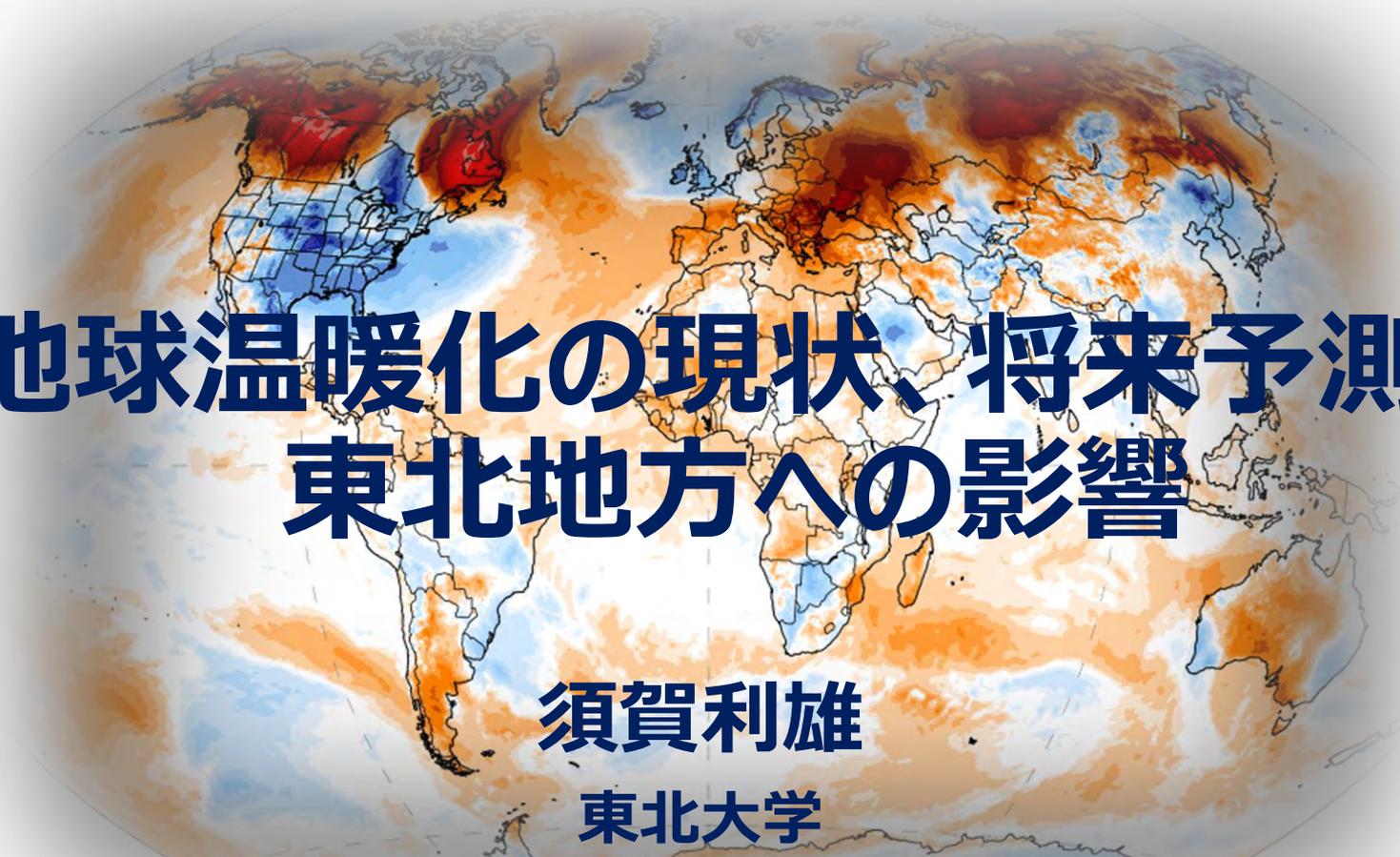


『未来デザイン塾』海洋と人の共生を目指す未来社会のデザイン ワークショップ&公開イベント

「みんなのコラボで創る、人と海が共生する未来型沿岸地域社会」

2025年2月22日（土） 東北大学片平キャンパス材料科学高等研究所(AIMR)



# 地球温暖化の現状、将来予測と 東北地方への影響

須賀利雄

東北大学

大学院理学研究科／変動海洋エコシステム高等研究所

# 本日の話の概要

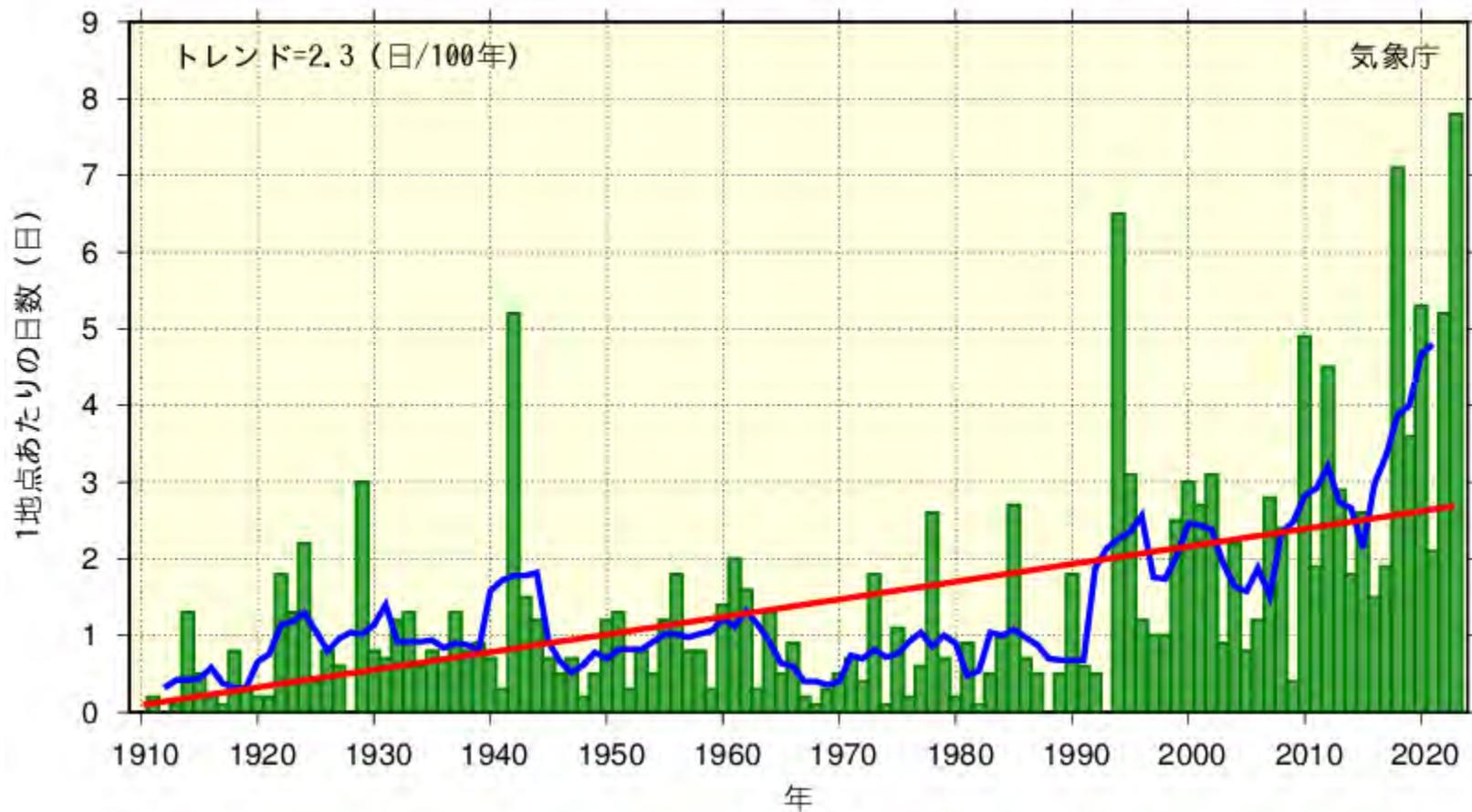
猛暑、豪雨の頻発、海産物の変化などが、地球温暖化とどのように関係しているかについて解説するとともに、将来予測について紹介する。

1. 猛暑と地球温暖化
2. 地球温暖化は気候システムの変化
3. 海の変化とその影響
4. 将来予測

# 1. 猛暑と地球温暖化

極端な高温の出現頻度が増している

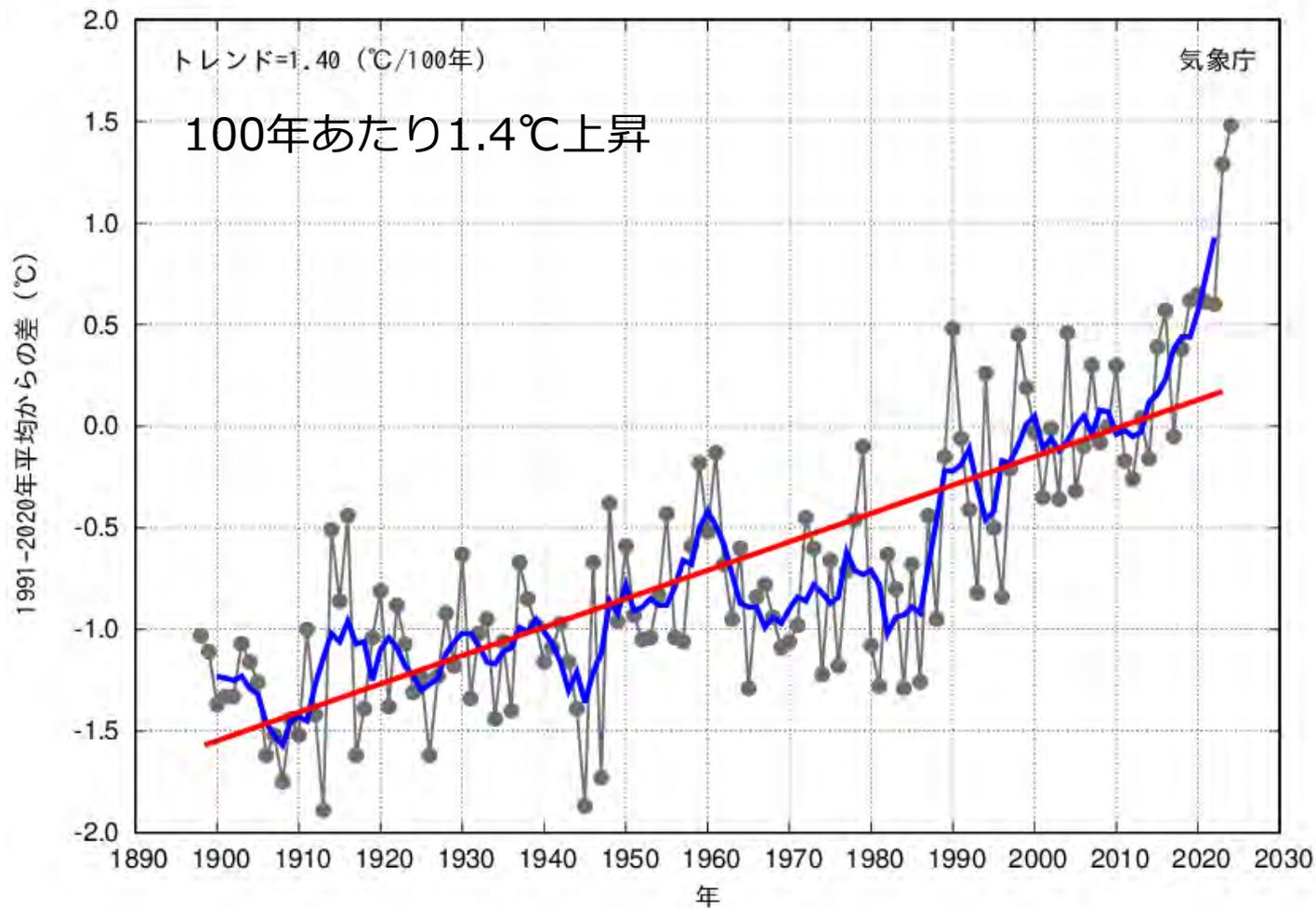
【全国13地点平均】日最高気温35℃以上の年間日数（猛暑日）



# 1. 猛暑と地球温暖化

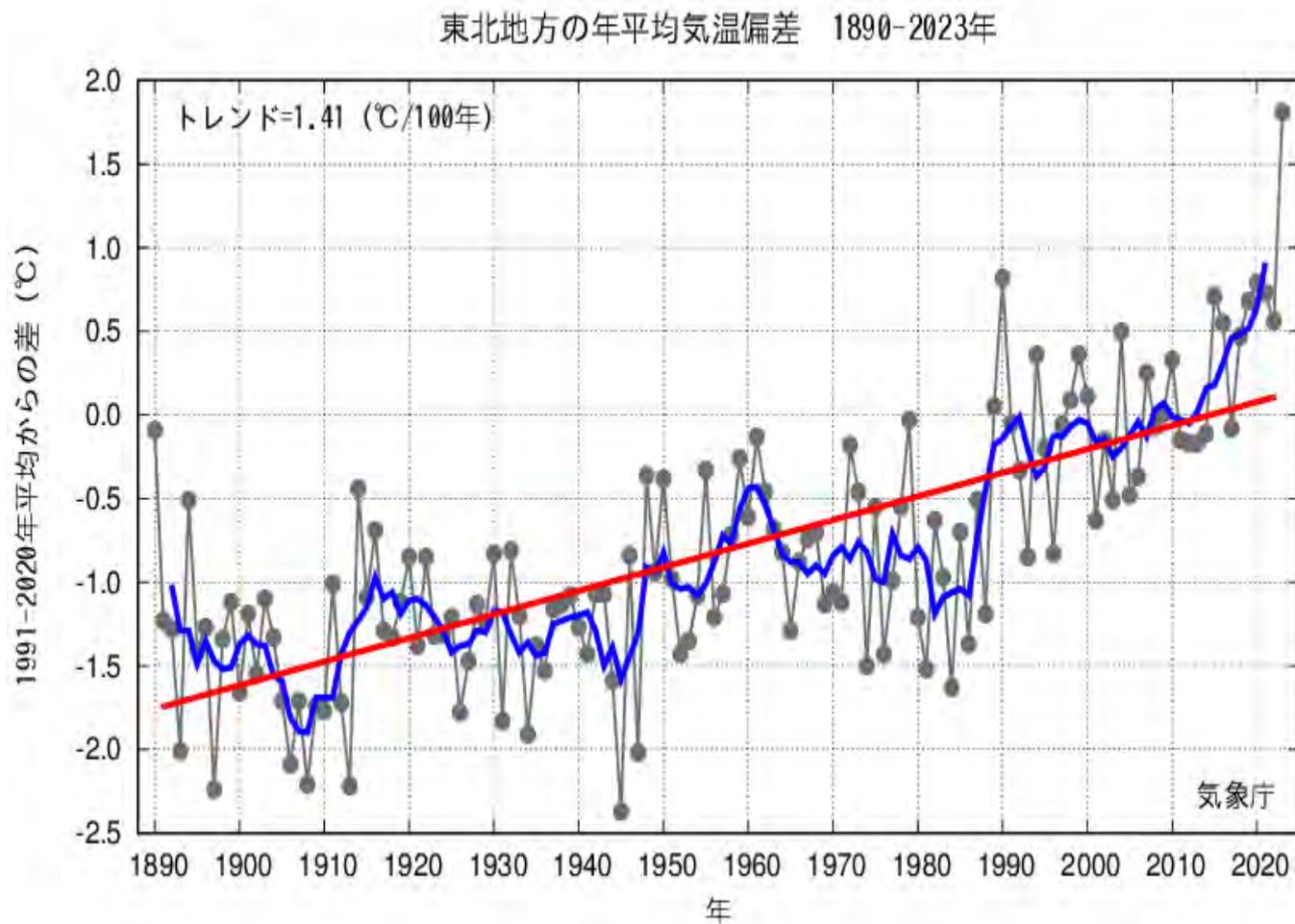
背景にあるのは、長期的な気温上昇

日本の年平均気温偏差（1898～2024年）



# 1. 猛暑と地球温暖化

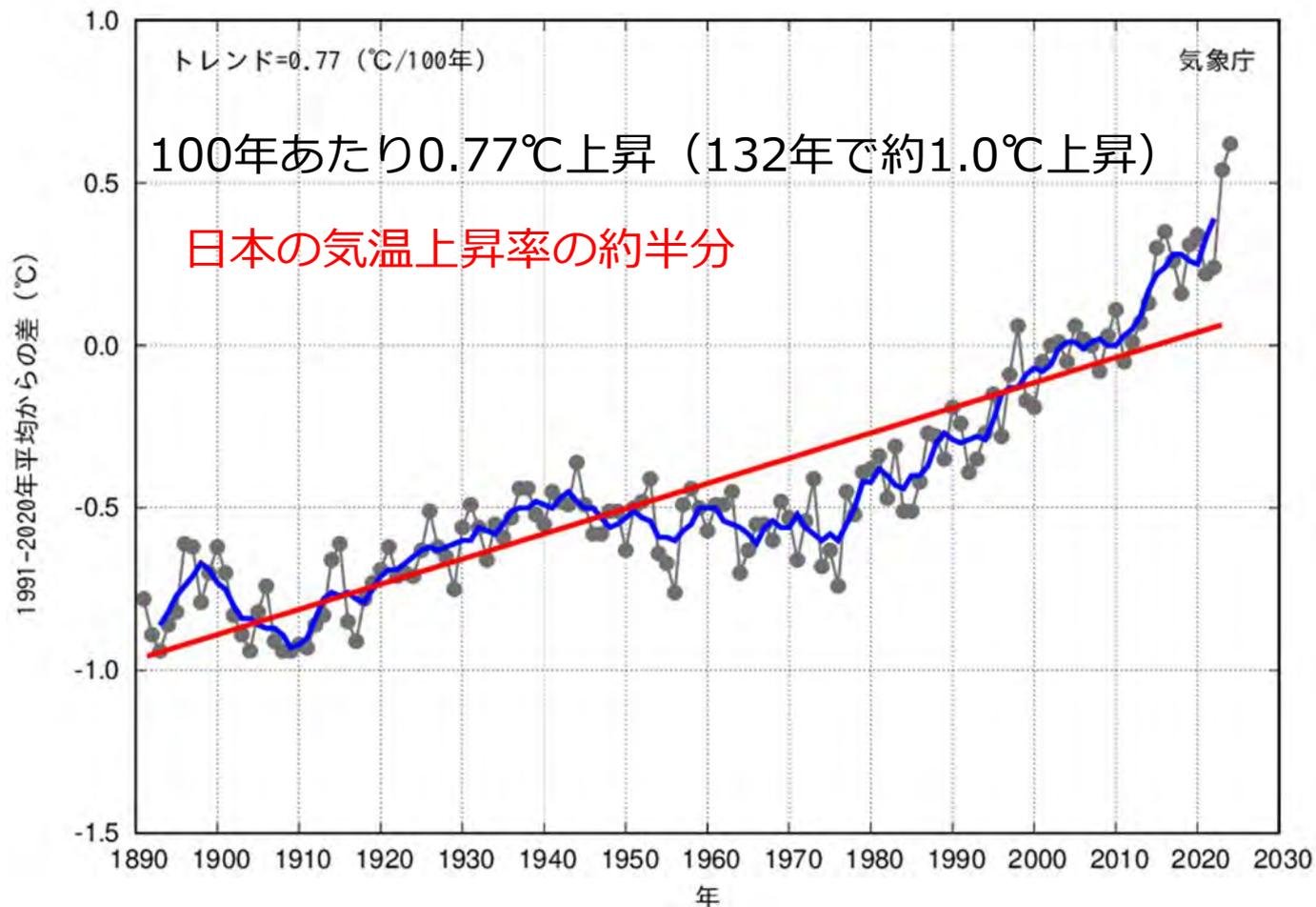
## 東北地方でも、全国平均と同様の傾向



年々変動はあるものの、一貫した上昇傾向

# 1. 猛暑と地球温暖化

世界の年平均気温偏差 (1891~2024年)

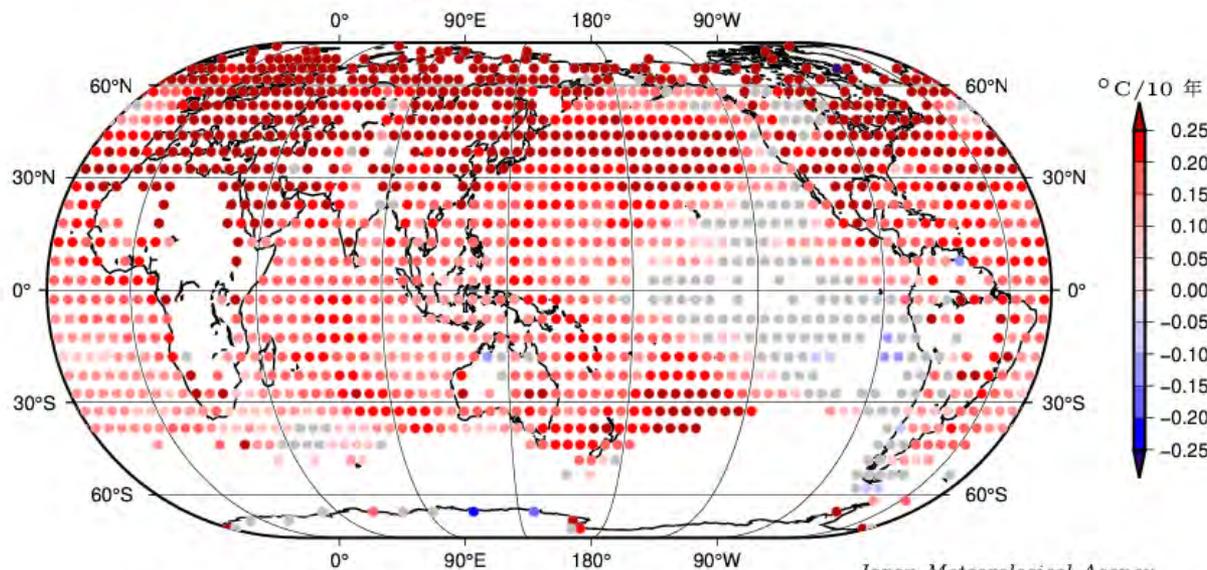


“産業革命以降 (工業化以前と比べて) 約1°C上昇”

# 1. 猛暑と地球温暖化

## 気温の長期変化の地域差

年平均気温長期変化傾向 1979-2024 年

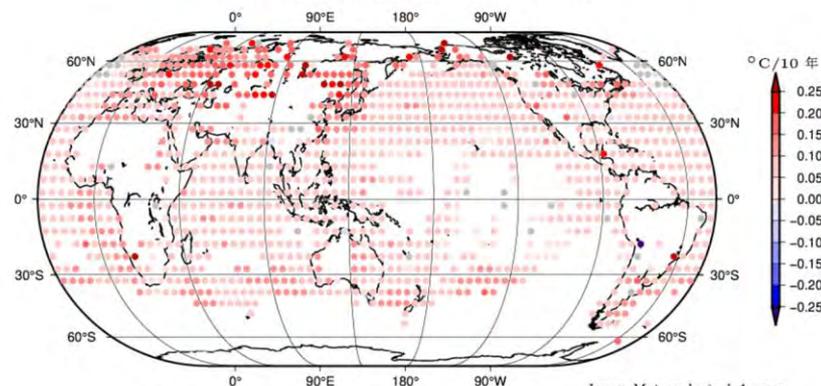


图中的丸印は、 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$  格子で平均した 1979-2024 年の長期変化傾向 (10 年あたり) を示す。  
灰色は、信頼度 90 % で統計的に有意でない格子を示す。

Japan Meteorological Agency

日本の気温上昇率は  
世界的にみても大きい

年平均気温長期変化傾向 1891-2024 年



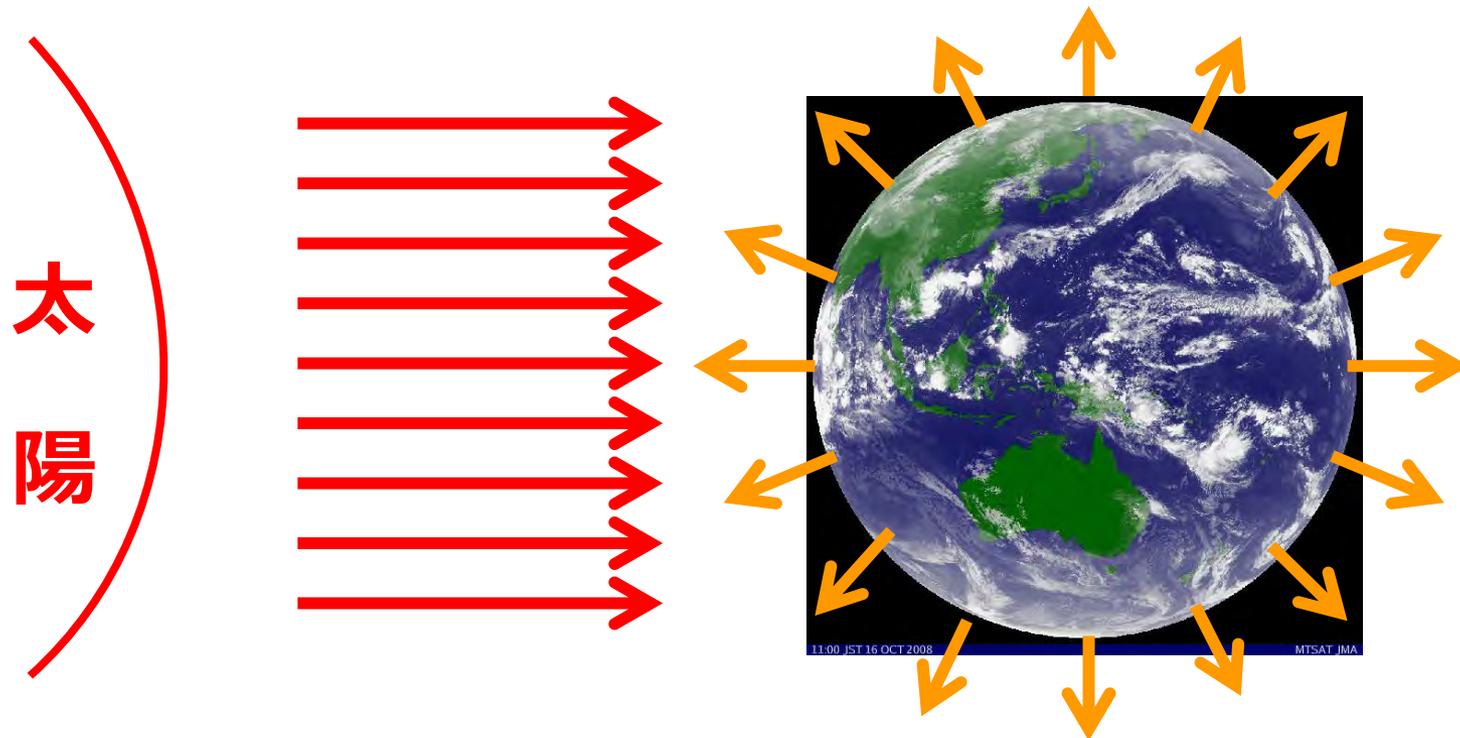
图中的丸印は、 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$  格子で平均した 1891-2024 年の長期変化傾向 (10 年あたり) を示す。  
灰色は、信頼度 90 % で統計的に有意でない格子を示す。

Japan Meteorological Agency

# 1. 猛暑と地球温暖化

## 地球の温度が安定していることの意味

**太陽光**は地球を温める。地球の温度が上がらないのはなぜ？



**太陽光**からもらう熱と同じ量の熱を **赤外線**として放出している。

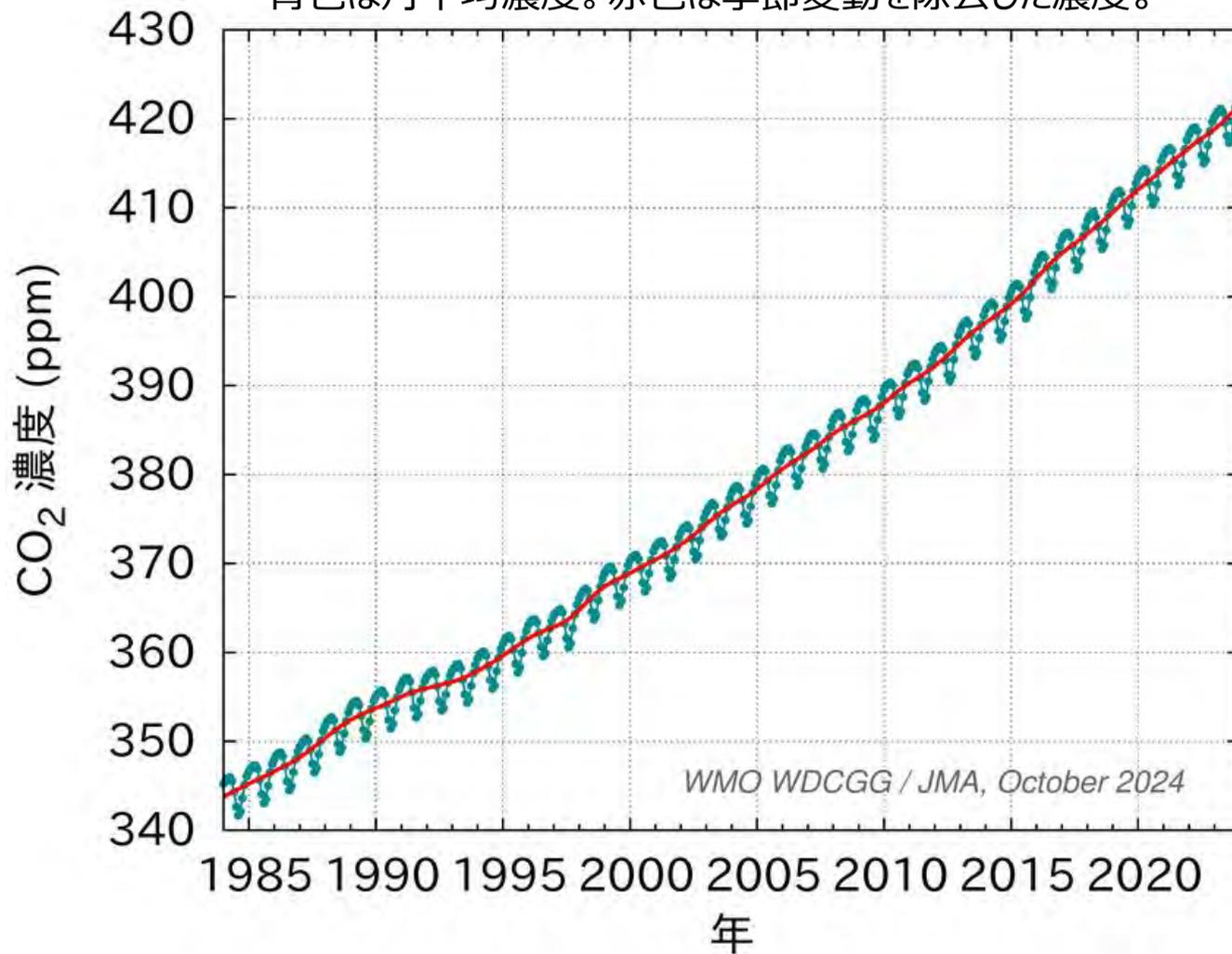
もらう熱と放出する熱がバランス → 温度（と気候）の安定

# 1. 猛暑と地球温暖化

温室効果ガス

## 大気中の二酸化炭素の世界平均濃度

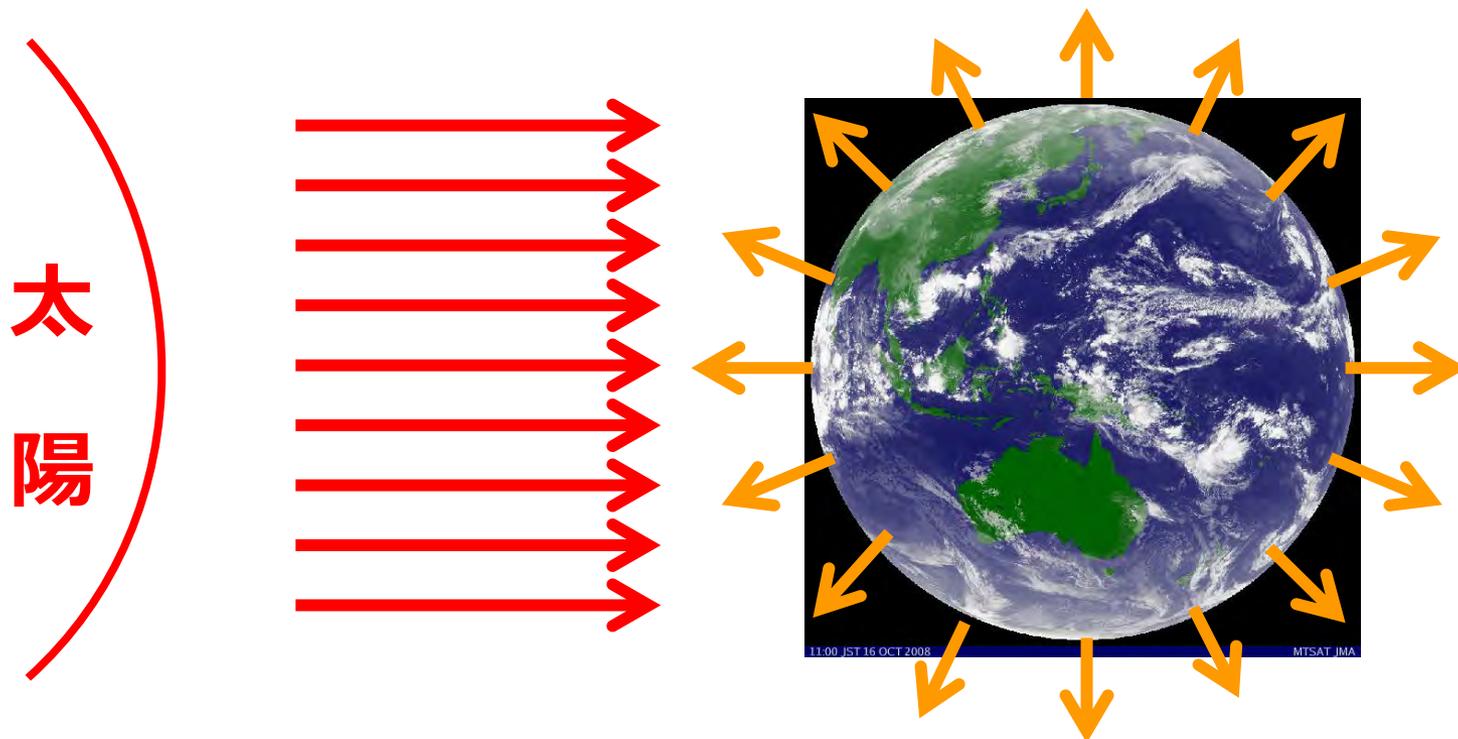
青色は月平均濃度。赤色は季節変動を除去した濃度。



# 1. 猛暑と地球温暖化

## 地球温暖化とは

放出される**赤外線**が減って、地球に熱がたまること。



人間の活動によって大気中の温室効果ガス（二酸化炭素など）が増えた。

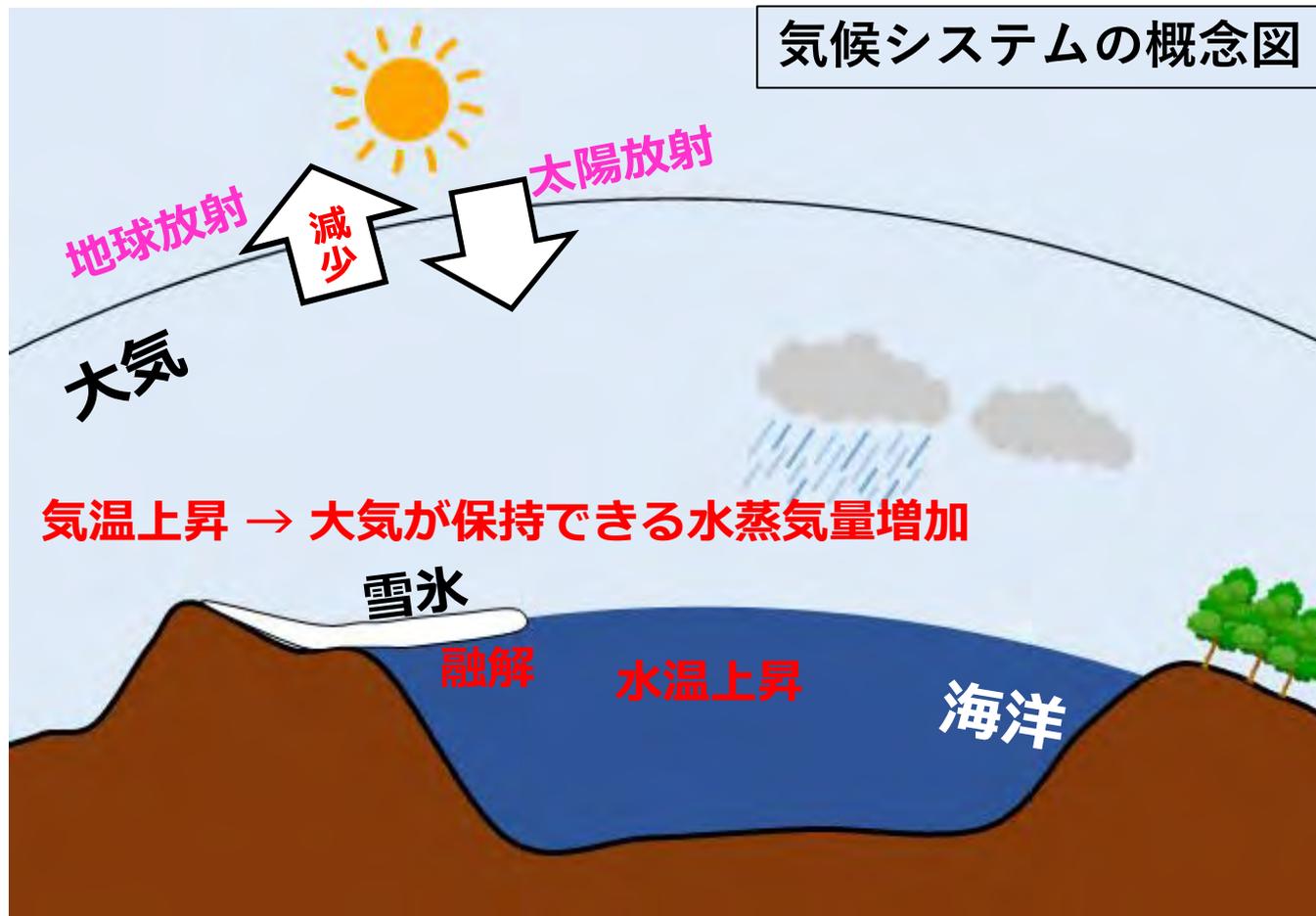
温室効果ガスには宇宙に放出される赤外線を減らす効果がある。

そのため、地球に熱がたまっている。 → **温度の上昇**

## 2. 地球温暖化は気候システムの変化

地球温暖化は気候システムの変化

- **太陽放射**と**地球放射**の均衡が崩れ、宇宙に出ていく**地球放射**が減ったため、**地球に熱が溜まりつつある**。
- その結果、気候の仕組みに様々な変化が生じて、**異常気象・極端現象**が増加する要因となっている。

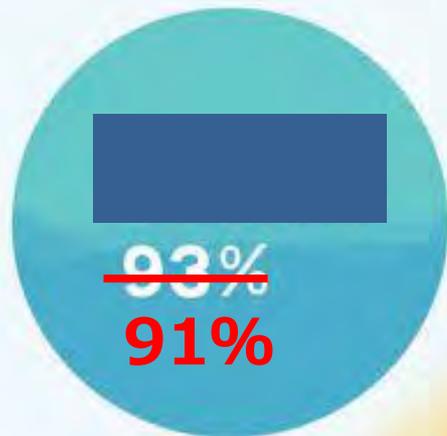


# 2. 地球温暖化は気候システムの変化

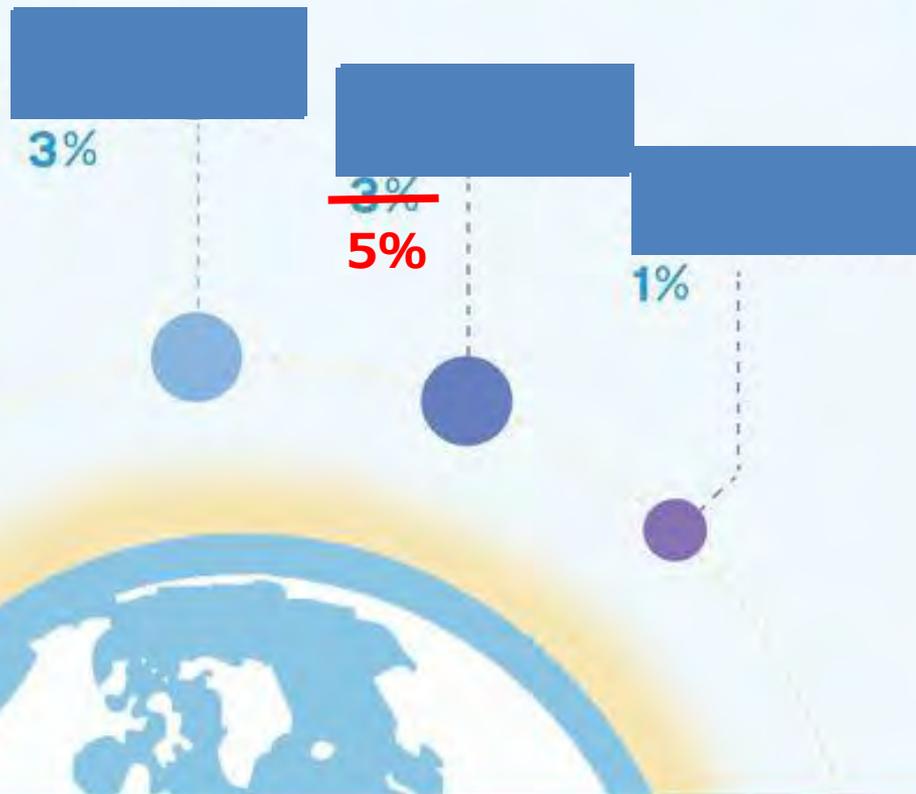
## 地球がためこんだ熱はどこへ？

大気？ 海？ 陸地？ 氷？

過去~~40~~<sup>50</sup>年間に地球が蓄えた熱の行き先  
(2013年の見積もり)

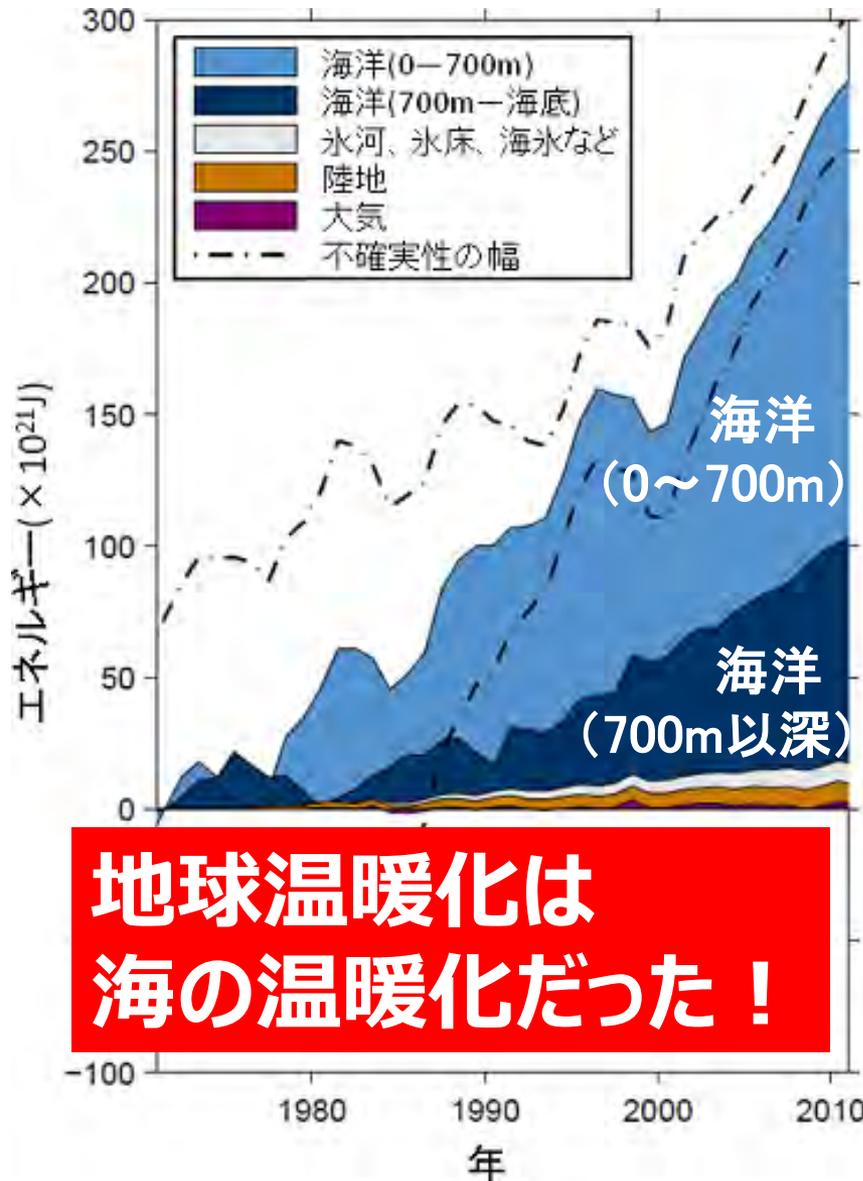


2021年の見積もり



# 2. 地球温暖化は気候システムの変化

## 地球がためこんだ熱はどこへ？



最近までのデータを加え

過去50年間に地球がたくわえた熱を年々積み重ねていくと…

日本のエネルギー消費量(2018年)の約24000年分になる。

海はそのうちの91%を吸収することで、気温の上昇を大幅に和らげてきた！

しかし、その結果、

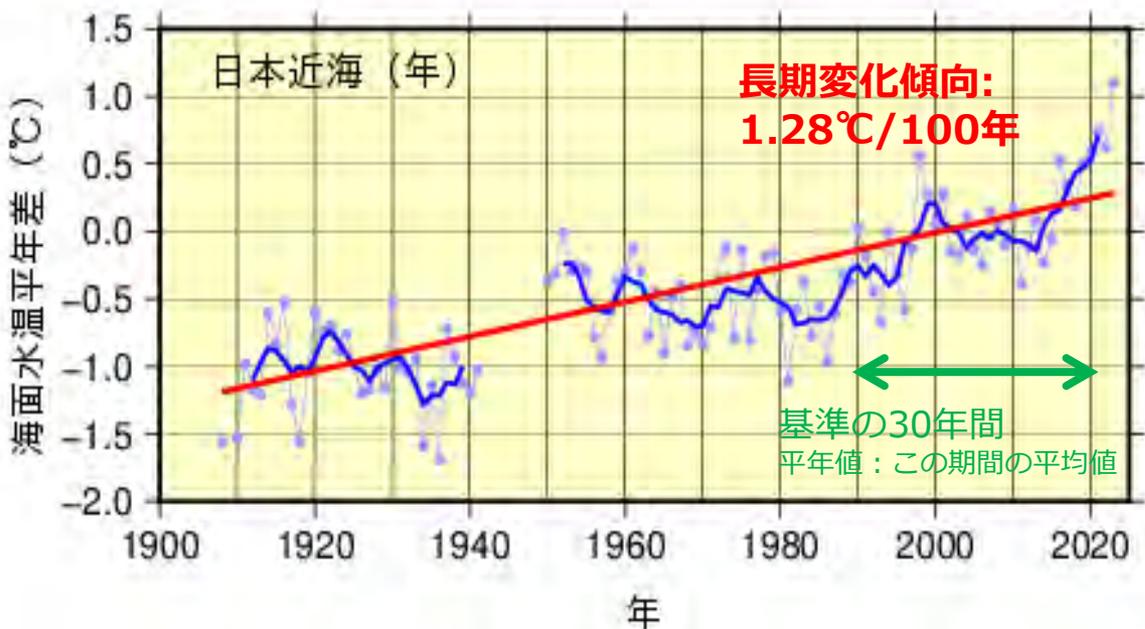
海の温度は上昇し、気候や生態系にさまざまな影響があらわれてきた！！

地球温暖化は  
海の温暖化だった！

# 3. 海の変化とその影響

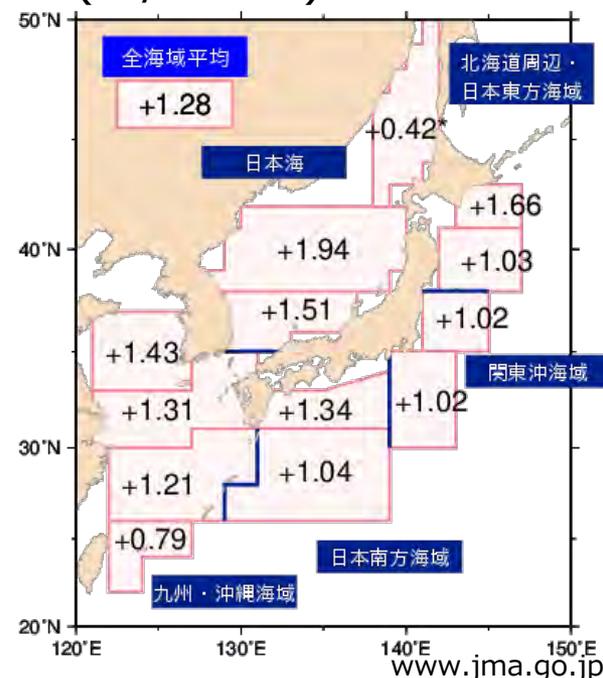
## 日本の周辺の海面水温の変動と長期変化傾向

日本付近の海面水温の平年からの差



www.jma.go.jpの図に基づく

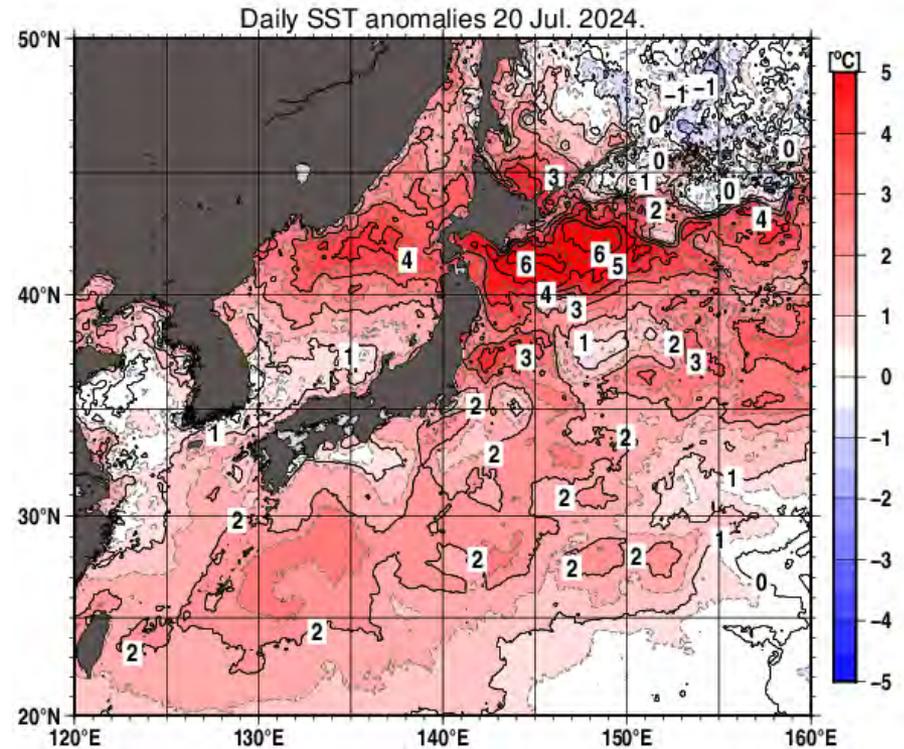
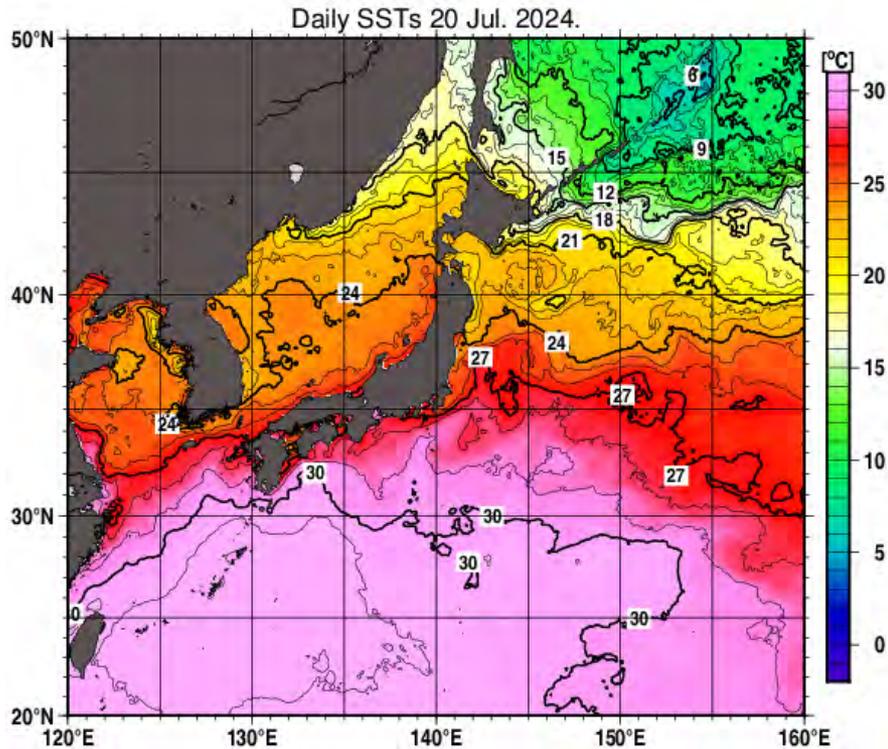
長期変化傾向:  
1902-2023年  
(°C/100年)



**日本付近の海面水温の上昇傾向は、世界平均の2倍以上の速さ！**

# 3. 海の変化とその影響

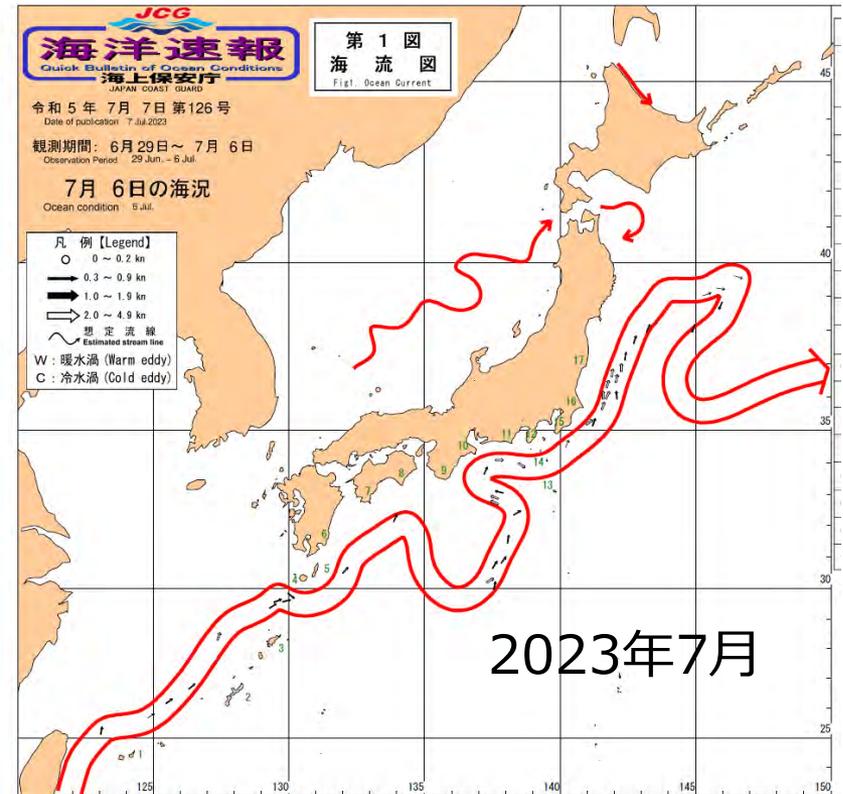
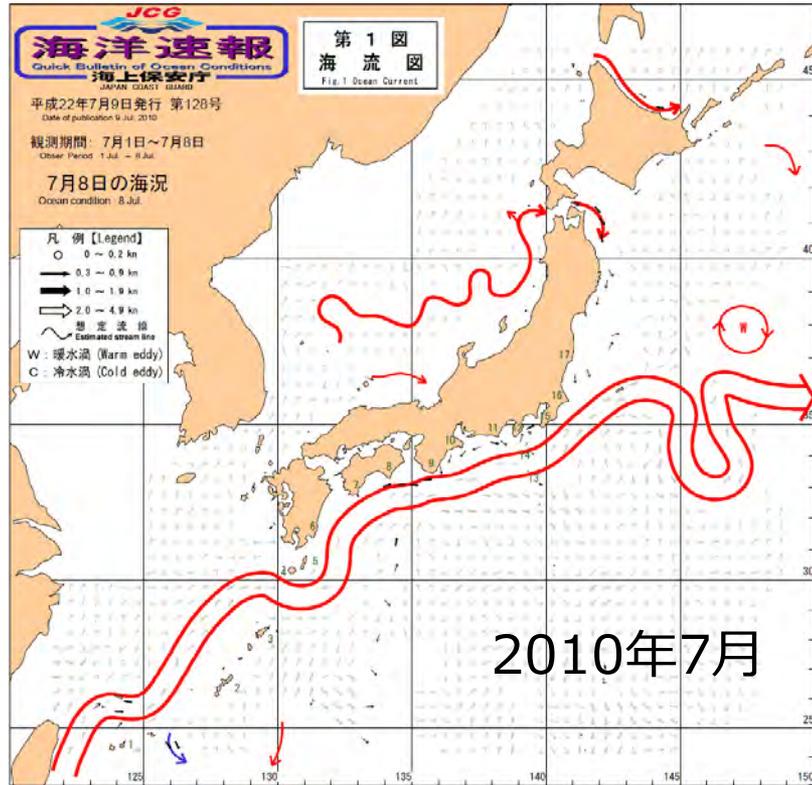
## 2024年の東北地方の豪雨時の海面水温



高温の海から大量の水蒸気が大気へ供給されたと考えられる

# 3. 海の変化とその影響

最近の異常高水温には、黒潮続流の異常な北上も関係

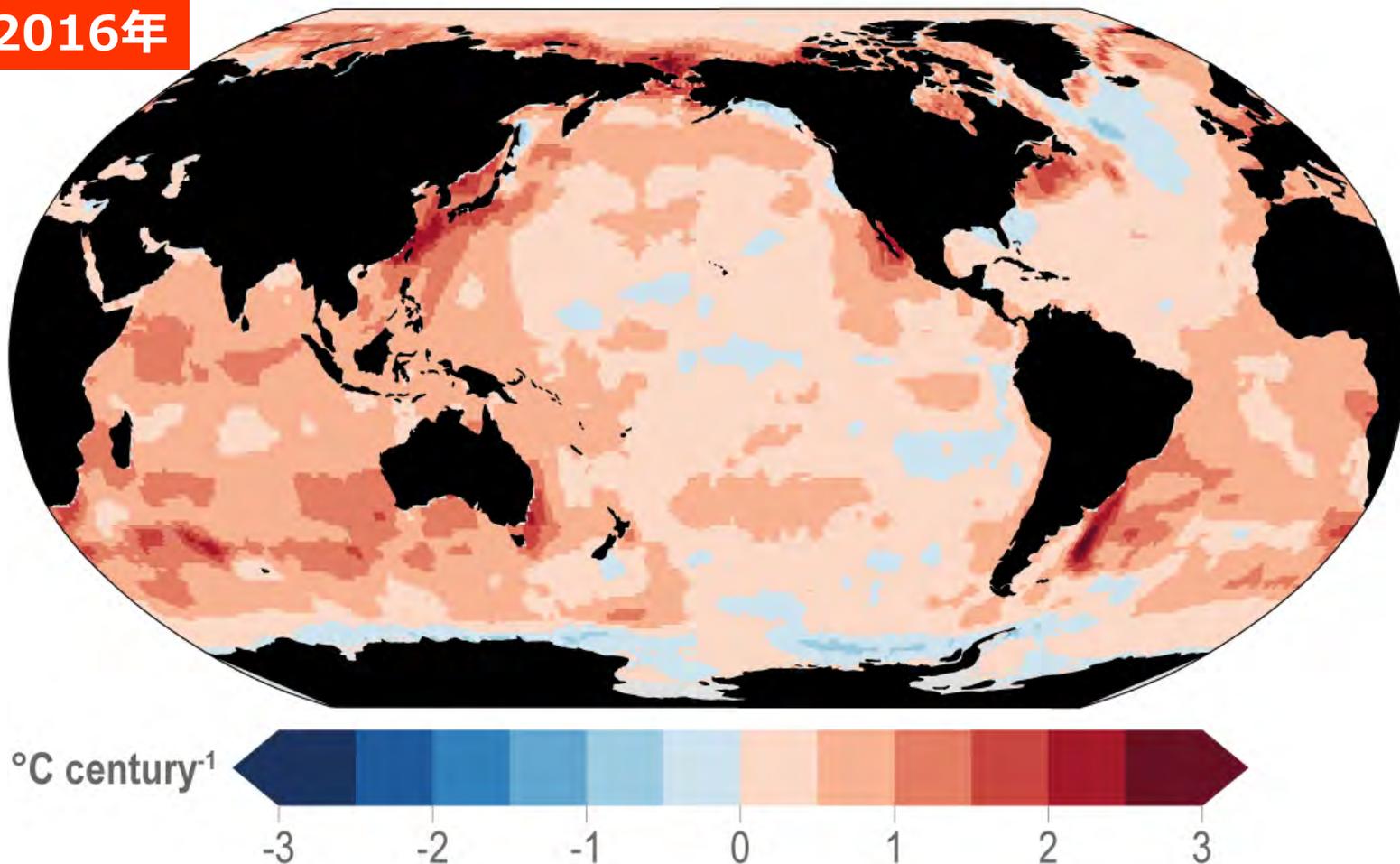


地球温暖化との関係は研究中

# 3. 海の変化とその影響

## 海面水温の上昇率 (°C/100年)

1925~2016年



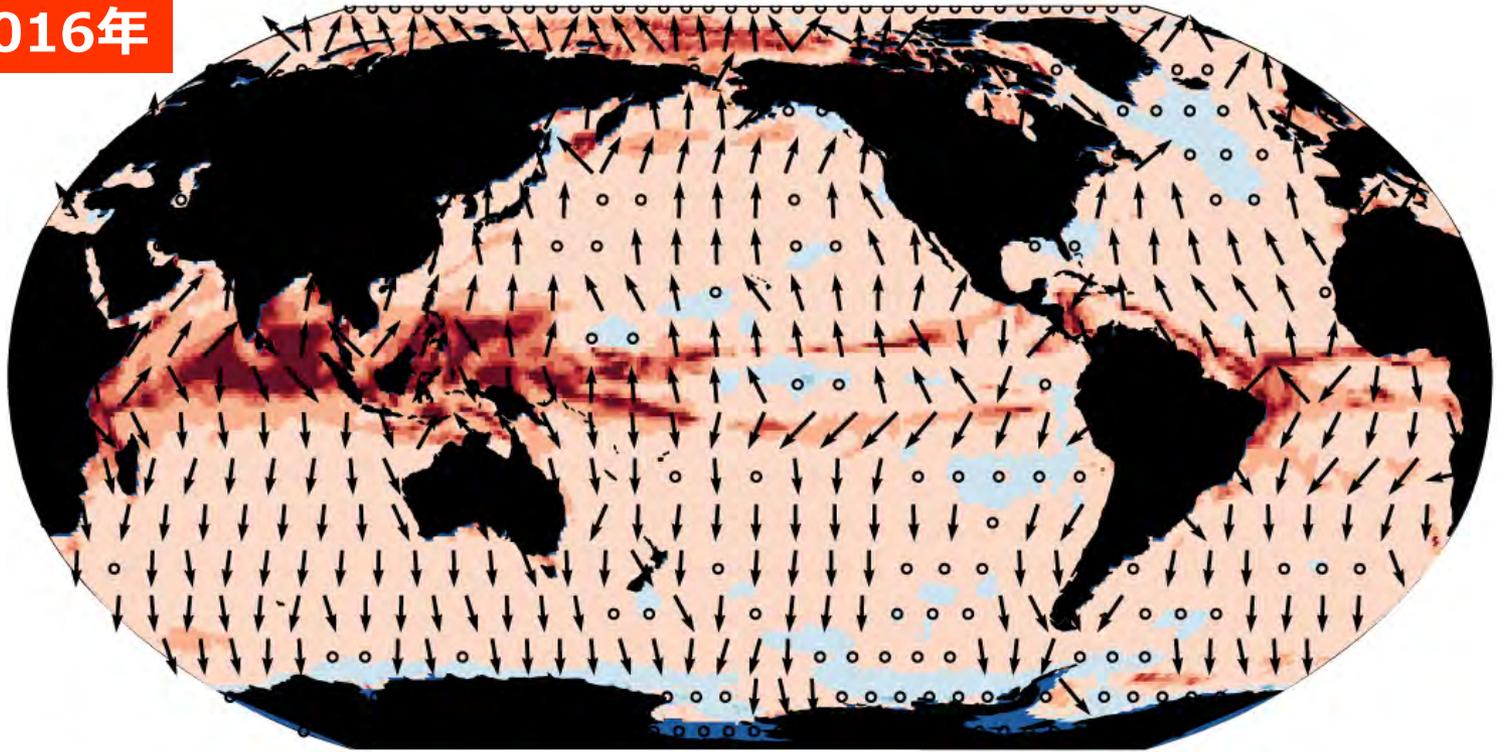
IPCC AR6 WG II(2022)

**海は一様に温暖化しているわけではない。**

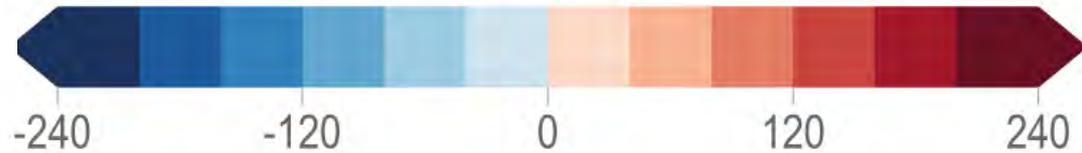
# 3. 海の変化とその影響

## 等温線の移動速度 (km/10年)

1925~2016年



10年で動く距離



IPCC AR6 WG II(2022)

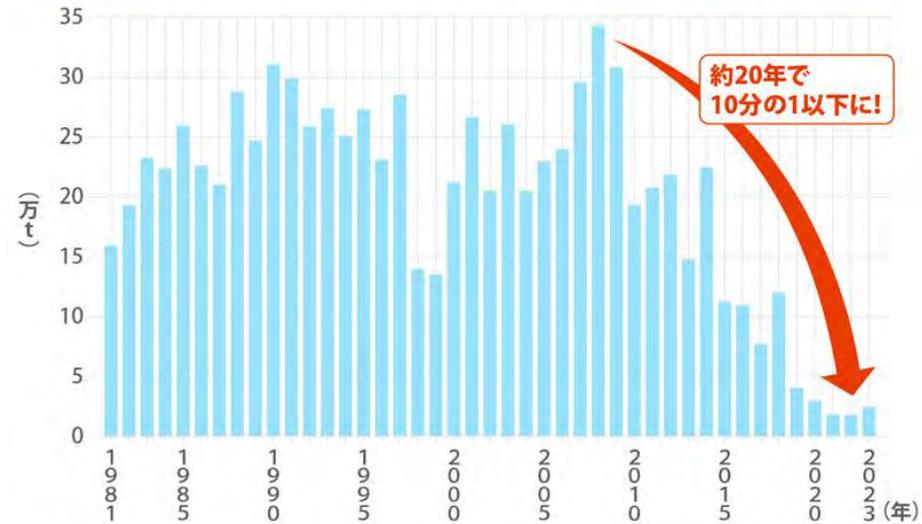
同じ温度のところにとどまるために、生き物はこの速度で動く必要がある。

# 3. 海の変化とその影響

## サンマの不漁



日本のサンマ水揚げ量の推移 1981～2023年



※出典／全国さんま棒受網漁業協同組合「さんまの水揚量(年)」

ウェザーニュース

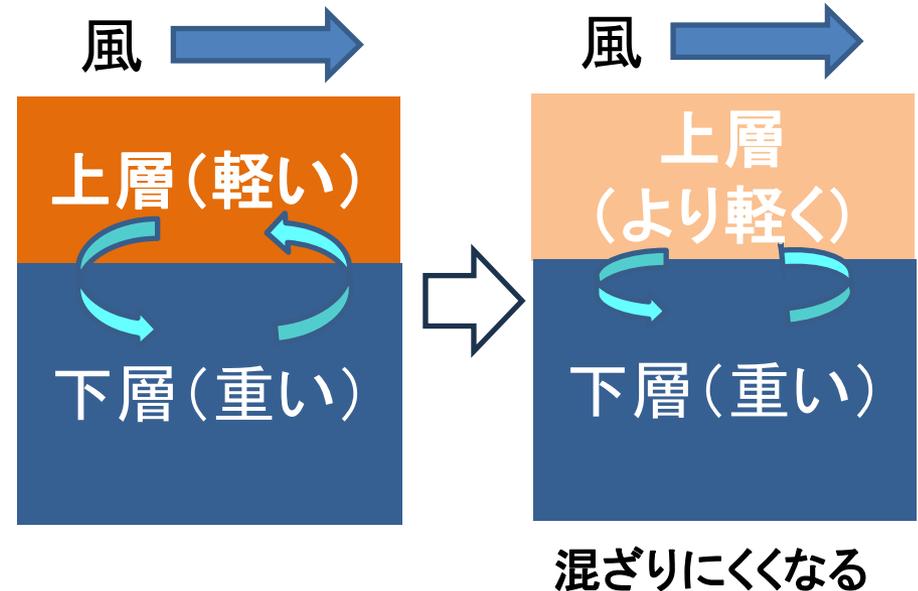
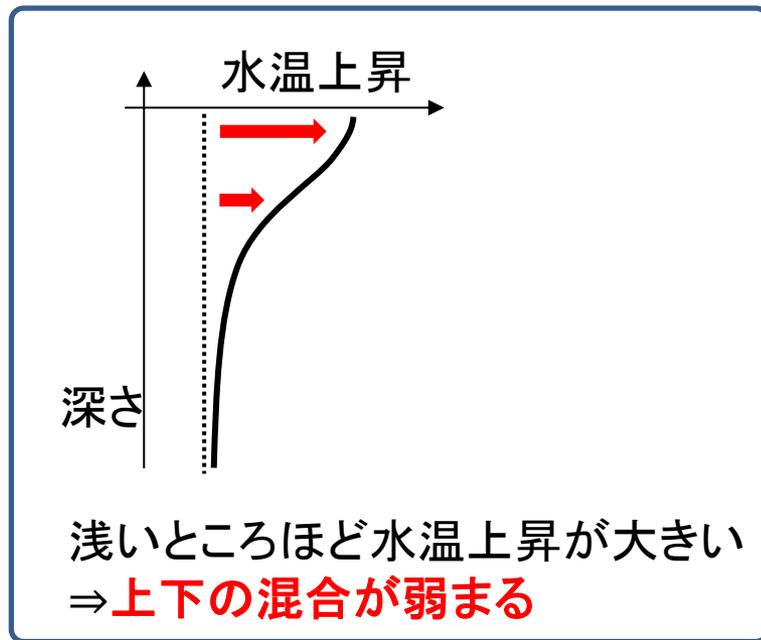
日本近海の水温が通常より高かったことがサンマの不漁の要因の一つと考えられる。

それは、**地球温暖化**とも関係している。

不漁の原因は、それだけではなく、**海の生態系**の複雑な変化の一部と考えられる。

# 3. 海の変化とその影響

## 海の温暖化の影響：成層の強化



- 表層への栄養塩供給の減少  
⇒基礎生産（植物プランクトンの光合成）の減少
- 海洋内部の貧酸素化（酸素の減少）  
⇒生物の分布の変化

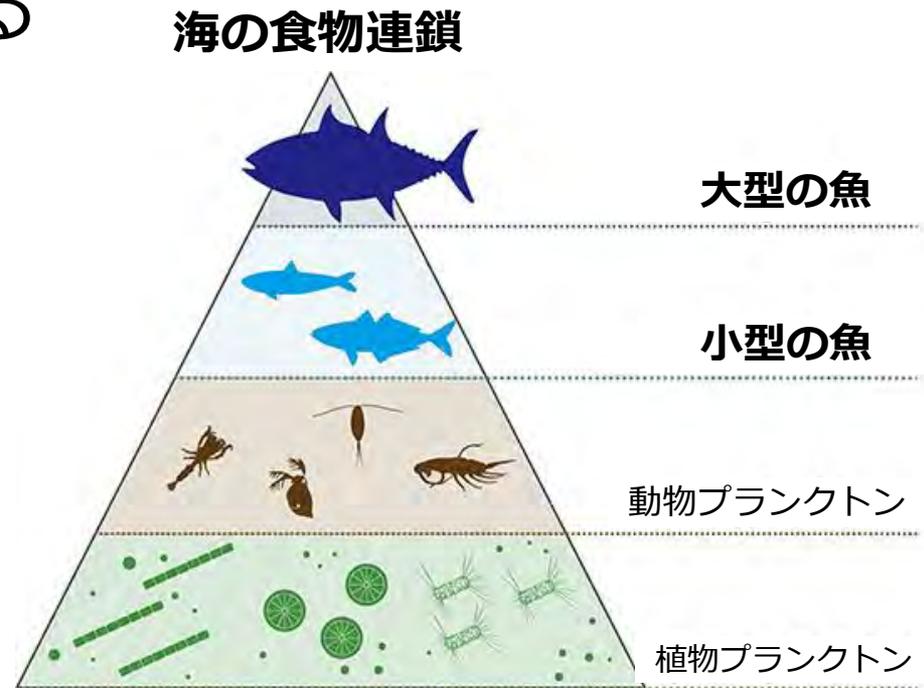
# 3. 海の変化とその影響

## 地球温暖化は海にさまざまな変化を引き起こす

- 水温上昇
- 成層の強化
  - 酸素と栄養塩の供給を減らす
- 二酸化炭素の吸収による酸性化

これらの変化は、人間活動に伴うストレス要因とともに、海の食物連鎖のさまざまな要素を通して、海の生態系に影響を及ぼして…

- 基礎生産（一次生産）と生物量（バイオマス）を変化させる
- 魚の分布を変える
- …



# 4. 将来の予測

## 2°C上昇シナリオと4°C上昇シナリオ



文部科学省

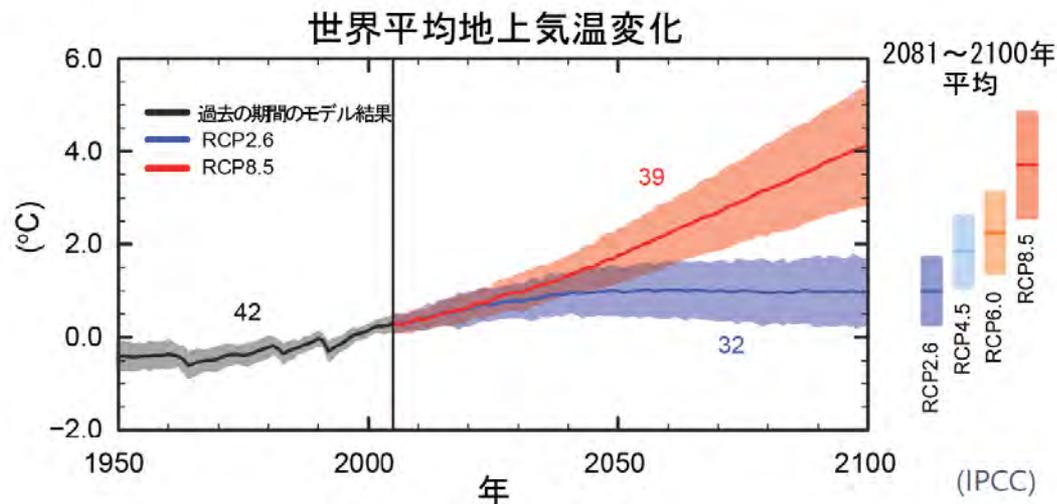
MINISTRY OF EDUCATION,  
CULTURE, SPORTS,  
SCIENCE AND TECHNOLOGY/JAPAN



気象庁  
Japan Meteorological Agency

- 将来の気候は、主に、IPCC第5次評価報告書でも用いられた**2°C上昇シナリオ (RCP2.6)** 及び**4°C上昇シナリオ (RCP8.5)** に基づき予測。
- **2°C上昇シナリオ (RCP2.6)** は、21世紀末※の世界平均気温が、工業化以前と比べて0.9~2.3°C (20世紀末※と比べて0.3~1.7°C) 上昇する可能性の高いシナリオ。  
→ **パリ協定の2°C目標が達成された世界** であり得る気候の状態に相当。
- **4°C上昇シナリオ (RCP8.5)** は、21世紀末※の世界平均気温が、工業化以前と比べて3.2~5.4°C (20世紀末※と比べて2.6~4.8°C) 上昇する可能性の高いシナリオ。  
→ **現時点を超える追加的な緩和策を取らなかった世界** であり得る気候の状態に相当。

※ 20世紀末：1986~2005年の平均、21世紀末：2081~2100年の平均



# 4. 将来の予測

## 将来予測まとめ

21世紀末の日本は、20世紀末と比べ...

※黄色は2°C上昇シナリオ (RCP2.6)、  
紫色は4°C上昇シナリオ (RCP8.5) による予測

年平均気温が約1.4°C/約4.5°C上昇

海面水温が約1.14°C/約3.58°C上昇



猛暑日や熱帯夜はますます増加し、  
冬日は減少する。



温まりやすい陸地に近いことや暖流の影響で、  
予測される上昇量は世界平均よりも大きい。

降雪・積雪は減少

雪ではなく雨が降る。  
ただし大雪のリスクが  
低下するとは限らない。



激しい雨が増える

日降水量の年最大値は  
約12% (約15 mm) / 約27% (約33 mm) 増加  
50 mm/h以上の雨の頻度は 約1.6倍/約2.3倍に増加

沿岸の海面水位が  
約0.39 m/約0.71 m上昇



3月のオホーツク海海氷面積は  
約28%/約70%減少



【参考】4°C上昇シナリオ (RCP8.5) では、  
21世紀半ばには夏季に北極海の海氷が  
ほとんど融解すると予測されている。



強い台風の割合が増加  
台風に伴う雨と風は強まる

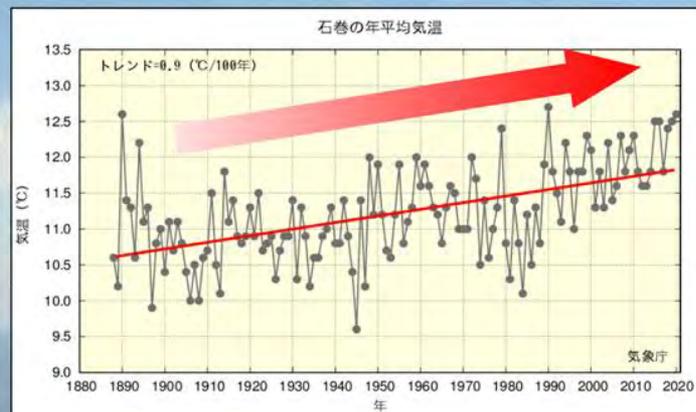
日本南方や沖縄周辺においても  
世界平均と同程度の速度で  
海洋酸性化が進行



※ この資料において「将来予測」は、特段の説明がない限り、日本全国について、21世紀末時点の予測を20世紀末又は現在と比較したもの。

# 宮城県の気候変動

「日本の気候変動2020」(文部科学省・気象庁)  
に基づく地域の観測・予測情報リーフレット



このリーフレットでは、20世紀末と比較した21世紀末の将来予測を、以下2つのシナリオについて示しています（詳細は裏表紙をご覧ください）。

## 2°C上昇シナリオ (RCP2.6)

21世紀末の世界平均気温が工業化以前と比べて約2°C上昇。  
パリ協定の2°C目標が達成された世界。

## 4°C上昇シナリオ (RCP8.5)

21世紀末の世界平均気温が工業化以前と比べて約4°C上昇。  
追加的な緩和策を取らなかった世界。

令和4年2月  
仙台管区気象台

## これまでの変化（観測事実）

2020年までの観測データで確認されている変化

### 気温の変化



気温が上昇を続けており、東北地方も例外ではありません。場所によっては都市化の影響などが加わってさらに気温が大きく上昇している場合もあります。

|                 |                                |
|-----------------|--------------------------------|
| 年平均気温<br>(仙台)   | 約 <b>2.5°C</b> 上昇<br>(100年あたり) |
| 年平均気温<br>(東北地方) | 約 <b>1.3°C</b> 上昇<br>(100年あたり) |
| 年平均気温<br>(全国)   | 約 <b>1.3°C</b> 上昇<br>(100年あたり) |



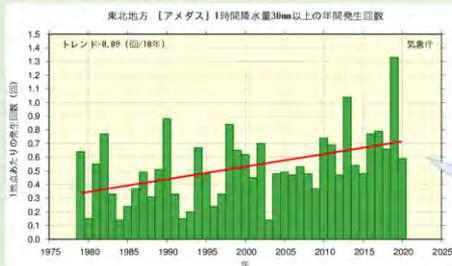
仙台の年平均気温（1927～2020年）折線（黒）は各年の気温、直線（赤）は長期的な変化傾向を示しています。

追加的な緩和策を取らなかった場合



### 雨の降り方の変化

短時間に降る強い雨の回数が増え、雨の降り方が極端になっています。



バケツをひっくり返したような雨の回数が約30年で1.9倍に増加

東北地方の短時間強雨（1時間に30mm以上の雨）の年間発生回数（1979～2020年）棒グラフ（緑）は各年の1地点あたりの発生回数、直線（赤）は長期的な変化傾向を示しています。

### 海の変化

海の水温も上昇を続けています。三陸沖の海面水温は、100年あたり約0.8°Cの割合で上昇しています。



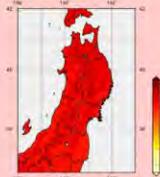
## これからの変化（将来予測）

20世紀末（1980-1999年）から21世紀末（2076-2095年）までの約100年間に起きると予測される変化

### 気温の変化

これまでの変化よりもはるかに大きく気温が上昇します。

|                |                   |
|----------------|-------------------|
| 年平均気温<br>(宮城県) | 約 <b>4.6°C</b> 上昇 |
| 真夏日<br>(宮城県)   | 約 <b>43日</b> 増加   |
| 熱帯夜<br>(宮城県)   | 約 <b>36日</b> 増加   |



年平均気温の変化（4°C上昇シナリオ）

### 雨の降り方の変化

気温が上がるほど雨の降り方も極端になります。

|                           |                   |
|---------------------------|-------------------|
| 1時間に30mm以上の雨の回数<br>(東北地方) | 約 <b>2.5倍</b> に増加 |
| 雨の降る日数<br>(全国)            | 約 <b>8日</b> 減少    |

地域単位の降水の定量的な予測は不確実性が高いことに注意

### 海の変化

三陸沖の海面水温は約**4.9°C**上昇します。

### 気温の変化

4°C上昇シナリオよりはかなり小さいものの、気温の上昇は続きます。

|                |                   |
|----------------|-------------------|
| 年平均気温<br>(宮城県) | 約 <b>1.4°C</b> 上昇 |
| 真夏日<br>(宮城県)   | 約 <b>10日</b> 増加   |
| 熱帯夜<br>(宮城県)   | 約 <b>4日</b> 増加    |



年平均気温の変化（2°C上昇シナリオ）

### 雨の降り方の変化

雨の降り方もこれまでよりは極端になります。

|                           |                   |
|---------------------------|-------------------|
| 1時間に30mm以上の雨の回数<br>(東北地方) | 約 <b>1.6倍</b> に増加 |
| 雨の降る日数<br>(全国)            | 有意な <b>変化なし</b>   |

地域単位の降水の定量的な予測は不確実性が高いことに注意

### 海の変化

三陸沖の海面水温に有意な変化は予測されていません。

ご清聴、ありがとうございました。

