



IPCC AR6 WG1報告書の概要

山中 吾郎

気象庁 気象研究所 全球大気海洋研究部 部長



内容



1. IPCC AR6について
2. 世界平均の変化
3. 日本付近の変化
4. まとめ



IPCC 第6次評価報告書 (AR6)



- 2021年8月9日に公表されたIPCC第6次評価報告書第1作業部会報告書 (自然科学的根拠)
- IPCC-AR5 (2013-14年) 以降の最新の知見を反映

第1章：構成、背景、手法

第2章：気候システムの変化状態

第3章：人間が気候システムに及ぼす影響

第4章：将来の世界の気候：シナリオに基づいた予測及び近未来に関する情報

第5章：地球規模の炭素と他の生物地球化学的循環及びそのフィードバック

第6章：短寿命気候強制因子

第7章：地球のエネルギー収支、気候フィードバック、及び気候感度

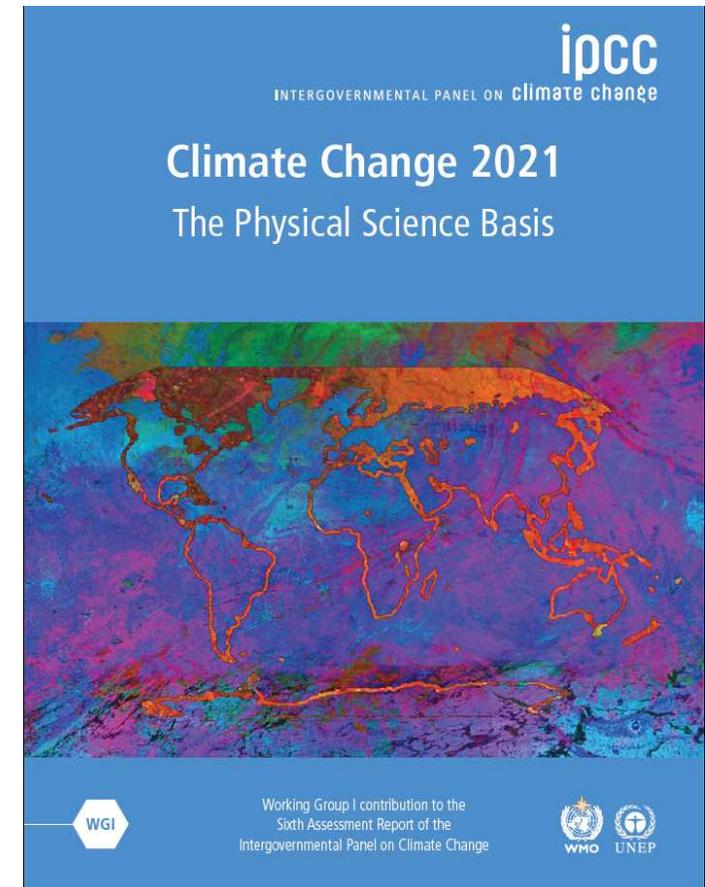
第8章：水循環の変化

第9章：海洋、雪氷圏、及び海面水位の変化

第10章：世界規模と地域規模の気候変化のつながり

第11章：変化する気候下における気象及び気候の極端現象

第12章：地域規模の影響及びリスクを評価するための気候変化に関する情報



IPCC第6次評価報告書
第I作業部会報告書の表紙



IPCC AR6の今後の予定（公開情報）



- **WG 2 報告書：**
 - 2月中下旬のIPCC第55回総会で議論、2月末公表予定
- **WG 3 報告書：**
 - 1月30日まで政策決定者向け要約（SPM）の政府最終レビュー実施中。
3月下旬のIPCC第56回総会で議論、4月上旬公表予定
- **統合報告書（SYR）：**
 - 3月20日まで報告書全体の政府・専門家レビュー実施中、
6月13日から8月7日までSPMの政府最終レビュー実施予定。
9月下旬のIPCC第57回総会で議論、10月上旬公表予定





世界平均の変化



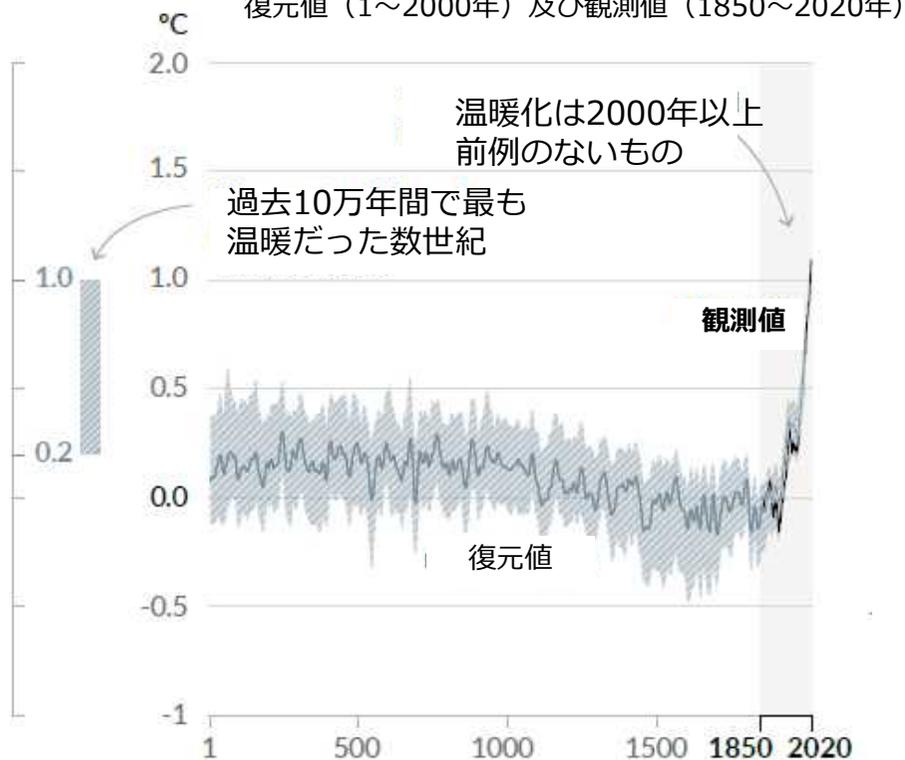
世界平均気温の長期変化



気候システム全般にわたる最近の変化の規模と、気候システムの多くの側面の現在の状態は、何世紀も何千年もの間、前例のなかったものである。

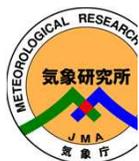
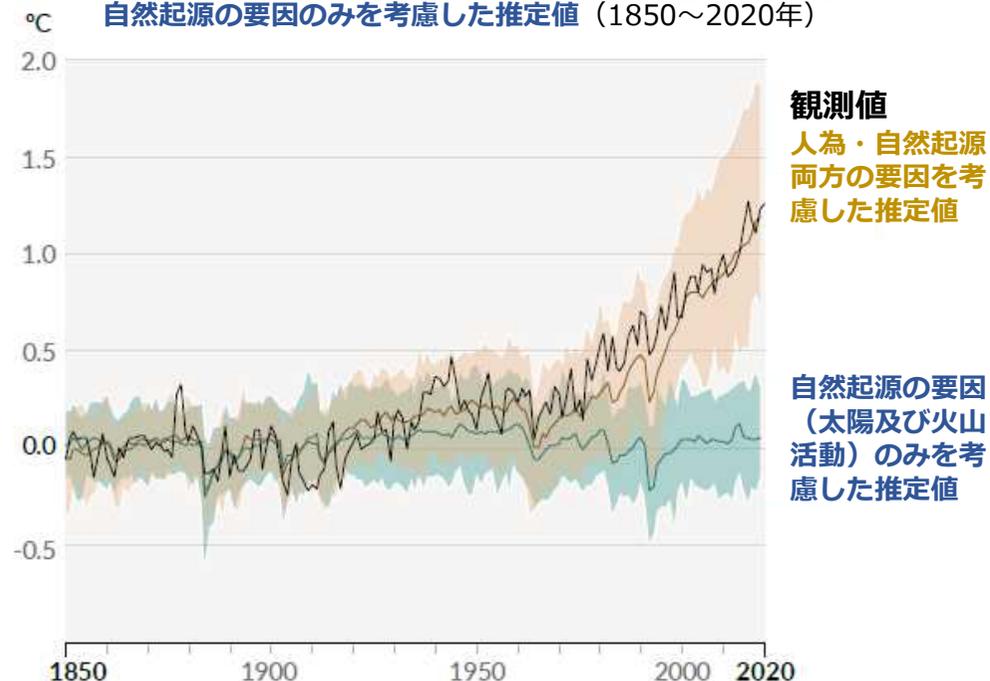
1850～1900年を基準とした世界平均気温の変化

世界平均気温（10年平均）の変化
復元値（1～2000年）及び観測値（1850～2020年）



世界平均気温（年平均）の変化

観測値並びに人為・自然起源両方の要因を考慮した推定値及び
自然起源の要因のみを考慮した推定値（1850～2020年）



海洋の温暖化



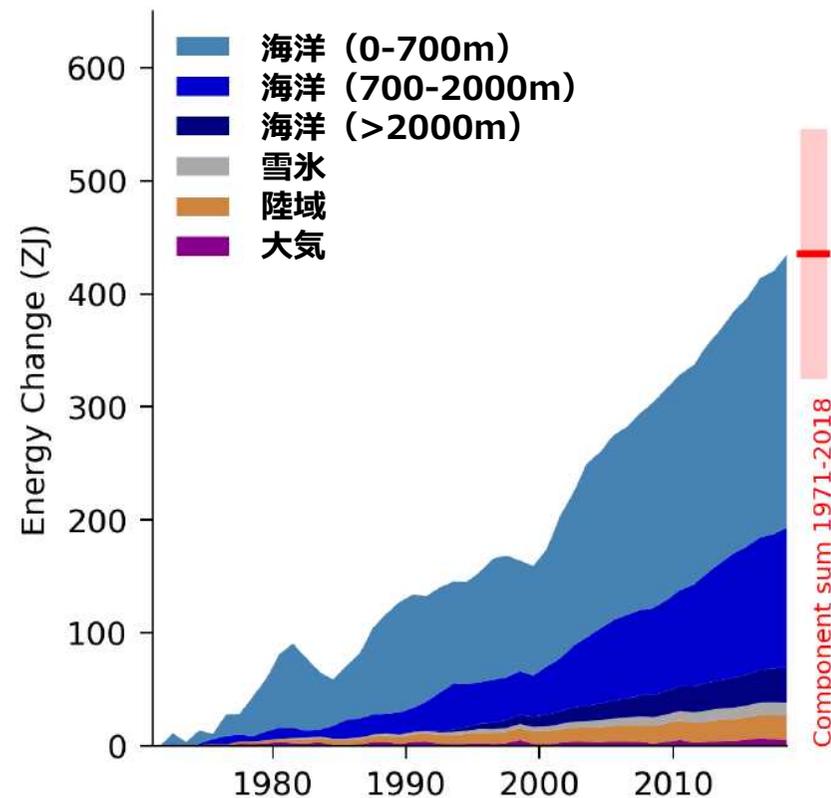
【海洋の水温はどれくらい上昇しているのか】

- 地球温暖化によって気候システムに蓄積されたエネルギーの**91%**は海洋に貯められている。
- 2006-2018年の期間の海洋の貯熱速度は1901-1990年の期間の**約3.8倍**であり、**海洋の温暖化が加速**している。

【参考】海水の熱膨張

- 20℃の海水が1℃上昇すると、体積が約0.025%膨張する
- 海面から500mまで2℃上昇すると、海面水位は25cm上昇する

1971-2010年における地球の気候システムの主要成分毎のエネルギーの蓄積



AR6 Cross-Chapter 9.1 Fig.1

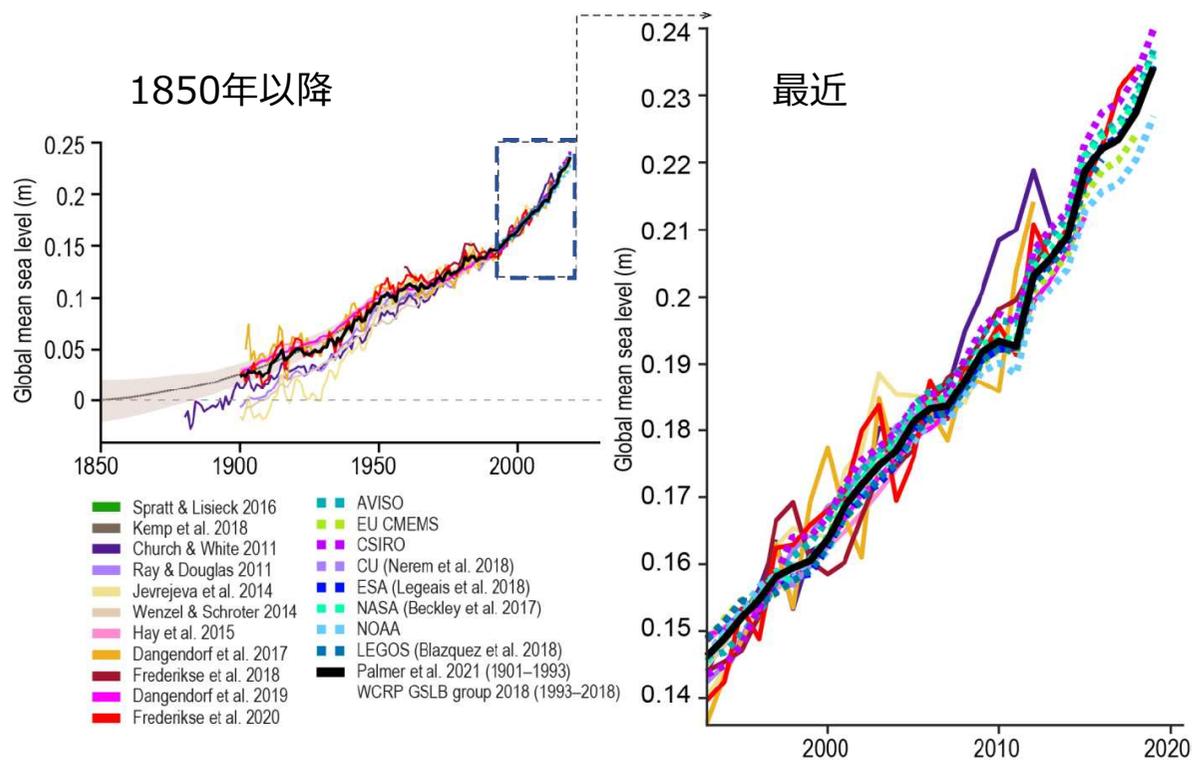


世界平均海面水位の現状



- 世界平均海面水位は、1901～2018年の期間に**0.20 [0.15～0.25]m**上昇した。
- 世界平均海面水位の平均上昇率は、1971～2018年の期間で1年あたり2.3 [1.6～3.1]mm から、2006～2018年の期間で**3.7 [3.2～4.2]mm**に増加し、海面水位上昇は**1960年代末以降加速**している。

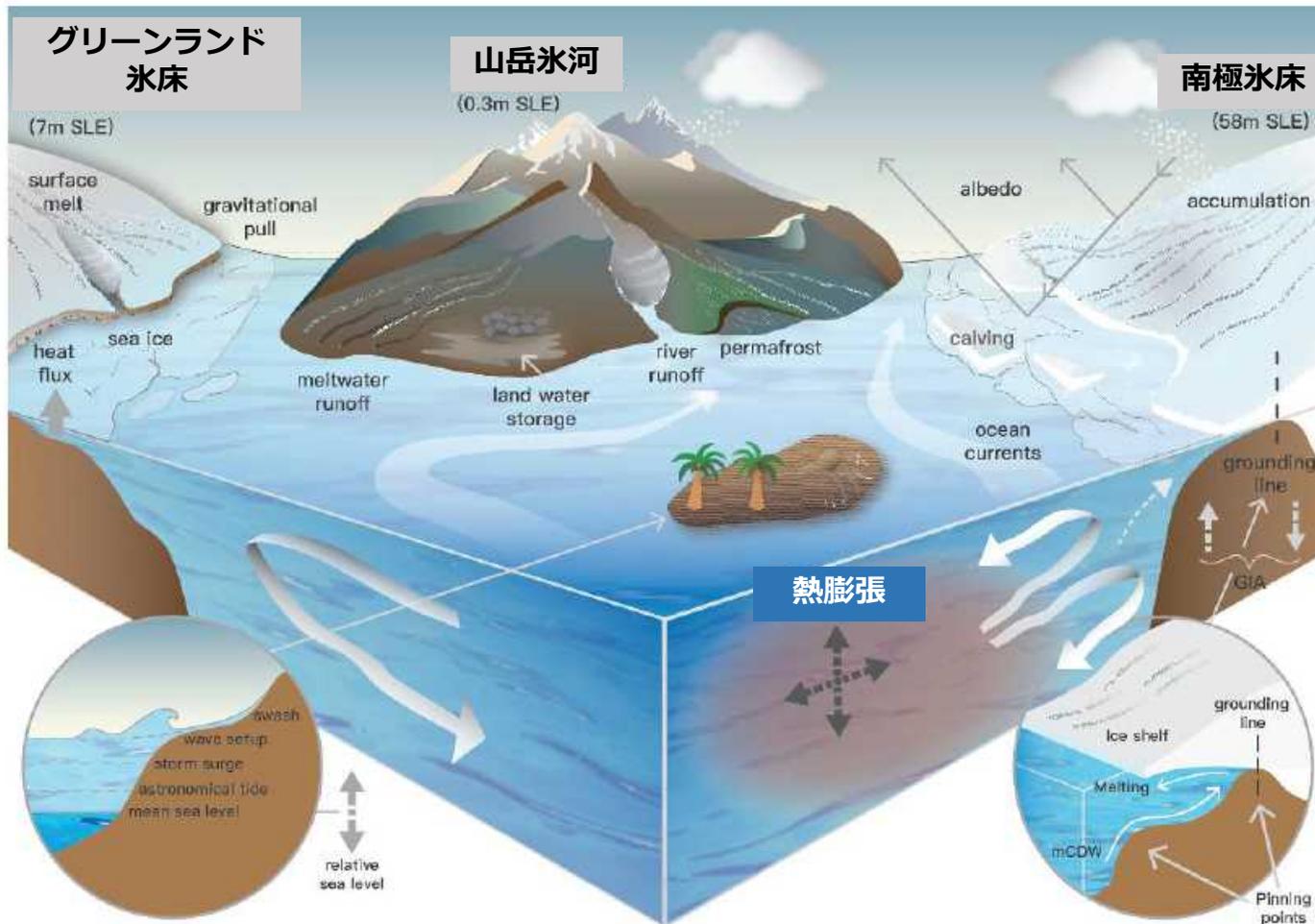
世界平均海面水位の変化



AR6 Fig.2.28



海面水位変動に影響を与える要素



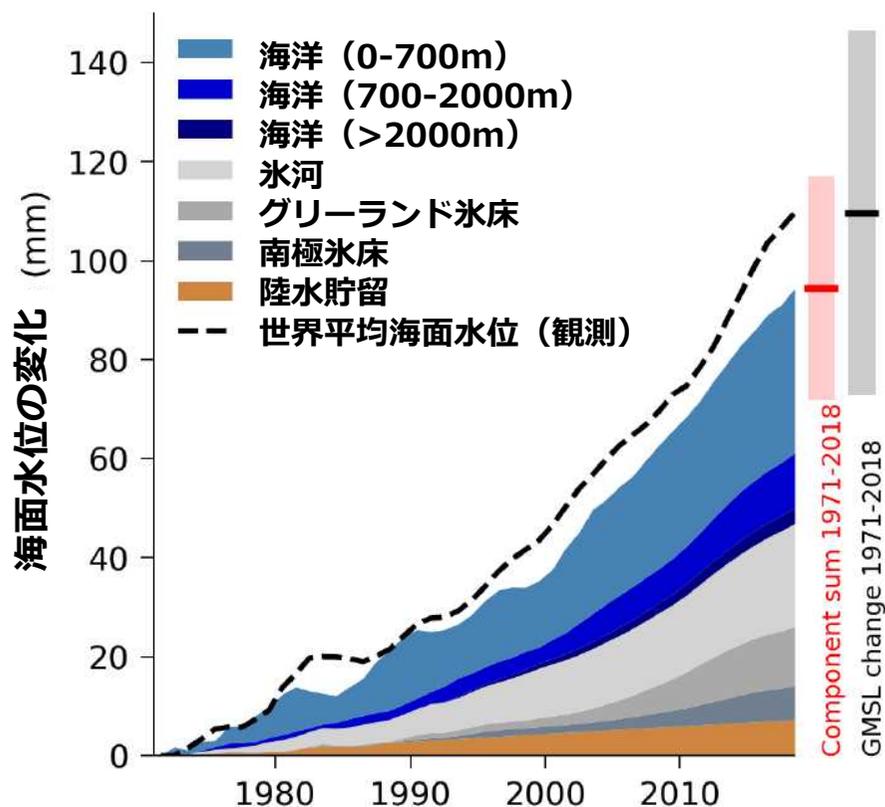
AR6 Fig.9.2

世界平均海面水位変動の要因毎の寄与



- 1971～2018年にかけての世界平均海面水位上昇量のうち、**海水の熱膨張は50%、氷河・氷床の融解は42%**寄与し、両者が主要な要因になっている。
- グリーンランドや南極の**氷床の融解による寄与は増加**しており、2006～2018年では**約35%**に達した。

世界平均海面水位変動の要因毎の寄与



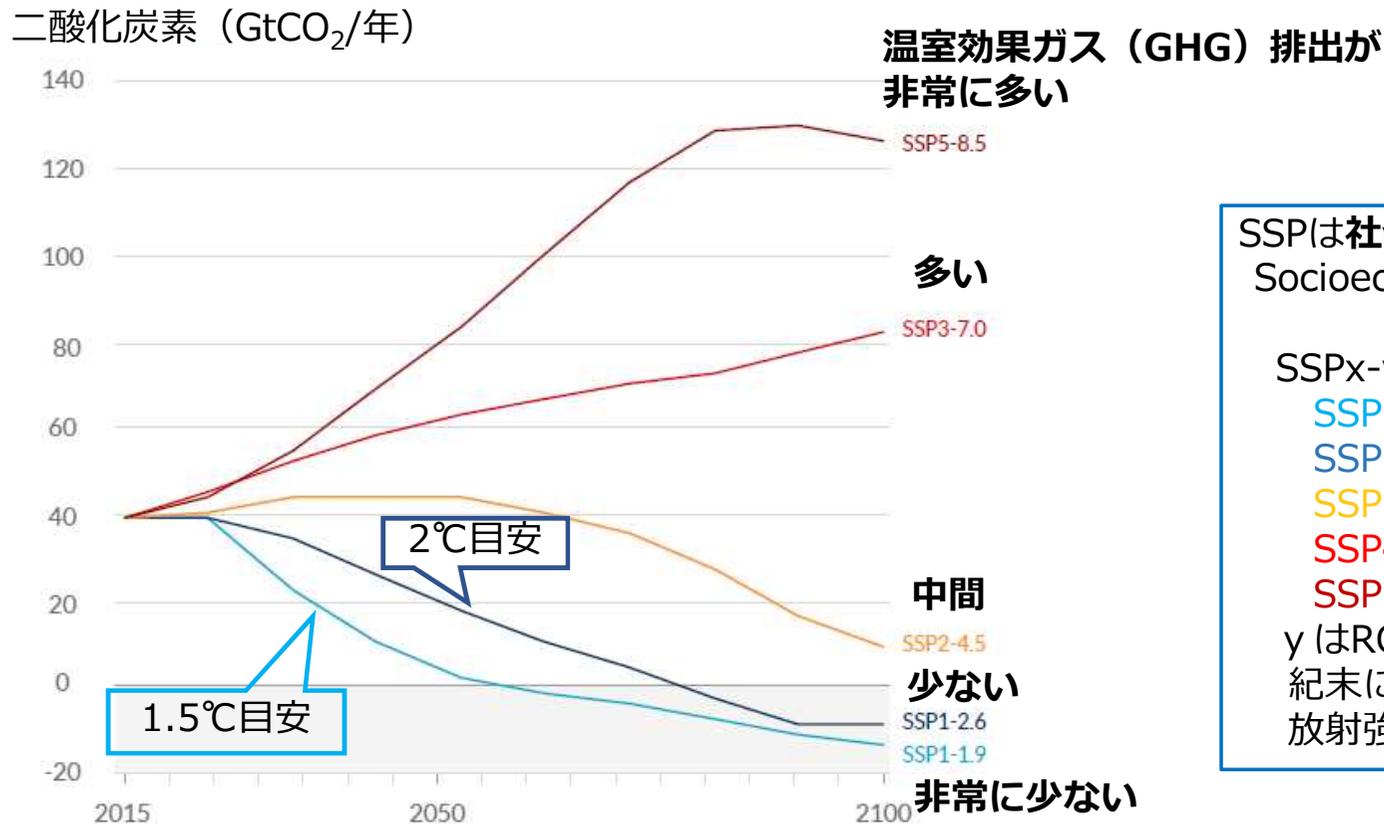
- 海水の**熱膨張**と**氷河・氷床**の融解が**主要因**
- 近年は**氷床**の寄与が**増加**



AR6における温暖化シナリオ



5つの例示的なシナリオにおけるCO₂の将来の年間排出量



SSPは**社会経済シナリオ** (Shared Socioeconomic Pathway) の略。

SSPx-yのxはSSPシナリオの番号

SSP1 : 持続可能

SSP2 : 中庸

SSP3 : 地域対立

SSP4 : 格差

SSP5 : 化石燃料依存

yはRCPシナリオの数字を示し、21世紀末における大気上端でのおおよその放射強制力 (W/m²) を示す。



AR6 SPM Fig. SPM.4

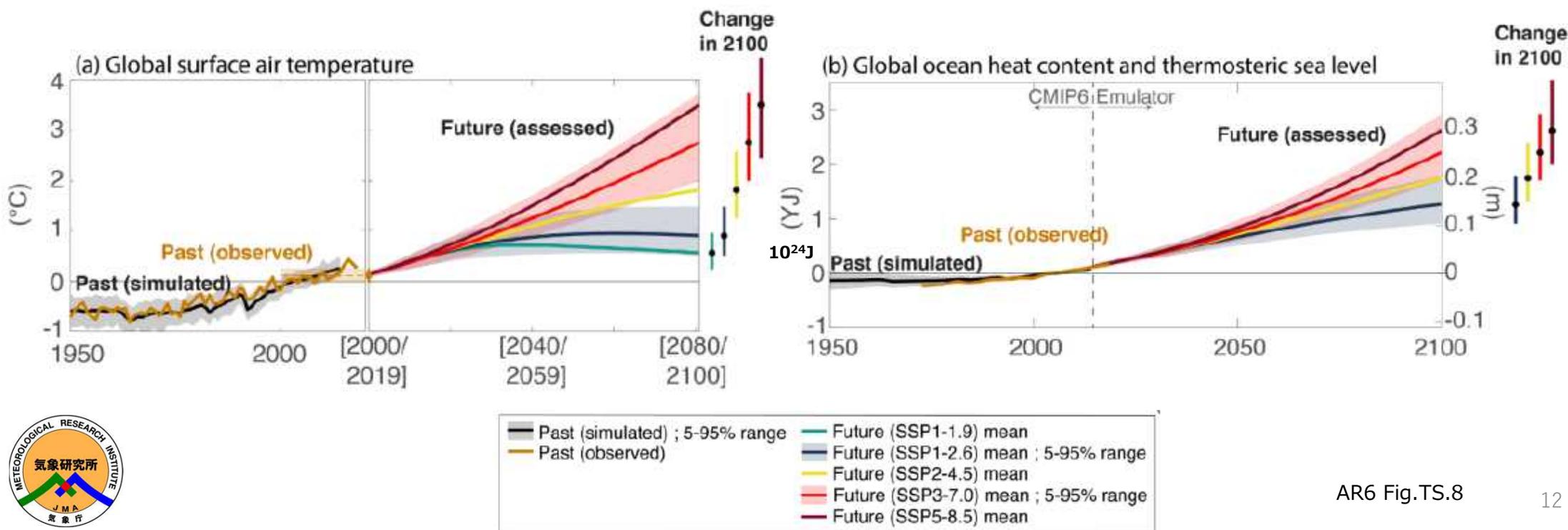
世界平均気温と海洋貯熱量の将来予測



- 世界平均気温は、全ての排出シナリオにおいて、**少なくとも今世紀半ばまでは上昇を続ける**。向こう数十年の間に二酸化炭素及びその他の温室効果ガスの排出が大幅に減少しない限り、21世紀中に、地球温暖化は1.5℃及び2℃を超える。
- 海洋の大きな熱慣性のために、**海洋の昇温は低排出シナリオでも少なくとも2300年まで続く**。

1995-2014年を基準とした世界平均気温の変化

1995-2014年を基準とした世界平均海洋貯熱量の変化



AR6 Fig.TS.8



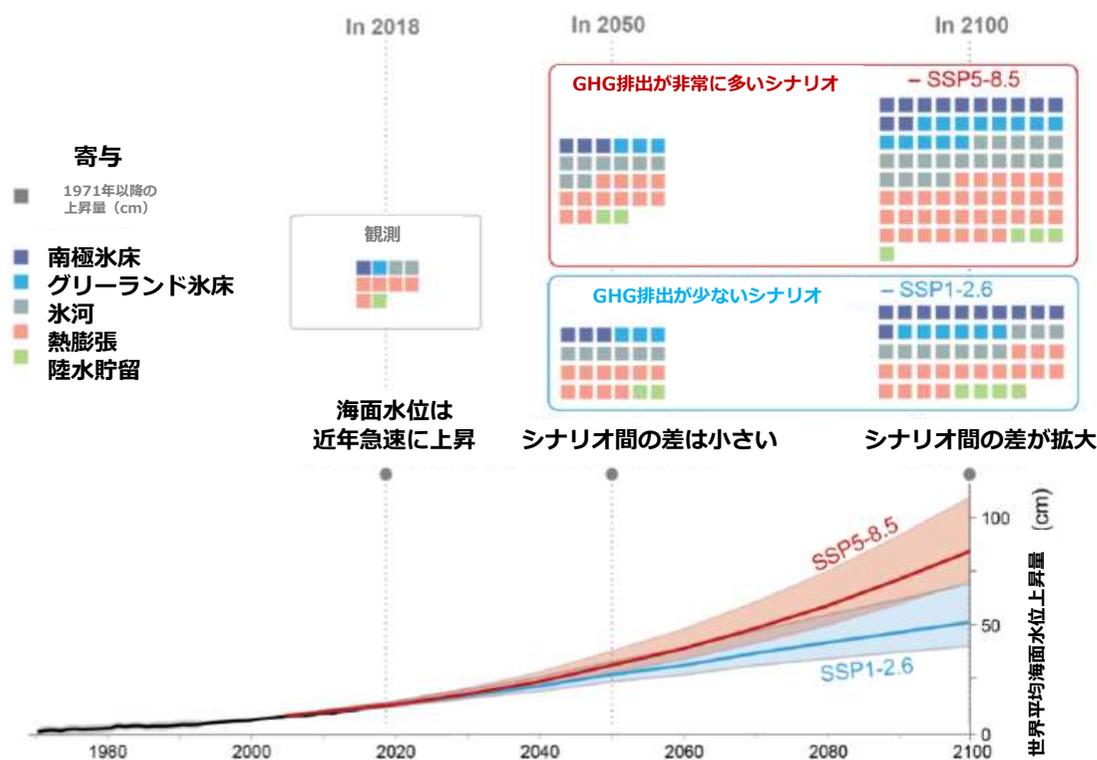
世界平均海面水位の将来予測



- 2100年の世界平均海面水位の上昇量は、1995~2014年の平均と比べて、GHG排出が少ないシナリオ（SSP1-2.6）では**0.44m (0.33~0.61m)**、非常に多いシナリオ（SSP5-8.5）では**0.77m (0.63~1.02m)**と予測される。

観測および予測された世界平均海面水位上昇と主要な要素からの寄与

() は可能性の高い範囲



- AR5と比較すると、GHG排出が非常に多いシナリオで約**0.1m上方修正** → **南極氷床の寄与**の増加に起因



AR6 FAQ 9.2 Fig.1

世界平均海面水位の今後の変化



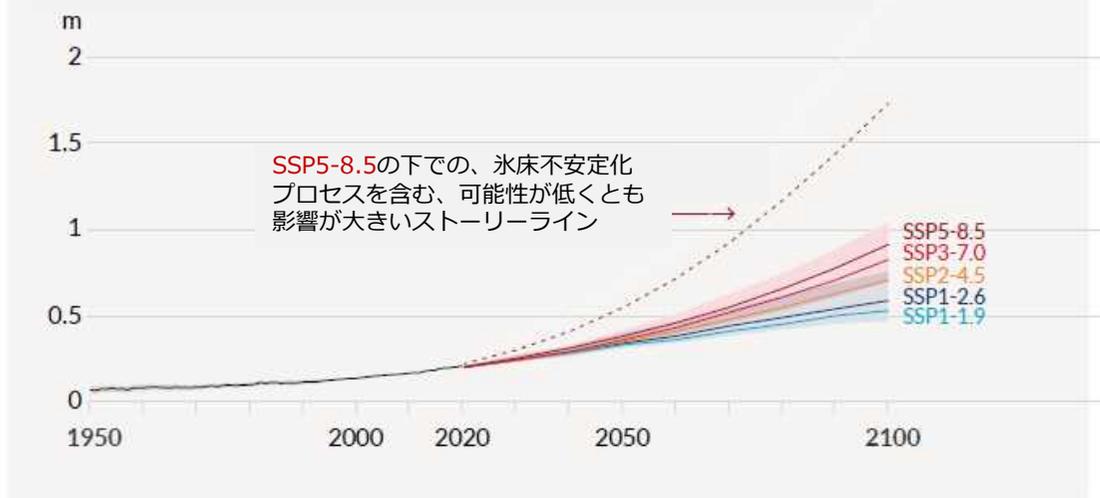
- GHG排出が非常に多いシナリオ（**SSP5-8.5**）では、**氷床プロセスの不確実性が大きい**ため、可能性の高い範囲を超えて、**2100年までに2m、2150年までに5mに迫る可能性も否定できない**（確信度低）。
- 過去及び将来の温室効果ガスの排出に起因する多くの変化、特に海洋、氷床及び世界海面水位における変化は、**百年から千年の時間スケールで不可逆的**である。

高排出の場合には
15mを超える海面水位上昇の
可能性も排除できない

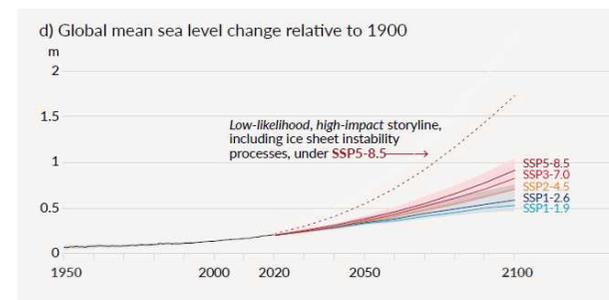
Sea level rise greater than
15m cannot be ruled out
with high emissions



1900年を基準とした世界平均海面水位の変化



1900年を基準とした 2300年の世界平均 海面水位の変化



AR6 SPM Fig. SPM.8





日本付近の変化



日本沿岸の平均海面水位の長期変化

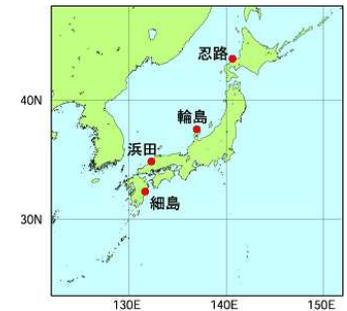


- 日本沿岸の海面水位は、1906～2020年の期間では上昇傾向は見られない。
- 全期間を通して10年から20年周期の変動（十年規模変動）と50年を超える長周期の変動が卓越。
- 1980年以降、世界平均海面水位と同程度の上昇傾向が見られる。**2020年の日本沿岸の平均海面水位は、平年に比べて87mm高く、統計を開始した1906年以降で最も高くなった。**

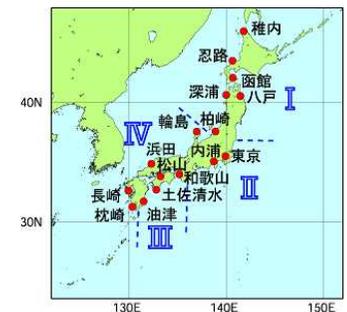
日本沿岸の平均海面水位（1906～2020年）



1906年から1959年の4地点



1960年から2020年の16地点



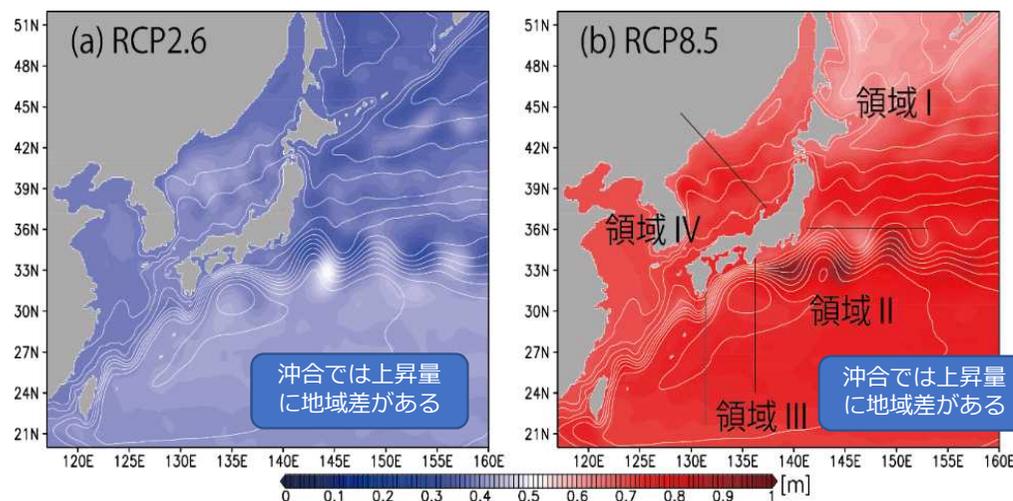
気象庁ホームページより

日本沿岸の平均海面水位の将来予測

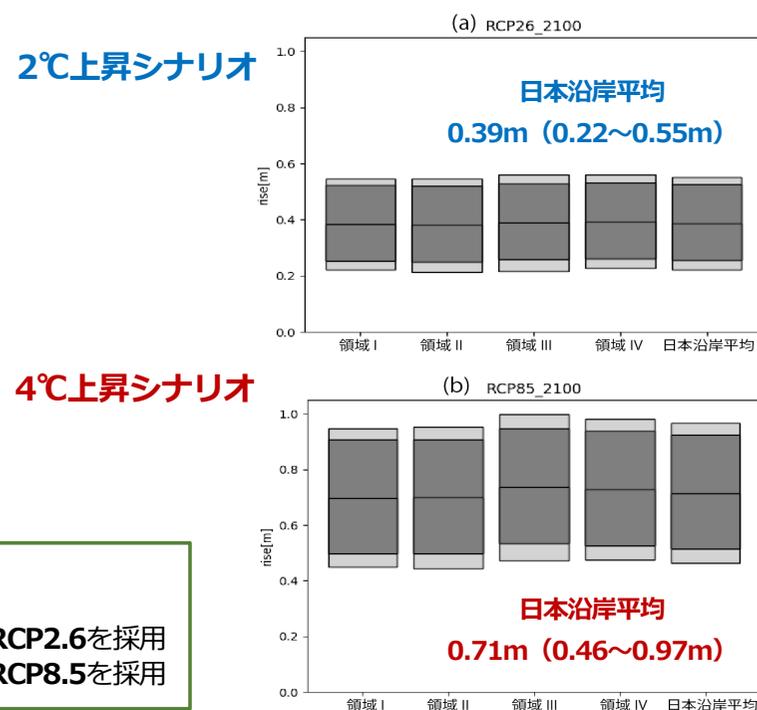


- 日本沿岸の平均海面水位は**21世紀中に上昇**する。
- 20世紀末を基準とした21世紀末の上昇量は、**4°C上昇シナリオでは0.71m**、**2°C上昇シナリオでは0.39m** (世界平均とほぼ同じ)
- 沖合では上昇量に地域差があるが、沿岸では大きな地域差はない。

21世紀末における**日本沖合**の平均海面水位上昇量 (m)



21世紀末における**日本沿岸**の海面水位上昇量 (m)



20世紀末：1986年から2005年の平均
 21世紀末：2081年から2100年の平均
2°C上昇シナリオ：温室効果ガス排出シナリオとしてRCP2.6を採用
4°C上昇シナリオ：温室効果ガス排出シナリオとしてRCP8.5を採用

日本の気候変動2020より



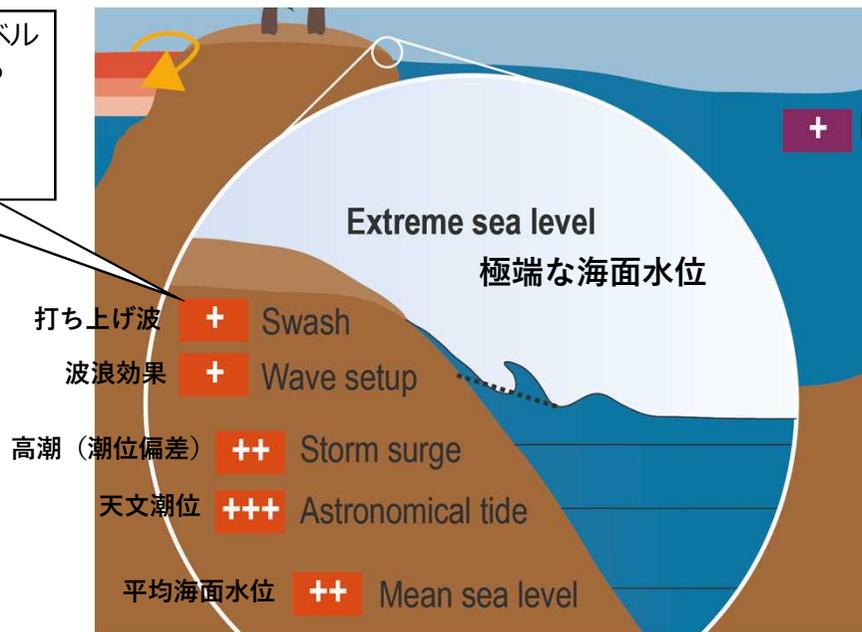
極端な海面水位とは



- 極端な海面水位 (**ESL: Extreme Sea Level**) は、短期間の現象 (高潮、潮汐、波浪など) によって生じる局所的な海面水位を指す。
- 地球温暖化に伴う相対的な海面水位の上昇は、平均水位をシフトすることによって直接的に、また潮汐、波浪、高潮の伝搬の深さを変化させることによって間接的に、ESLに影響を与える。

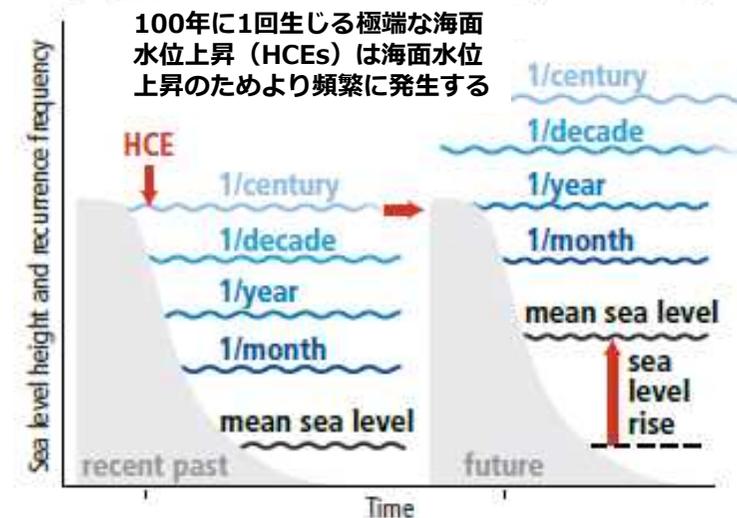
海面水位の変動に関する模式図

各現象について理解レベルの水準を+で示している
 + 理解レベル低
 ++ 理解レベル中
 +++ 理解レベル高



SROCC Fig.4.4

地域的な海面水位上昇が予測される極端な海面水位現象に与える影響の模式図 (原寸に比例しない)



SROCC Fig.SPM.4



極端な海面水位の将来変化

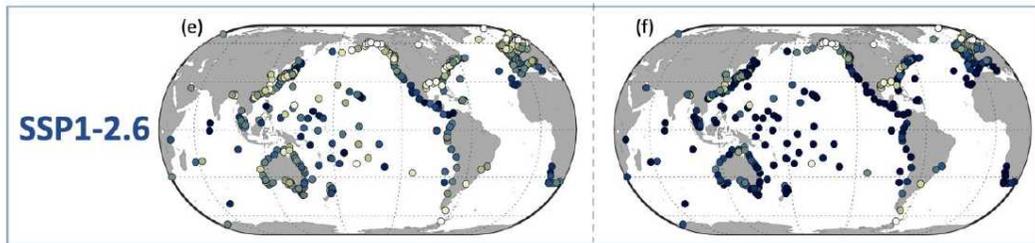
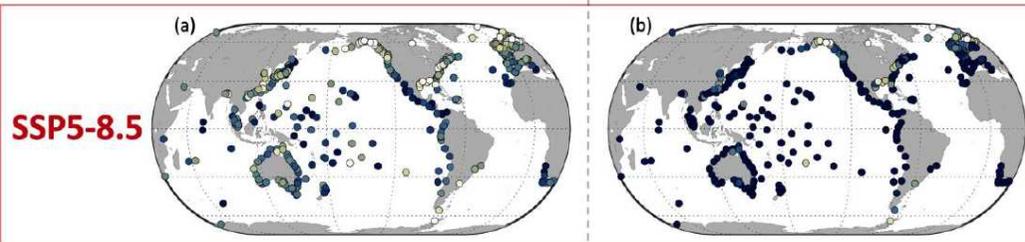


- 世界的には**100年に1回レベルの極端な海面水位（ESL）が今世紀末にはより頻繁に発生**する。
 - 高潮の特性が大きく変わらなくても、平均海面水位が上昇することで頻度が増加
- 極端な海面水位の増加は、沿岸域の災害リスクの増大につながる。
- 日本沿岸での評価は高潮や高波予測の不確実性もあって十分ではない。高潮や高波の将来予測の進展が必要。

100年に1回レベルのESLの増幅率

2050

2100



<1 10 100 >1000 増幅率
Amplification Factor [-]

SSP1-2.6シナリオにおいても、**世界の多くの地点で増幅率が100以上**→100年に1回のESLが少なくとも年1回発生する予測

一方で**日本付近**に着目すると、**増幅率は100以下で数十倍程度**→日本付近では、主に熱帯低気圧による高潮や高波によって大きなESLが生じるため、**ESLの将来の発生頻度の増幅率は、世界の他の地域に比べると小さい**と考えられる

日本沿岸の極端な海面水位の将来予測については、平均海面水位のほか、**高潮・高波等を踏まえた評価が重要**
高潮・高波の将来予測には台風の発生個数・強さ・経路の将来変化が重要だが、**これらの予測の不確実性がまだ大きい**



まとめ



- 2021年8月に公表された**IPCC WGI AR6**は、**人間活動の影響が気候変動や極端現象に顕在化しつつある**ことを指摘している。
- 海水の**熱膨張**や**氷河・氷床の融解**による融解水の海洋への流出により、近年の世界平均海面水位上昇は加速している。
- 2100年における世界平均海面水位の上昇量は、1995～2014年の平均と比べて、GHG排出が少ないシナリオ（**SSP1-2.6**）では**0.44m（0.33～0.61m）**、非常に多いシナリオ（**SSP5-8.5**）では**0.77m（0.63～1.02m）**と予測される。AR5と比べると、GHG排出が非常に多いシナリオ（**SSP5-8.5**）で約**0.1m**上昇した。これは**氷床プロセスの寄与の増加**に起因している。
- 過去及び将来の温室効果ガスの排出に起因する多くの変化、特に海洋、氷床及び世界海面水位における変化は、**百年から千年の時間スケールで不可逆的**である。
- **日本沿岸の平均海面水位は21世紀中に上昇**する可能性が高い。上昇量は沖合では地域差があるが、沿岸では大きな地域差はない。
- 平均的な海面水位の上昇に伴い、**極端な海面水位（ESL）の発生頻度が増加**すると予測され、沿岸域における災害のリスクが高くなる可能性がある。
- 日本付近では主に熱帯低気圧による高波・高潮によって大きなESLが生じるため、**日本付近のESLの発生頻度の増幅率は、世界の他の地域に比べると小さい**と考えられるが、より精緻に評価するには、**高潮や高波の将来予測の進展が必要**である。





補足資料



世界平均海面水位上昇量



1995-2014年を基準とした世界平均海面水位上昇量 (m)

	SSP1-1.9	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
2030年	0.09 [0.08~0.12]	0.09 [0.08~0.12]	0.09 [0.08~0.12]	0.10 [0.08~0.12]	0.10 [0.09~0.12]
2050年	0.18 [0.15~0.23]	0.19 [0.16~0.25]	0.21 [0.18~0.26]	0.22 [0.19~0.28]	0.23 [0.20~0.30]
2090年	0.35 [0.26~0.49]	0.39 [0.30~0.54]	0.48 [0.38~0.65]	0.56 [0.46~0.74]	0.64 [0.52~0.83]
2100年	0.38 [0.28~0.55]	0.44 [0.33~0.61]	0.56 [0.44~0.76]	0.68 [0.55~0.90]	0.77 [0.63~1.02]
2150年	0.57 [0.37~0.85]	0.69 [0.46~1.00]	0.93 [0.67~1.33]	1.21 [0.92~1.67]	1.35 [1.02~1.89]

[]は可能性の高い範囲

AR6 Table.9.9



AR5と比較した世界平均海面水位上昇量



1995-2014年を基準とした2100年の世界平均海面水位上昇量 (m)

AR5

	RCP2.6	RCP8.5
熱膨張	0.14 [0.10~0.19]	0.31 [0.24~0.38]
氷河	0.10 [0.04~0.16]	0.17 [0.09~0.25]
グリーンランド 氷床	0.07 [0.03~0.11]	0.14 [0.08~0.27]
南極氷床	0.06 [-0.04~0.16]	0.04 [-0.08~0.14]
陸水貯留	0.05 [-0.01~0.11]	0.05 [-0.01~0.11]
合計	0.41 [0.25~0.58]	0.71 [0.49~0.95]

AR6

	SSP1-2.6	SSP5-8.5
熱膨張	0.14 [0.11~0.18]	0.30 [0.24~0.36]
氷河	0.09 [0.07~0.11]	0.18 [0.15~0.21]
グリーンランド 氷床	0.06 [0.01~0.10]	0.13 [0.09~0.18]
南極氷床	0.11 [0.03~0.27]	0.12 [0.03~0.34]
陸水貯留	0.03 [0.02~0.04]	0.03 [0.02~0.04]
合計	0.44 [0.33~0.61]	0.77 [0.63~1.02]

[]は可能性の高い範囲

南極氷床の寄与が増加

AR6 Table.9.8

