

2021.10.29 —

IPCC セミナー
「気候変動を知る ～最新報告書が示すこれまでとこれから～」

二酸化炭素排出・温暖化と海の変化

気象庁 気象研究所

石井雅男

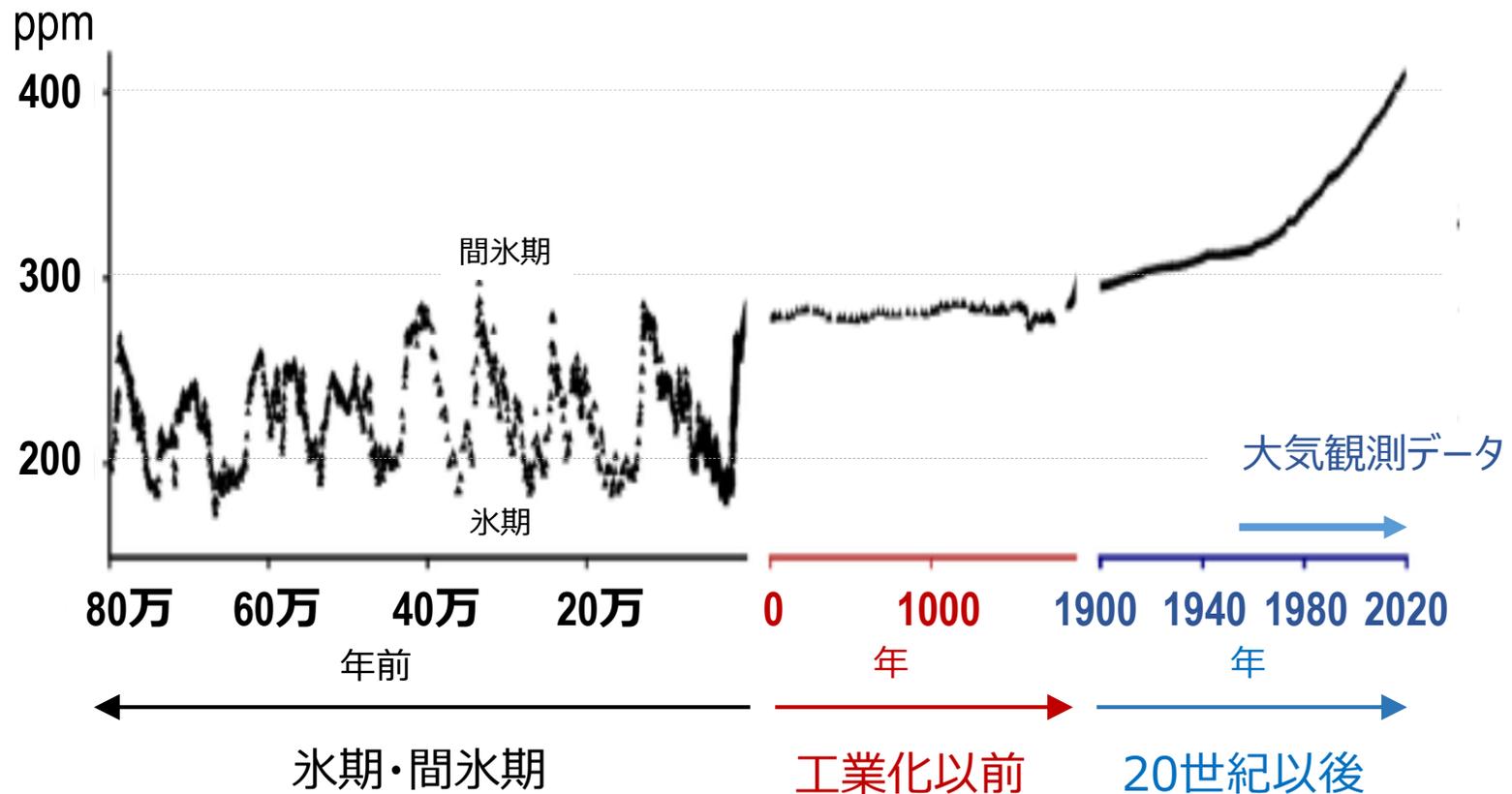
WGI

Working Group I contribution to the
Sixth Assessment Report of the
Intergovernmental Panel on Climate Change

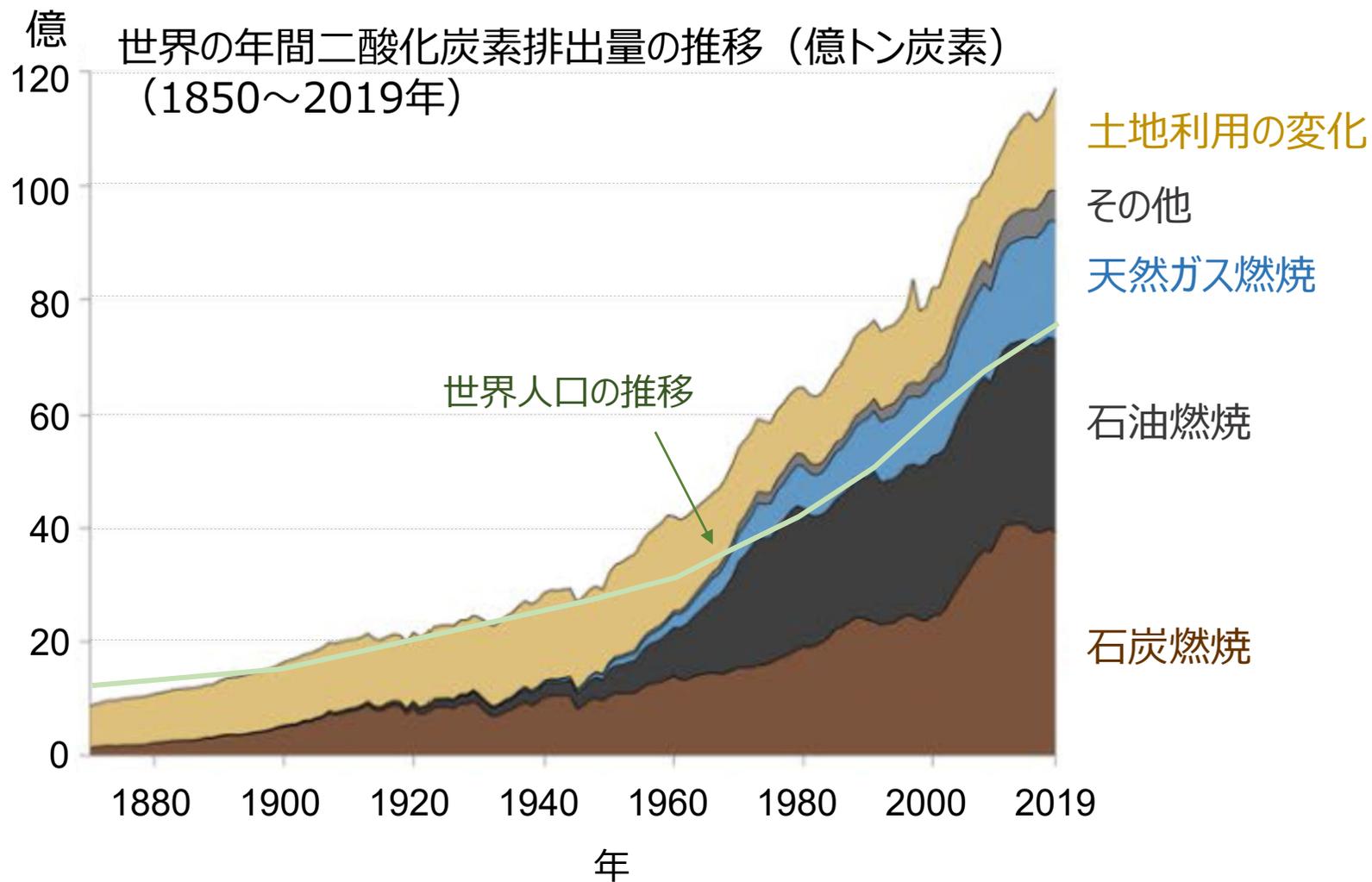


最近の大気中の二酸化炭素濃度は、少なくとも過去200万年で最高であり、前例のない速度で増加している。

過去80万年の大気中の二酸化炭素濃度の変化

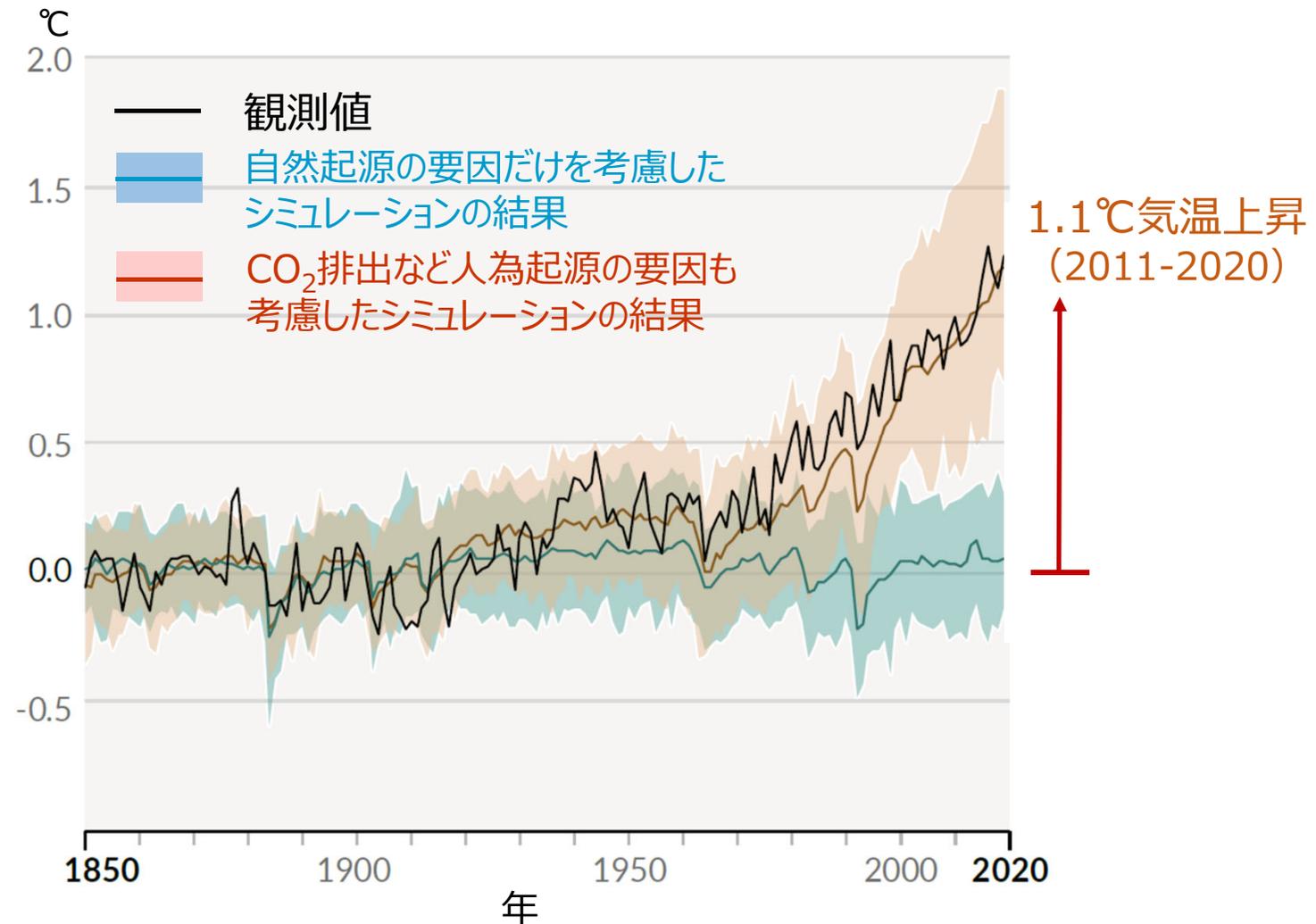


人類の産業活動による二酸化炭素の排出量は、
20世紀中ごろから急激に増えてきた。

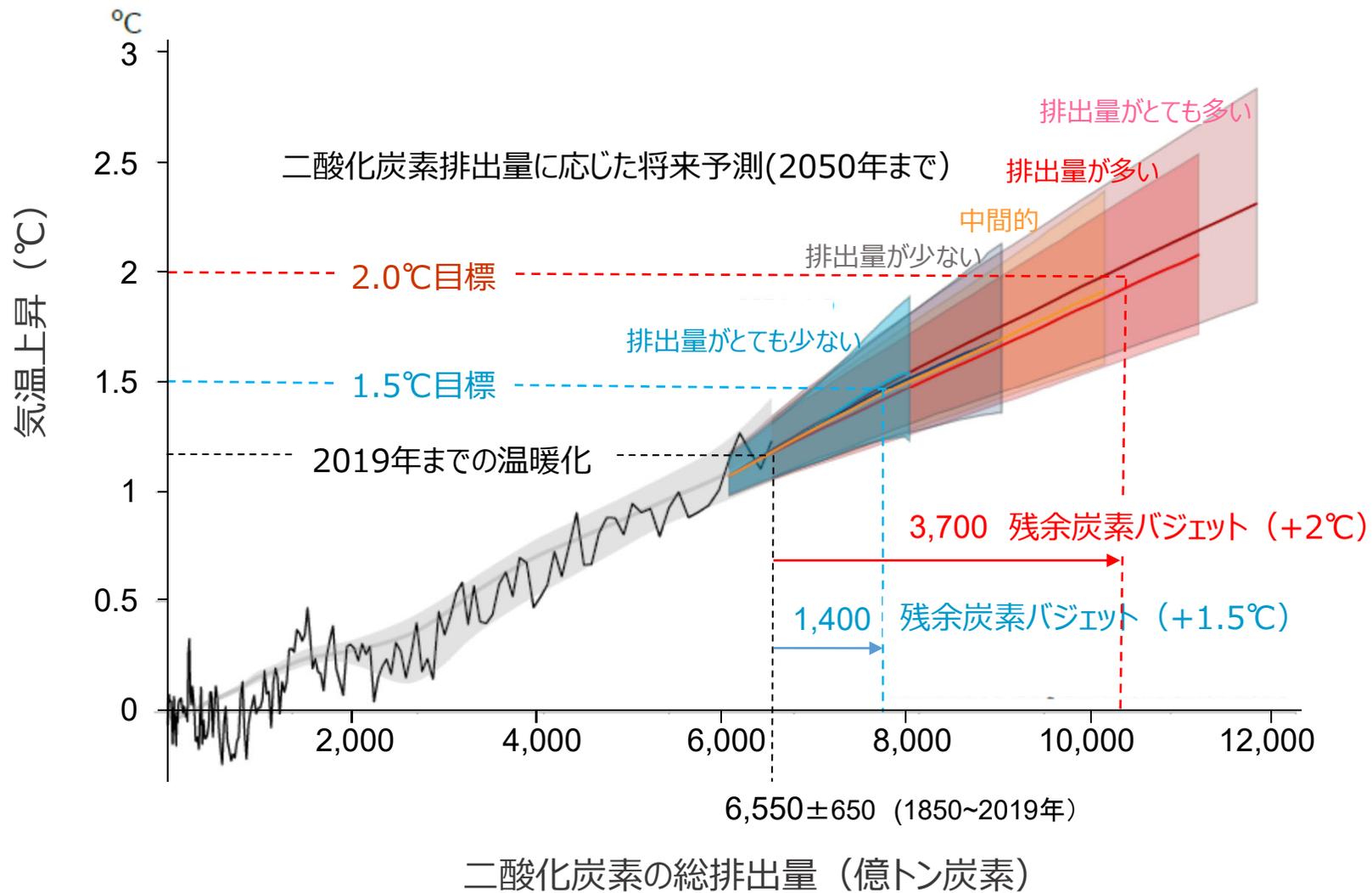


人間の影響は、少なくとも過去2000年間に前例のない速度で、
気候を温暖化させてきた。

1850～1900年を基準とした世界平均気温（年平均）の推移

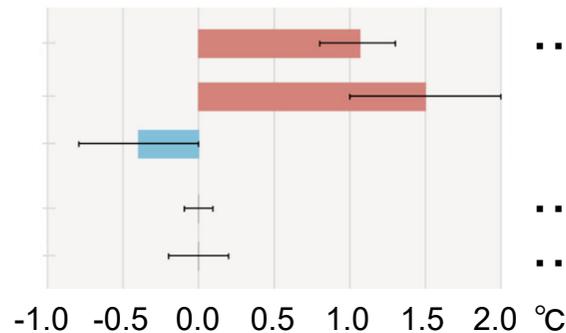


世界の平均気温は、二酸化炭素の総排出量にほぼ比例して上がってきた。



二酸化炭素の排出は、地球温暖化の主な原因である。しかし、原因はそれだけではない。大気中を浮遊する微粒子（エアロゾル）には冷却効果がある。

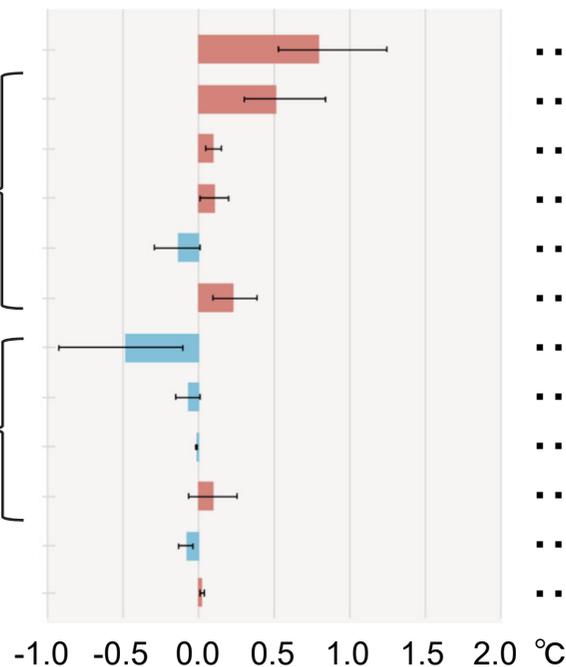
地球温暖化に対するさまざまな効果の大きさ
(1850-1900年と2010-2019年の差)



- ... **人間活動の影響の合計**
- ... **温室効果ガスの排出**
- ... **その他の人間活動の影響**
- ... 太陽活動の変化や火山噴火(火山灰)の影響
- ... 自然界の内部変動

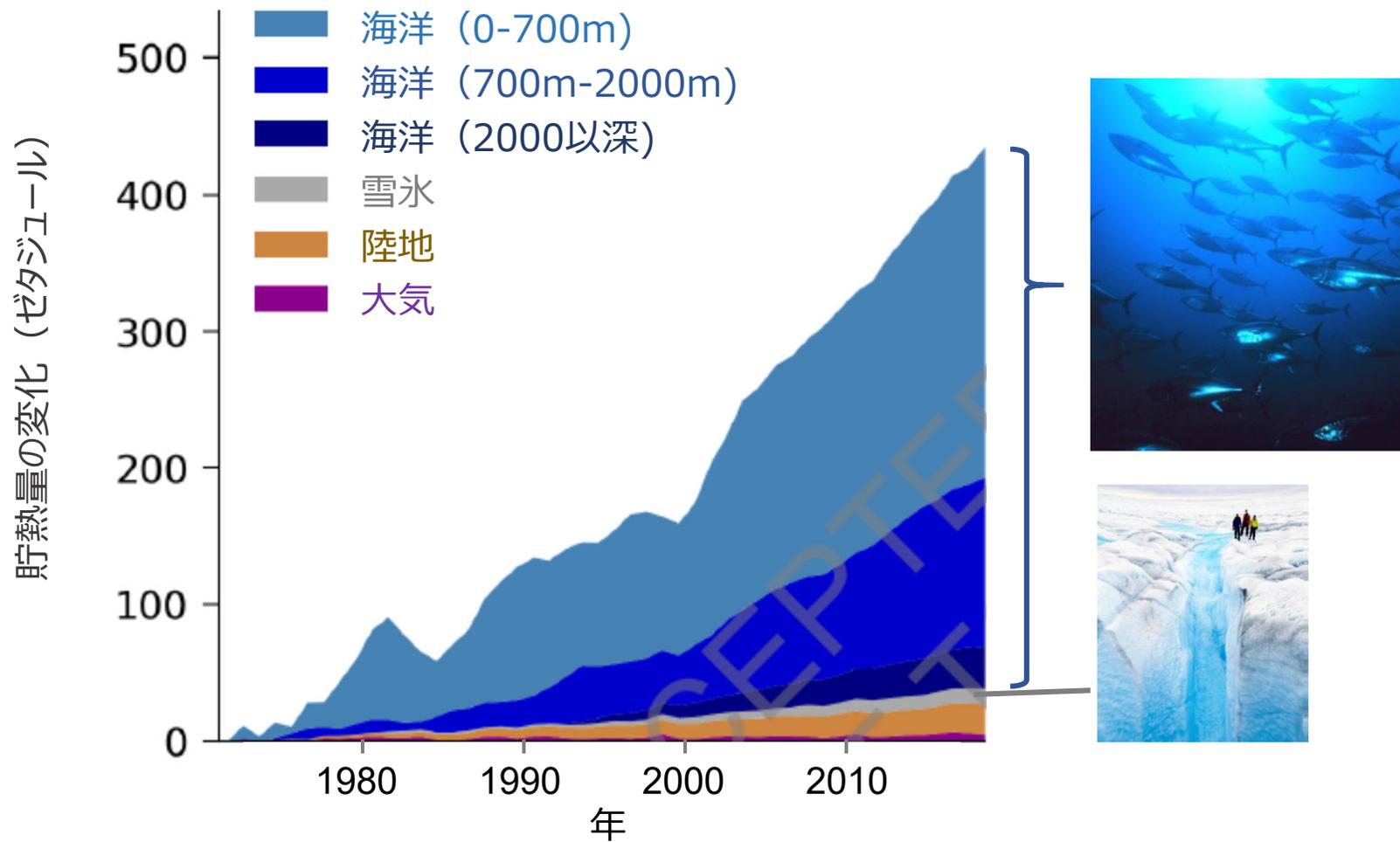
二酸化炭素以外の
温室効果ガスとしての
効果

人間活動によって生
じる微粒子としての
効果



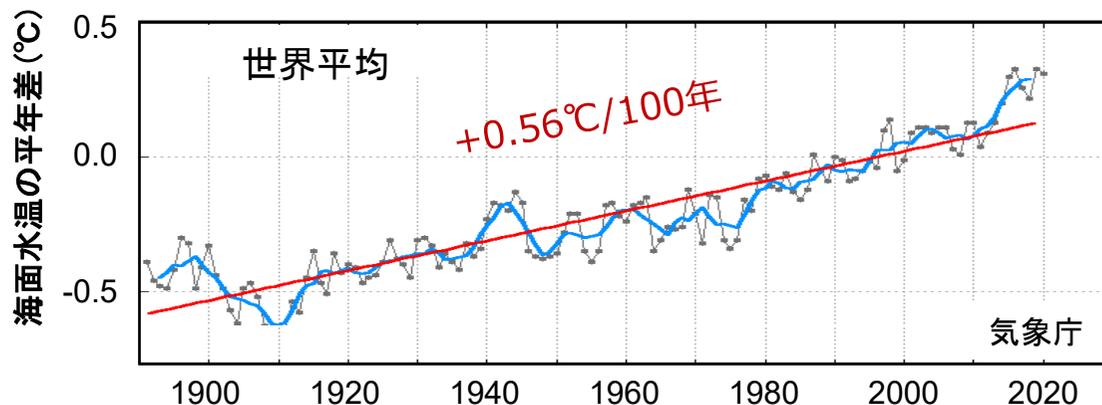
- ... **二酸化炭素(CO₂)**
- ... **メタン(CH₄)**
- ... **一酸化二窒素(N₂O)**
- ... **フロンなどハロゲン化炭素化合物**
- ... **窒素酸化物**
- ... **揮発性炭素化合物と一酸化炭素(CO)**
- ... **二酸化硫黄(SO₂)**
- ... **有機炭素**
- ... **アンモニア**
- ... **黒色炭素(煤)**
- ... **土地利用変化による太陽光反射の変化と灌漑**
- ... **飛行機雲**

温暖化で地球に貯まった熱のおよそ90%は、海に貯まっている。
(大気に貯まった熱の割合は少ない)



海の温暖化 (1) 日本近海でも進む海面水温の上昇

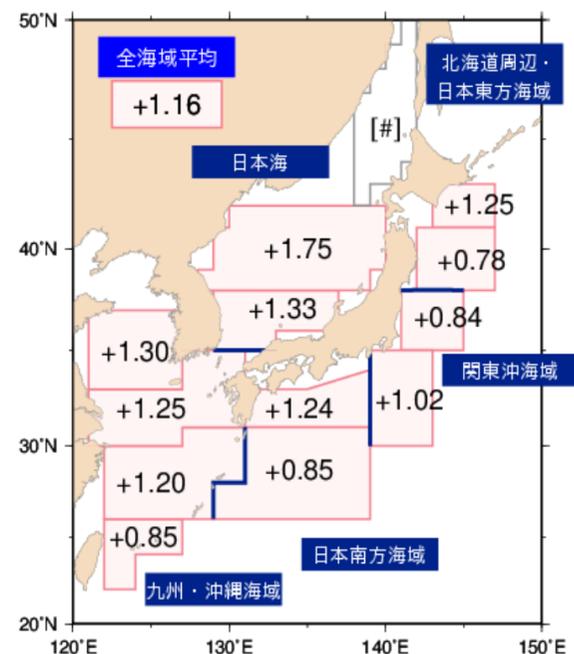
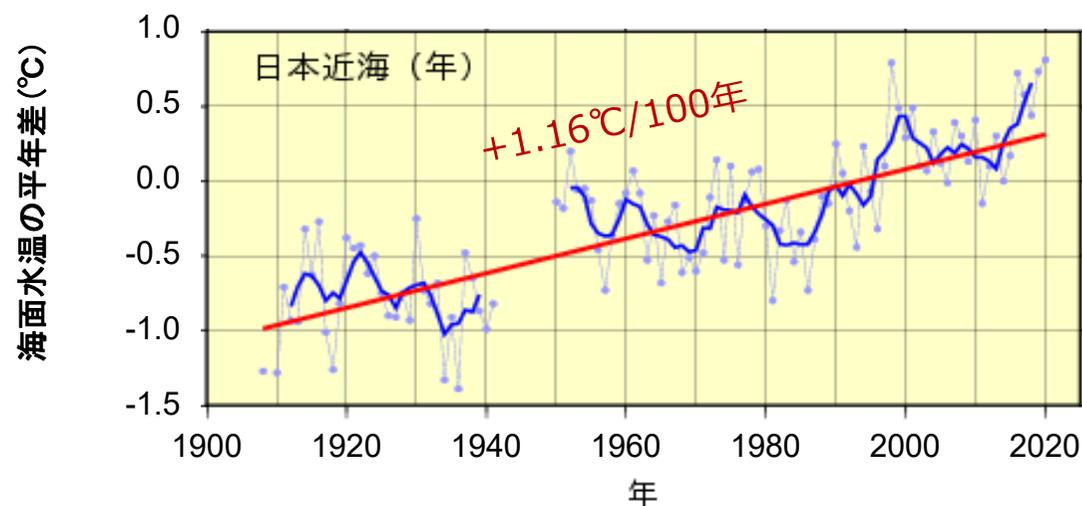
世界の海の年平均海面水温の平年差の推移



気象庁「海洋の健康診断表」
https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/index_sst.html

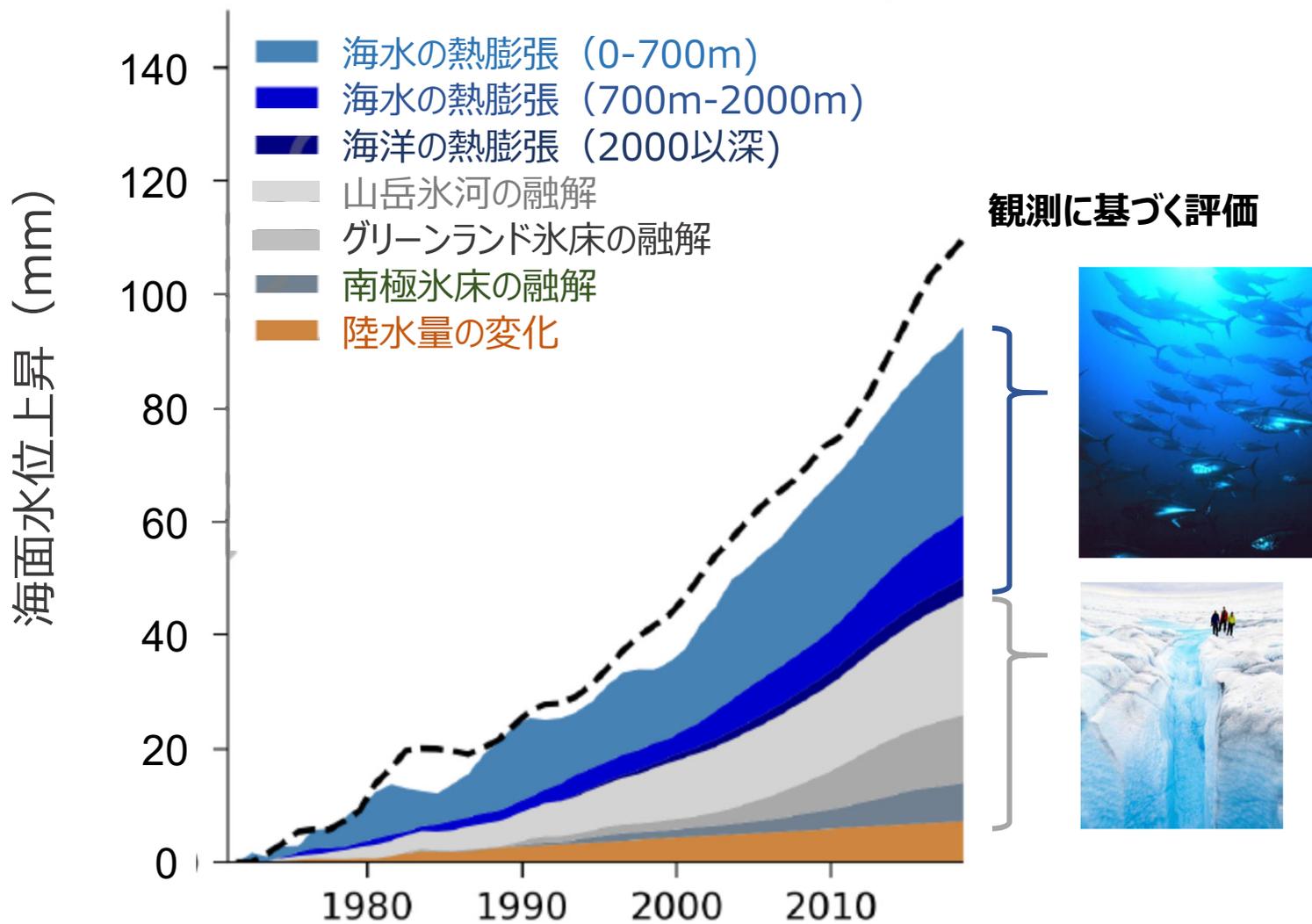
文部科学省・気象庁
 「日本の気候変動2020」
<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/index.html>

日本近海の年平均海面水温の平年差の推移



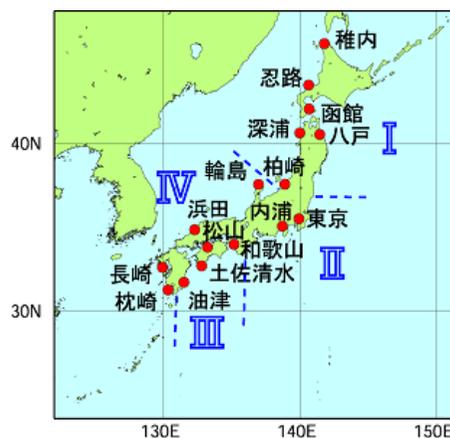
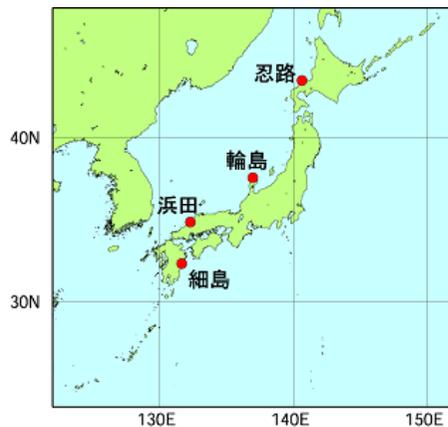
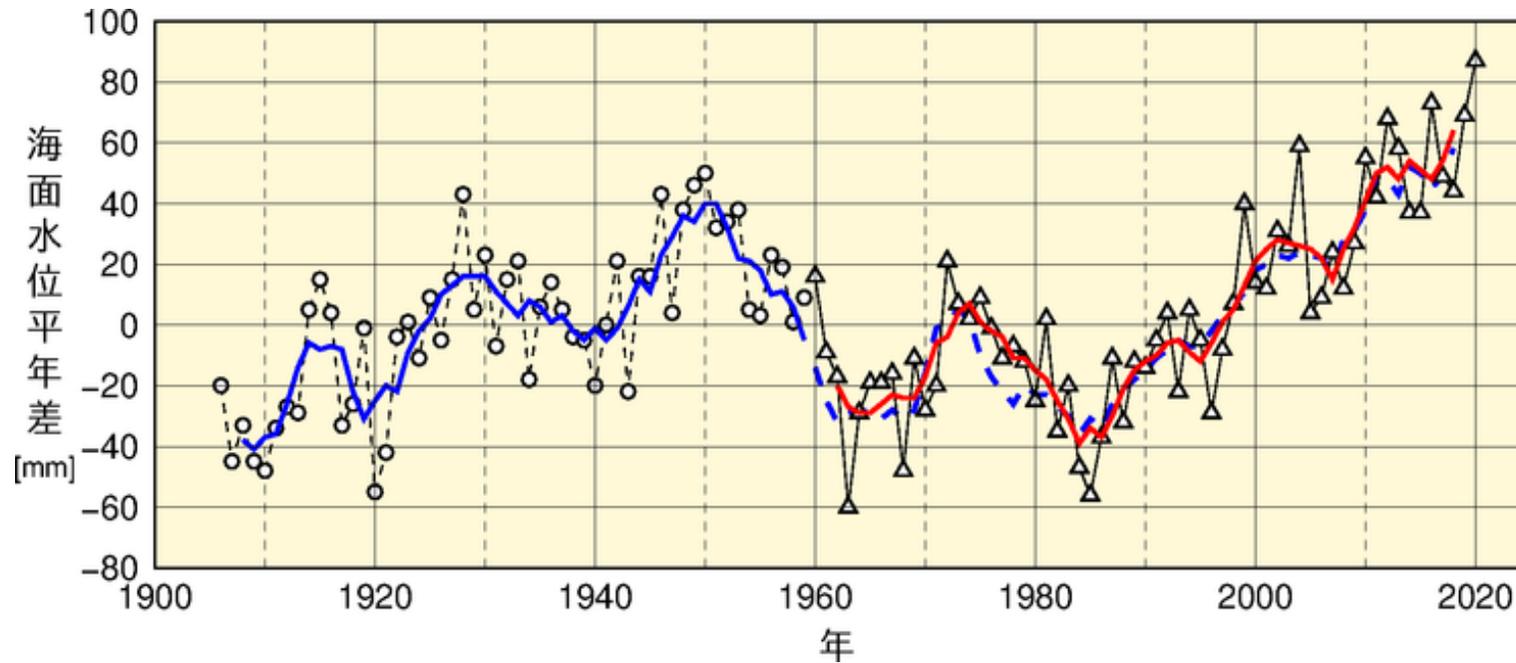
海の温暖化の影響 (2) 海面水位の上昇

世界の海面水位上昇とその原因の推移 (1971年以降)



海の温暖化の影響 (2) 海面水位上昇

日本沿岸の海面水位変化 (1906~2020年)



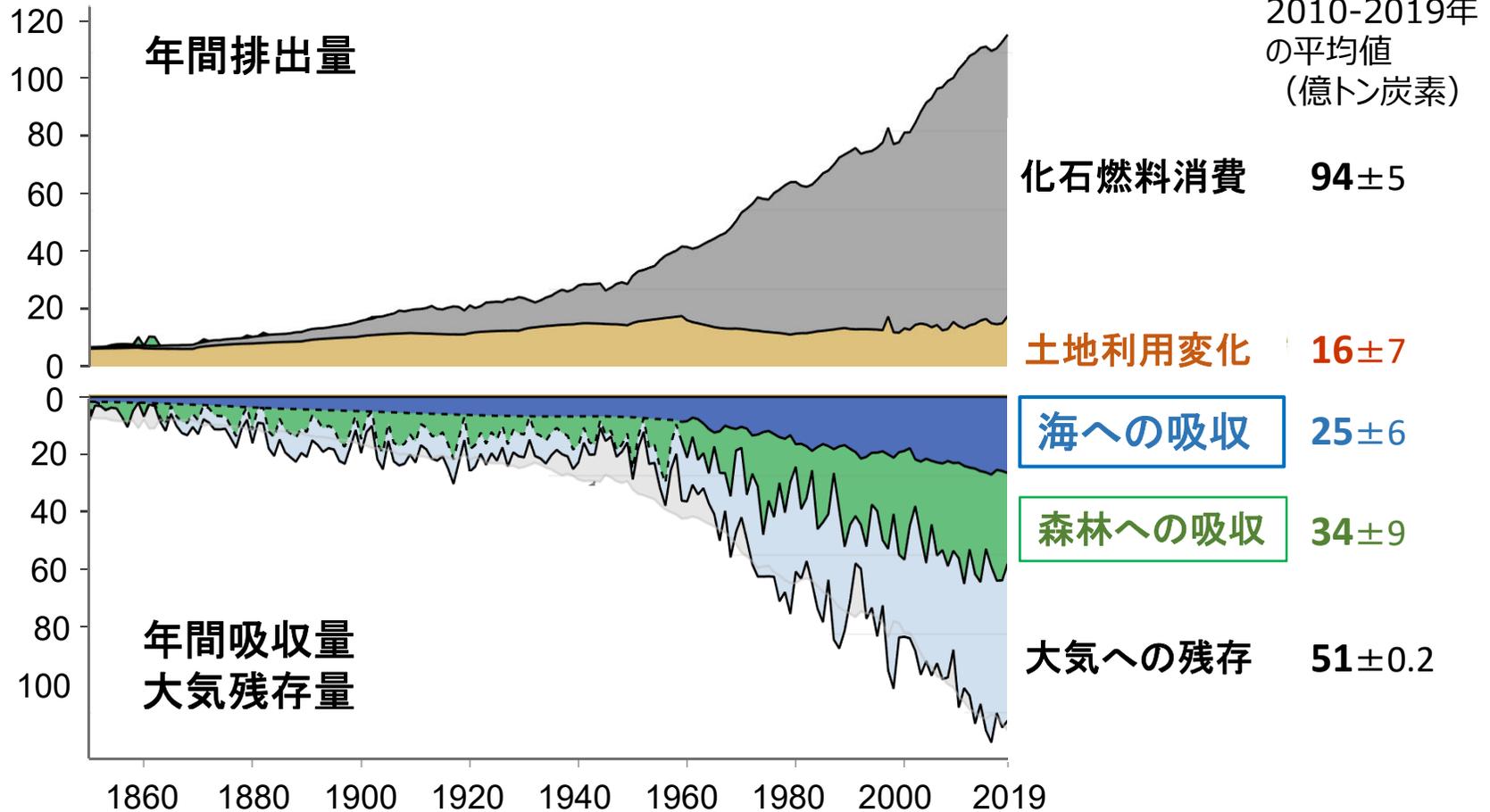
気象庁「海洋の健康診断表」
https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/index_sst.html

文部科学省・気象庁
「日本の気候変動2020」
<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/index.html>

排出された二酸化炭素のおよそ1/4は海に吸収され続けている。

Global Carbon Project: <https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/index.htm>

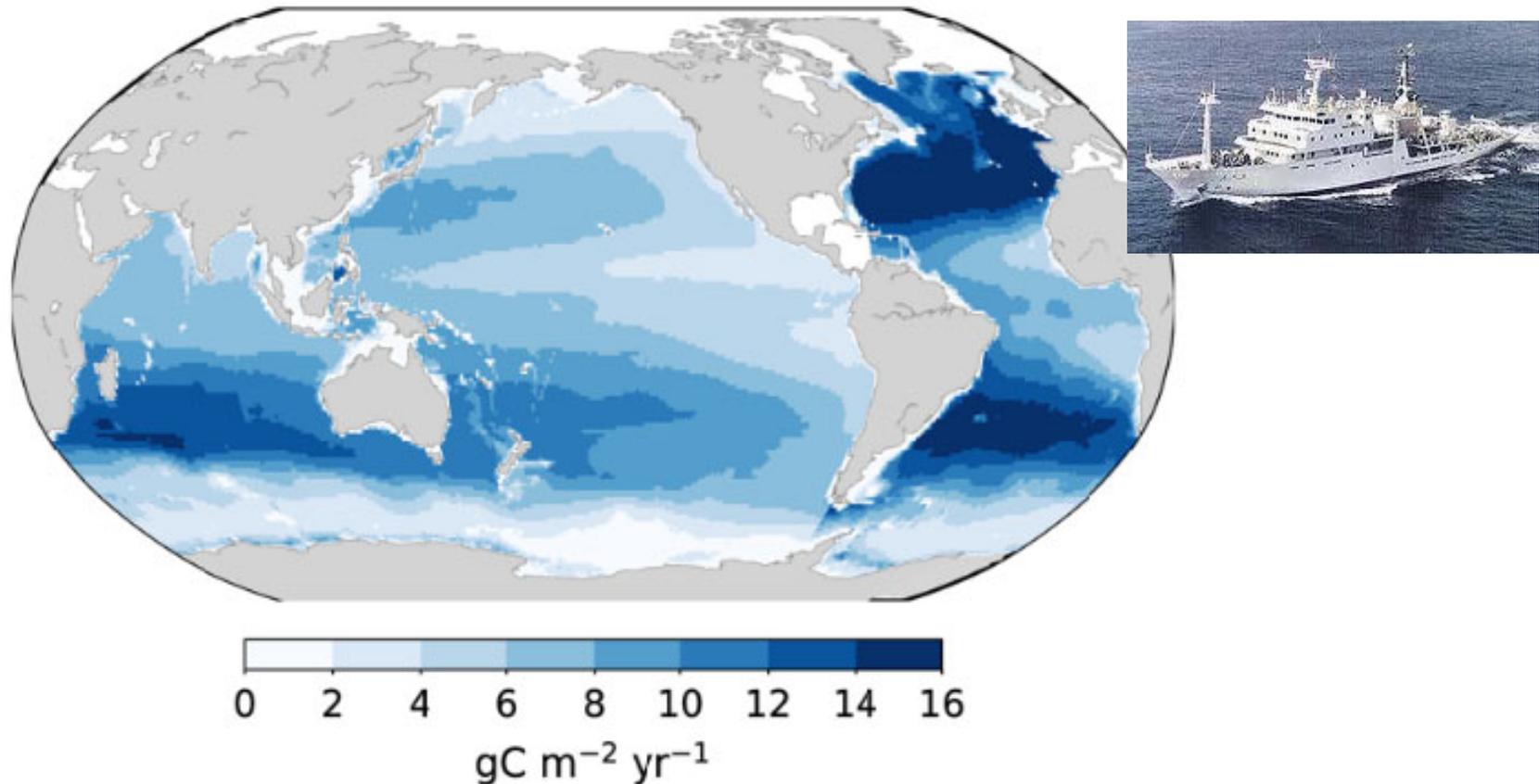
億トン炭素



海や森林は、排出された二酸化炭素の半分以上を吸収することで、大気中の二酸化炭素濃度の増加を抑制し、温暖化を緩和している。しかし、二酸化炭素の大量排出が今後も続けば、海や森林による二酸化炭素の吸収割合は、減少すると予測されている。

海は、人類の産業活動によって排出された二酸化炭素を吸収・蓄積している。

人為起源二酸化炭素の海洋への蓄積速度の分布（1994～2007年）



海洋の大循環によって、海の表面付近から内部に海水が運ばれやすい海域には、表面付近に貯まった人為起源の二酸化炭素も運ばれて貯まりやすい。

海水に二酸化炭素が溶けると・・・

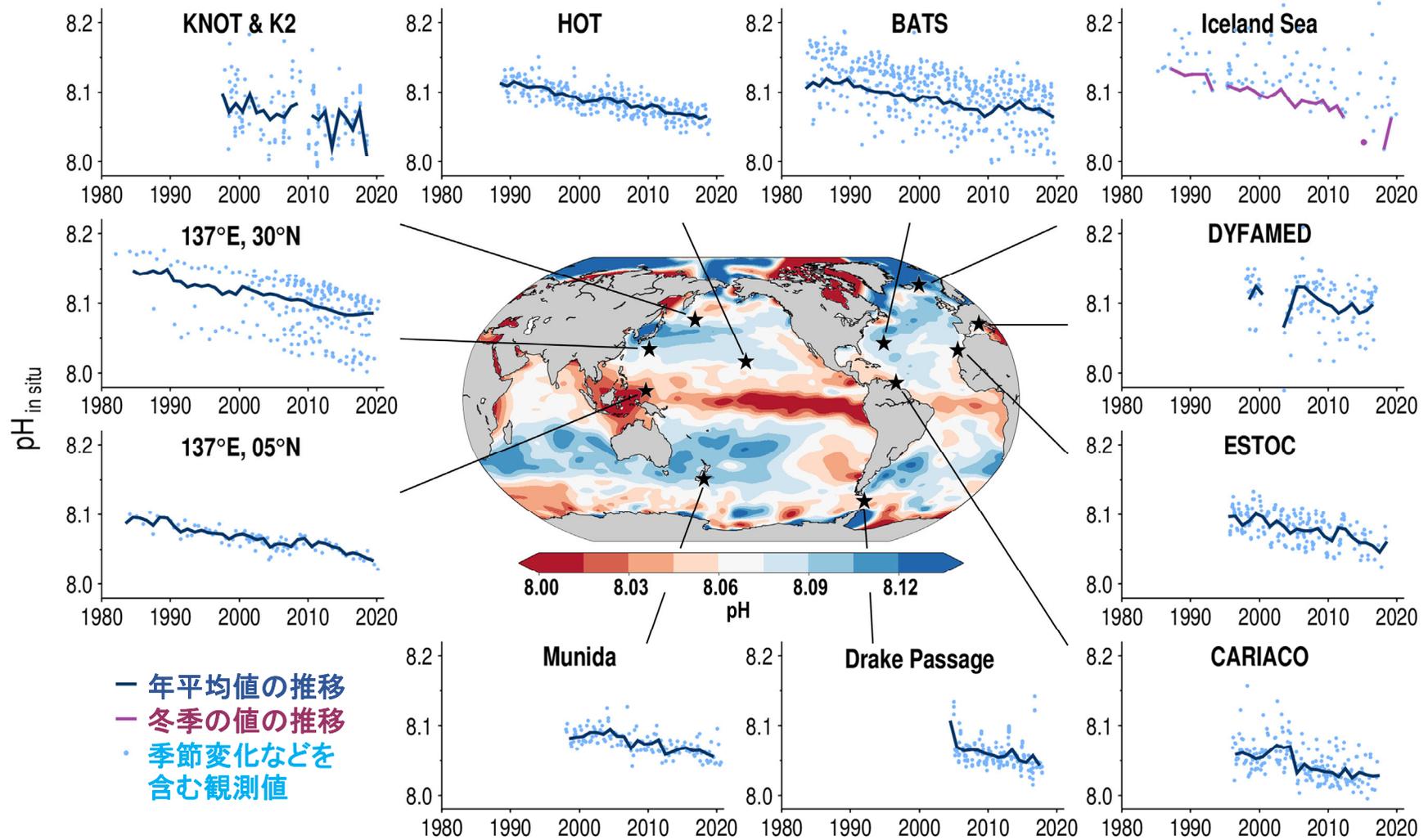
海水の酸性化



海水に二酸化炭素が溶けると、炭酸として作用するため、弱いアルカリ性の海水が、中性方向へと「酸性化」してゆく。

世界の海で進行する海洋酸性化

世界のさまざまな時系列観測点の海洋表層における海洋酸性化の推移



海洋酸性化 「もうひとつの二酸化炭素問題」

海水の酸性化の影響を直接的に受けるさまざまな海の生き物や生態系



Coral reef サング礁



Pteropods
翼足類



Mollusks
軟体動物



Crustaceans
甲殻類



Echinoderms
棘皮動物

... など

- ✓ 生物多様性の喪失
- ✓ 観光資源の喪失
- ✓ 熱帯の沿岸居住域の危険増大

- ✓ 海洋生態系の変化
- ✓ 水産資源への影響
- ✓ 食糧安全保障問題

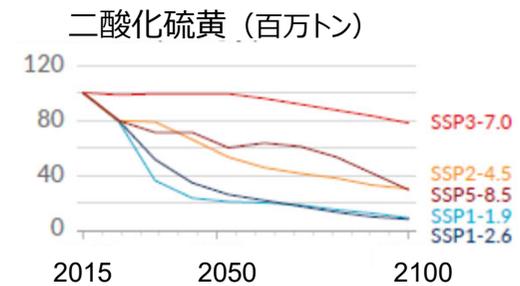
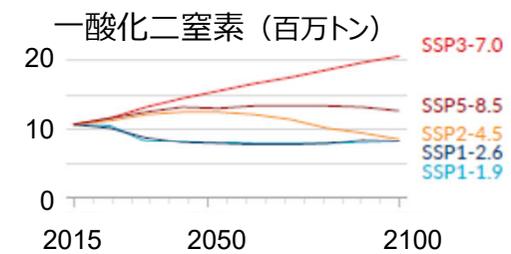
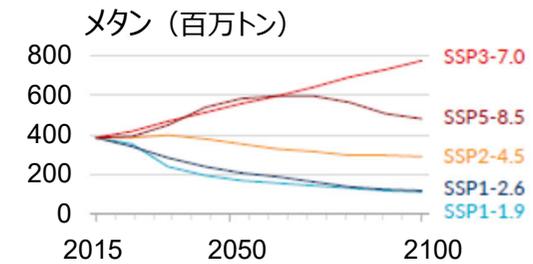
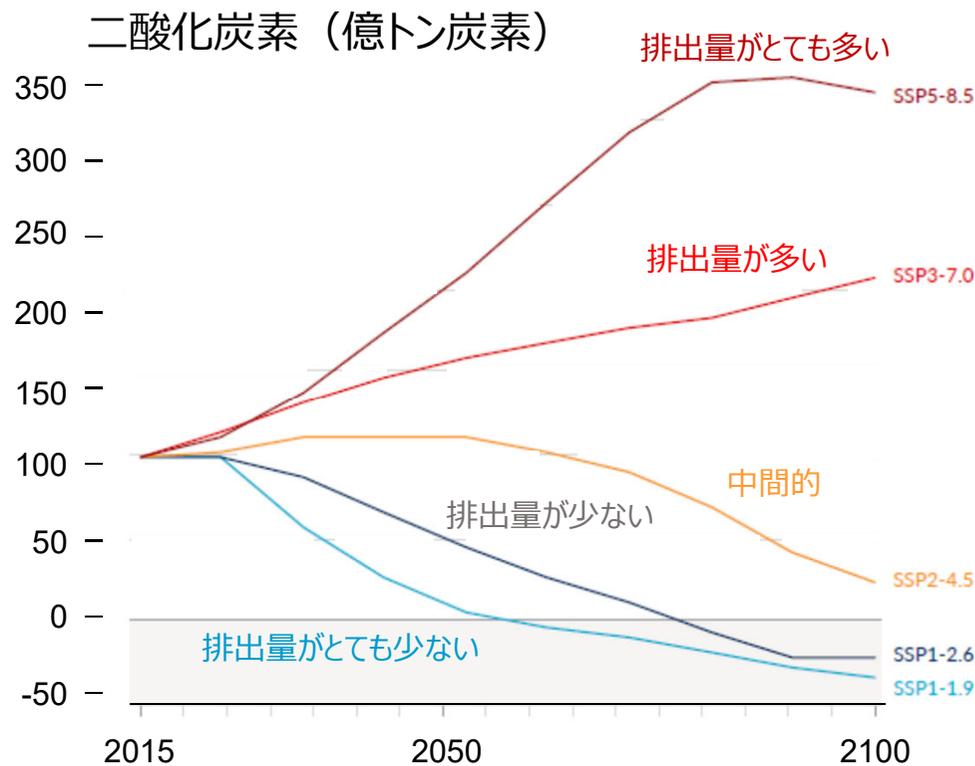


➔ **ipcc** AR6 Climate Change 2022:
Impacts, Adaptation and vulnerability

今後どうなってゆくか？

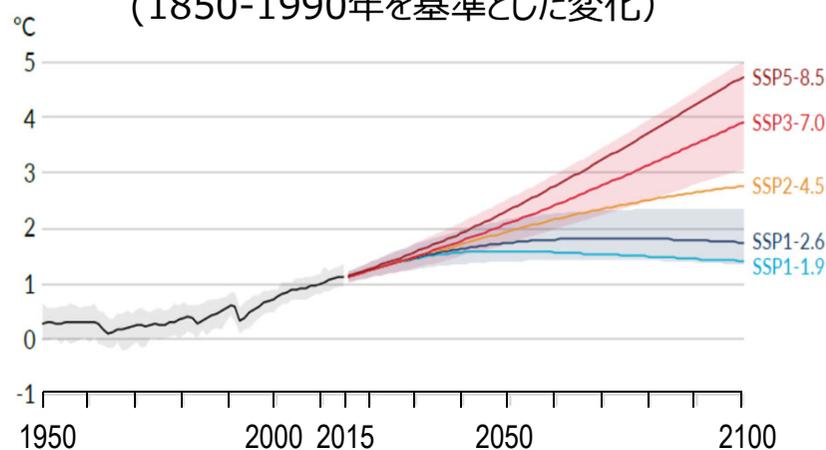
今後の大気中の二酸化炭素濃度等や排出量に関する さまざまなシナリオ.

二酸化炭素やその他の温室効果ガスなどの年間排出量の推移に関するシナリオ

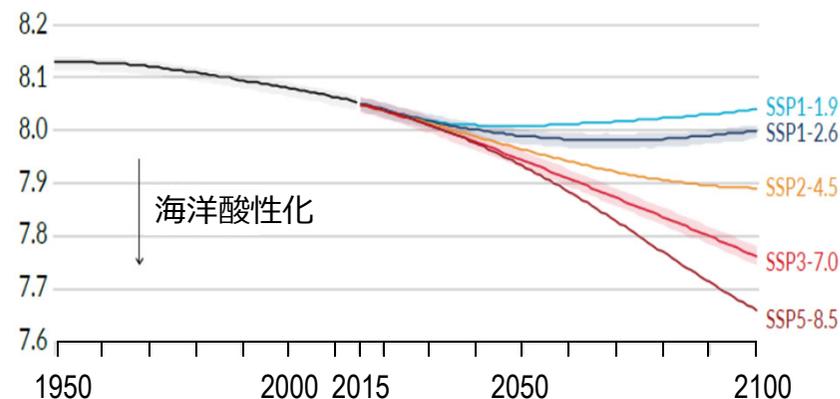


さまざまなシナリオにおける気温上昇・海洋酸性化・海面水位上昇

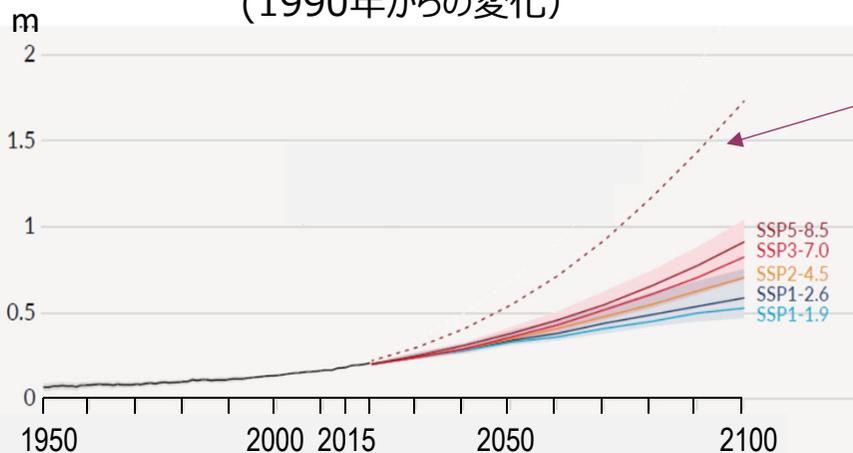
表面気温上昇の世界平均の推移
(1850-1990年を基準とした変化)



海面pH低下の世界平均の推移
(1990年からの変化)



海面水位上昇の世界平均の推移
(1990年からの変化)



SSP5-8.5下の、氷床不安定化プロセスによる、可能性は低いが影響の大きなケース

今後、二酸化炭素の排出量を少なく抑えるほど、海面水位の上昇は遅くなる。しかし、海面水位の上昇は続く。

まとめ 1

- ◆ 最近の大気中の二酸化炭素濃度やメタン濃度は、人類の産業活動によって、前例のない速度で増加している。
- ◆ 世界の平均気温は、二酸化炭素の総排出量にほぼ比例して上昇しており、19世紀後半の工業化以前に比べて1.1°C上昇した。
- ◆ パリ協定の努力目標の1.5°Cに抑えるには、今後の二酸化炭素の排出量を1,400億トン炭素ほどに抑える必要があるが、今の排出ペースでは、猶予は10年ほどしかない。
- ◆ 温暖化を緩和するには、二酸化炭素だけでなく、メタンなど他の温室効果ガスの排出も抑制する必要がある。



まとめ 2

- ◆ 温暖化によって地球に貯まった熱のおよそ**90%**は**海**に貯まっており、海を温暖化させている。
- ◆ 海の温暖化や、山岳氷河・グリーンランドや南極の氷床の融解によって、**海面水位**は過去50年間に世界平均でおよそ**11cm**上昇し、その傾向は加速する傾向にある。
- ◆ **海は**、排出された二酸化炭素のおよそ**1/4**を**吸収**し、大気中の二酸化炭素濃度の上昇を抑制している。しかし、それによって**海洋酸性化**が進んでおり、今後、海洋生態系や食糧問題を通じた社会への影響が危惧される。

