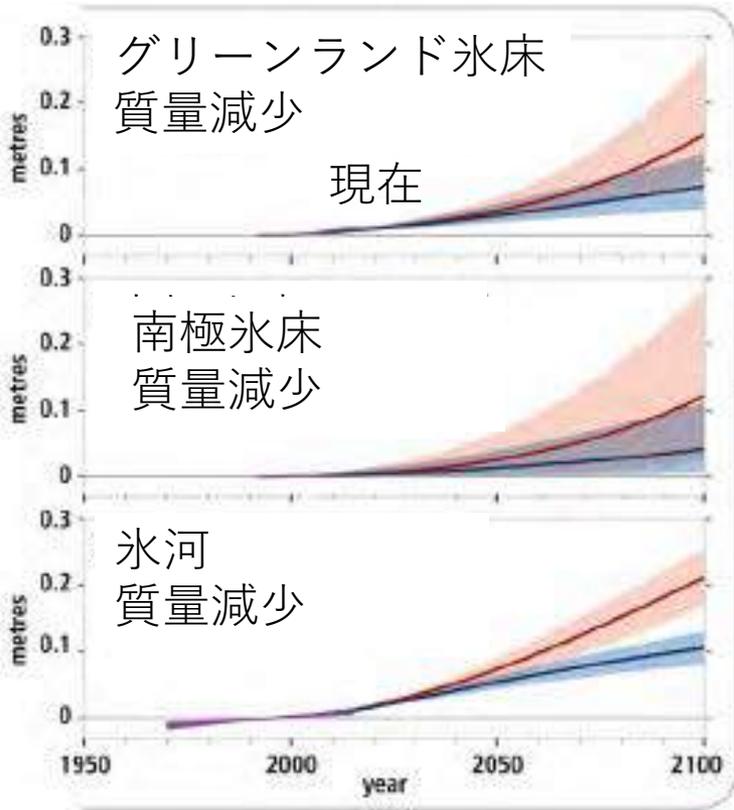


図. 質量 (Gt) 及び海面水位相当 (mm) の観点からの氷河や氷床からの氷の総損失評価

認識・視点の変化 AR5以降の情報の増加



延長された時間軸

IPCC 海洋・雪氷圏特別報告書
(2019年9月25日)
政策決定者向け要約 (SPM)から

B3.1

For RCP8.5, the corresponding GMSL rise is 0.71 m (0.51–0.92 m, likely range) for 2081–2100 and 0.84 m (0.61–1.10 m, likely range) in 2100.

Mean sea level rise projections are higher by 0.1 m compared to AR5 under RCP8.5 in 2100, and the likely range extends beyond 1 m in 2100 due to a larger projected ice loss from the Antarctic Ice Sheet (medium confidence).

The uncertainty at the end of the century is mainly determined by the ice sheets, especially in Antarctica.

B3.1

最も温暖化が進む予想 (RCP8.5)の場合、地球平均海水準上昇は2081–2100の間に0.71 m (起こりうる範囲として最小0.51–最大0.92 m,)、また2100年までには起こりうる範囲として最小0.61–最大1.10 mとなる。

最も温暖化が進む予想の場合の、平均海水面の上昇は2013年のAR5の2100年の予想に比べて10cm上昇し、起こりうる範囲も1 mを越した。これは南極氷床の質量消失による (中程度の信頼性)。

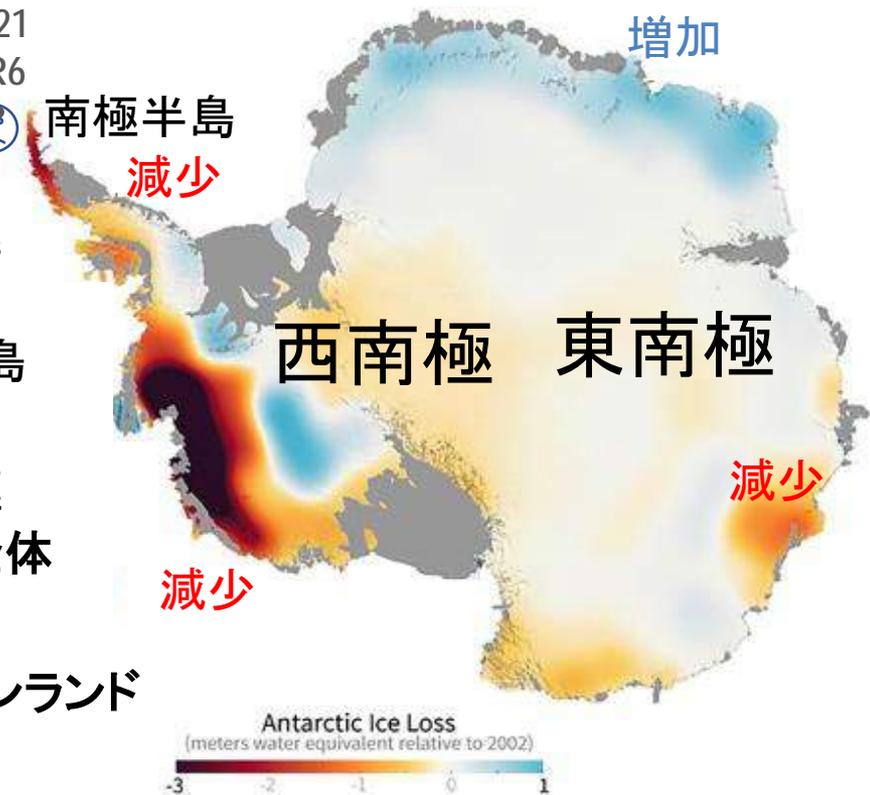
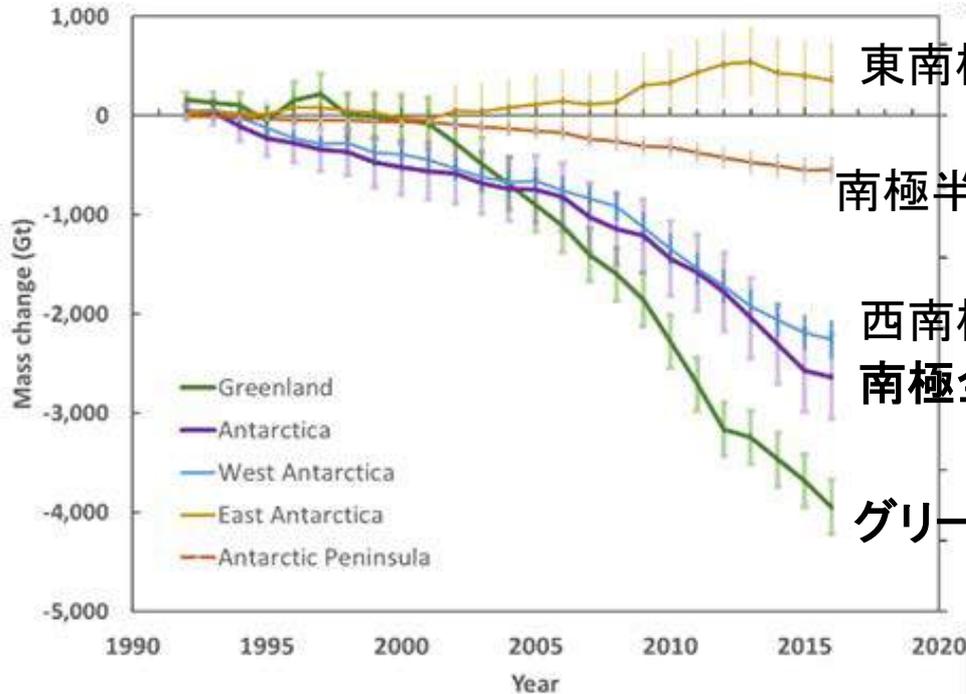
今世紀末の不確定性は、主に氷床によって、特に南極氷床によって決まる。

南極氷床の氷の質量増減

SM:30-years of IPCC statements on West Antarctica

西南極の予想・解釈が
変わってきた。
今後どうなるのか？

1990	1995	2001	2007	2013	2019	2021
FAR	SAR	TAR	AR4	AR5	SROCC	AR6
😊	😊	😞	😊	😊	😞	😞



NASA

SROCC Cross-Chapter Box 8: (CCB 8)

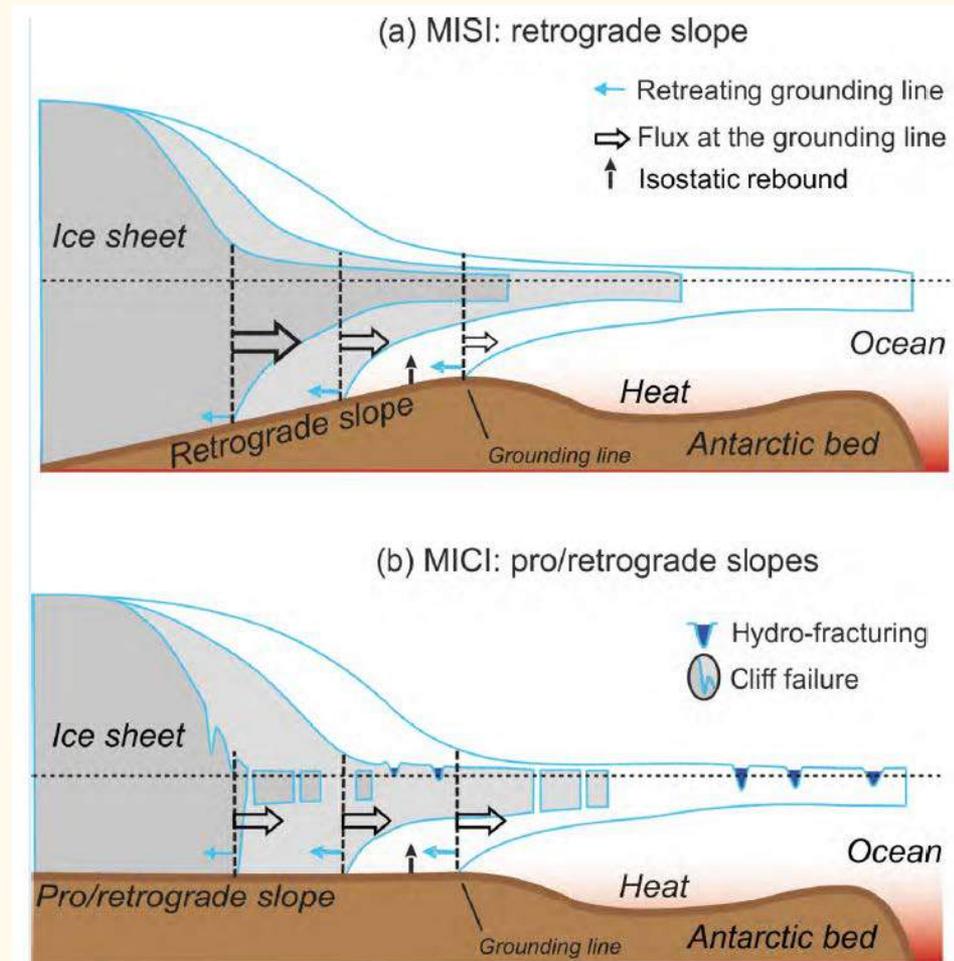
海洋に接する氷床(MISI)の不安定さによる将来の海水準の変化

Future Sea Level Changes and Marine Ice Sheet Instability Chap. 3 p55-58

MISIの変化の仕組みは、特に、氷床底面が海面以下にある**西南極**で重要である。

東南極で最も大きな溢流氷河であるトッテン氷河は最近数十年で後退し、薄くなっている。これは、トッテン氷河の東南極が将来の海水準上昇に多大な影響を与えることを示唆する。

しかしながら、海洋からの影響の増加への応答が今後も同様に起きるか、あるいは氷床不安(MISI)が始まっていることを示しているかについては、明らかではない。



A. 観測された変化および影響

(2019年9月24日承認済み SPM IPCC-LI/Doc. 3 に基づく環境省仮訳(速報版)に、記入)

生態系に対する観測された影響

- A4. 雪氷圏及び関連する水文系の変化は、以前は氷に覆われていた土地の露出、積雪被覆の変化、並びに永久凍土の融解によって、高山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性の変化に寄与してきた。(確信度が高い)
- A5. 1950年頃より多くの**海洋生物種**が、多数の種群にわたって、海洋の昇温、海氷の変化及び生息地に対する酸素の喪失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性に連鎖的な影響がもたらされている(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)。
- A6. **沿岸域の生態系は、海洋熱波の強化、酸性化、酸素の喪失、塩水侵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とともに、人為的な活動によって海洋及び陸上にもたらす不利益な結果(作用)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性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)。

A. 観測された変化および影響

海洋・雪氷圏の変化による地域的影響 1



¹ Eastern Boundary Upwelling Systems (Benguela Current, Canary Current, California Current, and Humboldt Current); {Box 5.3

社会+生態系サービス: 漁業、観光、生息地、輸送/海運、文化、沿岸域炭素貯留

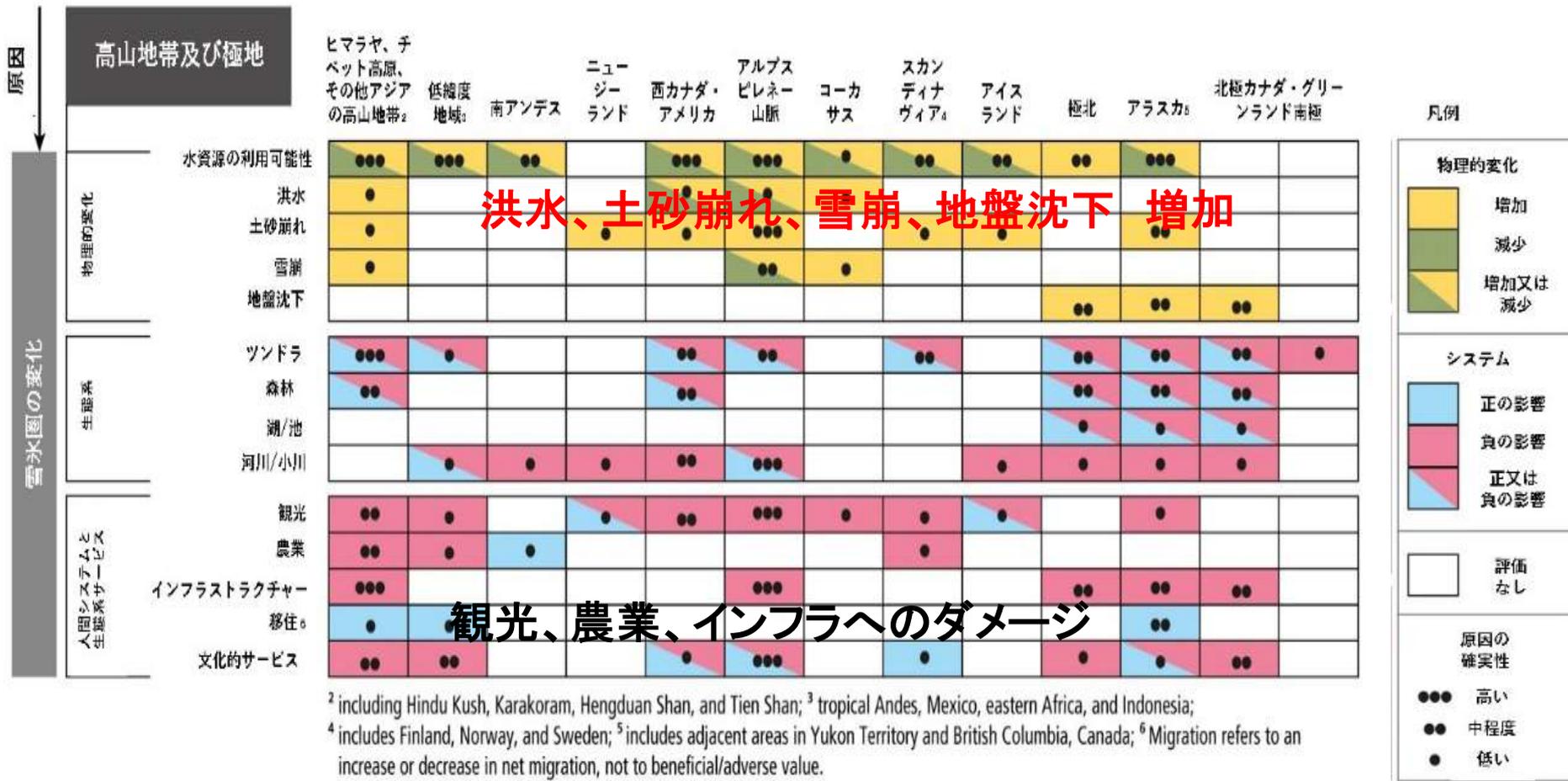
A. 観測された変化および影響

人々及び生態系サービスに対する観測された影響

- A7. 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退は、**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、これは特に先住民の人々にあてはまる(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)。
- A8. **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)は、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**先住民の人々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)。
- A9. **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洪水、海洋熱波、海氷の消失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。

A. 観測された変化および影響

海洋・雪氷圏の変化による地域的影響 2



社会+生態系サービス： 観光、農業、インフラ、移住、文化

B. 予想される変化およびリスク

予測される自然の（physicalな）変化

- B1. 世界レベルでの氷河の質量の消失、永久凍土の融解、並びに積雪被覆及び北極域の海氷面積の減少は、地表面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るが（確信度が高い）、それは河川流出及び局所的なハザードに不可避の結果をもたらす（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消失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大すると予測される（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）。
- B2. 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）を伴って先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）及び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、さらに頻繁に起こ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）。

追加資料

温暖化と台風発生

海洋熱波

2019年10月の高温の海水温

気象庁HPによる。

http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/db/kaikyo/daily/sst_HQ.html

日本のすぐ南の表面海水温 (SST)は27°Cを示している。台風は26–27°Cの海水温域で発生するとされている。日本付近まで、台風を発生、勢力を維持させる高海水温域が迫っている。(右図)

海洋熱波 (Marine heatwave)

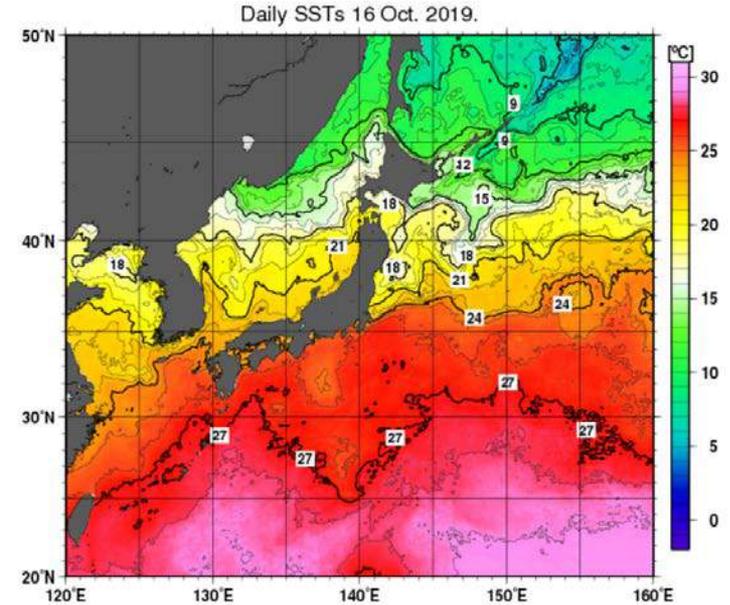
SROCCでは、

Marine heatwave : A period of extreme warm near-sea surface temperature that persists for days to months and can extend up to thousands of kilometres.

と紹介されている。また、“海洋危機ウォッチ”のサイトにも詳細に紹介されている。

<https://www.marinecrisiswatch.jp/mcwatch/archives/2019/09/-marine-heat-waves.html>

“海洋熱波の原因や地球温暖化との関係を議論するうえで、これまで個々の海域で「異常」と見なされてきた水温上昇を、ある基準をもって評価する必要がありました。そこで海洋熱波を「ある特定の海域で個別的に長期に続く異常な暖かさの海水事象」とし、「その海域の水温出現頻度で90%の値を超える水温が5日以上連続した状態」と定義しました (Hobday et al., 2016)。それにより海洋熱波と見なされた事象を全球規模で解析した結果、1987-2016年の期間は1925-1954年の期間と比較して海洋熱波の期間が54%増加していることが示されました (Oliver et al., 2018)。そして海域による温度上昇のメカニズムの違いが明らかになる (Holbrook et al., 2019) と共に、海洋熱波が様々な海洋生物・生態系に対して負の影響をもたらし、生態系の主要な種であるサンゴや海草、海藻に大きな影響を及ぼすことが指摘されました (Smale et al., 2019)。”



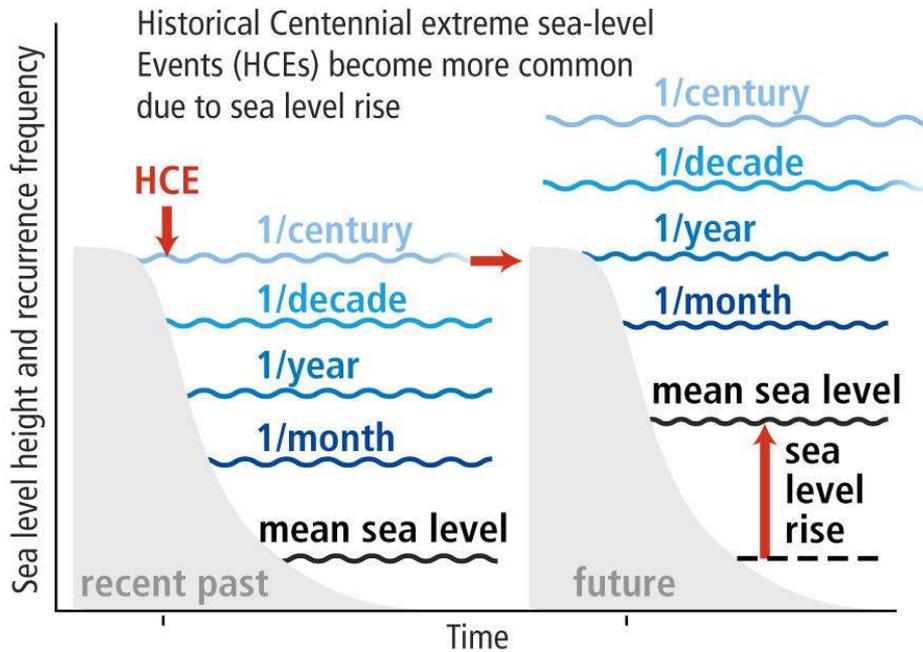
B. 予想される変化およびリスク

予測される自然の（physicalな）変化

- B3. **海面水位の上昇**は加速して続いている。歴史的に稀な（最近の過去において100年に一度）**海面水位の極端現象**が、全てのRCPシナリオで、特に熱帯において、2050年までに頻繁に（多くの場所において1年に一度以上）起こると予測される（確信度が高い）。高水位になる頻度の増大により、曝露の度合いによって、多くの場所で深刻な影響を与えうる。（確信度が高い）。
- 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、**南極氷床の寄与**がAR5より大きくなると予測されるため（確信度が中程度）、2100年までに予測される世界全体の海面水位の上昇が、AR5と比べて大きい。
- 今後数世紀にわたって、RCP8.5の下では、海面水位は年間数センチを超える速度で上昇し、その結果今後数世紀にわたって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（確信度が低い）。
- 極端な海面水位及び沿岸域のハザードは、熱帯低気圧の強度の増大、及び降水量の増加によって悪化する**（確信度が高い）。波浪や潮汐において予測される変化がこれらのハザードを単純化または改善するかどうかは、局所的に異なる（確信度が中程度）。

（2019年9月24日承認済み SPM IPCC-LI/Doc. 3 に基づく環境省仮訳（速報版）に、記入）

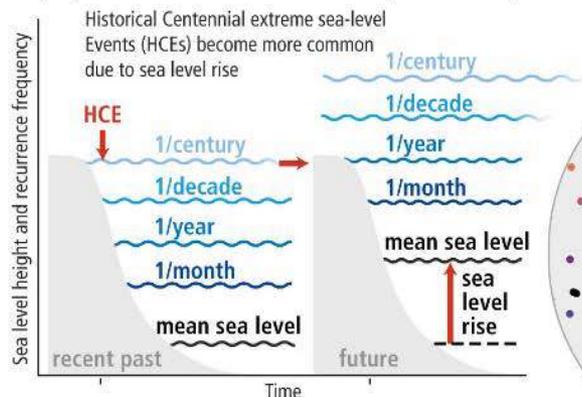
HCE Historical Centennial Event 100年に一回の極端水位



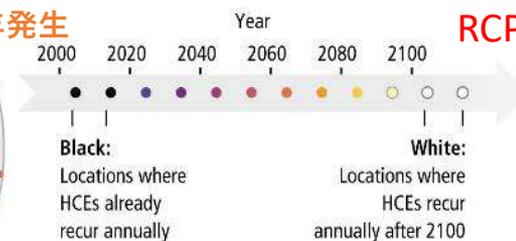
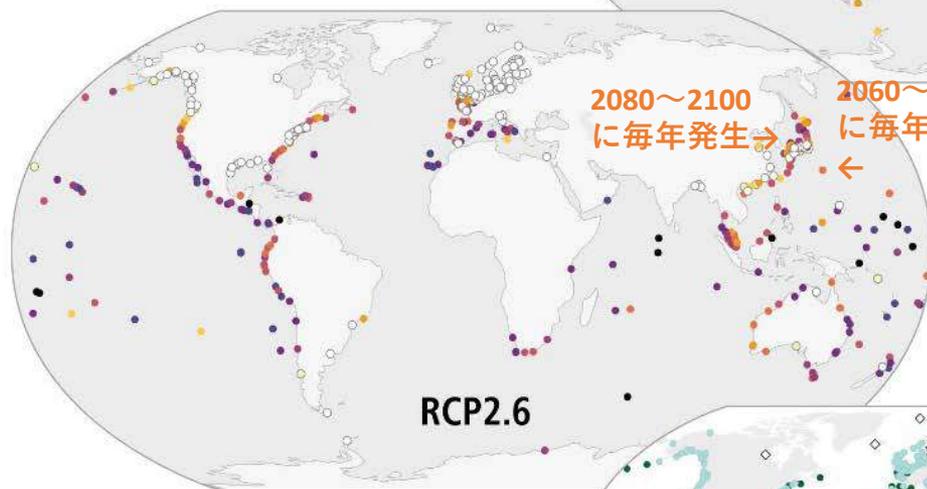
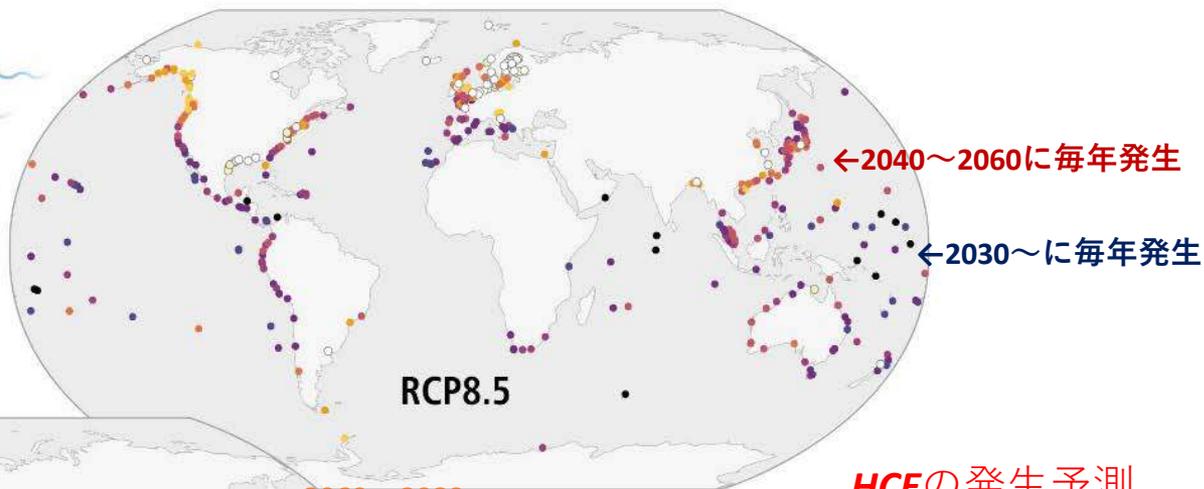
極端な海面水位 Extreme Sea Level Event

HCE (Historical Centennial Event) 100年に一回の極端水位イベント

(a) Schematic effect of regional sea level rise on projected extreme sea level events (not to scale)



(b) Year when HCEs are projected to recur **once per year** on average



HCEの発生予測
RCP8.5と2.6の場合

(c) Difference between RCP8.5 and RCP2.6

The difference map shows locations where the HCE becomes annual at least 10 years later under RCP2.6 than under RCP8.5.



B. 予想される変化およびリスク

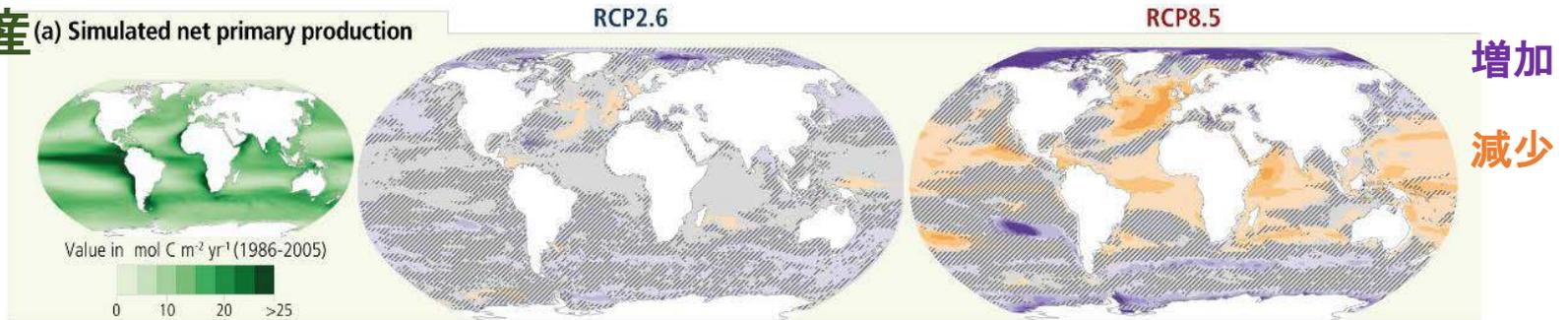
予測される生態系に対するリスク

- B4. 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性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林の地域にわたって、大幅に増加すると予測される（確信度が中程度）。
- B5. 全ての排出シナリオにおいて、海洋動物の群衆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）、酸素の喪失（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。

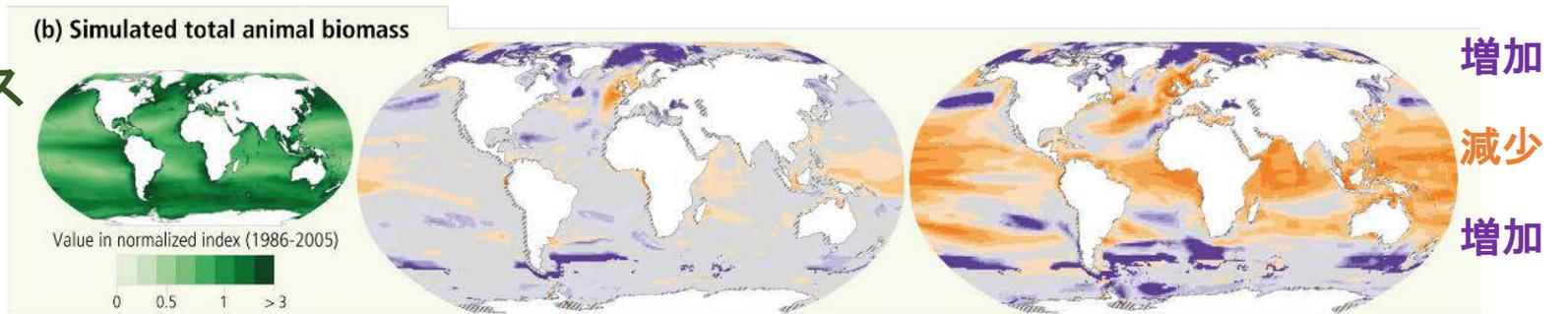
B. 予想される変化およびリスク

予測される生態系に対するリスク

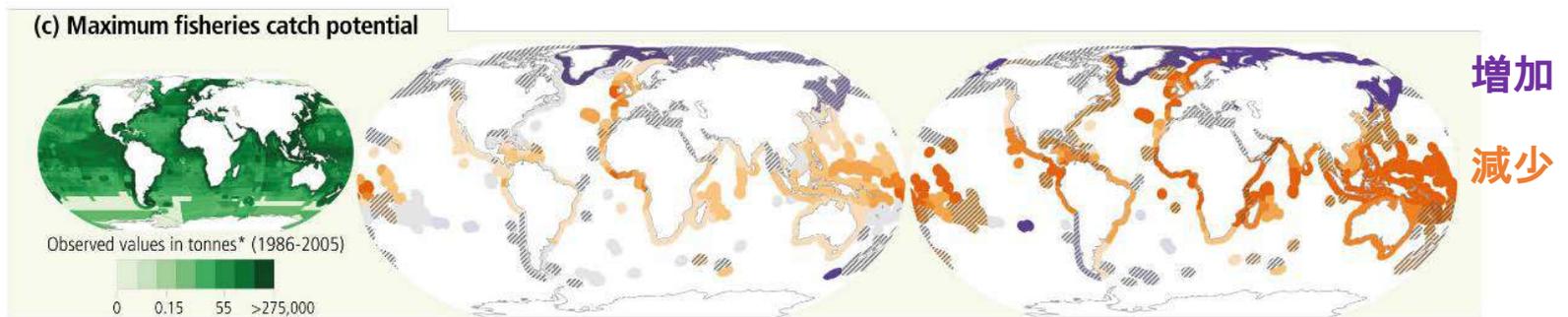
純一次生産



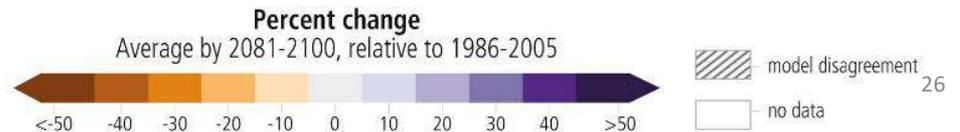
動物
バイオマス



漁獲量



* See figure caption for details



B. 予想される変化およびリスク

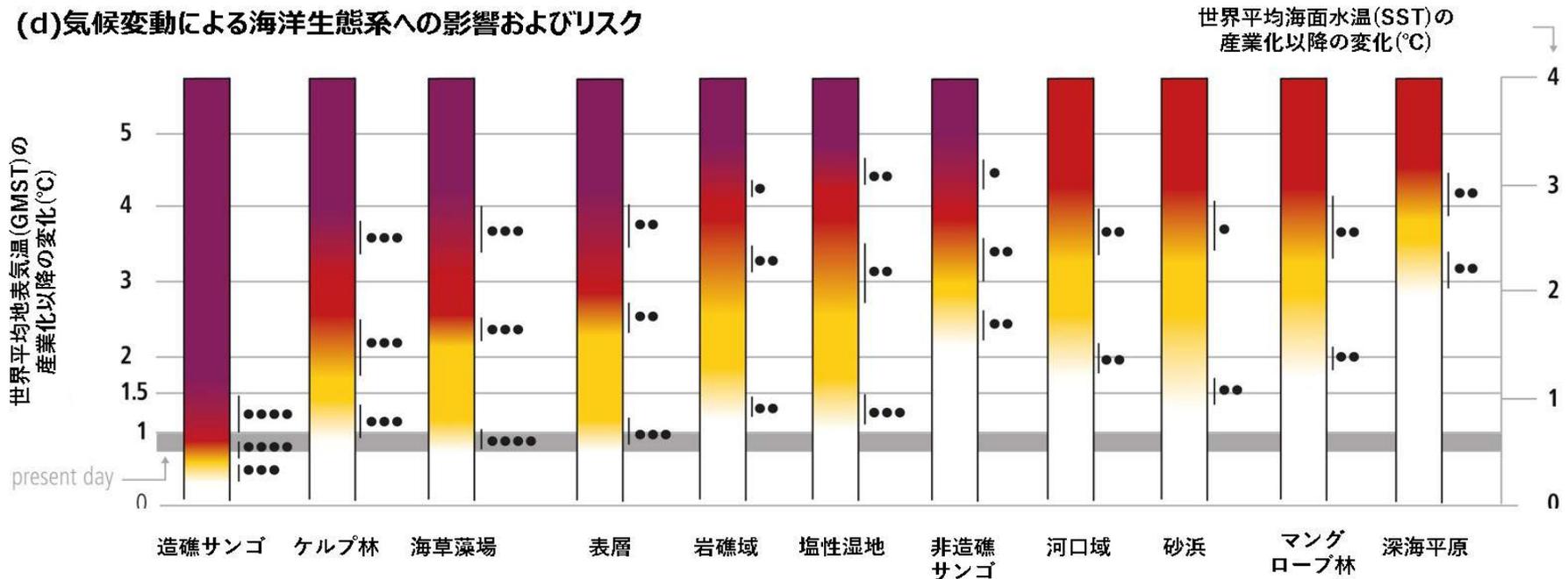
予測される生態系に対するリスク

- B6. 沿岸生態系の**生物多様性**、[生態系の]構造及び機能に対する深刻な影響のリスクは、21世紀以降、低排出シナリオよりも**高排出シナリオ**において上昇した気温において、更に上昇する気温のため、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）。海草及び海藻の藻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）。

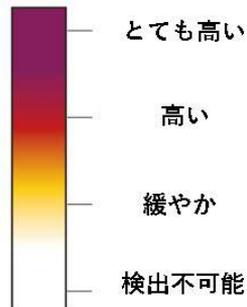
B. 予想される変化およびリスク

予測される生態系に対するリスク

(d) 気候変動による海洋生態系への影響およびリスク



追加的影響/リスクの程度



- とても高い —— 紫：気候変動に関するハザードの持続と悪影響（ハザード/影響/リスク）の性質による適応能力の限界との組み合わせによって、重大な不可逆性もしくは気候変動に関するハザードの持続性が存在し、深刻な影響/リスクを及ぼす確率がとても高い
- 高い —— 赤：重大で広範囲な影響/リスクがある
- 緩やか —— 黄：影響/リスクが検出され、それが少なくとも中程度の確信度で気候変動に起因する
- 検出不可能 —— 白：影響/リスクが検出不可能

移行の確信度レベル

- = とても高い
- = 高い
- = 中程度
- = 低い
- | = 移行の範囲

**see figure caption for definition

B. 予想される変化およびリスク

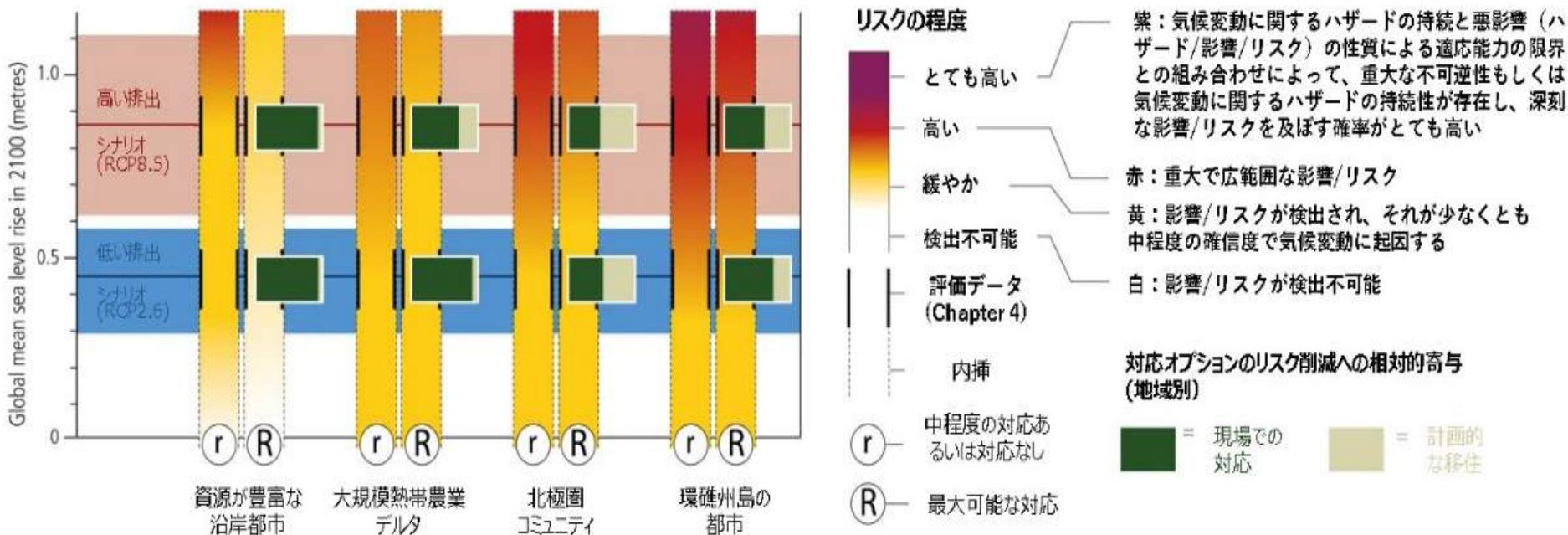
予測される人々及び生態系サービスに対するリスク

- B7. 陸域における将来の雪氷圏の変化は、水資源[の状況]と、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、その利用方法に影響を与えると予測される。洪水、雪崩、地滑り及び地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）。
- B8. 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漁獲可能量の減少は、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、文化やレクリエーションにおける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）。
- B9. 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低平地沿岸域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、三角州地域及び資源が豊富な沿岸都市は、2050年以降現在の適応では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。

海面上昇リスクと対応による2100年のリスク予測

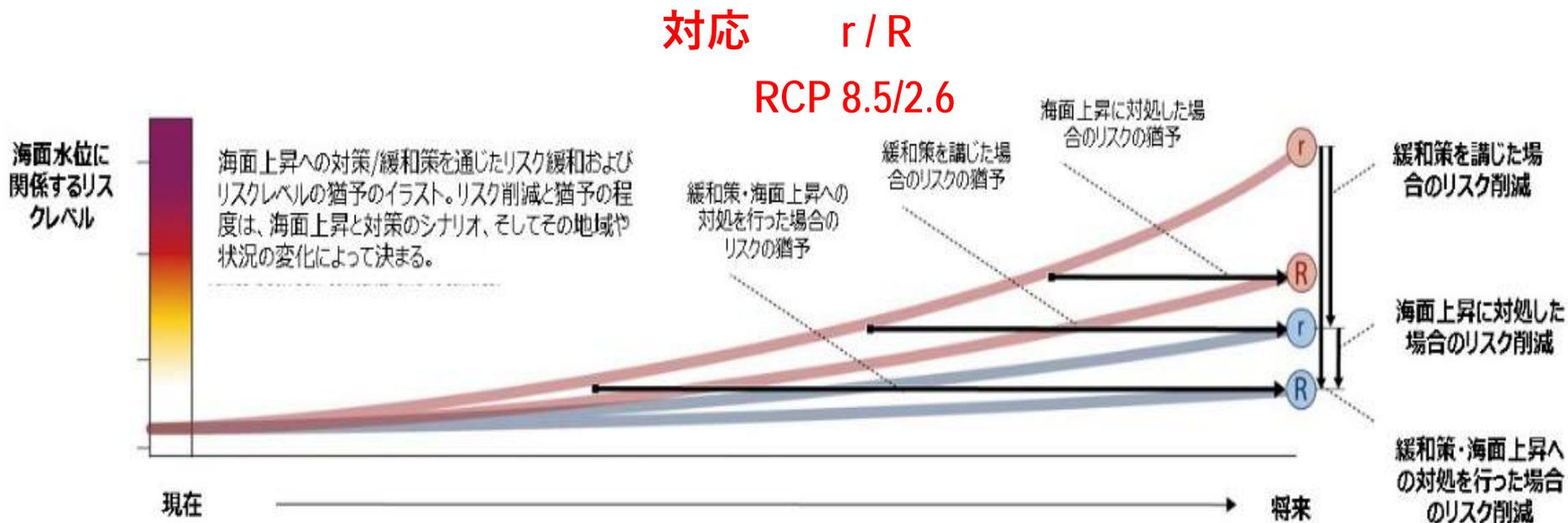
(a)異なる海面上昇・対応シナリオにおける2100年のリスク

平均海面水位の変化を基にしたリスクのイメージ（中程度の確信度）



r / R
RCP 8.5/2.6

海面上昇への対応と緩和策によるメリット



● **現在から将来：開始のタイミング**

Responses	Potential effectiveness in terms of reducing sea-level rise risks (technical/biophysical limits)	Advantages (beyond risk reduction)	Co-benefits	Drawbacks	Economic efficiency	Governance challenges	
Hard protection	Up to multiple metres of SLR [4.4.2.2.4] ●●●	Predictable levels of safety [4.4.2.2.4]	Multifunctional dikes such as for recreation, or other land use [4.4.2.2.5]	Destruction of habitat through coastal squeeze, flooding & erosion downdrift, lock-in, disastrous consequence in case of defence failure [4.3.2.4, 4.4.2.2.5]	High if the value of assets behind protection is high, as found in many urban and densely populated coastal areas [4.4.2.2.7]	Often unaffordable for poorer areas. Conflicts between objectives (e.g. conservation, safety and tourism), conflicts about the distribution of public budgets, lack of finance [4.3.3.2, 4.4.2.2.6]	
Sediment-based protection	Effective but depends on sediment availability [4.4.2.2.4] ●●●	High flexibility [4.4.2.2.4]	Preservation of beaches for recreation/ tourism [4.4.2.2.5]	Destruction of habitat, where sediment is sourced [4.4.2.2.5]	High if tourism revenues are high [4.4.2.2.7]	Conflicts about the distribution of public budgets [4.4.2.2.6]	
Ecosystem based adaptation	Coral conservation	Effective up to 0.5 cm/yr SLR. ●● Strongly limited by ocean warming and acidification. Constrained at 1.5°C warming and lost at 2°C at many places. [4.3.3.5.2, 4.4.2.3.2, 5.3.4] ●●●	Opportunity for community involvement, [4.4.2.3.1]	Habitat gain, biodiversity, carbon sequestration, income from tourism, enhanced fishery productivity, improved water quality. Provision of food, medicine, fuel, wood and cultural benefits [4.4.2.3.5]	Long-term effectiveness depends on ocean warming, acidification and emission scenarios [4.3.3.5.2., 4.4.2.3.2]	Limited evidence on benefit-cost ratios; Depends on population density and the availability of land [4.4.2.3.7]	Permits for implementation are difficult to obtain. Lack of finance. Lack of enforcement of conservation policies. EbA options dismissed due to short-term economic interest, availability of land [4.4.2.3.6]
	Coral restoration						
	Wetland conservation (Marshes, Mangroves)						
	Wetland restoration (Marshes, Mangroves)						
Coastal advance	Up to multiple metres of SLR [4.4.2.2.4] ●●●	Predictable levels of safety [4.4.2.2.4]	Generates land and land sale revenues that can be used to finance adaptation [4.4.2.4.5]	Groundwater salinisation, enhanced erosion and loss of coastal ecosystems and habitat [4.4.2.4.5]	Very high if land prices are high as found in many urban coasts [4.4.2.4.7]	Often unaffordable for poorer areas. Social conflicts with regards to access and distribution of new land [4.4.2.4.6]	
Coastal accommodation (Flood-proofing buildings, early warning systems for flood events, etc.)	Very effective for small SLR [4.4.2.5.4] ●●●	Mature technology; sediments deposited during floods can raise elevation [4.4.2.5.5]	Maintains landscape connectivity [4.4.2.5.5]	Does not prevent flooding/impacts [4.4.2.5.5]	Very high for early warning systems and building-scale measures [4.4.2.5.7]	Early warning systems require effective institutional arrangements [4.4.2.6.6]	
Retreat	Planned relocation	Effective if alternative safe localities are available [4.4.2.6.4] ●●●	Sea-level risks at origin can be eliminated [4.4.2.6.4]	Access to improved services (health, education, housing), job opportunities and economic growth [4.4.2.6.5]	Loss of social cohesion, cultural identity and well-being. Depressed services (health, education, housing), job opportunities and economic growth [4.4.2.6.5]	Limited evidence [4.4.2.6.7]	Reconciling the divergent interests arising from relocating people from point of origin and destination [4.4.2.6.6]
	Forced displacement	Addresses only immediate risk at place of origin	Not applicable	Not applicable	Range from loss of life to loss of livelihoods and sovereignty [4.4.2.6.5]	Not applicable	Raises complex humanitarian questions on livelihoods, human rights and equity [4.4.2.6.6]

- 対応
- 効果
- 有効性
- コベネフィット
- 欠点
- 経済性
- ガバナンスの課題

Table SM5.9a: Descriptions of ocean-based actions assessed in Figure 5.23. Global scale assumes worldwide implementation (at maximum theoretical level); local scale is based on implementation at less than ~100 km². Three global-scale actions considered by Gattuso et al. (2018) are excluded here: land-ocean hybrid methods, marine cloud brightening, and increased surface ocean albedo.

Action	Description	Scale
Marine renewable energy (physical processes)	The production of energy using offshore wind turbines and harvesting of energy from tides, waves, ocean currents, and thermal stratification. This action is included for comparison of its benefits and constraint to those of others.	Global
Ocean fertilisation (open ocean)	The artificial increase in the ocean's primary production and carbon uptake by phytoplankton, achieved primarily by adding soluble iron to surface waters where it is currently lacking.	Global
Enhanced weathering (alkalinisation)	The addition of a variety of minerals or other alkaline substances that consume CO ₂ and/or neutralize acidity, usually involving raising the concentration of carbonate or hydroxide ions.	Global and local
Restoring and conserving coastal vegetation	Management of coastal 'blue carbon' ecosystems, primarily saltmarshes, mangroves and seagrasses, to enhance their carbon sink capacity and avoid emissions from the degradation or loss of their existing carbon stocks.	Global and local
Marine protected areas	The conservation of habitats and ecosystems, in order to increase the abundance of marine species and thereby help protect natural populations against climate impacts.	Local
Reducing pollution (including nutrients)	The decreased release of harmful substances that increase the sensitivity of marine organisms and ecosystems to climate-related drivers, or those that can directly exacerbate ocean acidification and hypoxia.	Local
Restoring hydrological regimes	The maintenance and restoration of marine hydrological conditions, including the tidal and riverine delivery of water and sediments, to alleviate local changes in climate-related drivers.	Local
Eliminating over-exploitation	Management action to ensure that living resources are sustainably harvested (within biologically safe limits and maintaining ecosystem function) and that the extraction of non-living resources (e.g., sand and minerals) is at levels that avoid irreversible ecological impacts.	Local
Assisted evolution	The large-scale genetic modification, captive breeding and release of organisms with enhanced stress tolerance.	Local
Relocation and restoration (reef systems)	The restoration and/or active relocation of degraded coral and oyster reefs, with the potential creation of new habitats and use of more resilient species or strains.	Local

Chap.5の追加資料 より、提案されて きた対応策一覧

再生可能
エネルギー

海洋施肥

風化
(アルカリ化)

沿岸緑化

海洋保護区

汚染防止

水文復元

乱用制御

遺伝子組み換え

再配置と復元

C. 海洋及び雪氷圏の変化に対する対応の実施

Challenges 課題

- C1. 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）。

(2019年9月24日承認済み SPM IPCC-LI/Doc. 3 に基づく環境省仮訳（速報版）に、記入）

C. 海洋及び雪氷圏の変化に対する対応の実施

Strengthening Response Options 対応の選択肢の強化

- C2. 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うる（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、それらの対応について生態学的、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）。
- C3. 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、それぞれの文脈に固有で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、それが利用可能な場合にはいつでも、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）。

（2019年9月24日承認済み SPM IPCC-LI/Doc. 3 に基づく環境省仮訳（速報版）に、記入）

C. 海洋及び雪氷圏の変化に対する対応の実施

Enabling Conditions [措置を]可能にする条件

- C4. 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に関連した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、監視及び予想、全ての利用可能な知識源の利用、データ、情報及び知識の共有、資金、社会的な脆弱性及び衡平性への対応、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。



Knowledge for action

知識から行動へ

The IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate

- highlights the urgency of prioritizing timely, ambitious and coordinated action to address widespread and enduring changes in the ocean and cryosphere; **時期を得た、野心的な共同行動優先の緊急性を強調；**
- empowers people, communities and governments to tackle the unprecedented transitions in all aspects of society; **人、コミュニティ、政府が前例のない移行に取り組めるように；**
- provides evidence of the benefits of combining scientific knowledge with local and Indigenous knowledge; **科学的知識と地域および先住民の知識を組み合わせることの利点の証拠を提供；**
- focuses, for the first time, on the importance of education and climate literacy. **教育と気候リテラシーの重要性に初めて焦点を当てる。**

ipcc

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change



The more decisively and earlier we act, the more able we will be to address unavoidable changes, manage risks, improve our lives and achieve sustainability for ecosystems and people around the world – today and in the future.

断固として、早期に行動すればするほど、避けられない変化に対処し、リスクを管理し、私たちの生活を改善し、世界中の生態系と人々の持続可能性を達成できるようになります。

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change



Our ocean and cryosphere –
They sustain us.
They are under pressure.
Their changes affect all our lives.
The time for action is now.

我々の海洋と雪氷圏-

海洋と雪氷圏は我々を支える。
海洋と雪氷圏はプレッシャーにさらされている。
海洋と雪氷圏の変化は我々のすべての生活に影響を与える。

今こそ行動の時である。

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change



今後

「警鐘」は多く行われてきた。

(アクションとなるか：(参考) SR1.5C)

- 変化は進行している：高温、森林火災、海洋熱波、降雨、洪水、氷床融解、海氷減少...、新調査結果、予測の実証
- 対応は進行しているか：社会、政策の反応は。
- **AR6は作成中：2021年から2022年にかけて公開**
レポート作成の中にも「温暖化は進行する。それに科学の理解は追いつけるか、予測は追い越せるか、社会は対応が間に合うかが、問われている。」

「海洋・雪氷圏特別報告書（SROCC）」を読み解く

おわり

Find us on:

 @IPCC_CH

 @IPCCNews

 @IPCC_Climate_Change

 www.vimeo.com/ipcc

 www.youtube.com/c/ipccgeneva

