

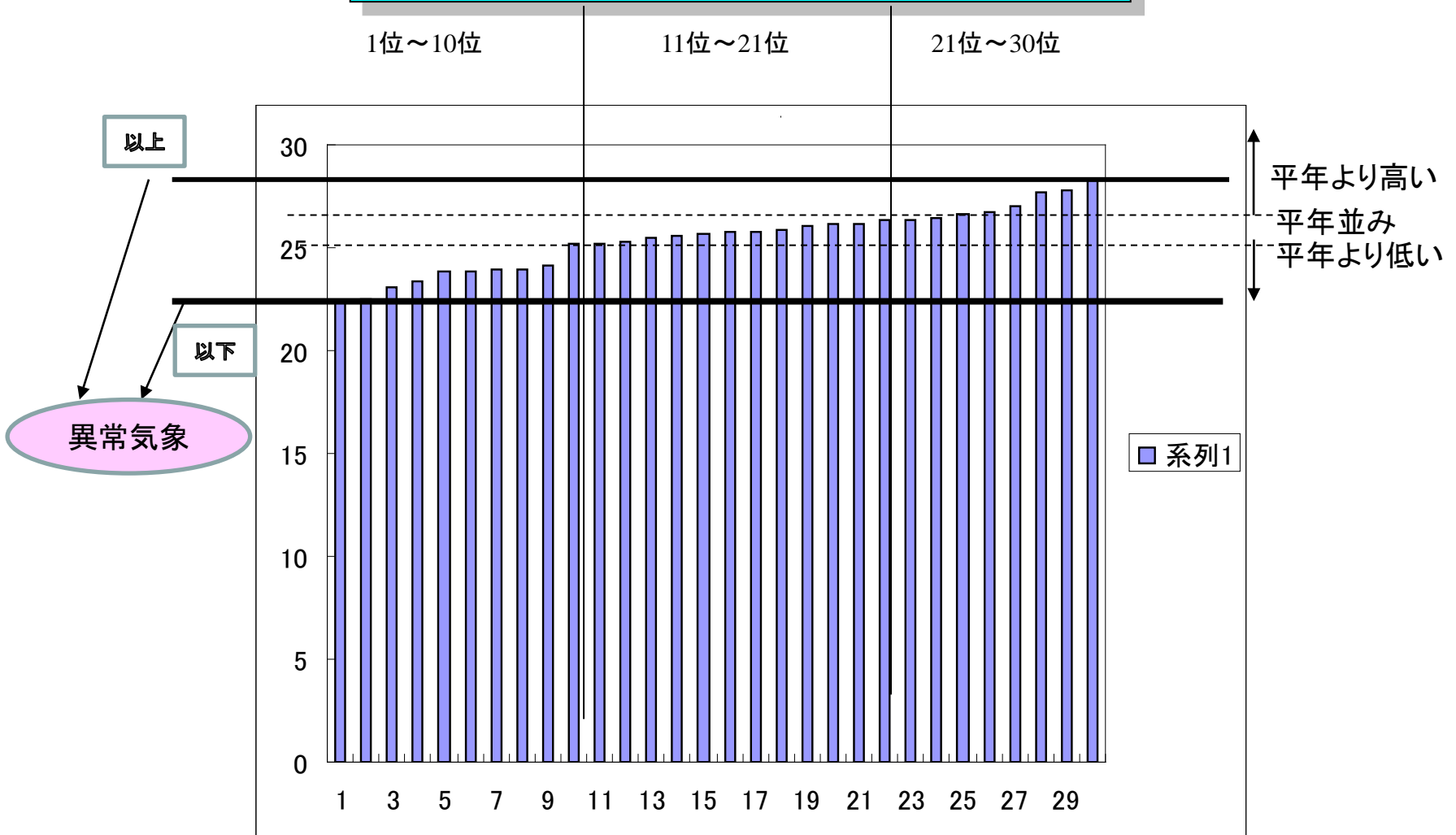
- 異常気象 :エルニーニョ/ラニーニャ
- 地球温暖化:  
IPCC第6次報告書

COP26 : 「国連気候変動枠組条約第26回締約国会議」の英語の頭文字を取った略語。  
国連の「気候変動枠組条約」に参加している国が集まる会議。今回で26回目。

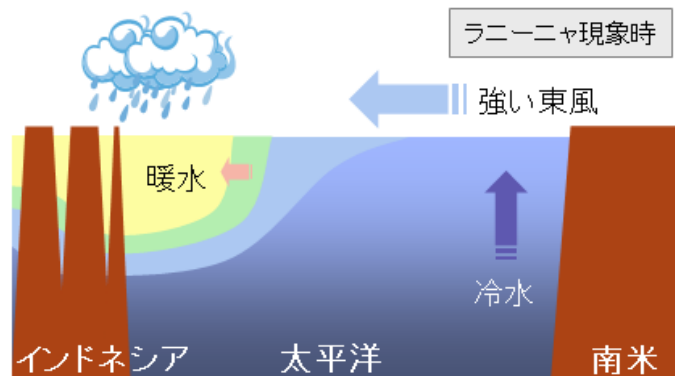
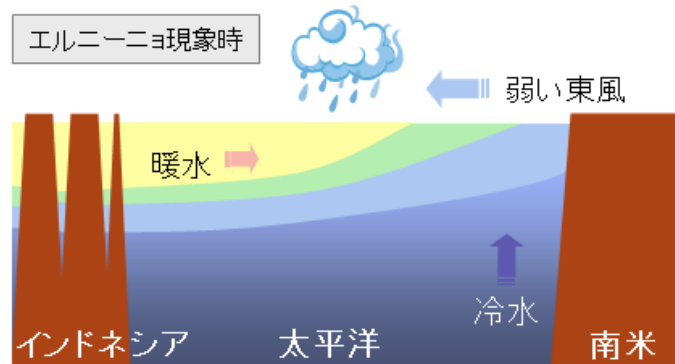
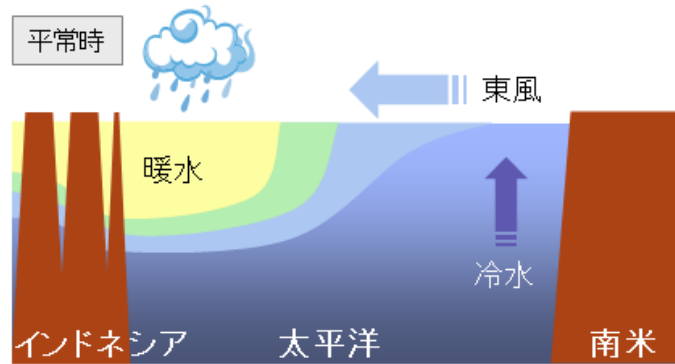
「COP」 : 「Conference of the Parties (締約国会議)」の略。

異常気象：「ある場所（地域）・ある時期（週、月、季節）において30年に1回以下で発生する現象」

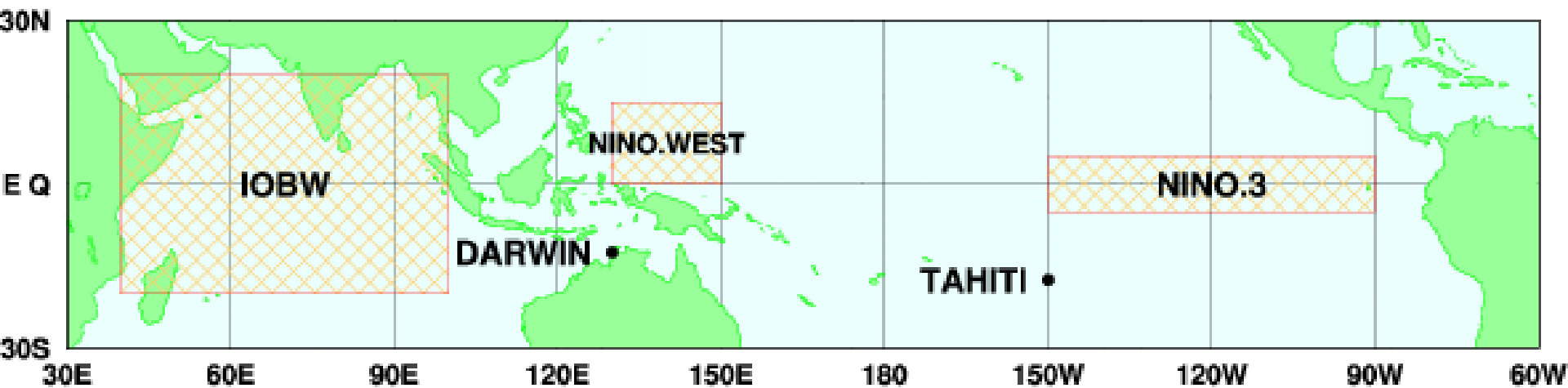
日平均気温の累年順位、平年、3階級分け  
(7月、1971年～2000年、東京)



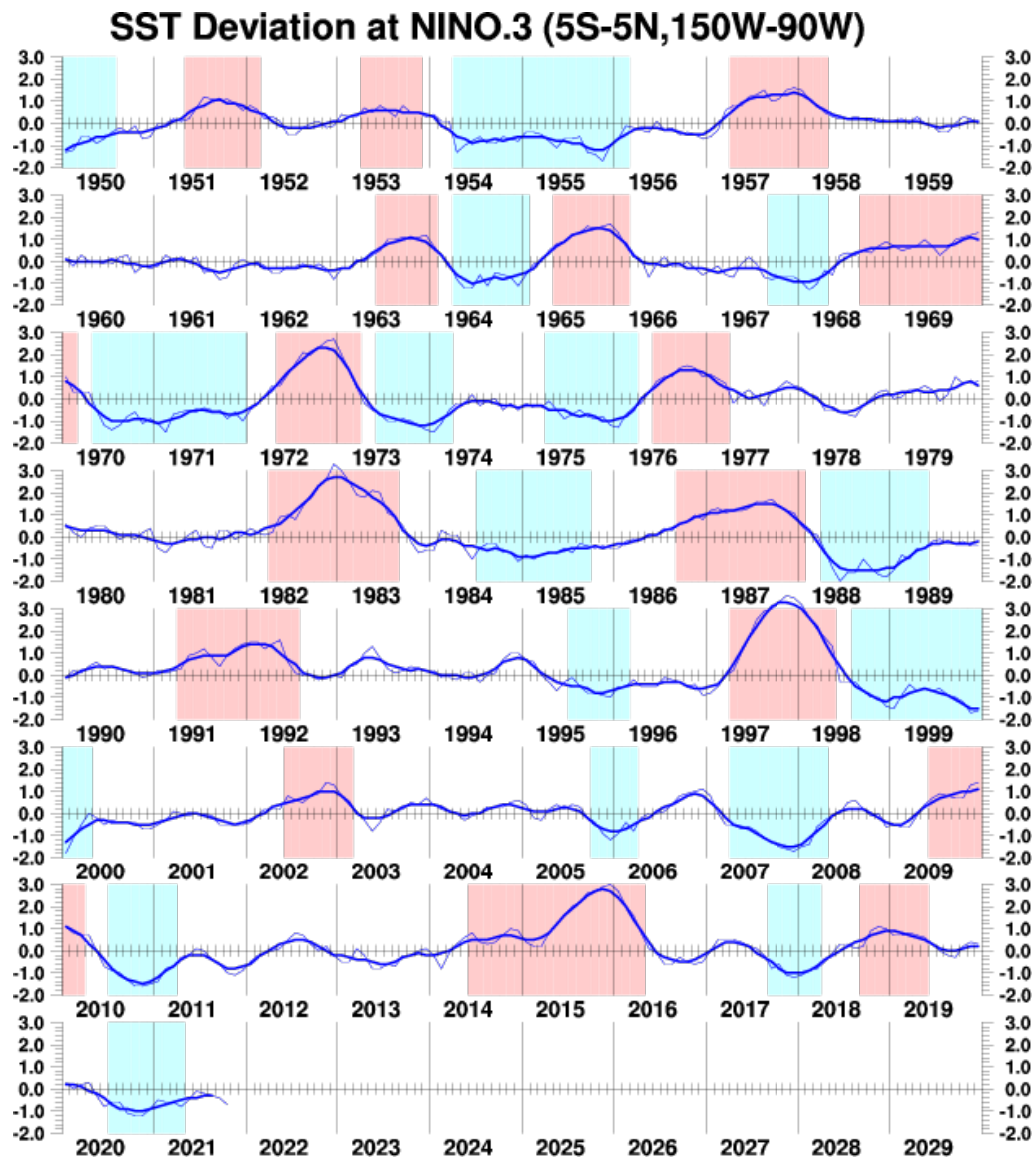
# エルニーニョ/ラニーニャ(海水温、海面水温(偏差))



# エルニーニョ監視海域



# エルニーニョ監視域における海面水温(偏差)の経年変化

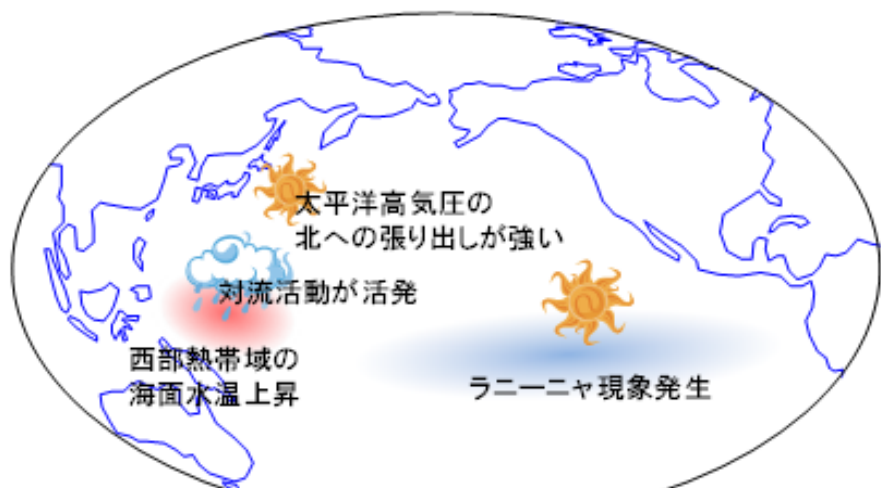




エルニーニョ現象の夏季の天候への影響



エルニーニョ現象の冬季の天候への影響



ラニーニャ現象の夏季の天候への影響

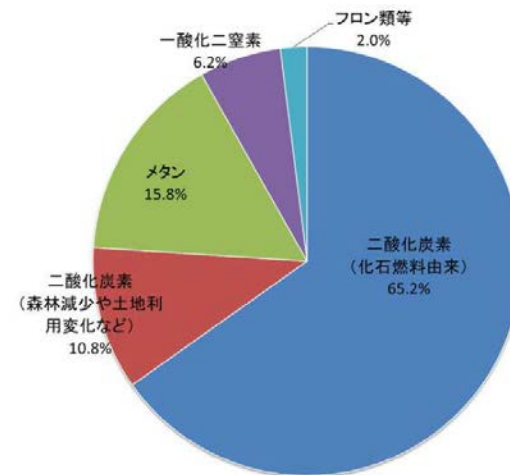
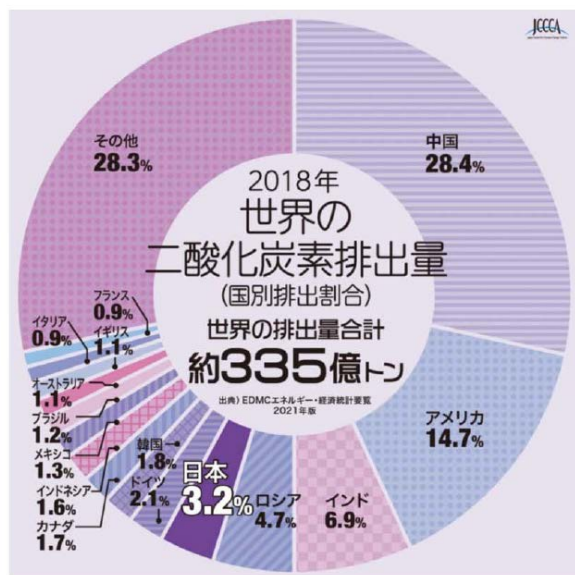


ラニーニャ現象の冬季の天候への影響

「我が国は、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを、ここに宣言いたします」（2020年10月におこなわれた菅総理の所信表明演説）

**カーボンニュートラル**：温室効果ガスの排出量と吸収量を均衡させること

2018年度のがわ国の二酸化炭素の総排出量は、11億3.800万トン、一人あたりでは約9トン



人為起源の温室効果ガスの総排出量に占めるガスの種類別の割合  
(2010年の二酸化炭素換算量での数値：IPCC第5次評価報告書より作図)

出典)EDMC／エネルギー・経済統計要覧2021年版

国連気候変動枠組条約第26回締約国会議(COP26)、岸田総理出席。  
「化石賞」



# 気候変化の要因

地球の気候はなぜ変化するのか？

気候変化には3つの外部要因がある。

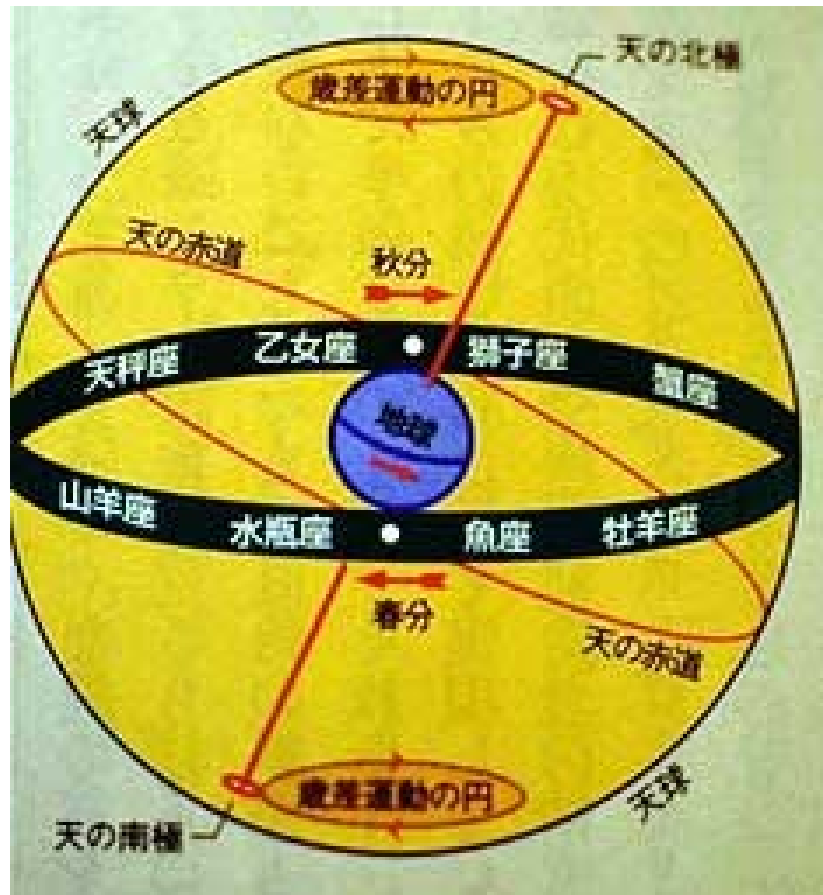
- (1) 入射する太陽放射の変化
- (2) 大気組成の変化
- (3) 地表の変化

自然現象はこれら3つすべての仕組みで気候を変化させ  
うるのに対し、人間活動はそのうち、第2と第3の両者の仕  
組みによって気候を変化させうる。

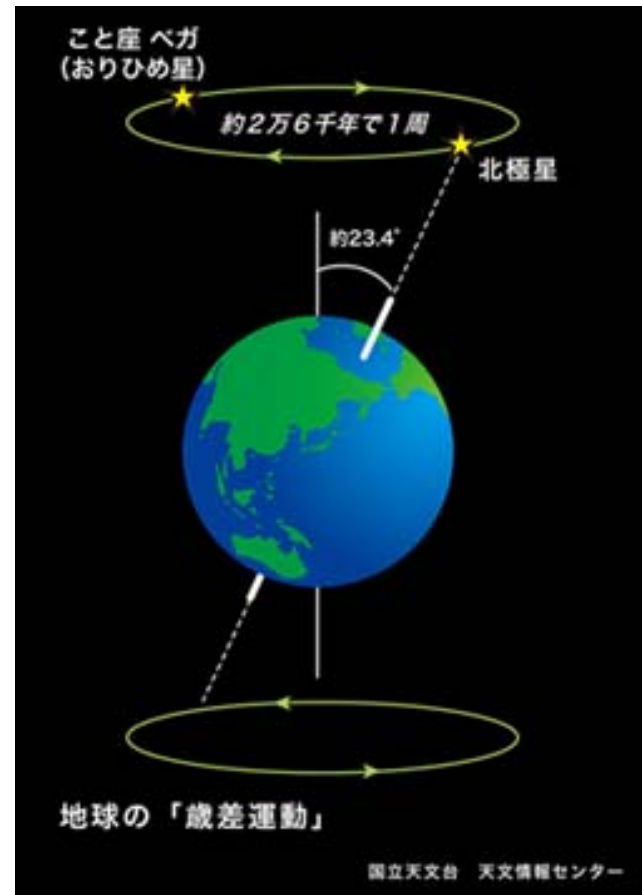
こうした「外的な」要因に加え、気候システム内でエネルギー  
再配分を行う海洋や大気の循環パターンの変化など、気候変化  
の「内的な」要因がある。

# 歳差運動

地軸の首振り運動



(大地 舜ホームページ)

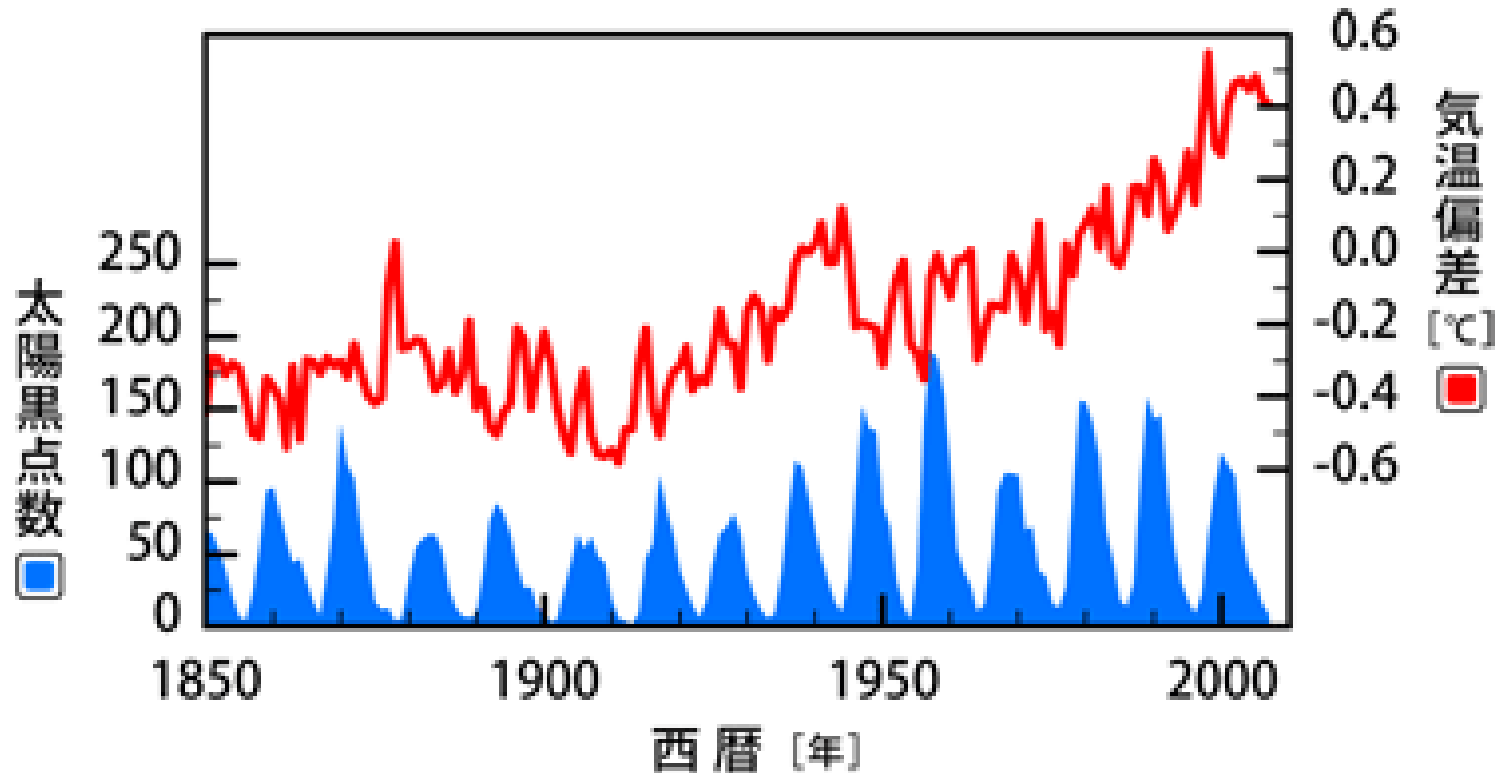


(国立天文台 天文情報センター)

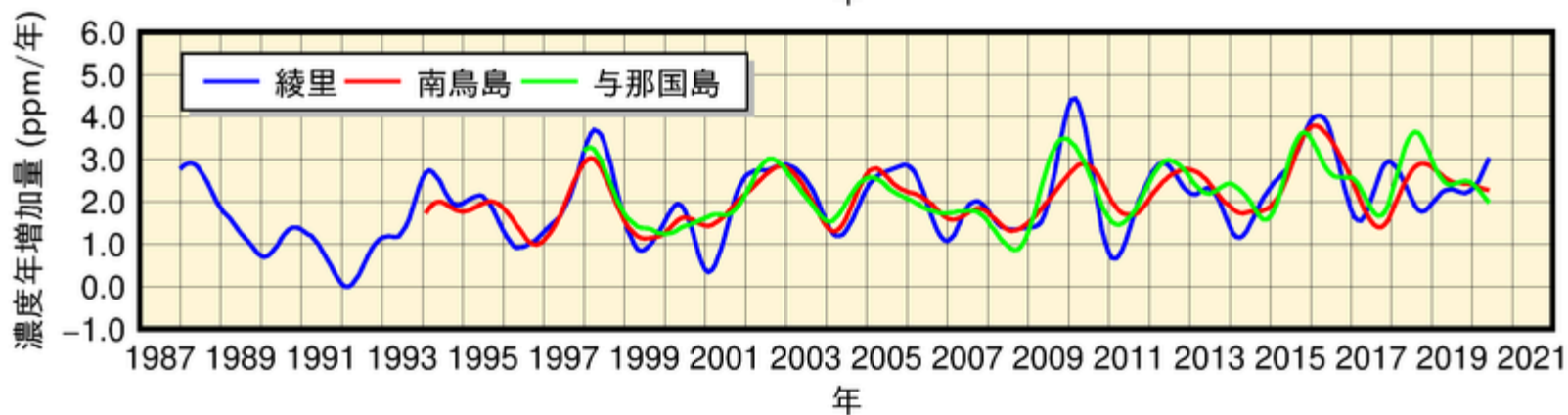
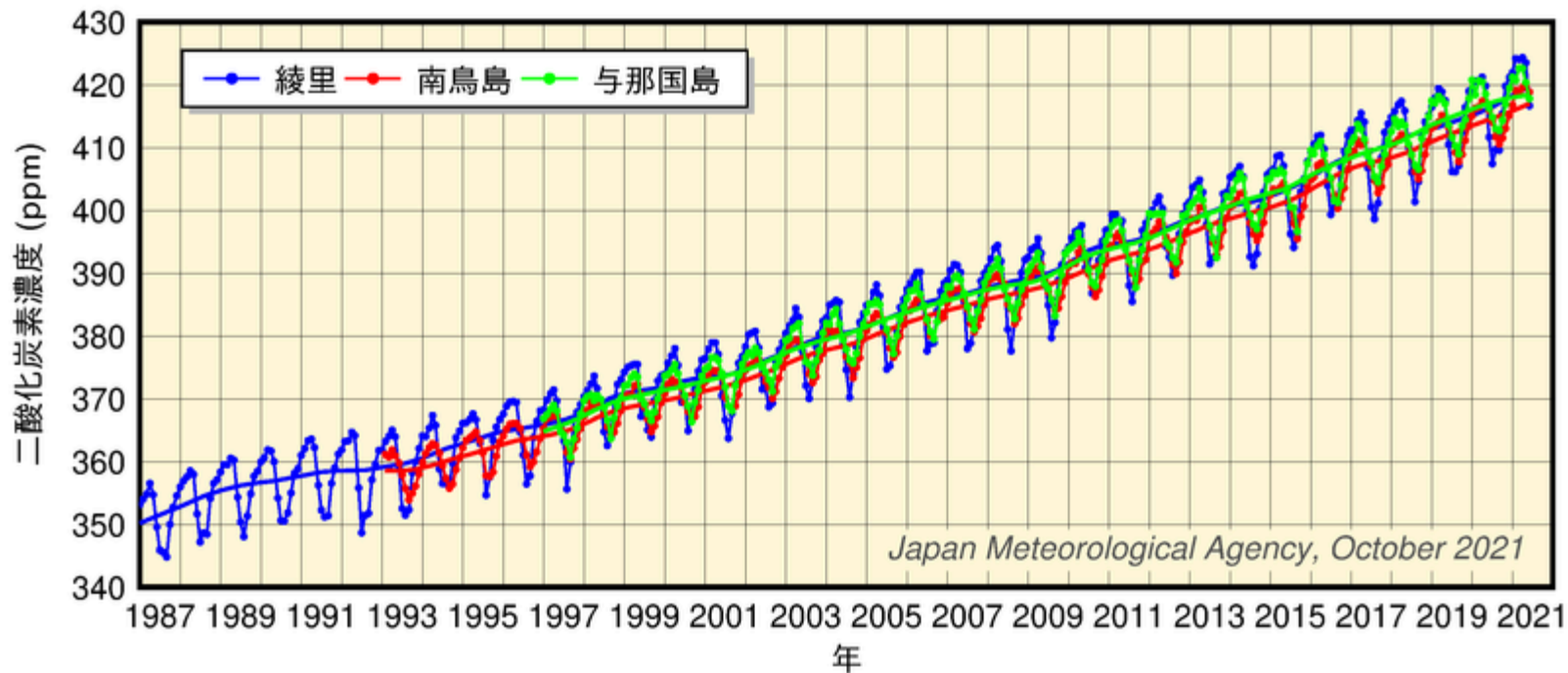
# 太陽黒点数と地球の平均気温の変化

(Solar Influences Data analysis Center)

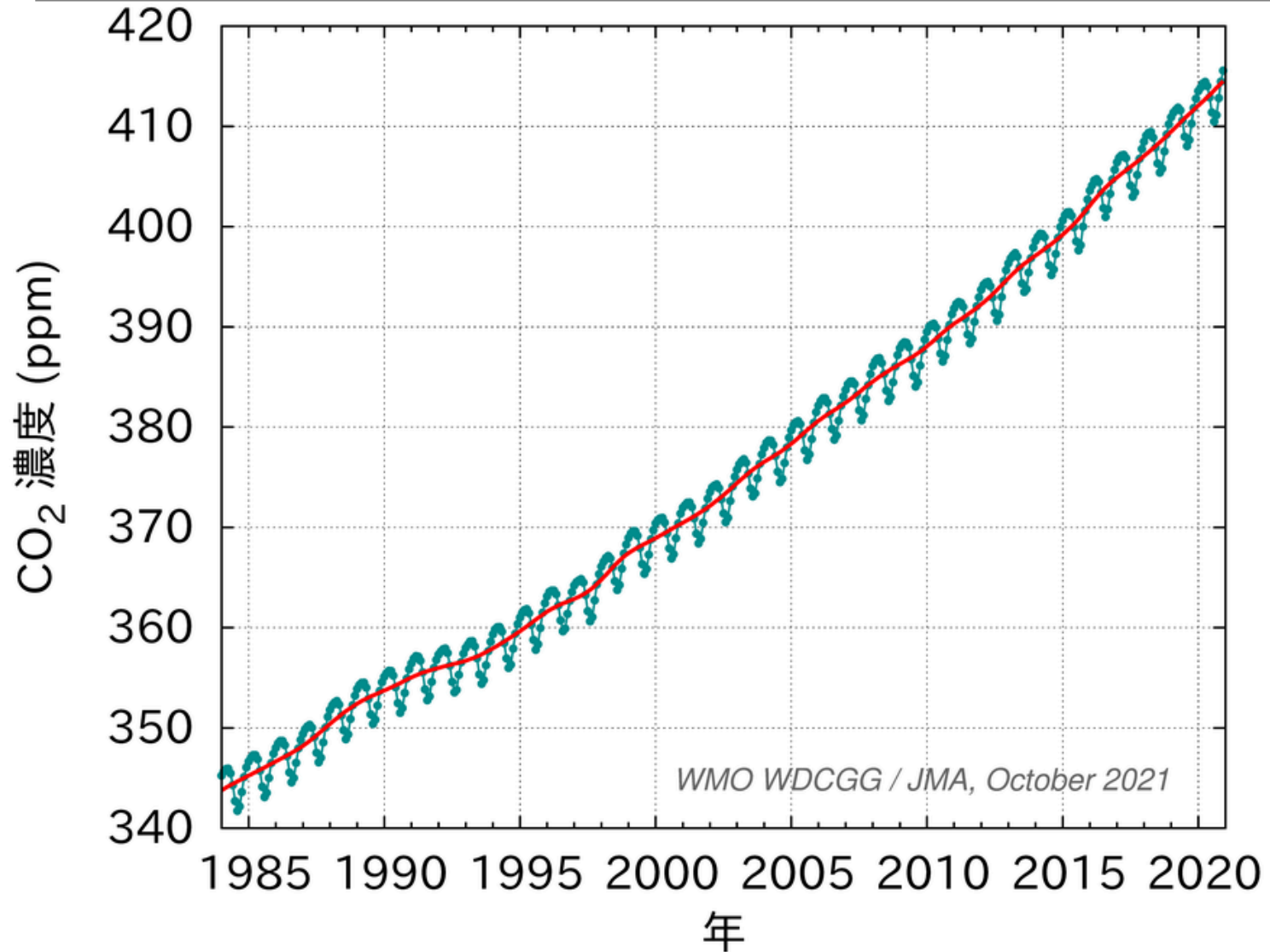
両者に特別な相関は見られない



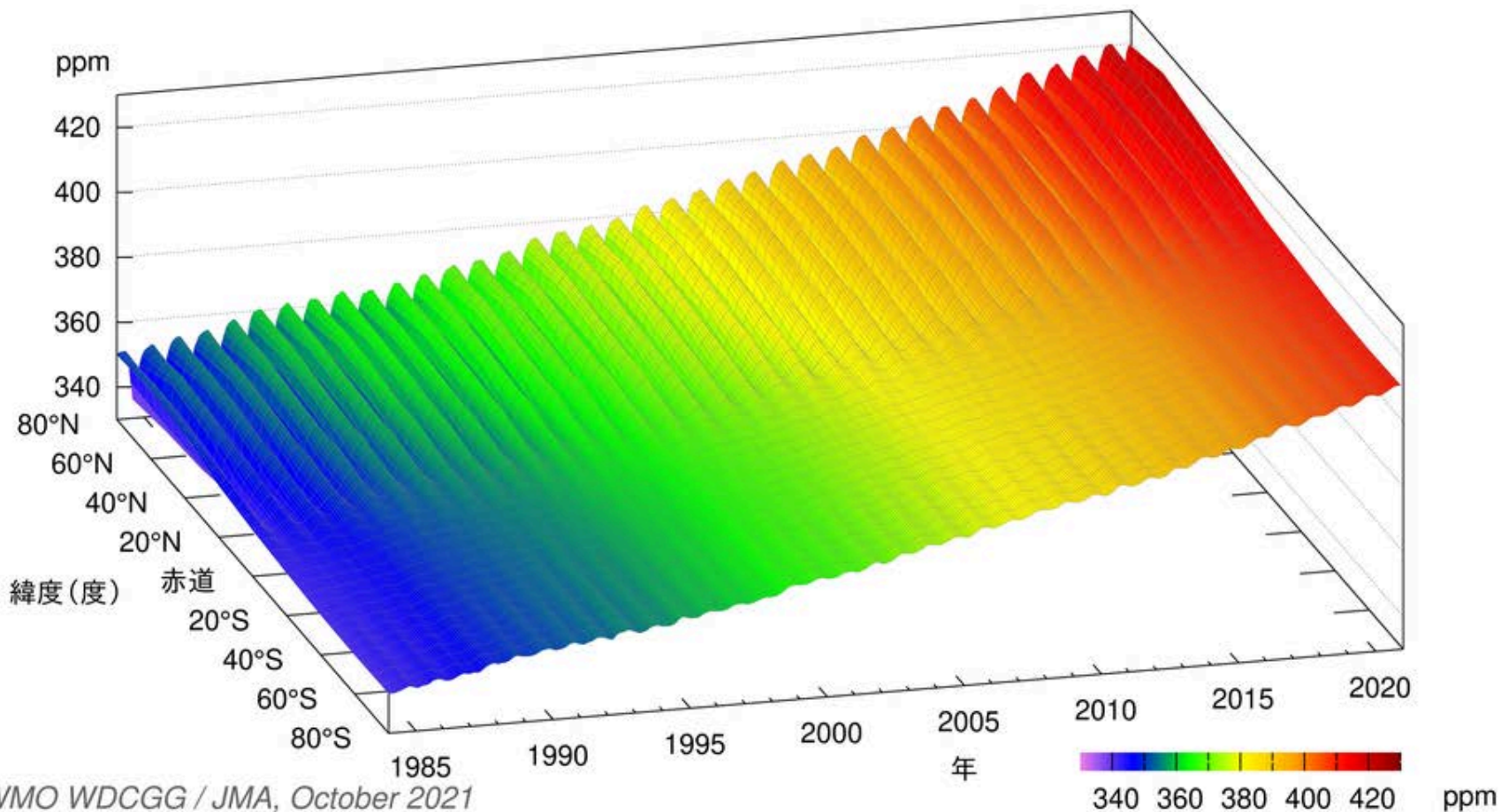
# 日本国内におけるCO<sub>2</sub>の経年変化



# 地球全体のCO<sub>2</sub>の経年変化



# 地球規模で見たCO<sub>2</sub>の増加

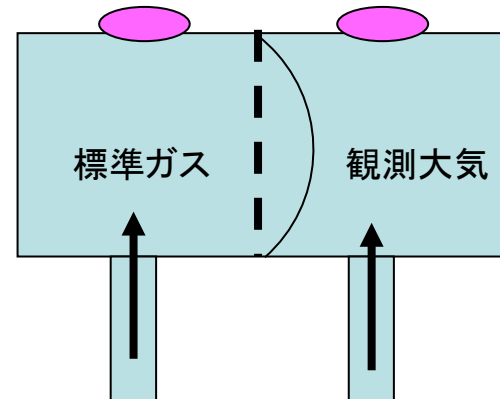


# CO2の赤外線吸収特性を利用した分析計



地球温暖化の大元、  
炭酸ガスの濃度測定の方法

赤外線ランプ



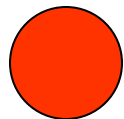
# 温室効果とは

- 地表から上空に向う赤外エネルギーを、上空の水蒸気やCO<sub>2</sub>(温室効果ガスと呼ばれる)が吸収して、下向きに再放射することにより、その下層および地上が暖まること。
- 「温室」の中が暖かいのは、ガラスで囲まれているため熱が逃げにくいいためである。
- 「温室効果」という用語は、温室効果ガスの役割を分かりやすい説明したものであり、上記の意味の温室効果とは異なる。



# 温室効果の概念図

太陽



放射(赤外線)

約30%

地表面や大気による反射

太陽常数

100%

地表面からの**赤外放射**の大部分は、温室効果ガスによって**吸収**され、**再放射**される。その結果、地表面と下層大気が暖められる。

太陽放射は地表面を暖める

地球から**赤外線**が放射される

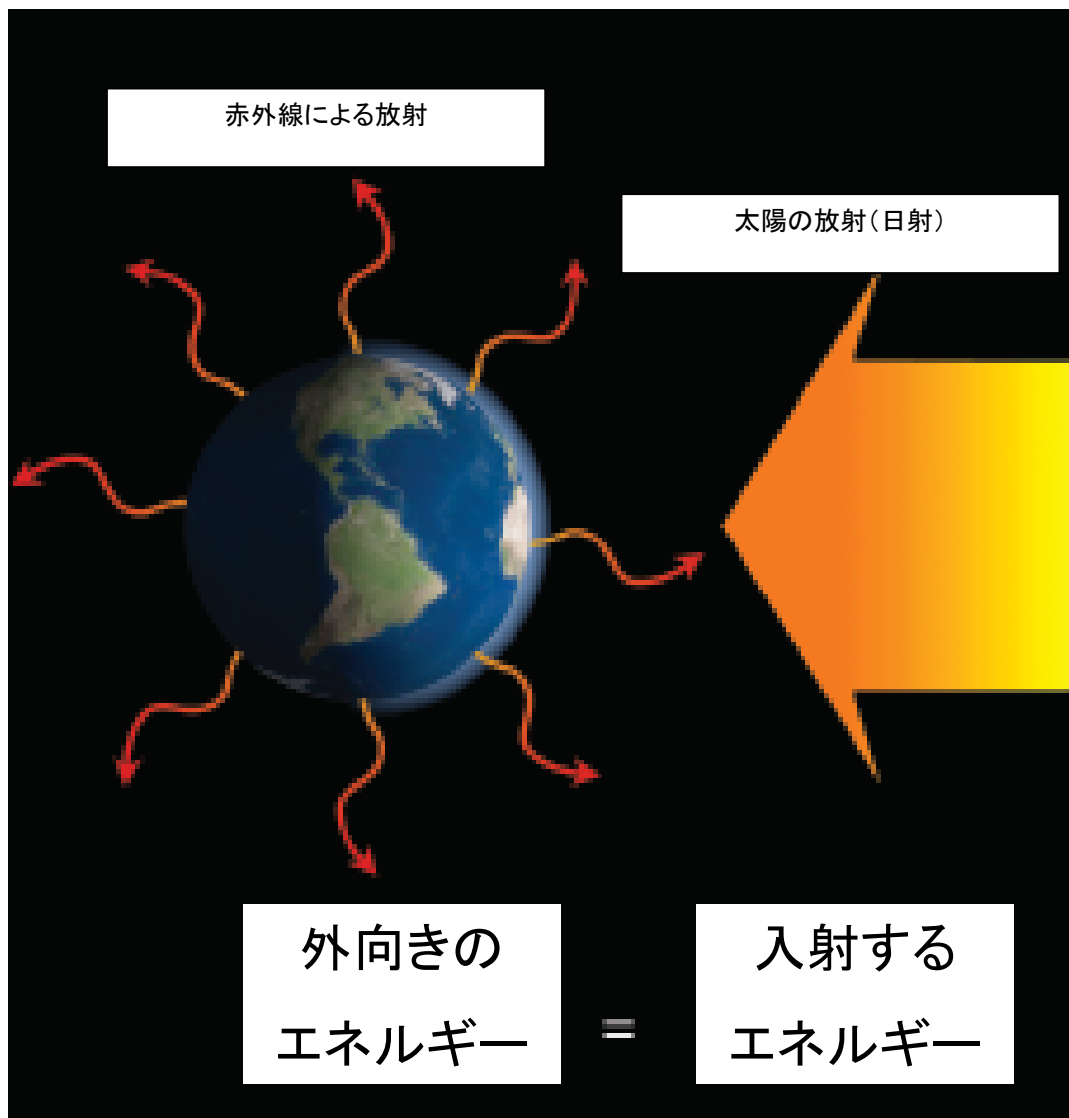
大気は太陽放射の大部分を透過させる

地球

大気

- ・もし温室効果ガスが存在しなければ、地上平均気温は $-15^{\circ}\text{C}$
- ・現在の地上平均気温は $+18^{\circ}\text{C}$
- ・この差約33度が、温室効果

# 地球のエネルギー放射平衡



## 入射するエネルギー

- ・太陽の放射(日射)
- ・可視光線
- ・短波長放射(あるいは太陽放射)と呼ばれる

## 外向きのエネルギー

- ・地面、空中からの赤外放射
- ・赤外線
- ・長波長放射(あるいは地球放射)と呼ばれる

最新気象百科(丸善)より

# 温室効果の概念図

太陽受熱量＝地球放射量

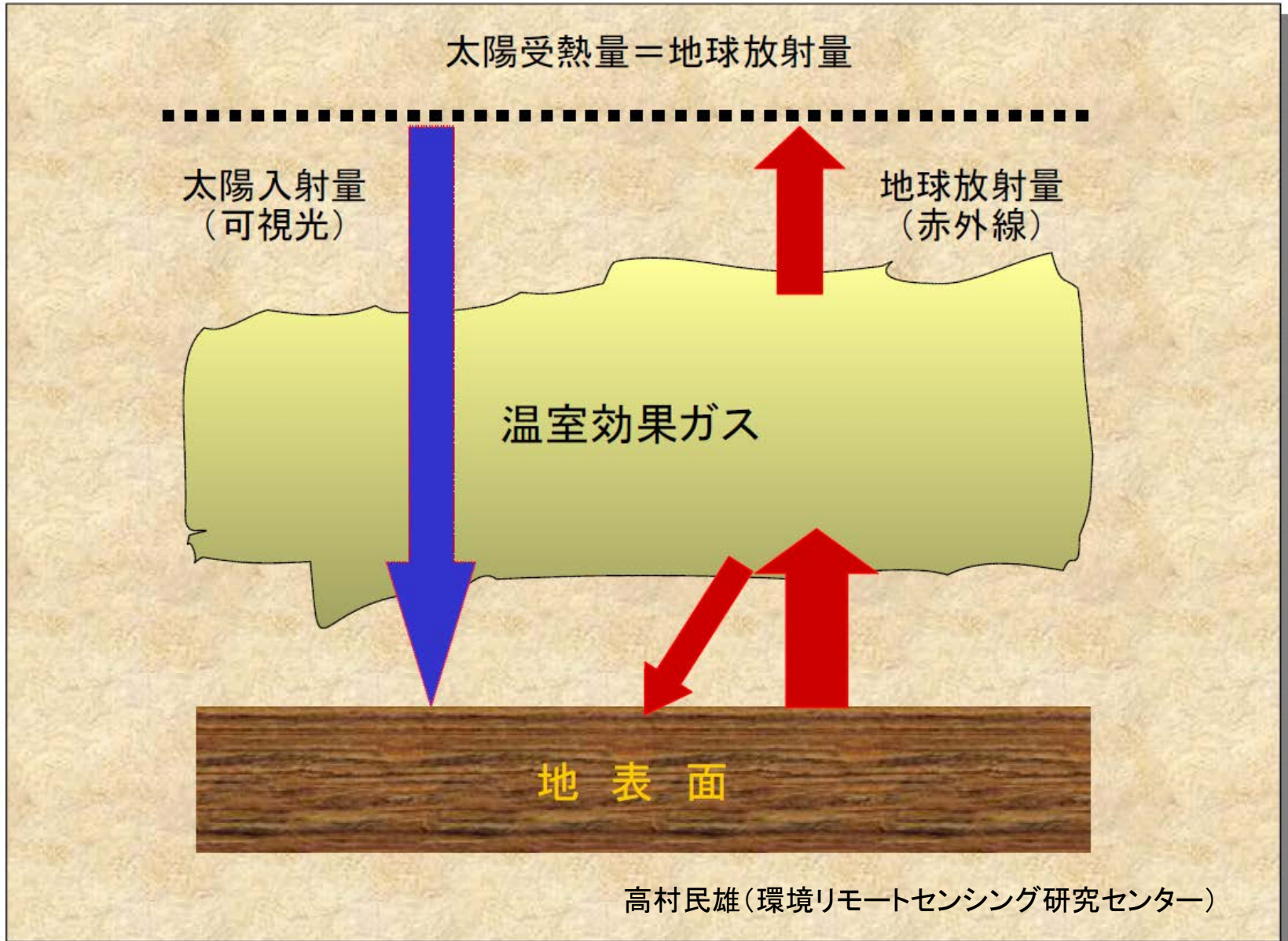
太陽入射量  
(可視光)

地球放射量  
(赤外線)

温室効果ガス

地表面

高村民雄(環境リモートセンシング研究センター)



# 水蒸気—温室フィードバック

- ・ 水蒸気の増加により、地球からの赤外エネルギーをより一層吸収し、大気の温室効果を強化する。この温室効果の強化は気温をさらに上昇させ、そのことが大気への水蒸気蒸発をいっそう促進する。
- ・ 温室効果がいっそう強化されるにしたがって気温も一層上昇する。この状況は**水蒸気—温室フィードバック** water vapor-greenhouse feedbackとして知られている(水蒸気—昇温フィードバックとも呼ばれる)。**正のフィードバック機構** positive feedback mechanismを表す。
- ・ このフィードバックを抑制しないまま放置されると海が干上がるまで地球の温度は上昇する可能性がある。
- ・ そうした連鎖反応は暴走温室効果と呼ばれる。

# 雪氷ーアルベドフィードバック

地上気温の上昇が極域の雪氷を融解させると考える。この融解は地表面のアルベド(反射率)を減少させ、地表がより多くの太陽エネルギーを吸収でき、そのことが更に温度を上昇させる。これも正のフィードバック機構である。

# 負のフィードバック機構

- 正のフィードバック機構への反作用を行うのが**負のフィードバック機構** negative feedback mechanism、すなわち、変動要素の間の相互作用を強化しないで弱める方向に働く仕組みである。
- 例えば、地表が暖まると、より多くの赤外放射を射出する。地表からの射出エネルギーの増大は温度上昇をかなり抑制し、気候を安定化する助けとなる。

# 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)

4

## 1. IPCCとは

IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change (気候変動に関する政府間パネル)

- **設立** 世界気象機関(WMO)及び国連環境計画(UNEP)により1988年に設立された国連の組織
- **任務** 各国の政府から推薦された科学者の参加のもと、地球温暖化に関する科学的・技術的・社会経済的な評価を行い、得られた知見を政策決定者を始め広く一般に利用してもらうこと
- **構成** 最高決議機関である総会、3つの作業部会及びインベントリー・タスクフォースから構成

### IPCCの組織

IPCC  
総会

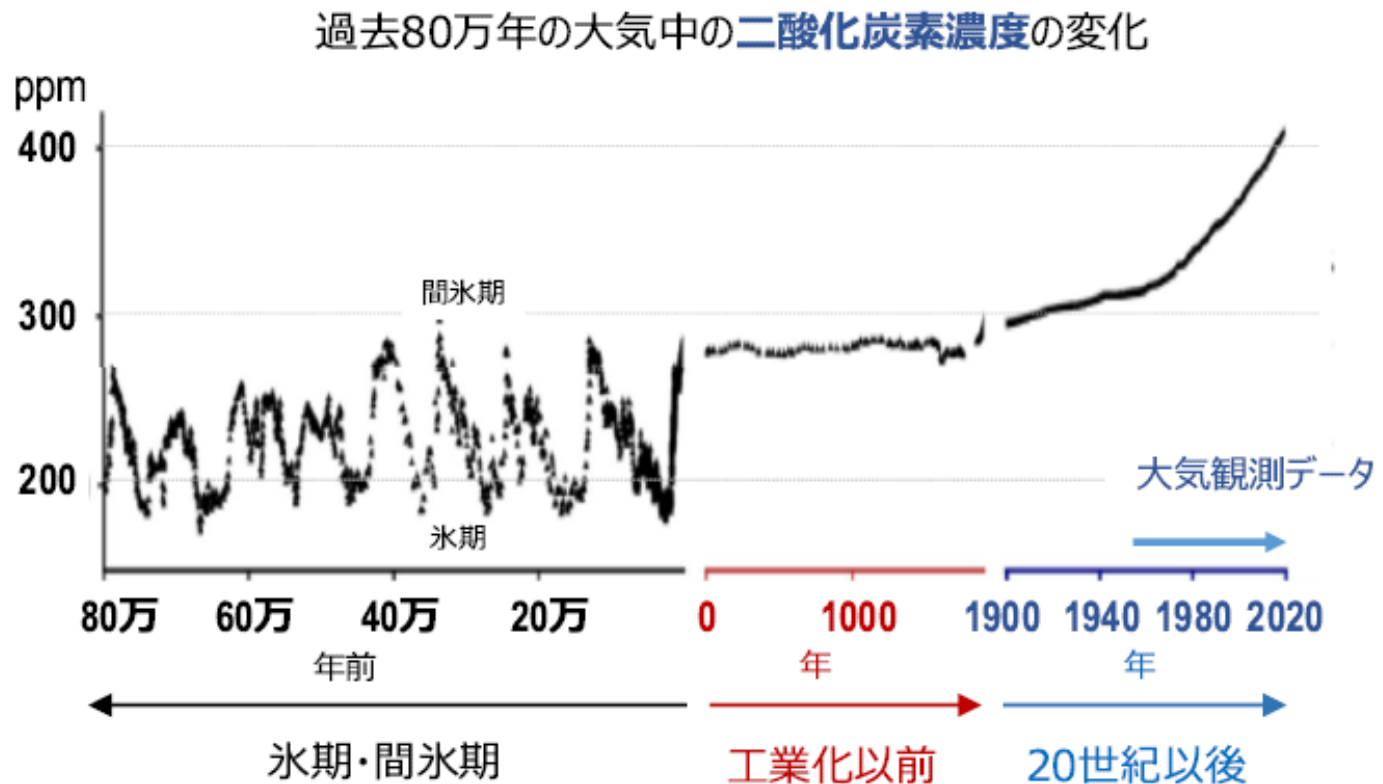
**第1作業部会(WG I) : 自然科学的根拠**  
気候システム及び気候変化についての評価を行う。

**第2作業部会(WG II) : 影響、適応、脆弱性**  
生態系、社会・経済等の各分野における影響及び適応策についての評価を行う。

**第3作業部会(WG III) : 気候変動の緩和(策)**  
気候変化に対する対策(緩和策)についての評価を行う。

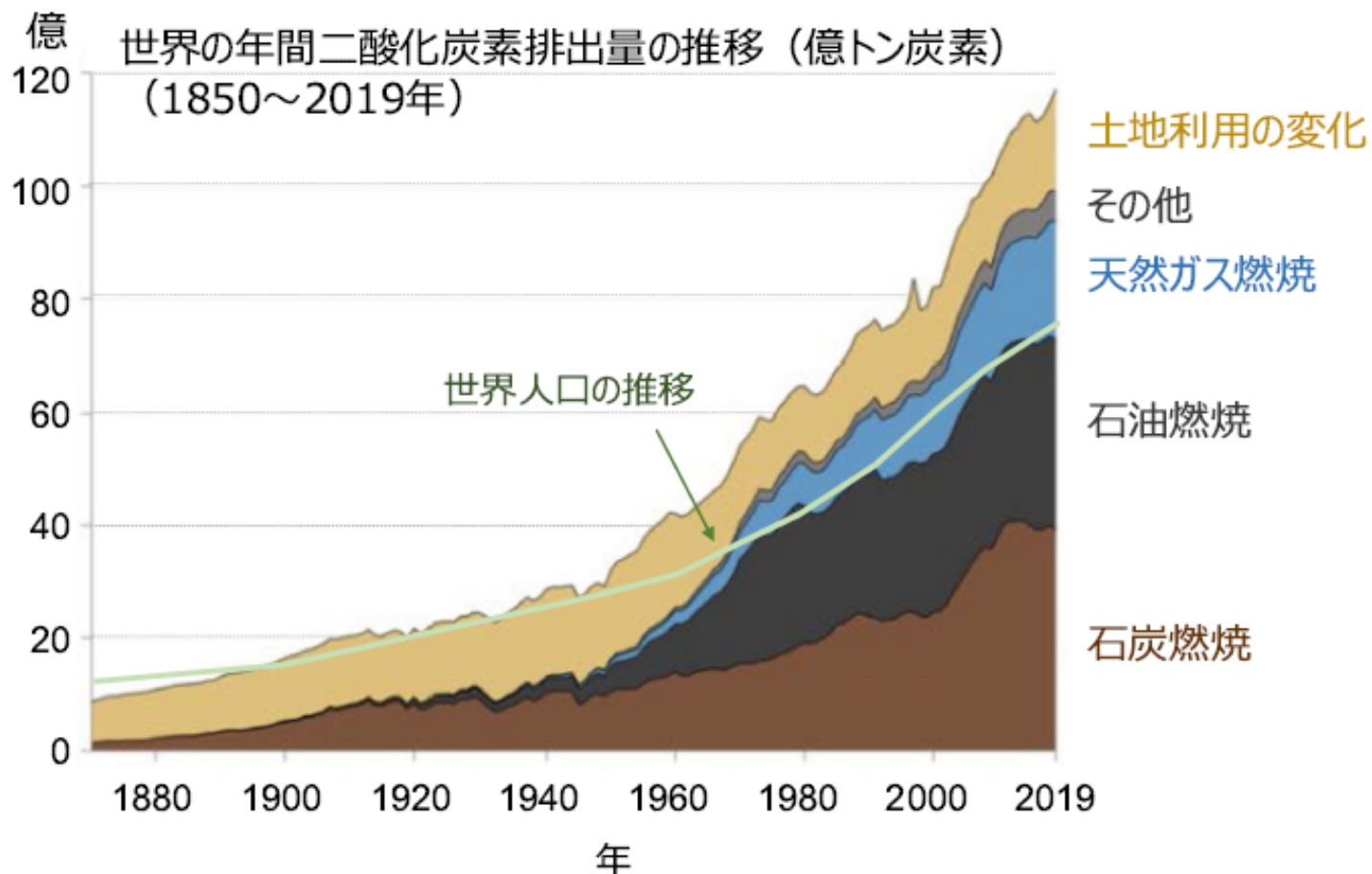
**インベントリー・タスクフォース**  
各国における温室効果ガス排出量・吸収量の目録に関する計画の運営委員会。

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。



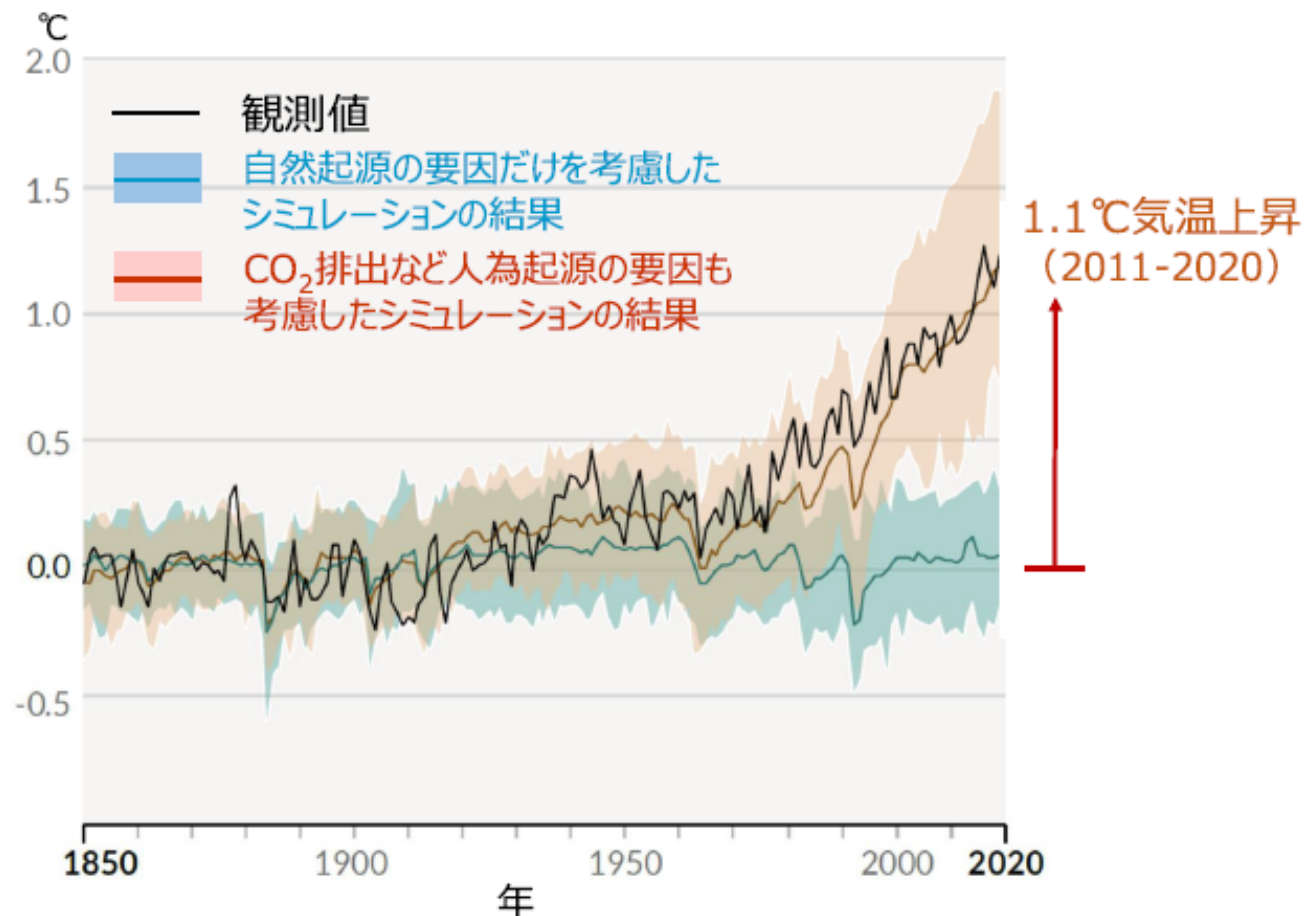


人類の産業活動による二酸化炭素の排出量は、  
20世紀中ごろから急激に増えてきた。



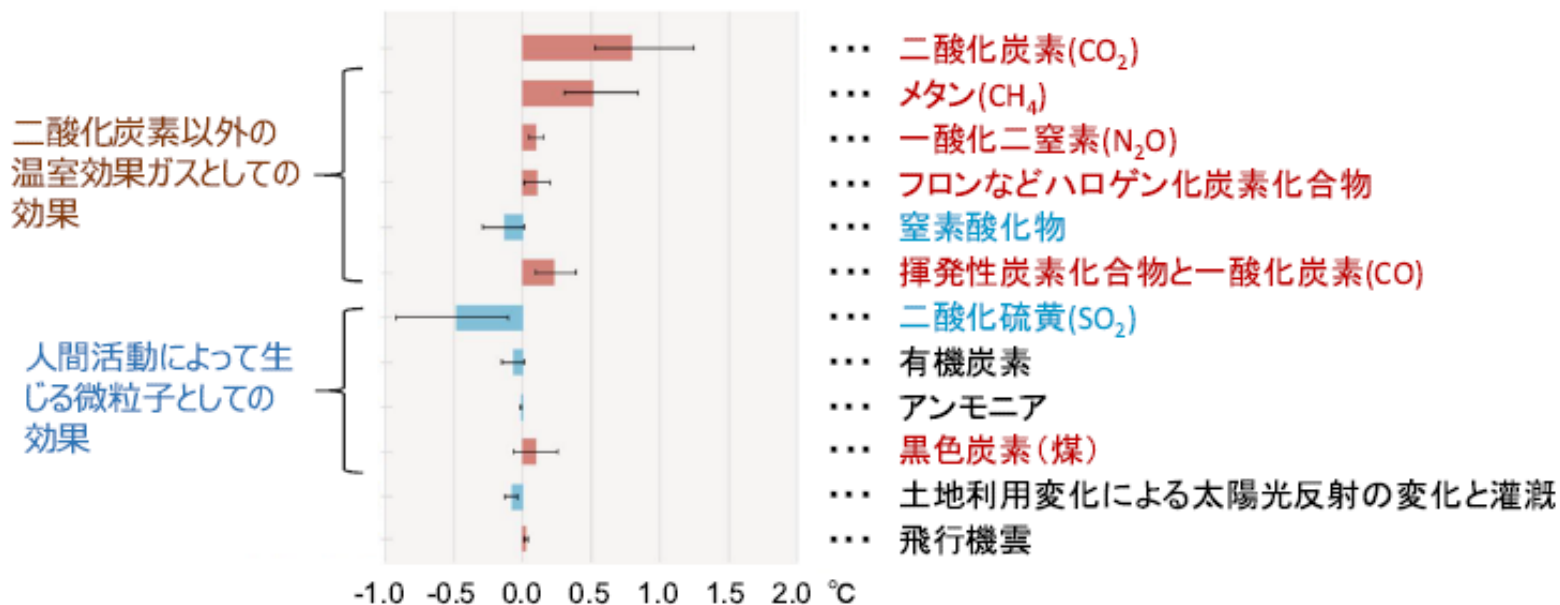
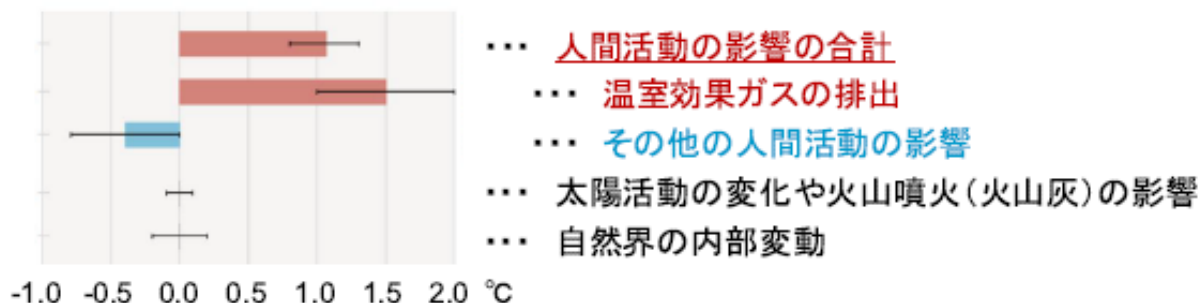
人間の影響は、少なくとも過去2000年間に前例のない速度で、  
気候を温暖化させてきた。

1850～1900年を基準とした世界平均気温（年平均）の推移

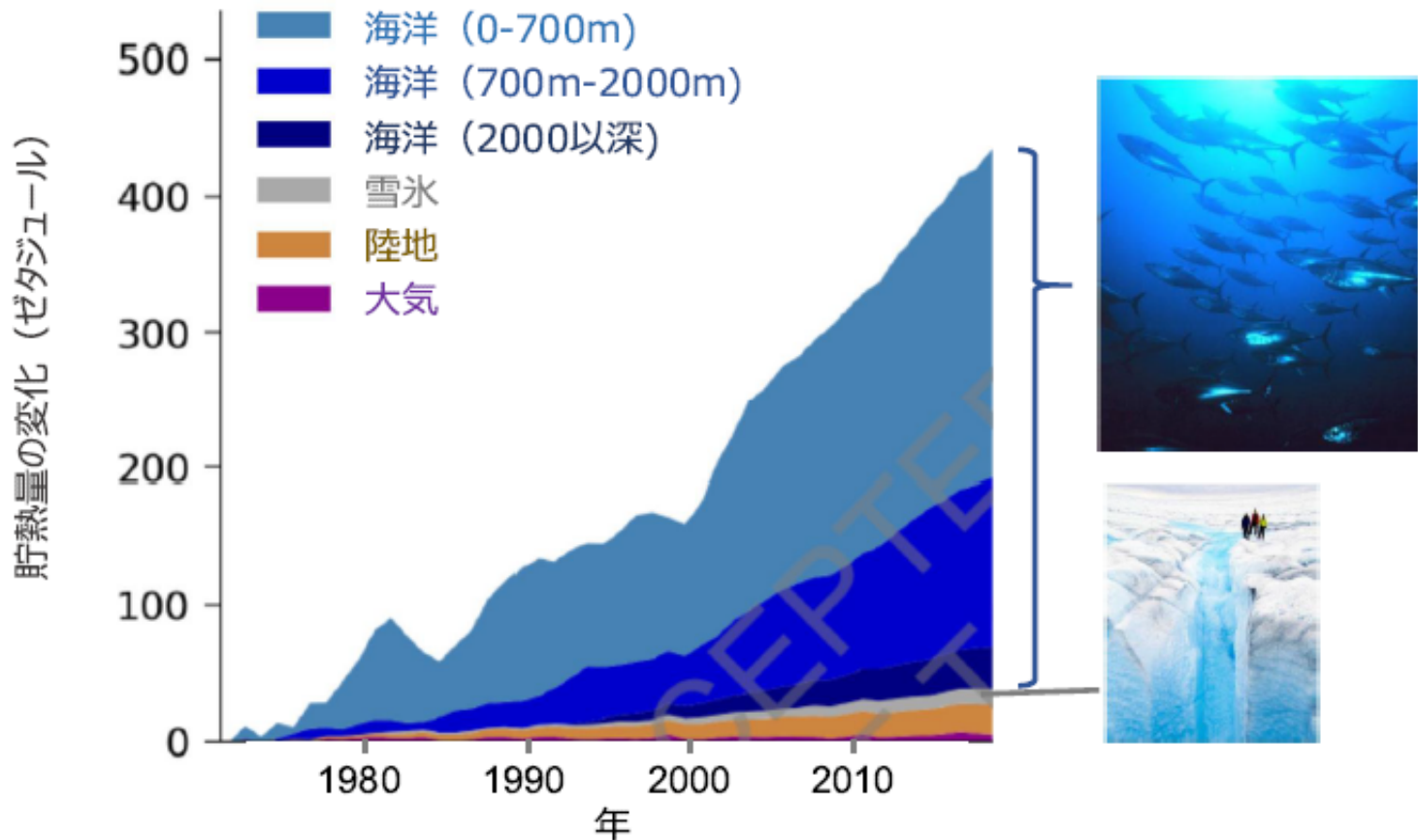


二酸化炭素の排出は、地球温暖化の主な原因である。しかし、原因はそれだけではない。大気中を浮遊する微粒子（エアロゾル）には冷却効果がある。

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)

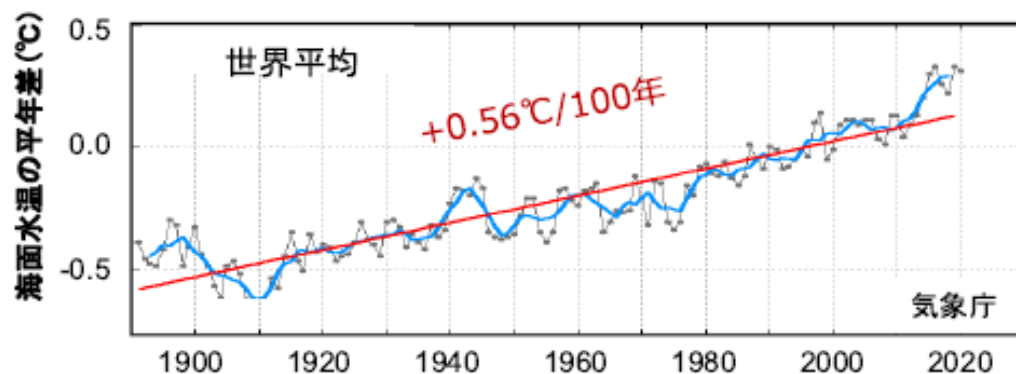


温暖化で地球に貯まった熱のおよそ90%は、海に貯まっている。  
(大気に貯まった熱の割合は少ない)



# 海の温暖化 (1) 日本近海でも進む海面水温の上昇

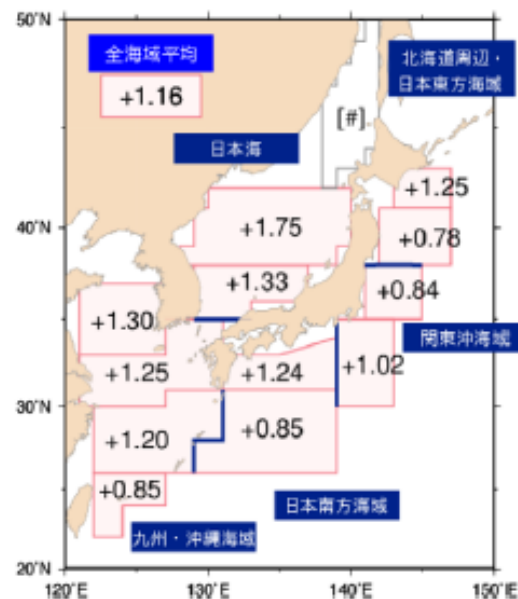
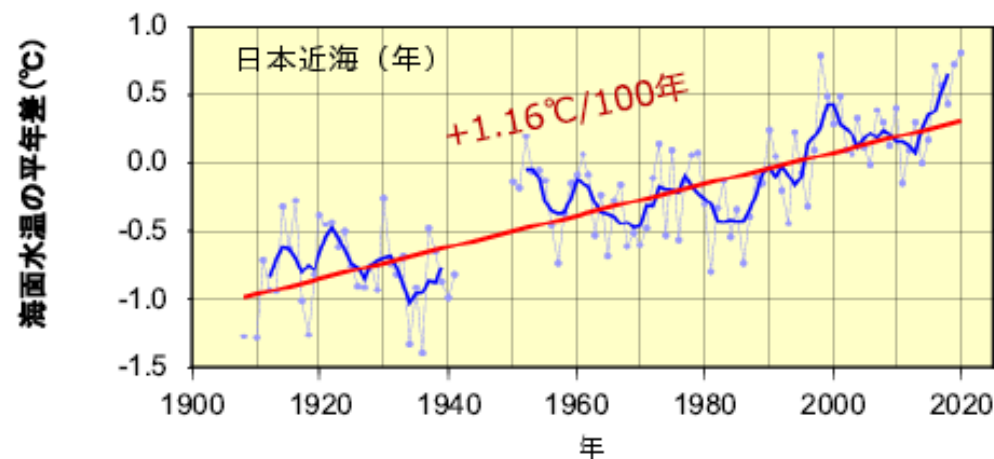
世界の海の年平均海面水温の平年差の推移



気象庁「海洋の健康診断表」  
[https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/index\\_sst.html](https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/index_sst.html)

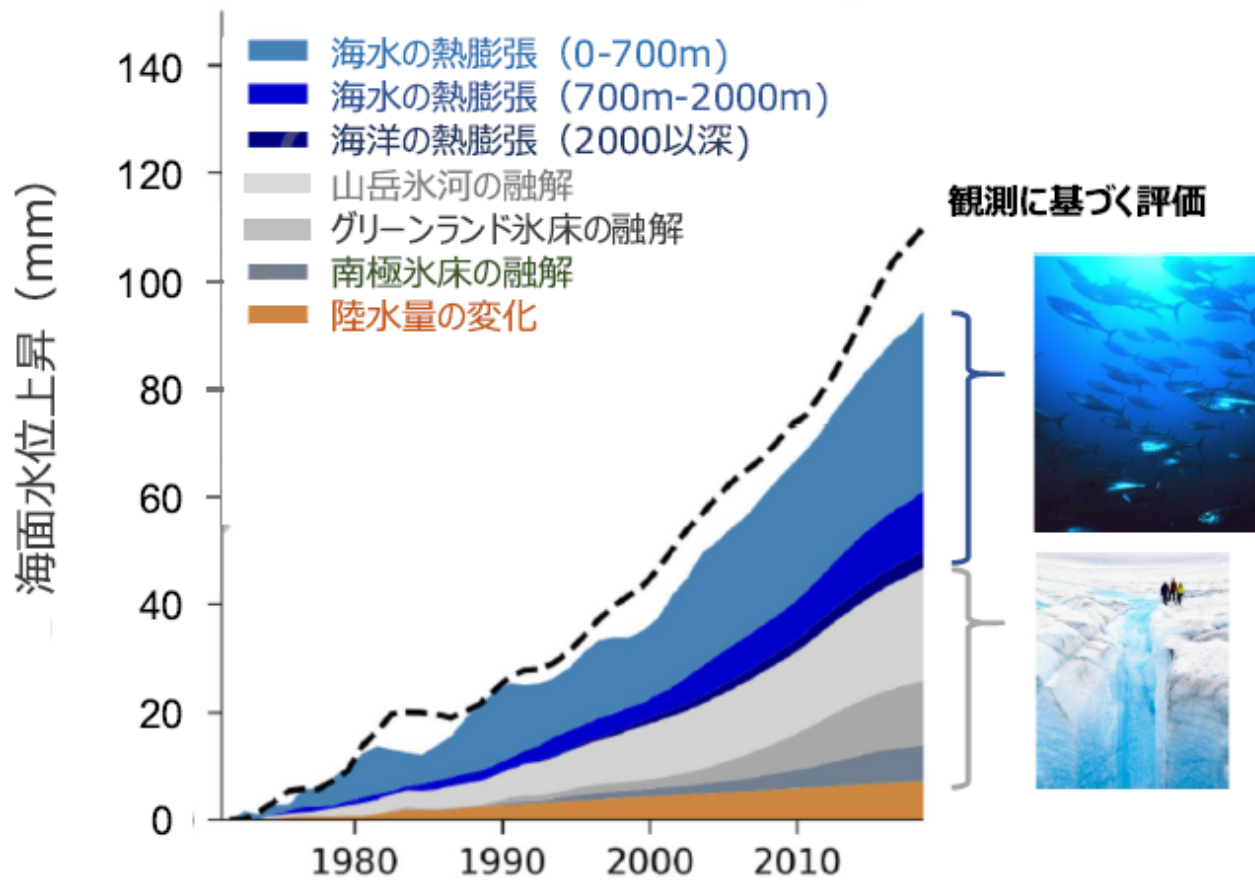
文部科学省・気象庁  
 「日本の気候変動2020」  
<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/index.html>

日本近海の年平均海面水温の平年差の推移



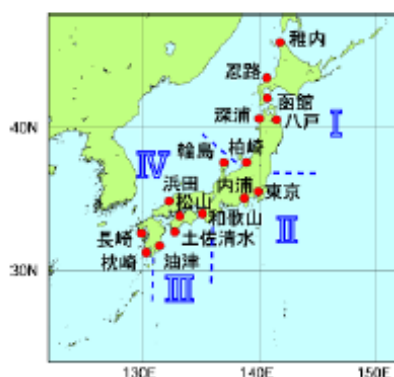
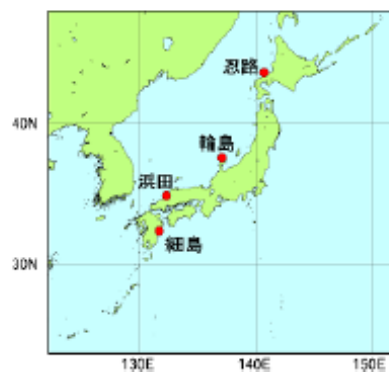
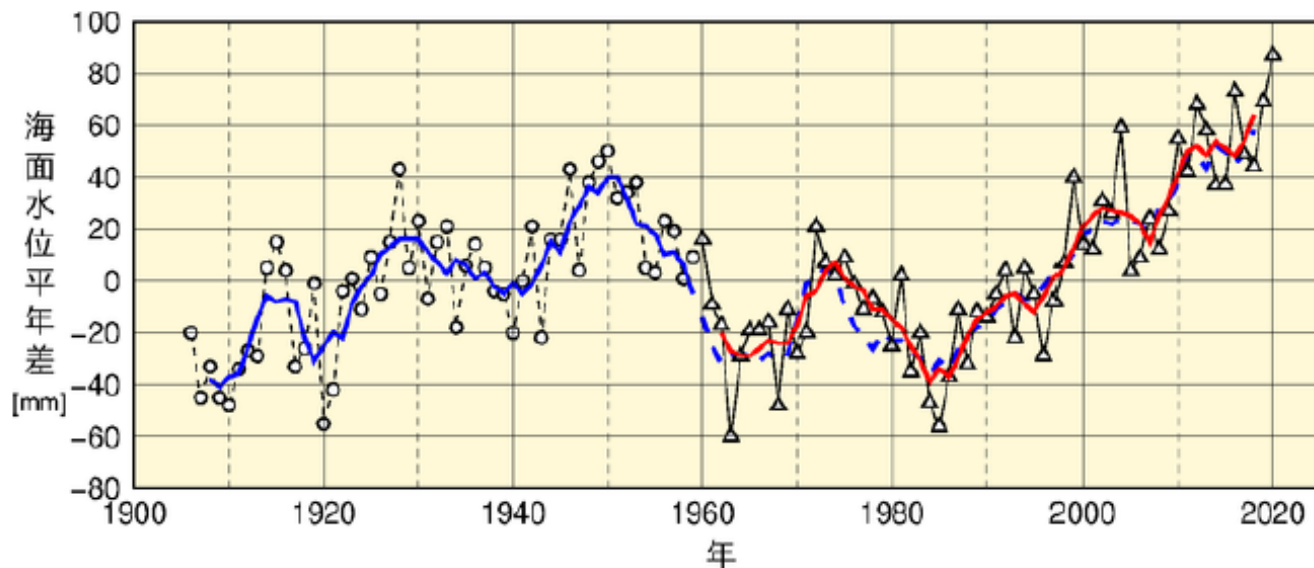
## 海の温暖化の影響 (2) 海面水位の上昇

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)

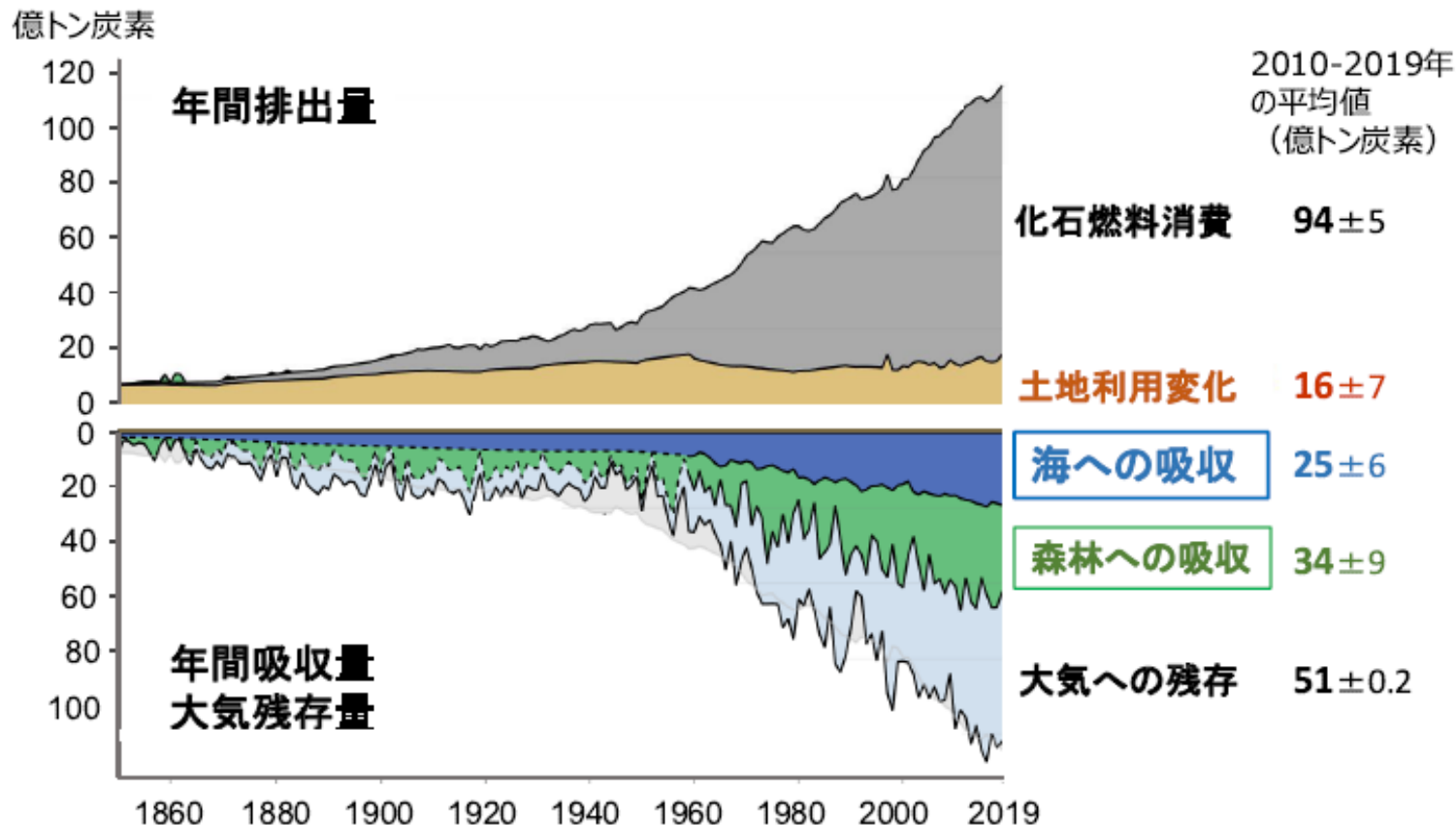


気象庁「海洋の健康診断表」  
[https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/index\\_sst.html](https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/index_sst.html)

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>

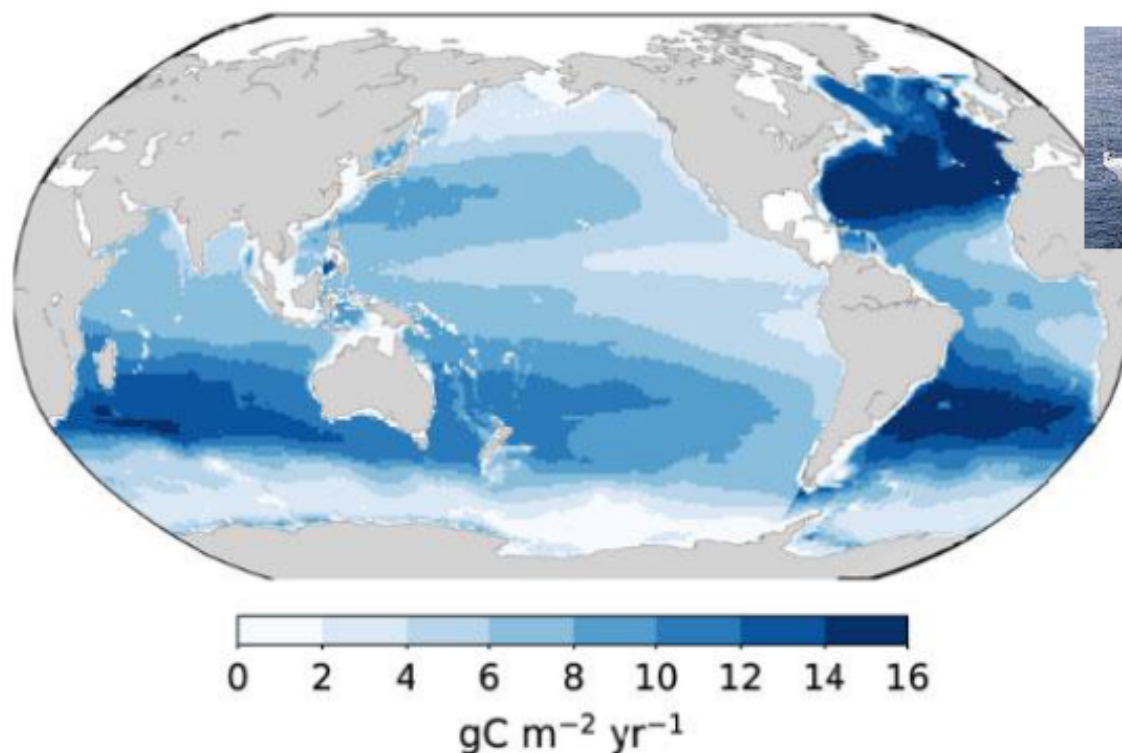


海や森林は、排出された二酸化炭素の半分以上を吸収することで、大気中の二酸化炭素濃度の増加を抑制し、温暖化を緩和している。しかし、二酸化炭素の大量排出が今後も続けば、海や森林による二酸化炭素の吸収割合は、減少すると予測されている。



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。

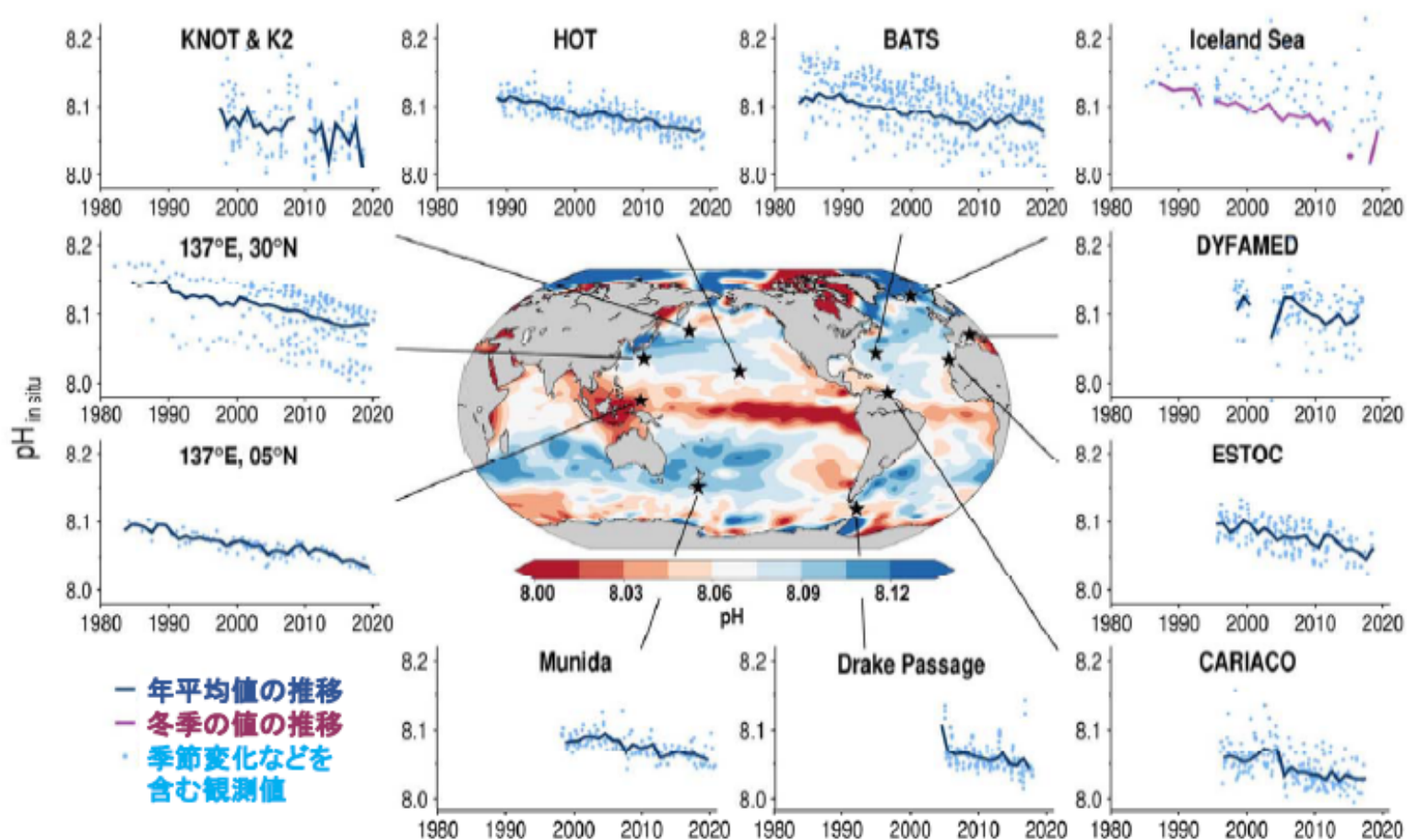
# 海水に二酸化炭素が溶けると・・・ 海水の酸性化



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



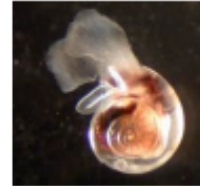
# 海洋酸性化 「もうひとつの二酸化炭素問題」

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

- ✓ 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



Pteropods  
翼足類



Mollusks  
軟体動物



Crustaceans  
甲殻類



Echinoderms  
棘皮動物

... など

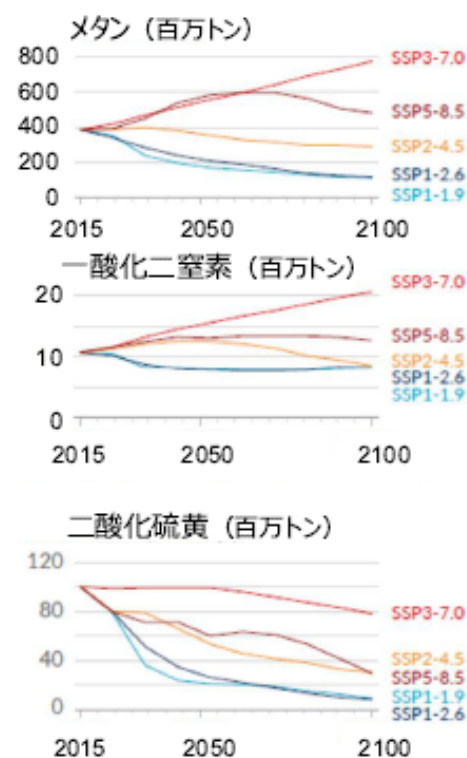
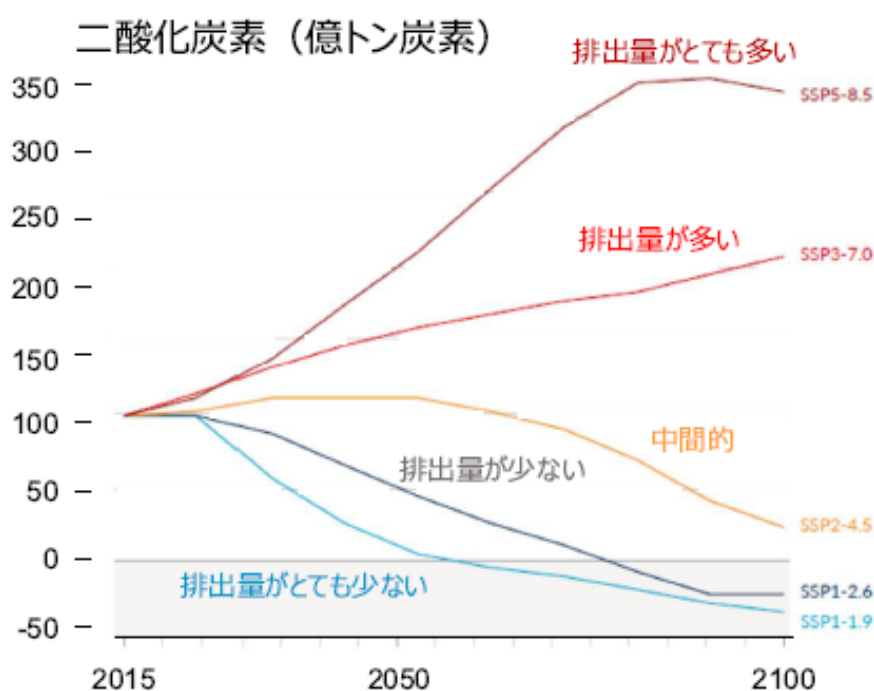
- ✓ 海洋生態系の変化
- ✓ 水産資源への影響
- ✓ 食糧安全保障問題

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



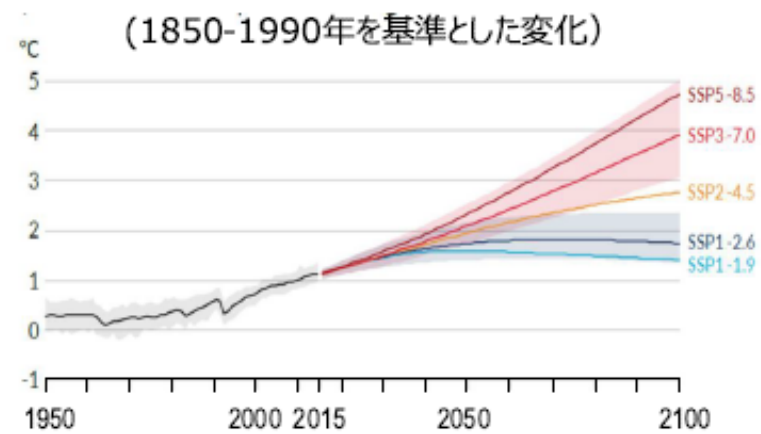
# 今後の大気中の二酸化炭素濃度等や排出量に関する さまざまなシナリオ.

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

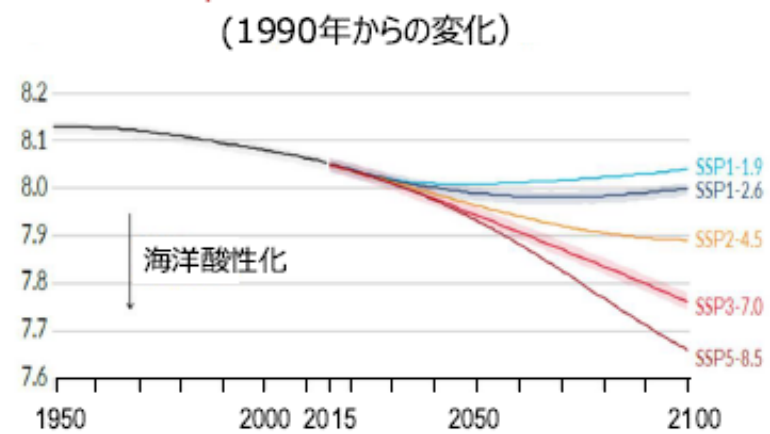


# さまざまなシナリオにおける気温上昇・海洋酸性化・海面水位上昇

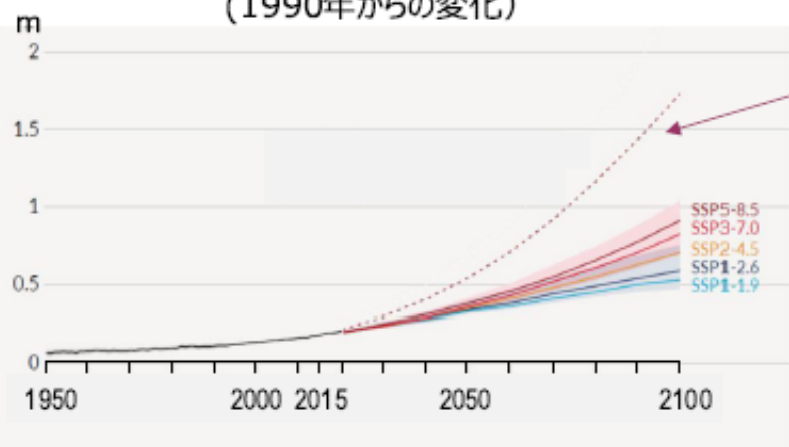
### 表面気温上昇の世界平均の推移 (1850-1990年を基準とした変化)



### 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。

