



海洋・雪氷圏特別報告書について

気象庁 気象研究所 気候・環境研究部長
石井雅男

IPCCシンポジウム2019「暮らしの中の気候変動」
2019年11月21日（木）

IPCC海洋・雪氷圏特別報告書

The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate

(2016年4月作成決定～2019年9月25日公表)

36カ国から104名の著者

6981件の引用文献(査読付き学術論文)

31,176件の査読意見

第1章：報告書の構成と背景

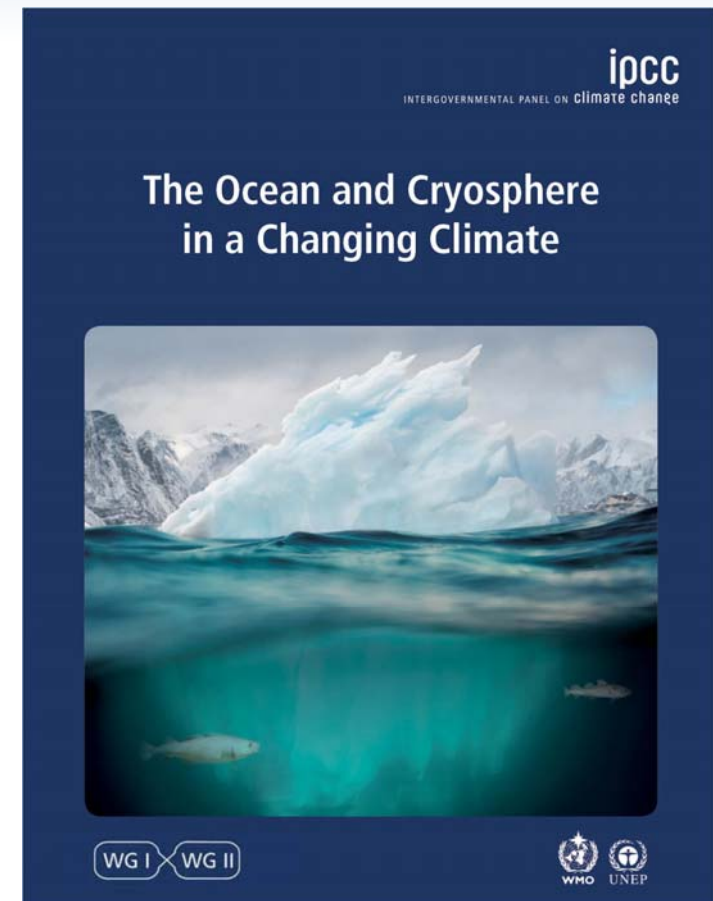
第2章：高山地域

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

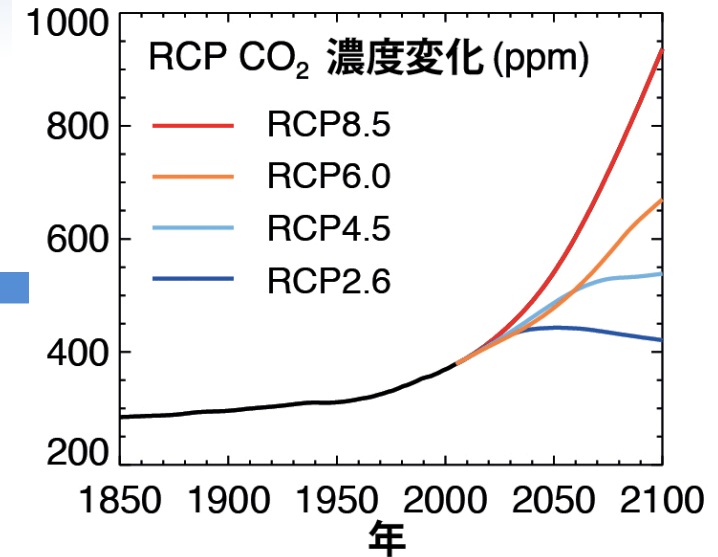
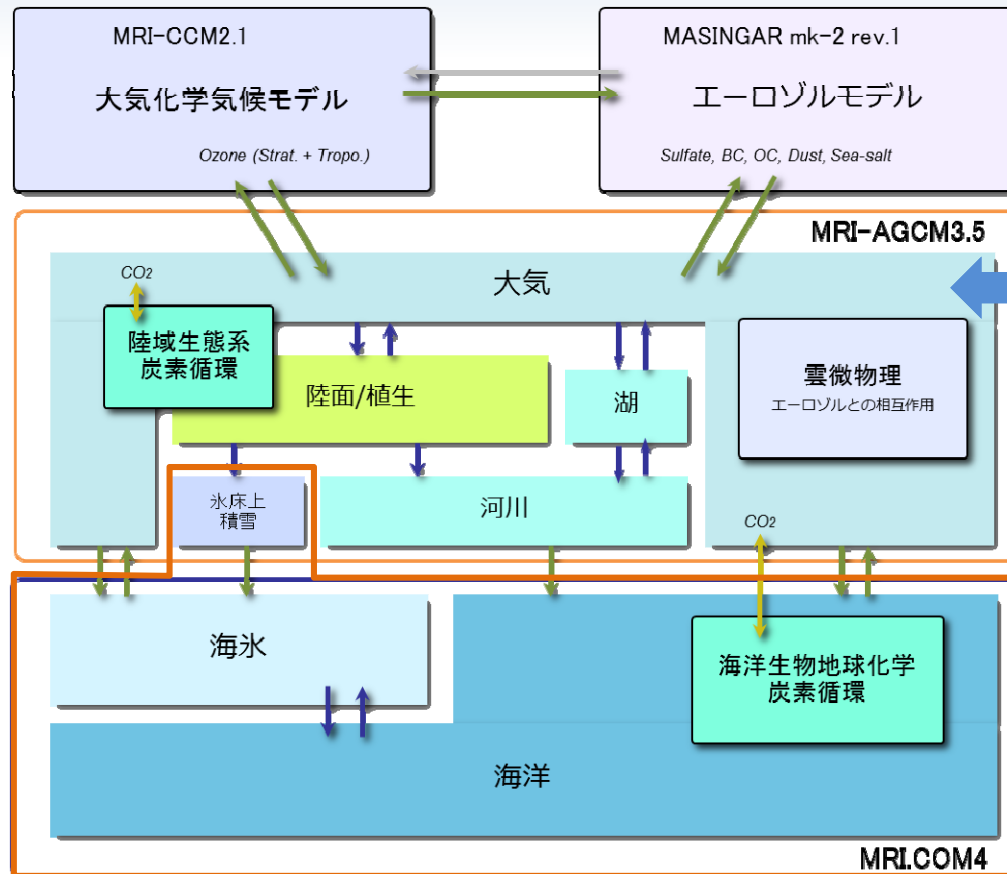
第5章：海洋、海洋生態系及び依存する
コミュニティの変化

第6章：極端現象、急激な変化及びリスク管理



地球の気候システム（エネルギー・水・炭素などの地球規模循環）

気象研究所地球システムモデルの構成



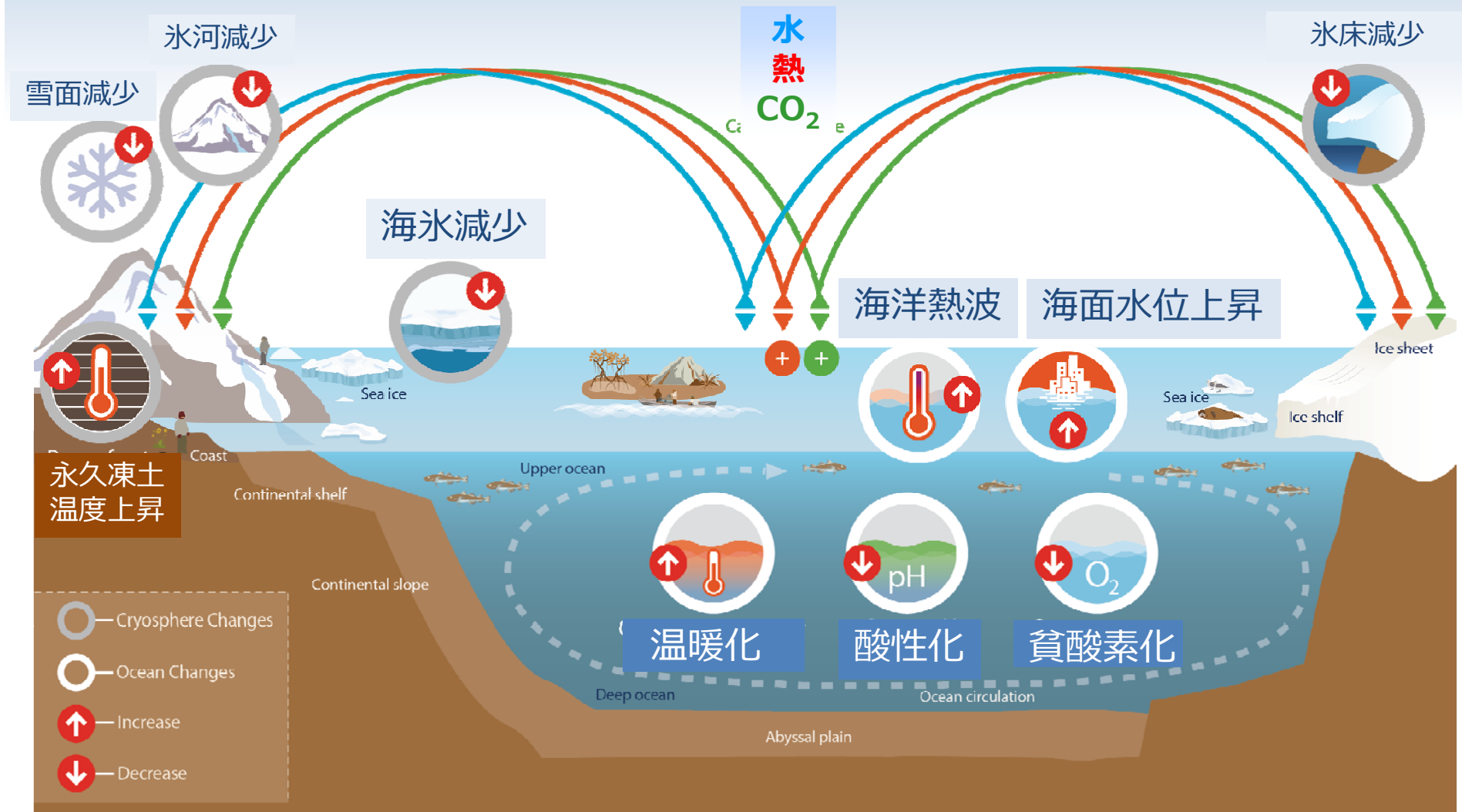
RCP8.5

現時点を超える政策的な緩和策を行わないことを想定

RCP2.6

気温上昇を工業化以前と比べて2℃未満に抑えることを目指す想定

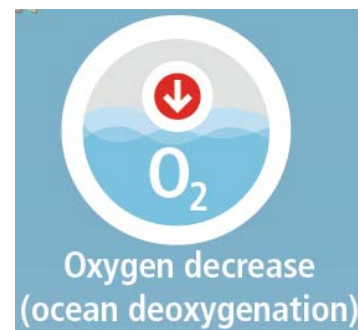
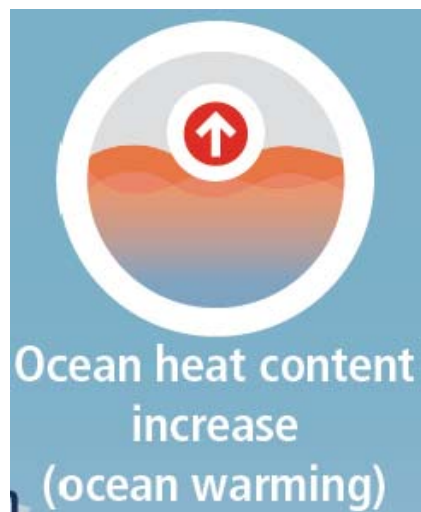
SROCCが扱う海や雪氷圏の変化



海水温の上昇

海洋貯熱量の増加

Marine heatwaves
increase

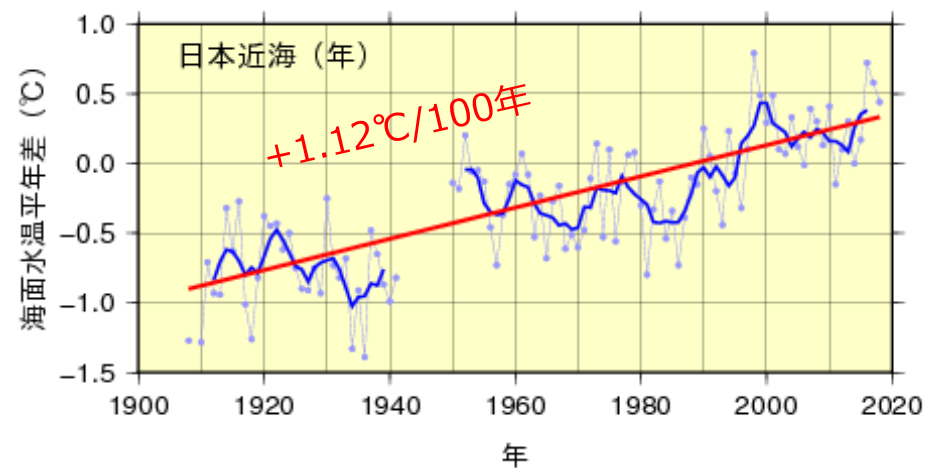
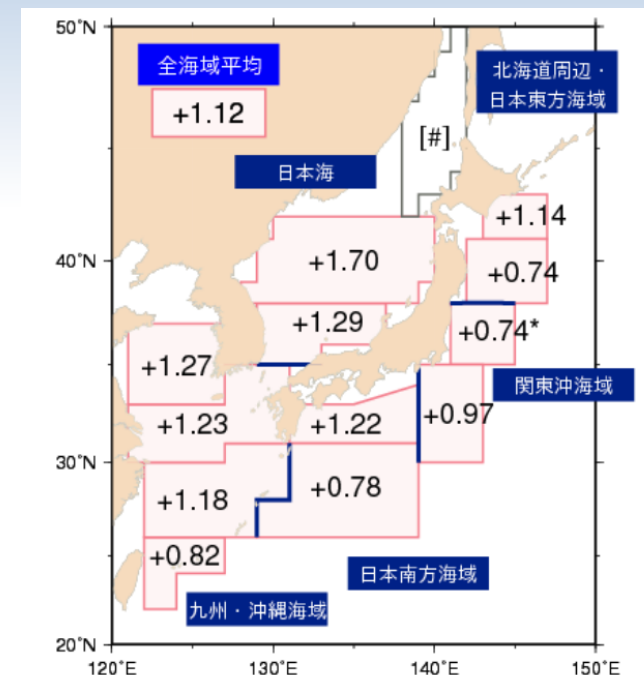
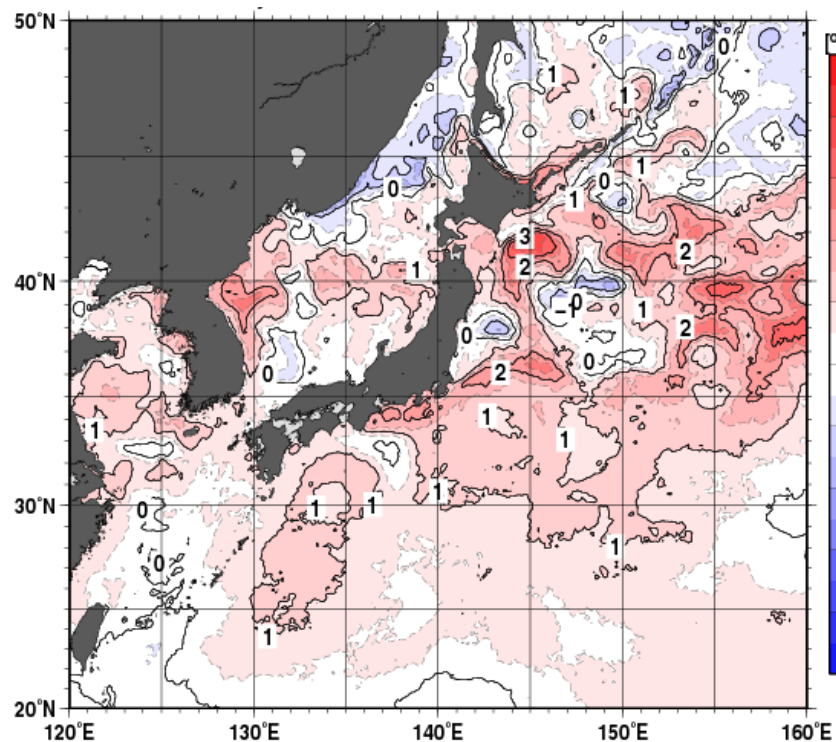


日本の近海でも進む海の温暖化

気象庁 | 海洋の健康診断表：

https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaio/shindan/index_sst.html

海面水温の平年値（1981年-2010年）との差
(2019年10月)



海洋観測から推定された水温と密度の南北・深度変化

(2013-2017)年の平均値と(2005-2009)年の平均値の差

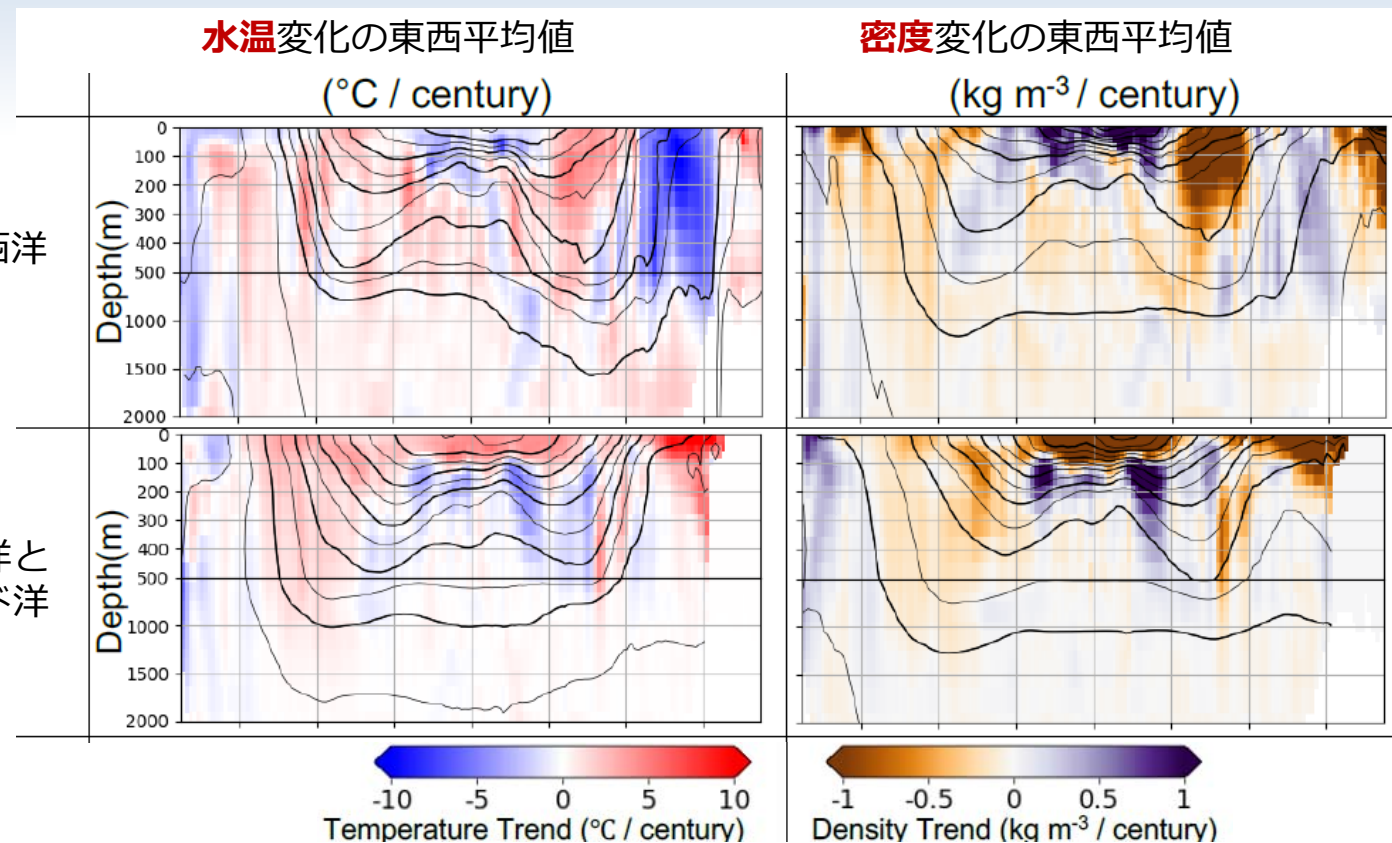


アルゴフロート

大西洋

太平洋と
インド洋

Figure 5.3より



- 南大洋の亜熱帯～亜寒帯や北大西洋亜熱帯域では**水温上昇**が顕著
- 北大西洋亜熱帯域では、**水温低下**が顕著
- 表面付近では水温上昇のために**海水の密度低下**の傾向が見られる
= 上層の密度がますます低くなり、成層化が進んでいる

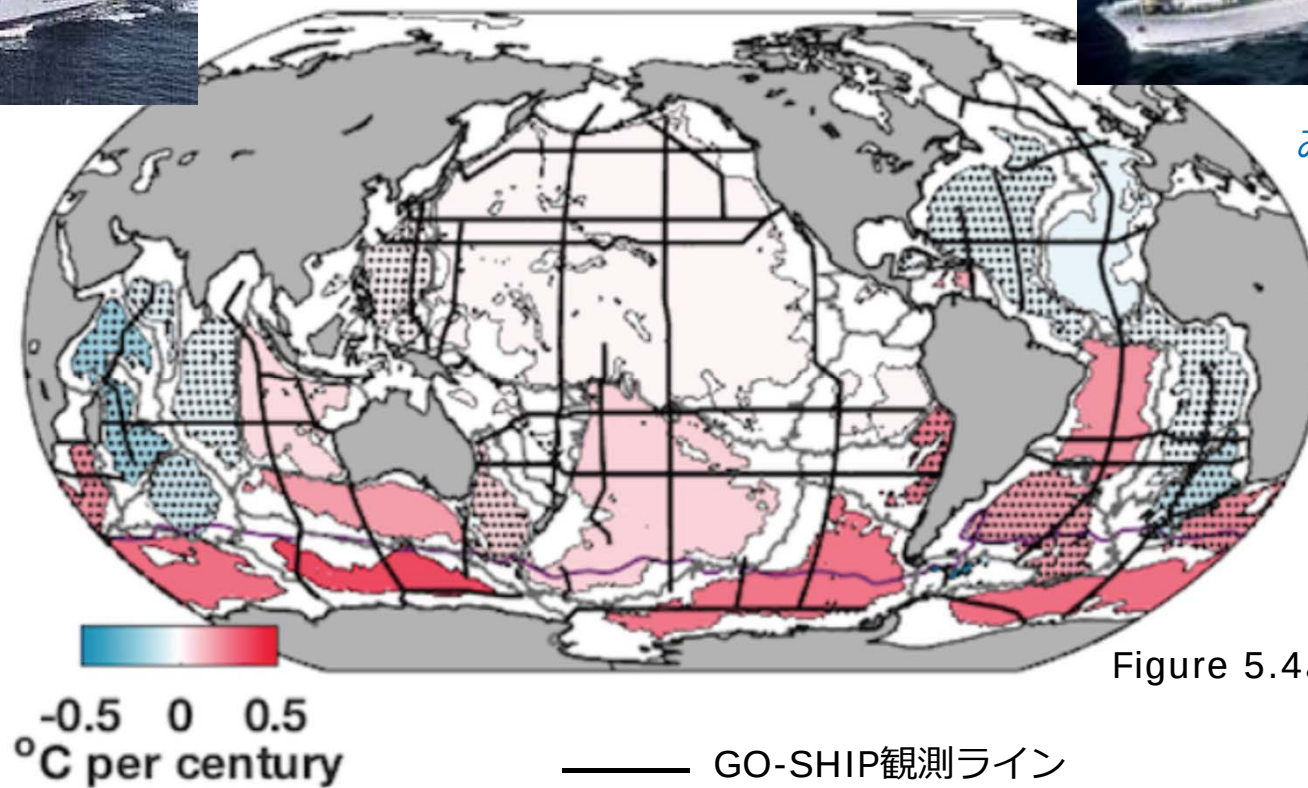
水深4000m以下の水温変化



凌風丸



みらい

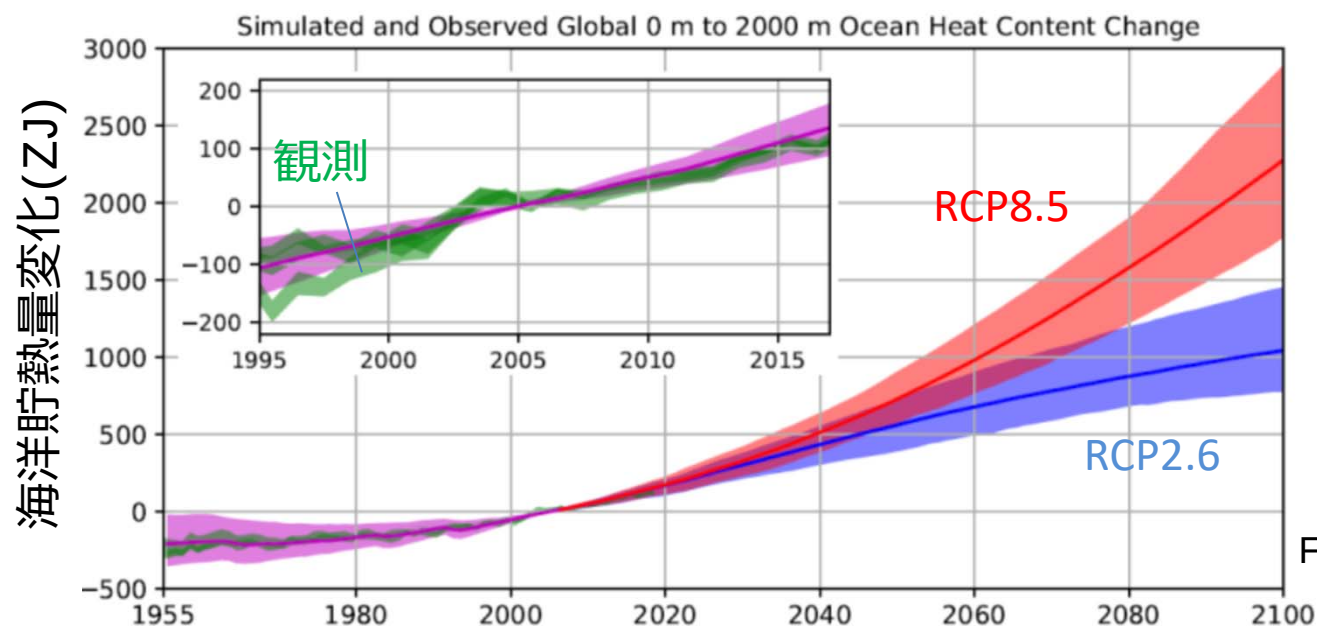


- 南極大陸をとり囲む南大洋では、**深海でも水温が**上昇している

海面水位上昇の実態と地球システムモデルによる再現

海洋の貯熱変化速度 (ZJ year^{-1}) $Z = 10^{21}$

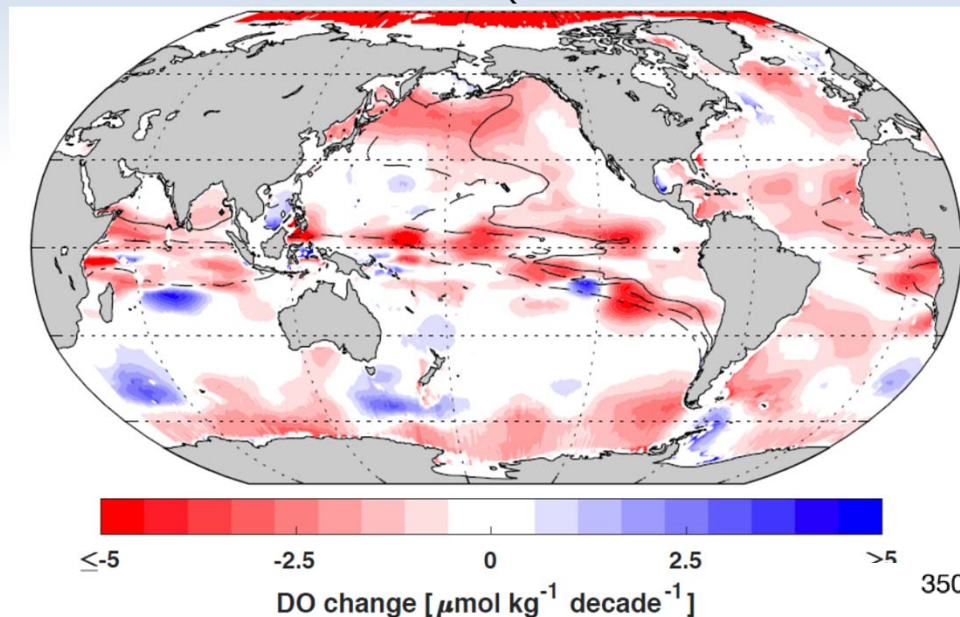
	1969-1993	1993-2017
0 – 700m	3.22 ± 1.61	6.28 ± 0.48
700 – 2000m	0.97 ± 0.64	3.86 ± 2.09



- 地球温暖化によって地球表層に蓄積された熱の90%以上は、海に貯められている (AR5)。
- 1993-2017年の期間の海洋の貯熱速度は1969-1993年の期間の約2倍。

海の中で進む酸素の減少（貧酸素化）

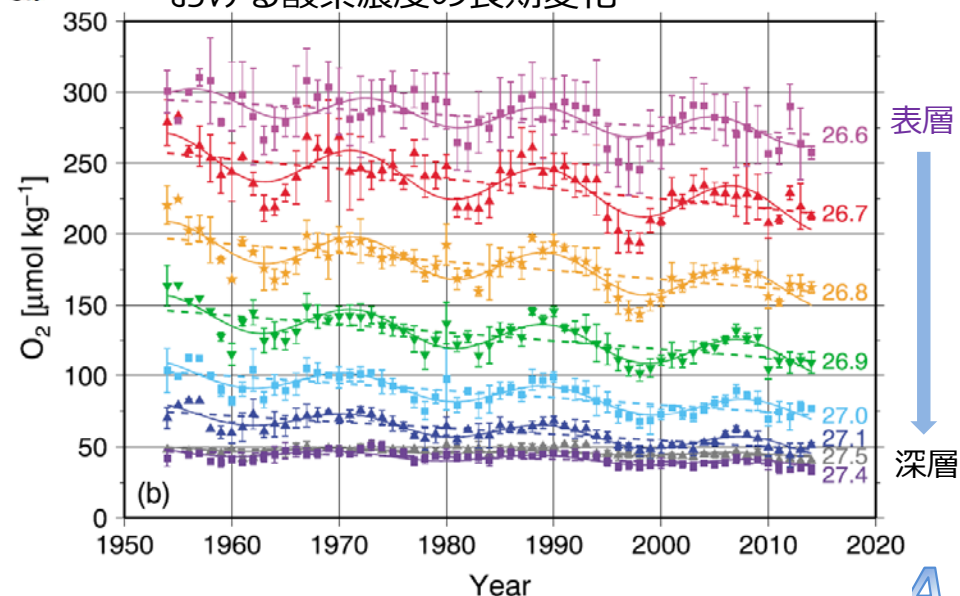
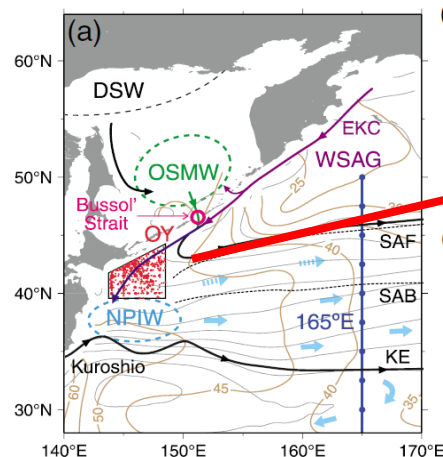
0 - 1200m (1960-2010年)



- 多くの海域で海中の酸素濃度の顕著な減少傾向が観測されている。
- 1970-2010の期間に海洋中の酸素は、0.5~3.3%減った。
- 北太平洋北西部（亜寒帯域）は、酸素の減少が著しい海域のひとつ

親潮域のさまざまな水深（密度層）における酸素濃度の長期変化

SROCC Fig.4.5より



Sasano et al., 2018

海の生物生産への影響

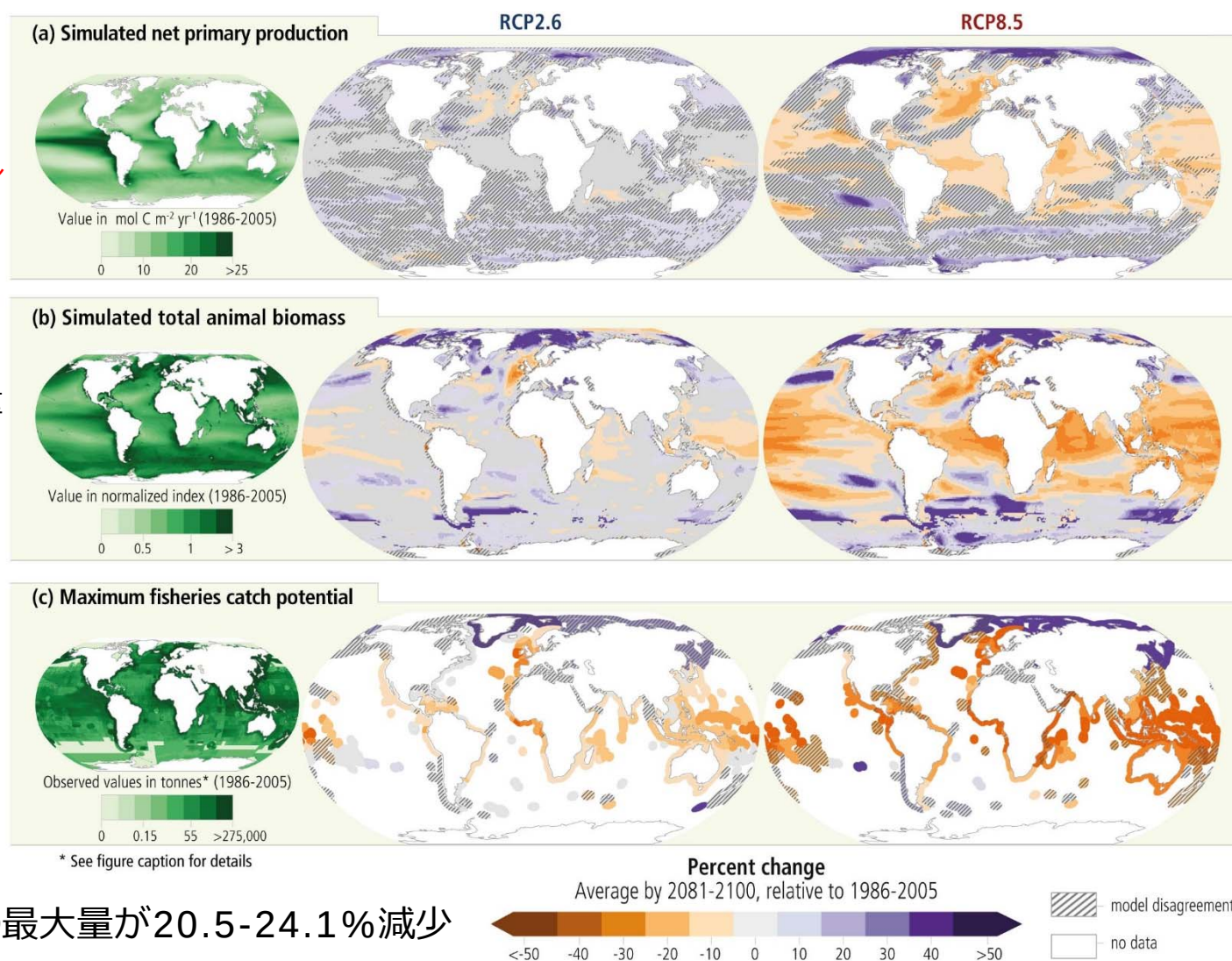
基礎生産
(植物プランクトンの光合成量)

動物の生物量

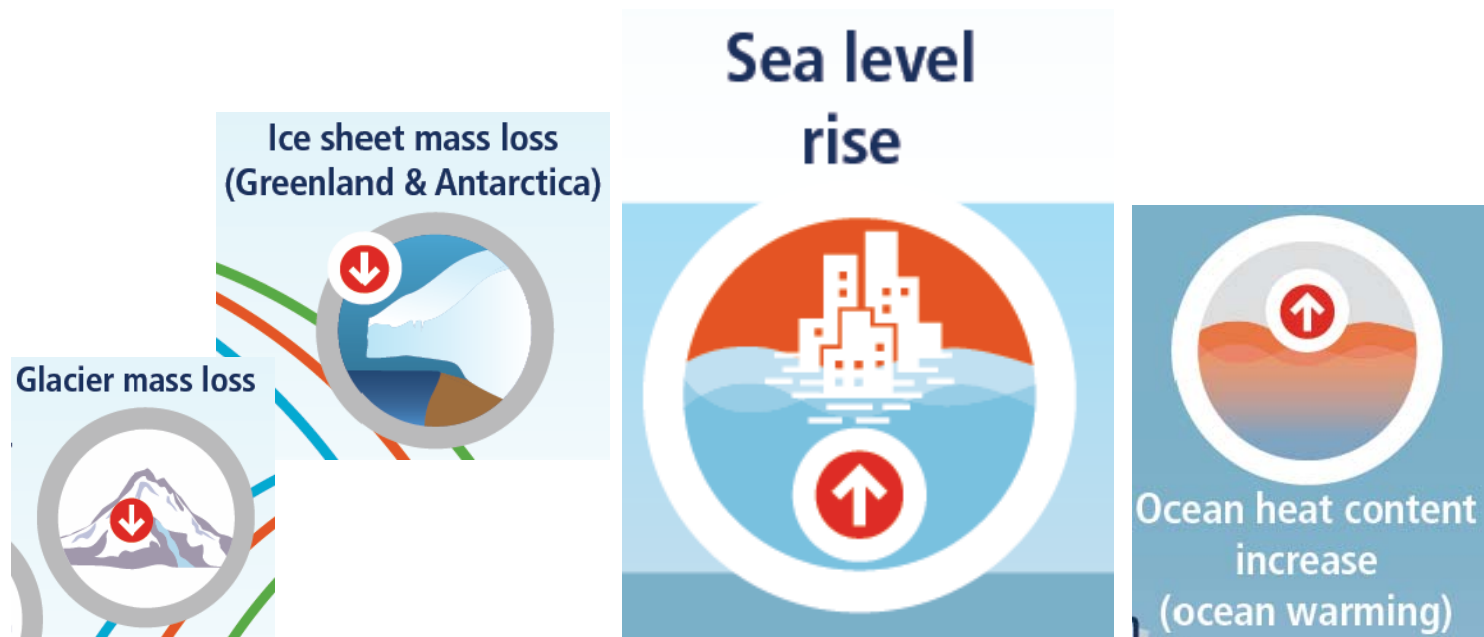
獲れる魚
の最大量

SPM27より

- 獲れる魚の最大量が20.5-24.1%減少
(RCP8.5)

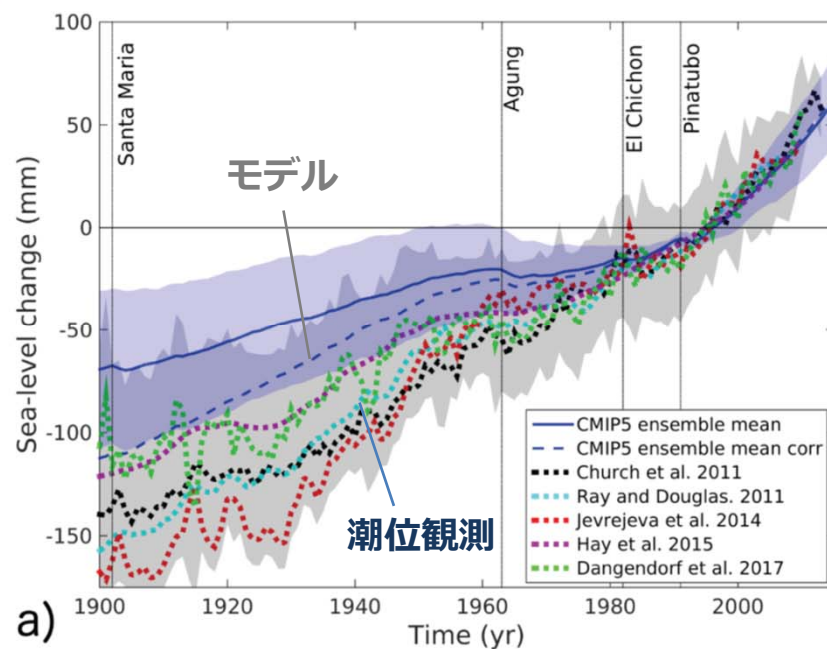


海面水位の上昇



海面水位上昇の実態と地球システムモデルによる再現

世界平均海面水位（1901年～2015年）



世界平均海面水位（1913年～2015年）

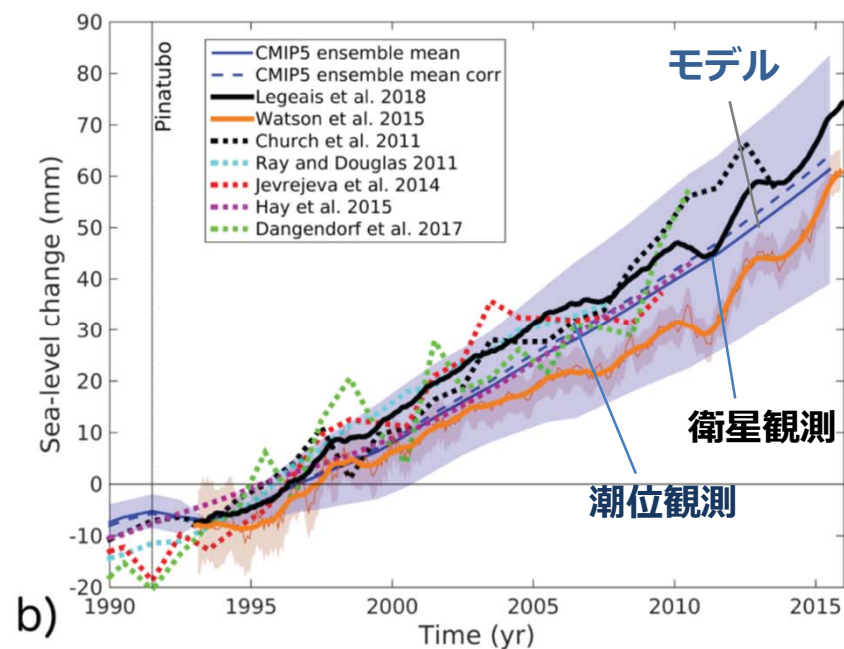


Fig.4.5より

- 1902～2015年の期間に**0.16 [0.12～0.21]m**上昇した。
- 2006～2015年の世界平均海面水位の**平均上昇率**（1年あたり**3.6 [3.1～4.1]mm**）は、1901～1990年の平均上昇率（1年あたり**1.4 [0.8～2.0]mm**）の**約2.5倍**であった可能性が非常に高い。

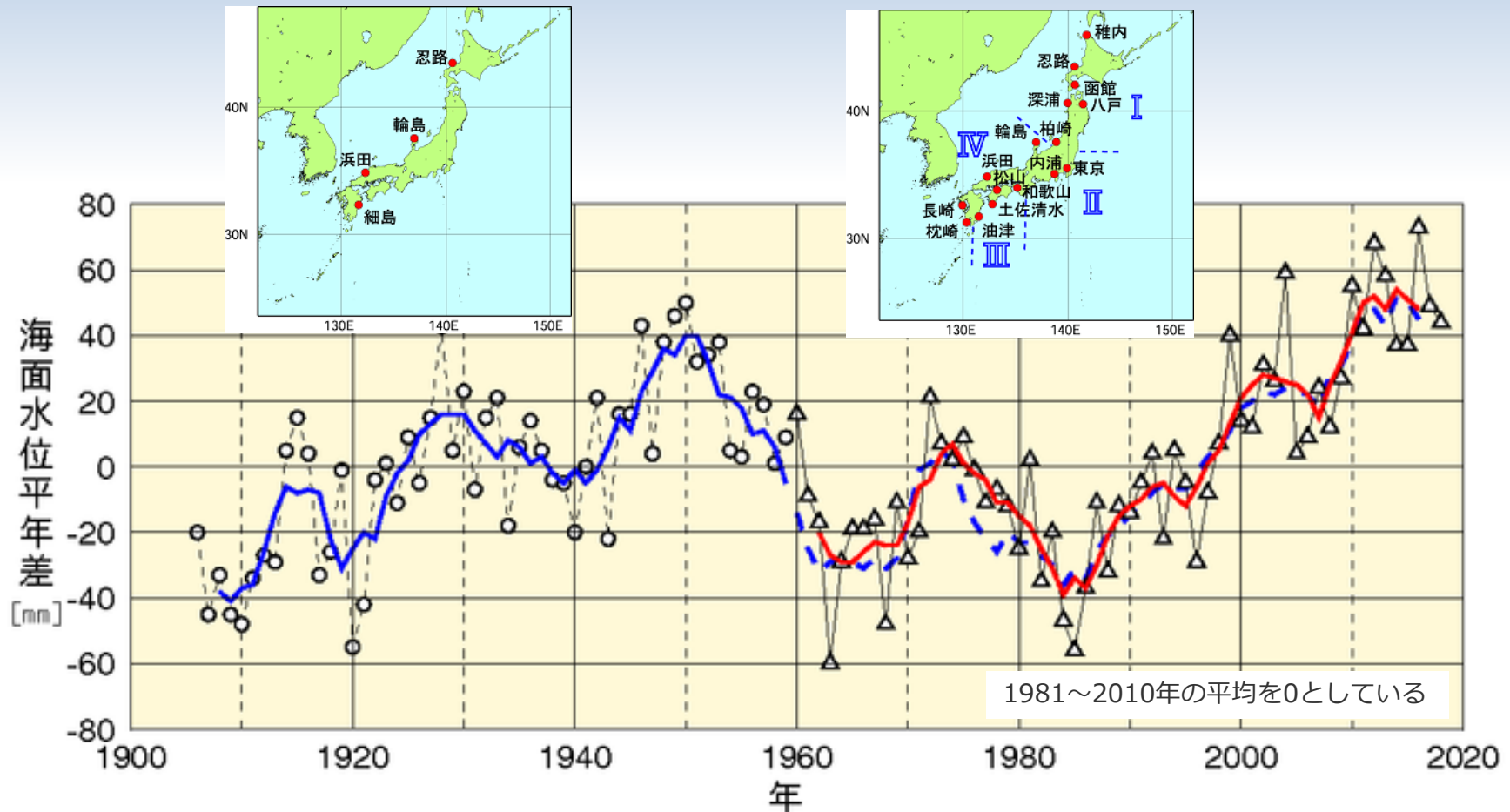
全球平均海面水位の上昇速度（mm/年）と要因ごとの寄与

要素	1993-2015年	2006-2015年
海洋の熱膨張	1.36 [0.96~1.76]	1.40 [1.08~1.72]
氷河の変化（グリーンランドと南極の氷河を除く）	0.56 [0.34~0.78]	0.61 [0.53~0.69]
グリーンランドの氷河と周辺の氷河	0.46 [0.21~0.71]	0.77 [0.72~0.82]
南極氷床と周辺の氷河	0.29 [0.11~0.47]	0.43 [0.34~0.52]
陸域の貯水量の変化	0.09	-0.21 [-0.36~-0.06]
各要素の合計	2.76 [2.21~3.31]	3.00 [2.62~3.38]
観測値	3.16 [2.79~3.53]	3.58 [3.10~4.06]

Table 4.1より

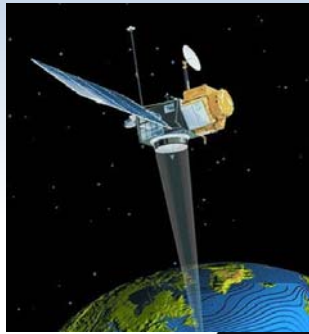
- 海洋の熱膨張が海面水位上昇の主な原因。
- 近年、氷河・氷床の融解の寄与が大きくなっている。

日本の沿岸の海面水位変化（1906年～2018年）（気象庁）

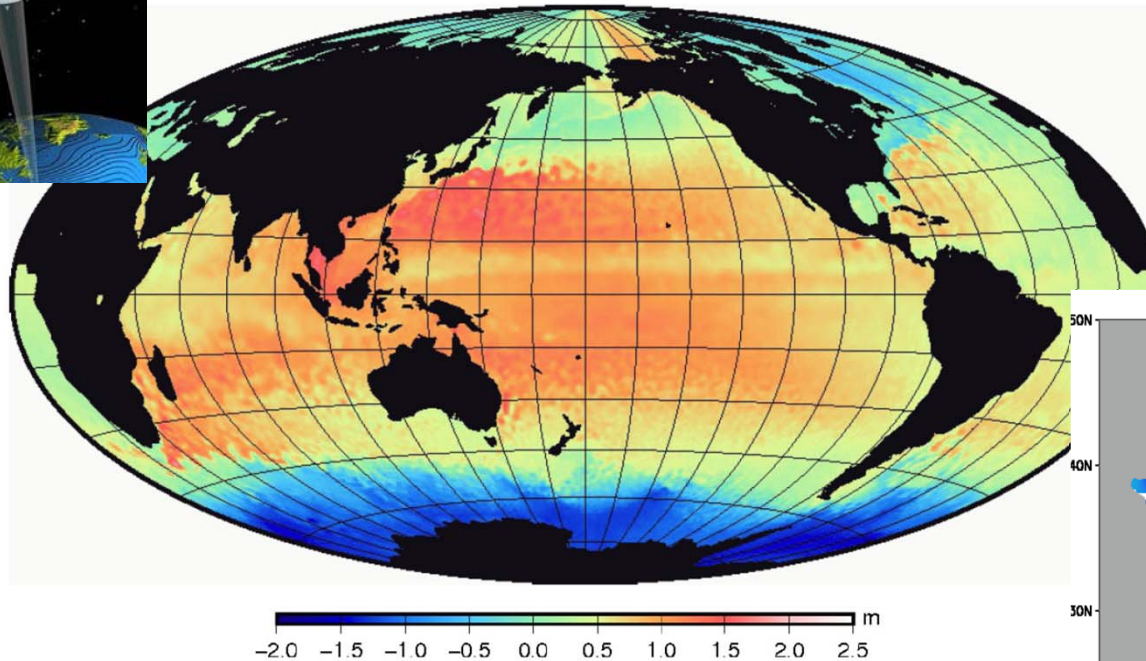


- 日本沿岸でも、1980年代以降、世界平均と同程度の海面水位上昇傾向が見られる。
- 全期間を通して10年から20年周期の変動がある。

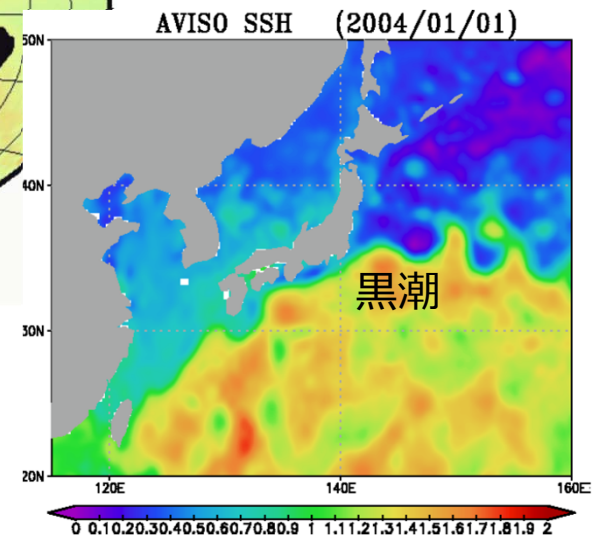
人工衛星によって計測されている海面水位（海面の凹凸）の変化



NASA

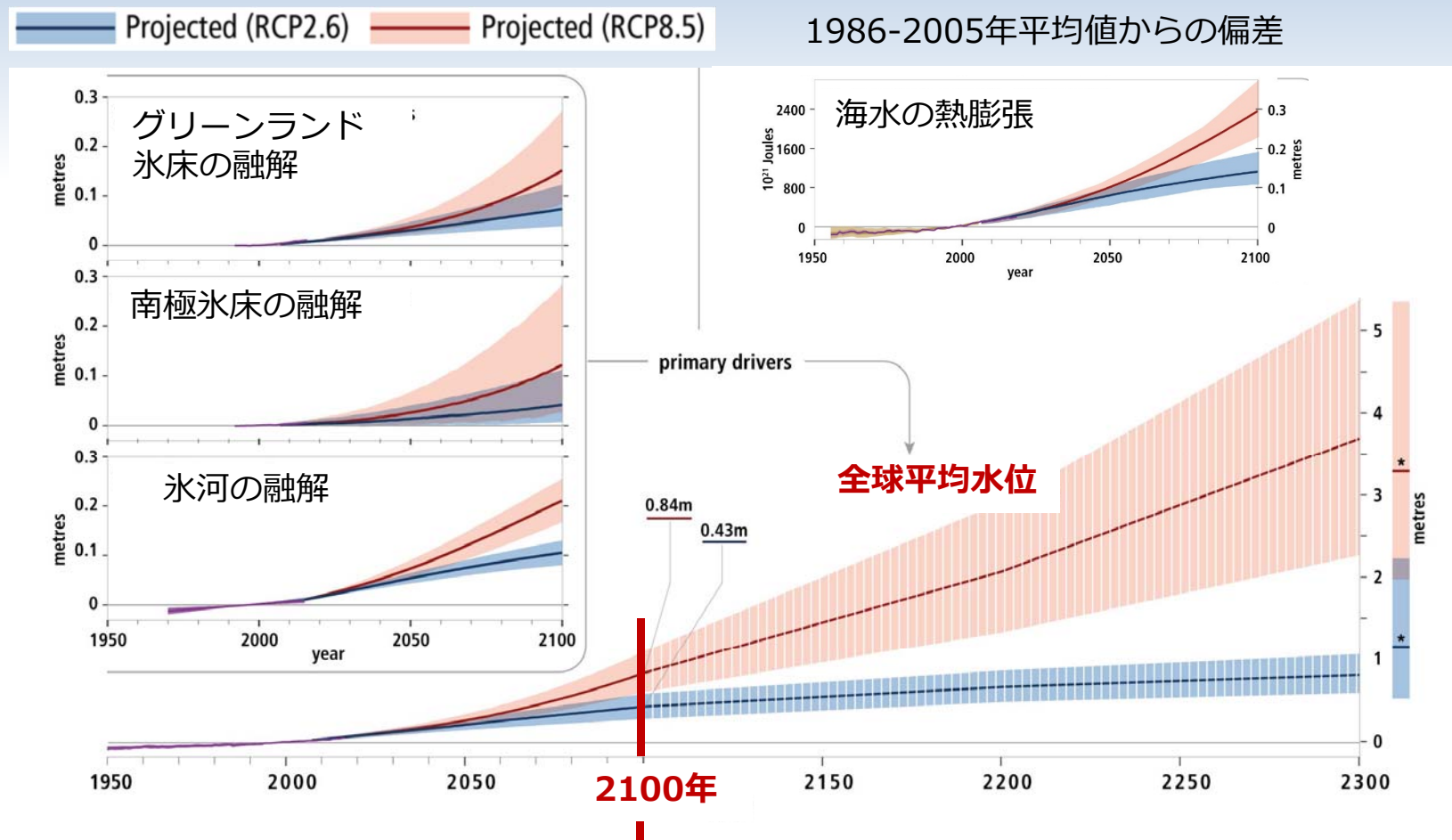


- 海面水位は、**風の変化**や、**海流の変化**の影響なども受けて変化する。



気象研究所 山中吾郎博士提供

予想される海面水位上昇



SPM1より

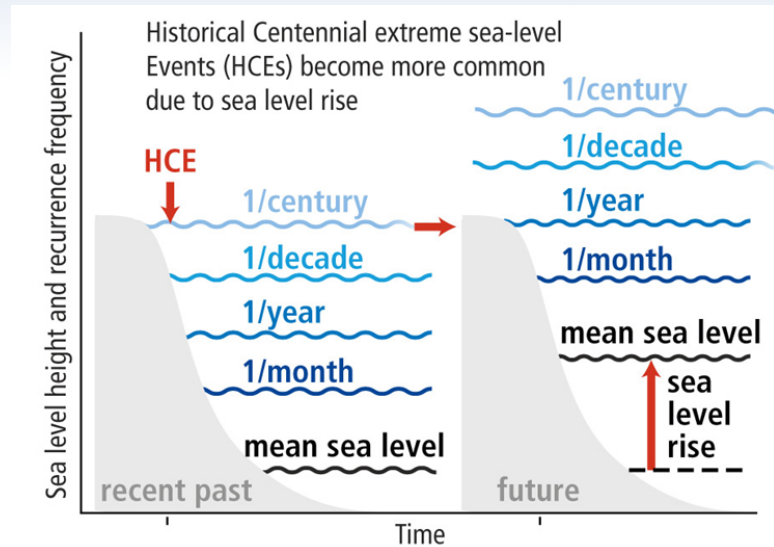
RCP8.5: +0.84 [0.61 ~ 1.10]m → AR5に比べて0.10mほど上方修正された。

RCP2.6: +0.43 [0.29 ~ 0.59]m

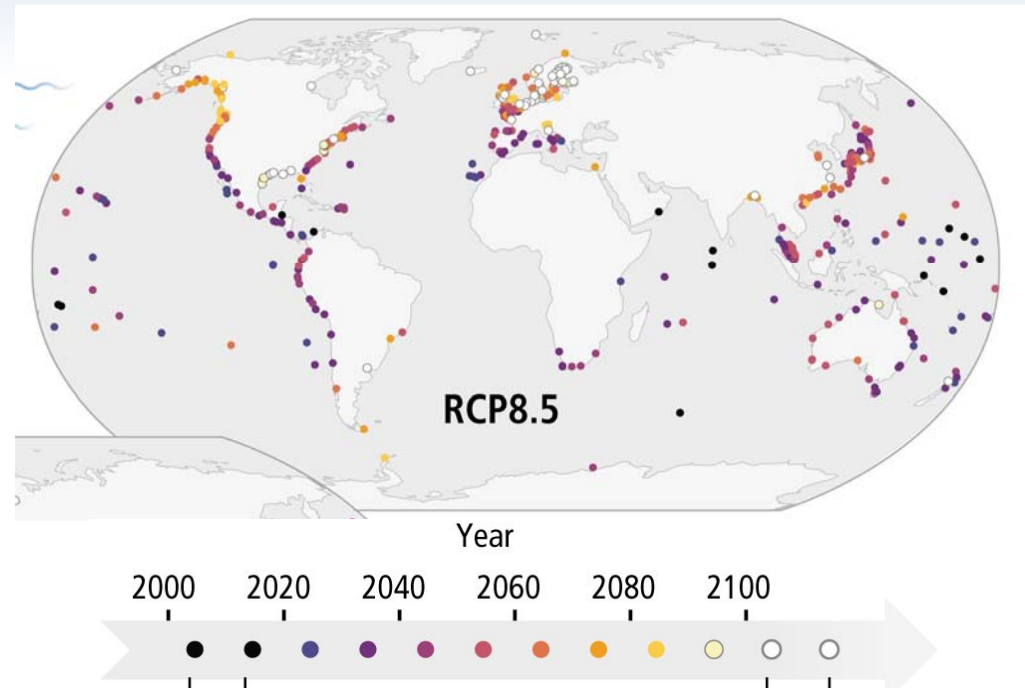
➤ ただし、海面水位の上昇速度は、海域によって異なる可能性が高い。

海面水位上昇の災害リスク（高潮・高波）

100年に1回の極端な高水位が平均年1回以上発生する年



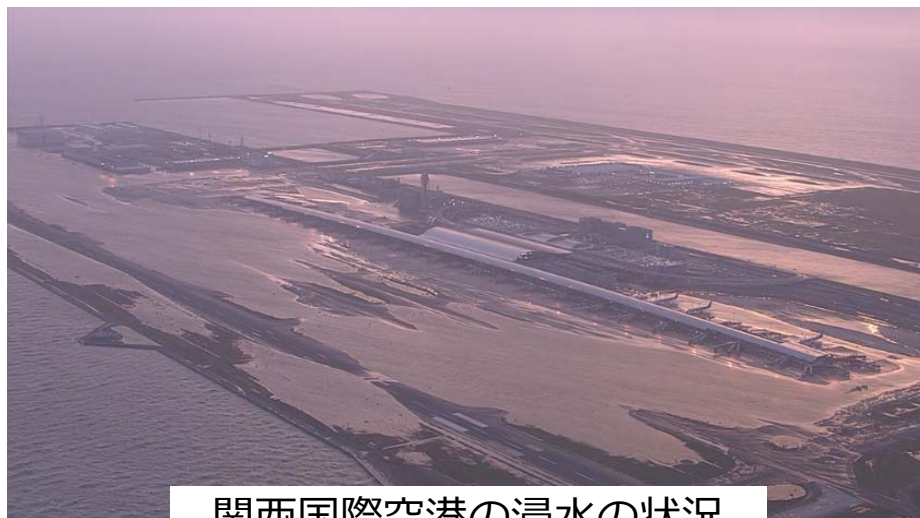
SPM4より



- 水位上昇により、極端な水位上昇の発生頻度が増加
- 2100年までに、多くの場所で100年に1回の極端な水位が年1回以上発生

日本における過去の主な高潮災害

年月日	おもな	おもな	最高潮位	最大偏差	死者・行方	全壊・半壊
	原因	被害地域	T.P.上(m)	(m)	不明(人)※1	(戸)



関西国際空港の浸水の状況
(近畿地方整備局提供)



阪神電鉄なんば線淀川橋梁
(大阪市西淀川区) の状況
(近畿地方整備局提供)

平22. 2.24	低気圧	富山湾	0.3	0.1	1	11
平30. 9.4	台風第21号	大阪湾	3.3	2.8	14	686

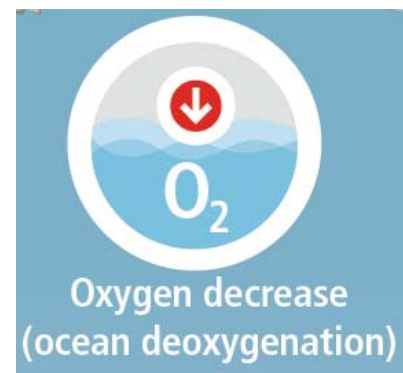
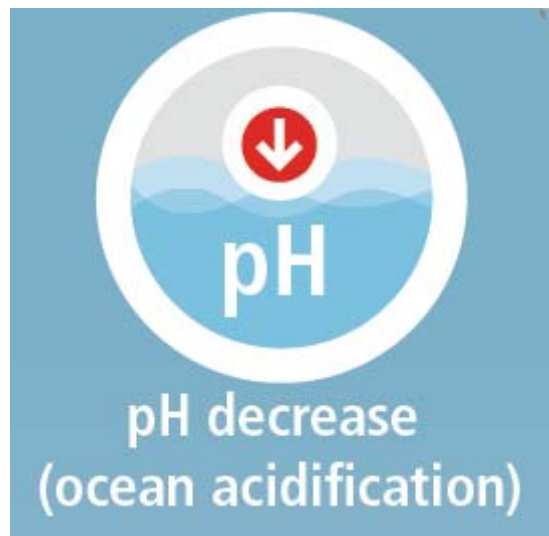
※1 人的被害数及び建物被害数は高潮以外の要因によるものも含む。

※2 高松市における浸水家屋数。

(気象庁地球環境・海洋部 海洋気象情報室)

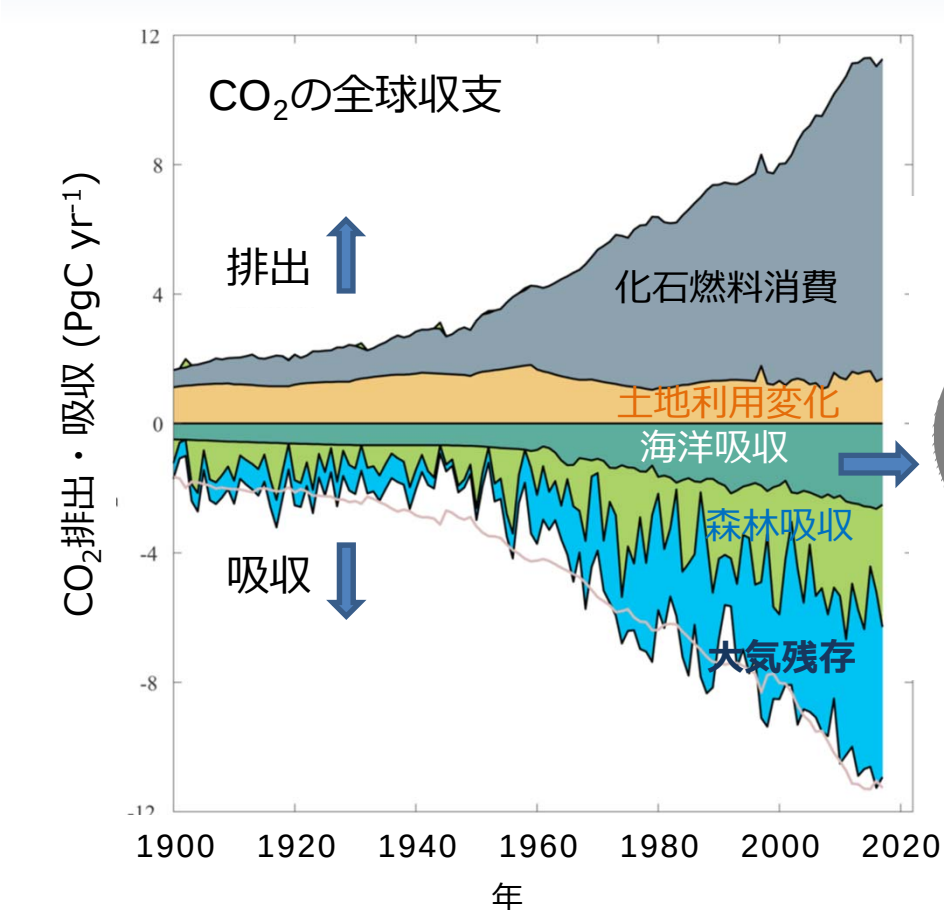
- 水深の浅い、南～南西に開いている湾で大きな被害が多い。
- 平成31年台風21号による保険金の支払いは過去最高。

海洋酸性化



人為起源CO₂を吸収する海

- 海洋は人為起源CO₂の20-30%を吸収している
(大気中に排出されたCO₂のうち、大気中に残存しているのはおよそ50%)



LeQuere et al., 2018

2007

no data

no data

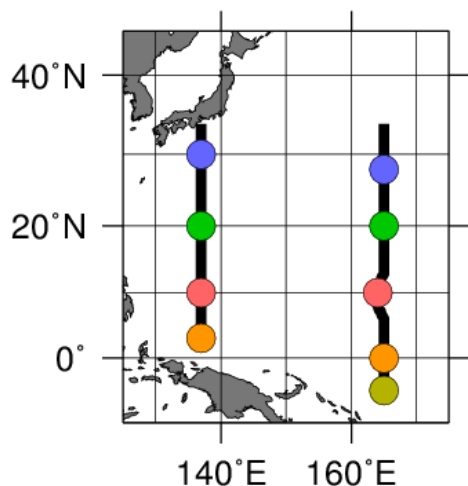
no data

(mol m⁻²)

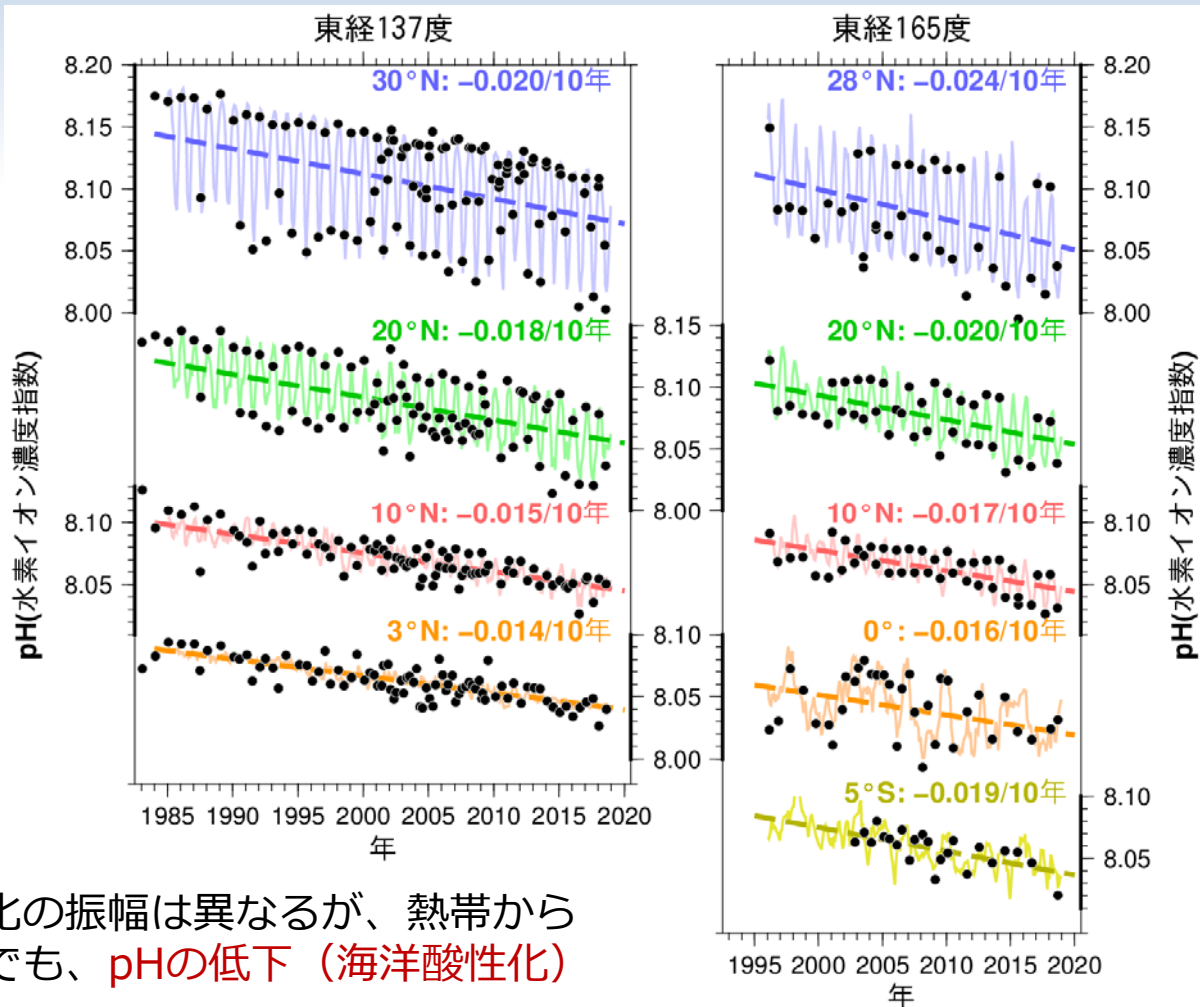
Gruber et al., 2019

- 北大西洋、南太平洋、西部北太平洋に人為起源CO₂の多くが蓄積されている。

西部北太平洋の海洋表層でも海洋酸性化が進んでいる



気象庁海洋気象船
凌風丸



- 緯度帯によって季節変化の振幅は異なるが、熱帯から亜熱帯までどの緯度帯でも、**pHの低下（海洋酸性化）が進んでいる。**



気象庁

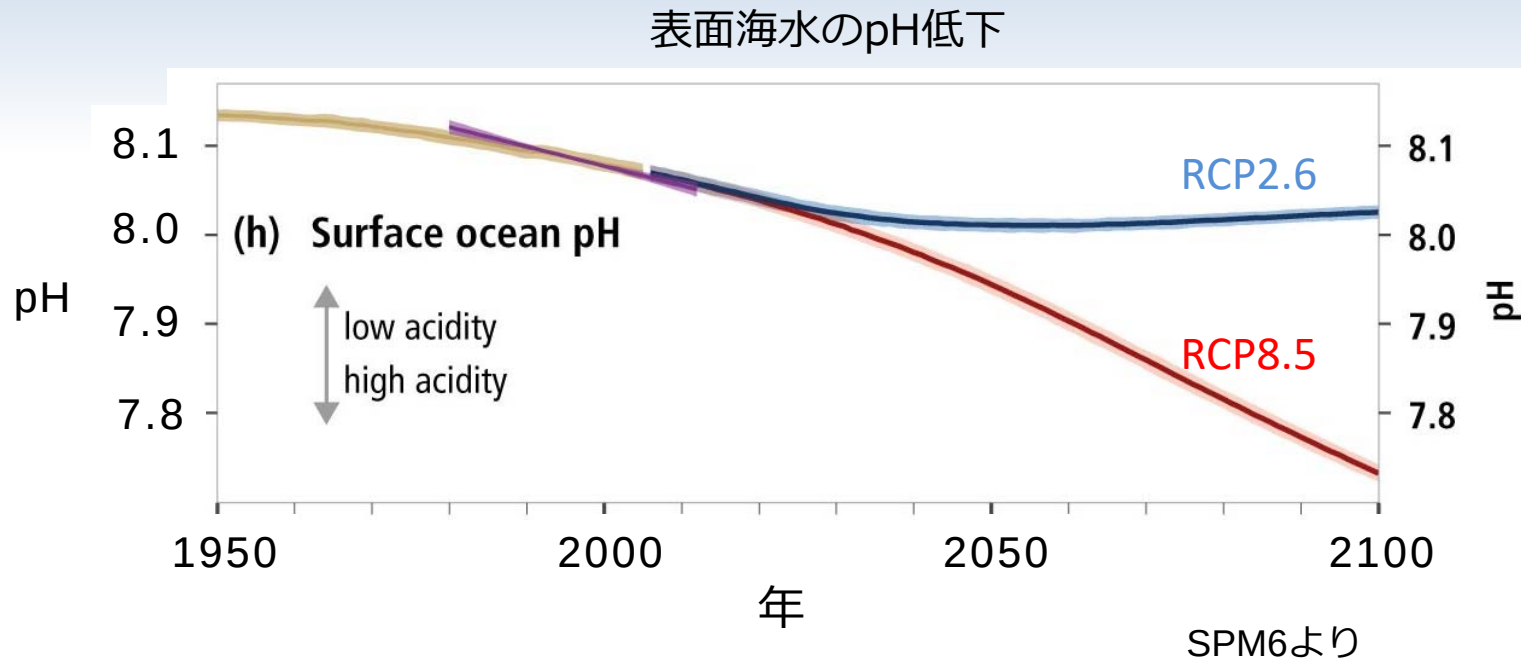
Japan Meteorological Agency

気象庁 | 海洋の健康診断表：

http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a_3/pHtrend/pH-trend.html

JMA

地球システムモデルによる海洋酸性化予測



- 海洋表面のpHは、産業革命前から現代までに、およそ0.1低下した。
- RCP8.5では、2100年までにさらに0.3低下し、7.7近くになると予想される。

海洋酸性化の生物・生態系影響



Corals
サンゴ類



Echinoderms
棘皮動物

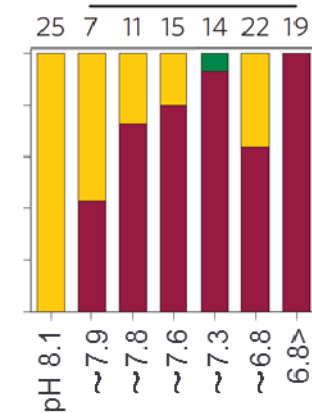
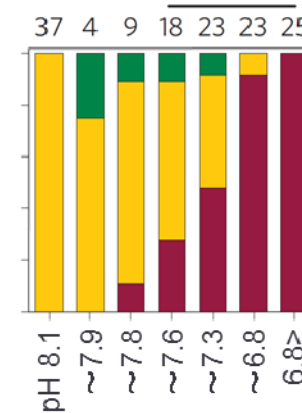
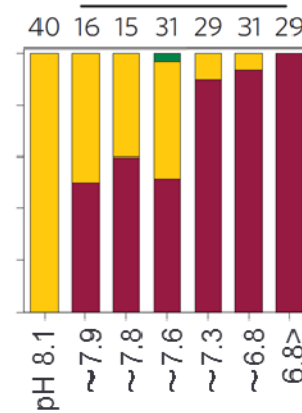
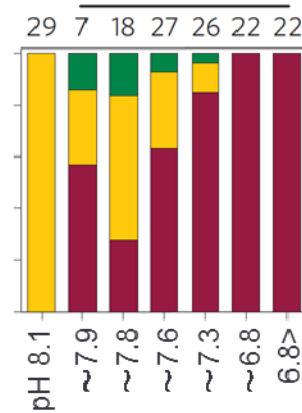
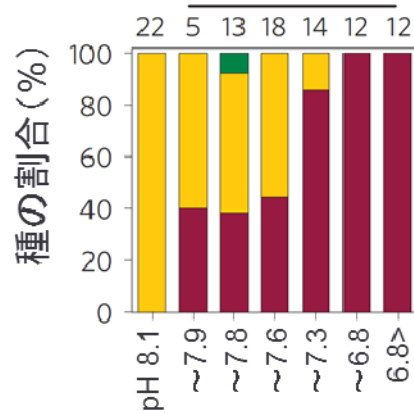


Mollusks
軟体動物



Crustaceans
甲殻類

Fishes
魚類



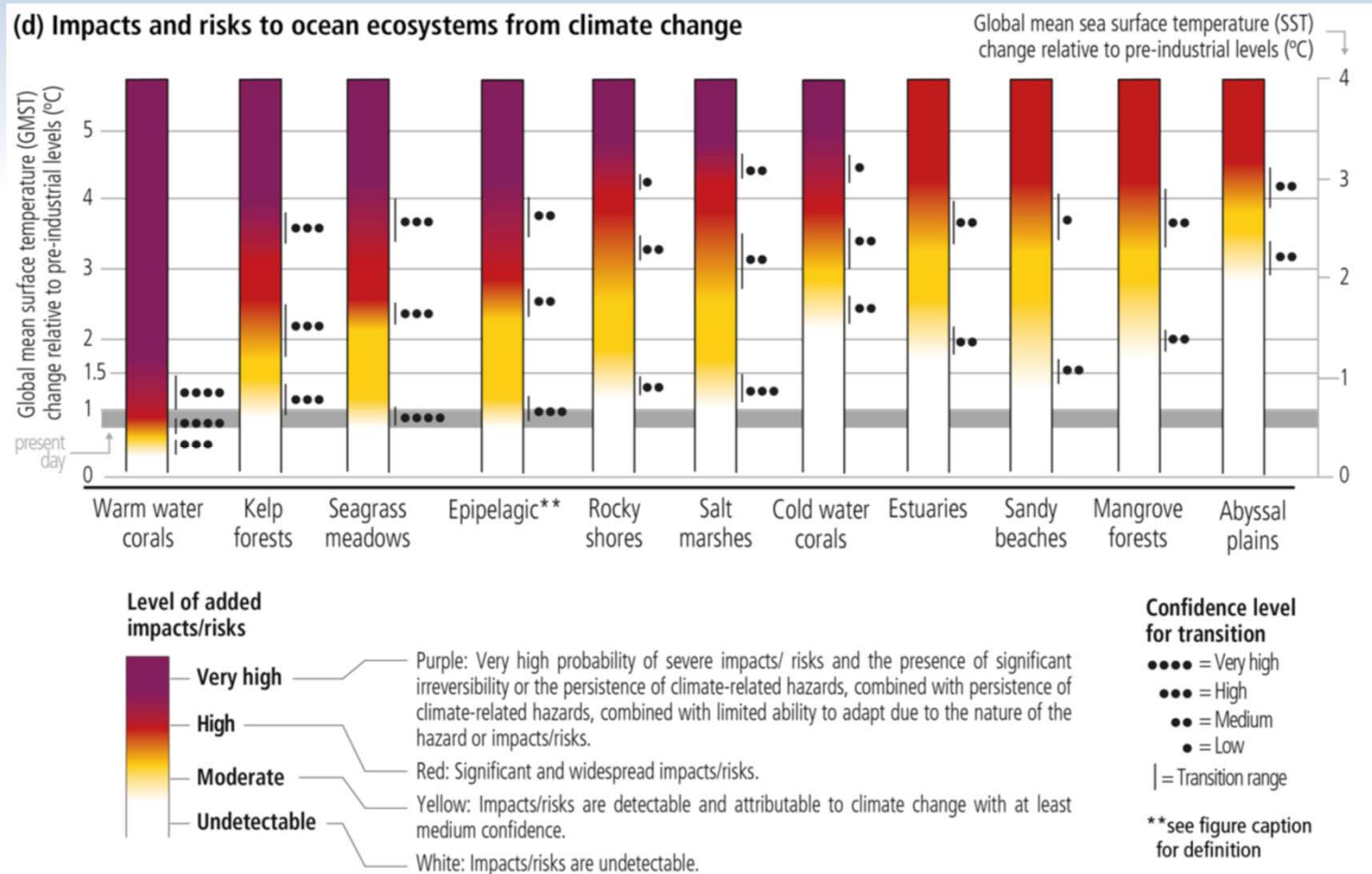
→
酸性化

■ 好影響

■ 影響なし

■ 悪影響

気候変化による生態系への影響



- 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）。

海洋及び雪氷圏の変化に対する対応の実施

Challenges 課 題

(SPM 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）)

C1. Impacts of climate-related changes in the ocean and cryosphere increasingly challenge current governance efforts to develop and implement adaptation responses from local to global scales, and in some cases pushing them to their limits. People with the highest exposure and vulnerability are often those with lowest capacity to respond (high confidence).

ご清聴ありがとうございました