

「清流の国ぎふ」SDGs推進セミナー

time = 2099-08-16 00:00:00, plev = 8.5e+04 [Pa]

気象データに基づく温暖化 の現状と対応策について

岐阜大学工学部社会基盤工学科・教授

工学部附属応用気象研究センター・センター長

高等研究院地域環境変動適応研究センター・部門長

吉野 純

120° W

60° W

0°

60° E

120° E

180°

於： 岐阜県庁1階ミナモホール（岐阜市藪田南2-1-1）

1. 地球は温暖化している
2. 異常気象の未来の姿
3. 温暖化の緩和と適応

～猛暑，豪雨，台風～

～台風や大雨はどう変わる？～

～私たちが今できること～

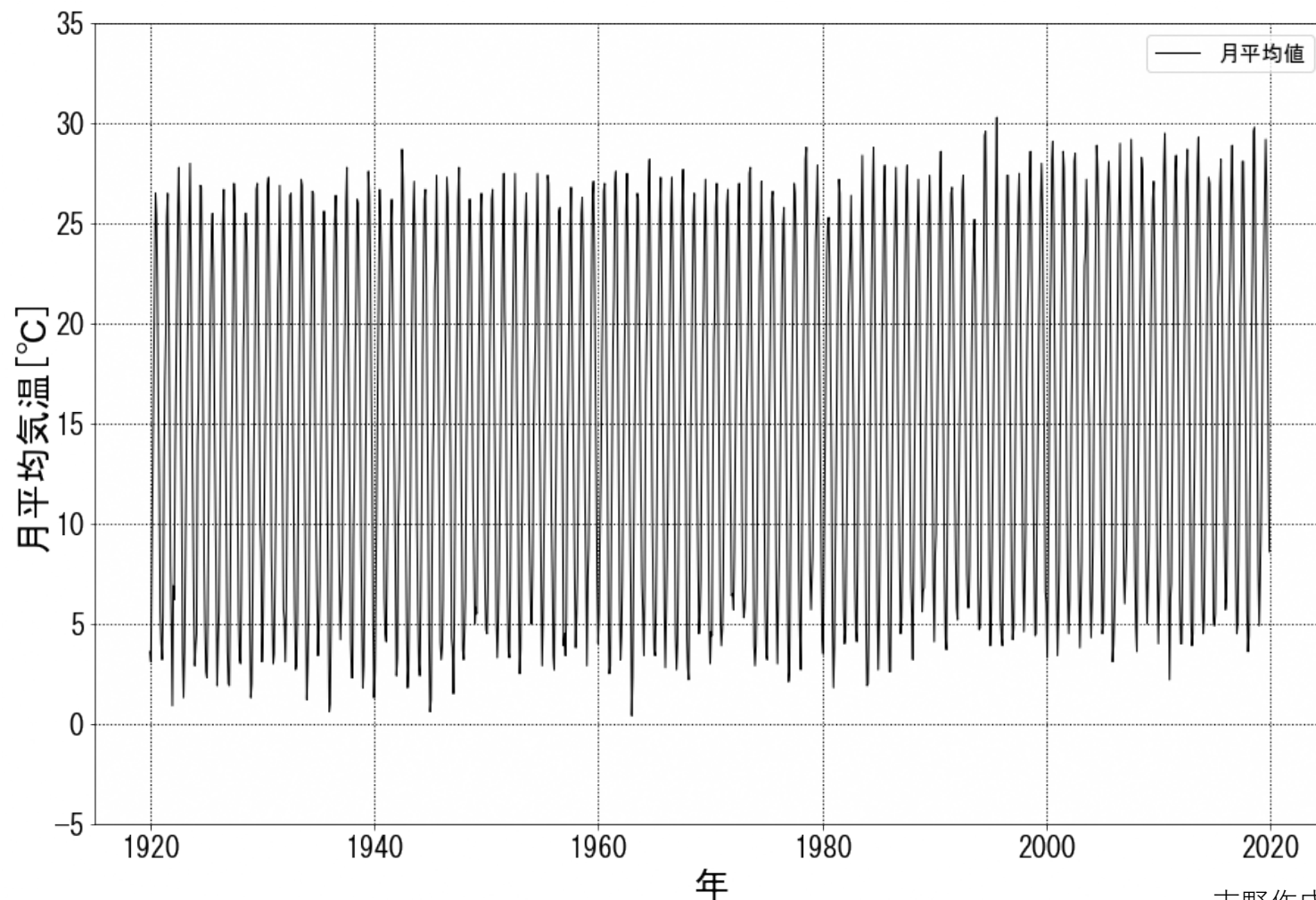


1. 最近の気象がおかしい 温暖化



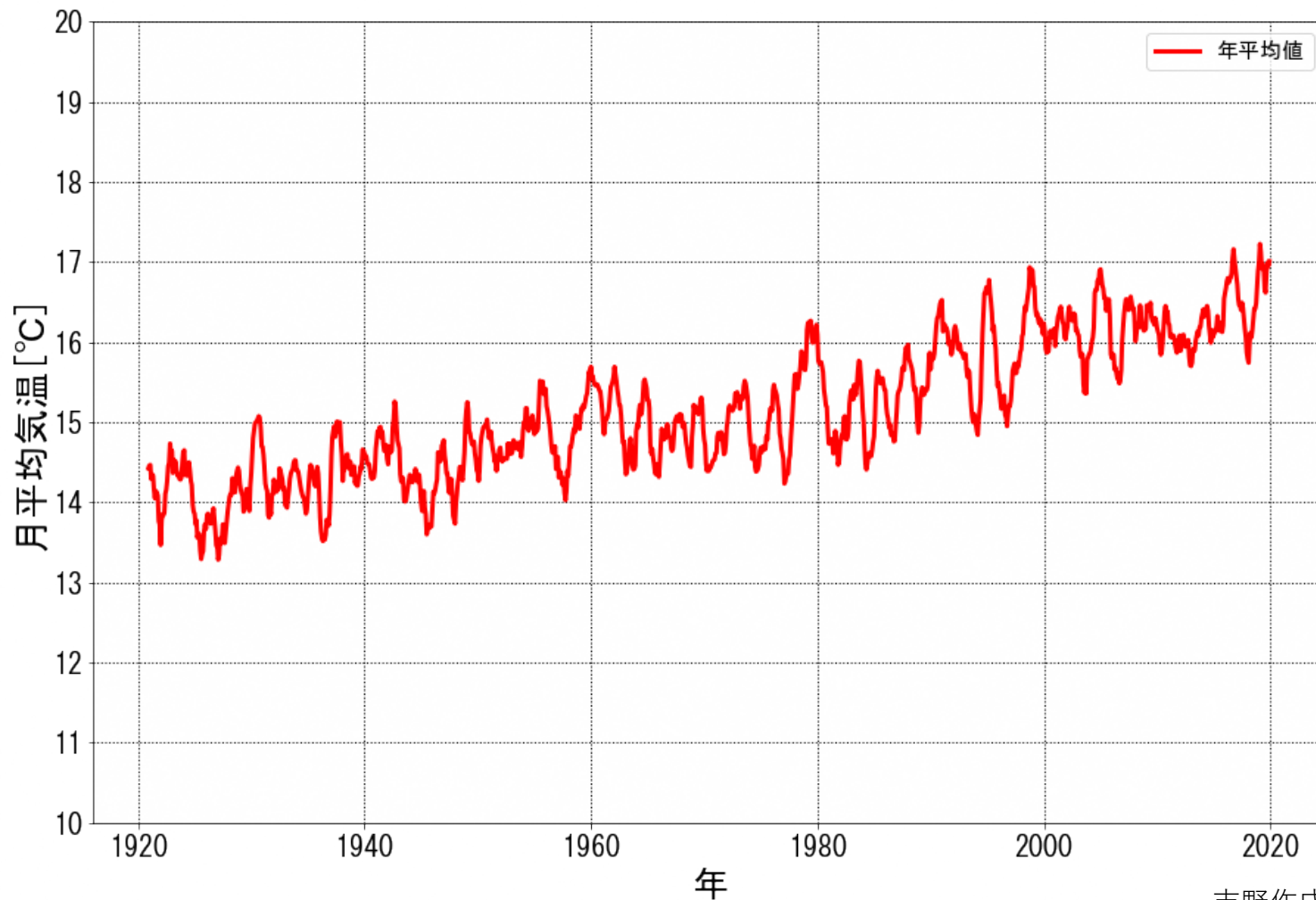
最近、よく「温暖化、温暖化...」と言われていますが
本当に地球は温暖化しているのでしょうか？

まず**岐阜地方気象台の100年間のデータ**でみてみましょう！





もしかして「温暖化してないのでは？」と思いました？
では、**1年間（12ヶ月）で平均**をとったらどうでしょう？
少しずつ年平均気温が上昇しているように見えます。

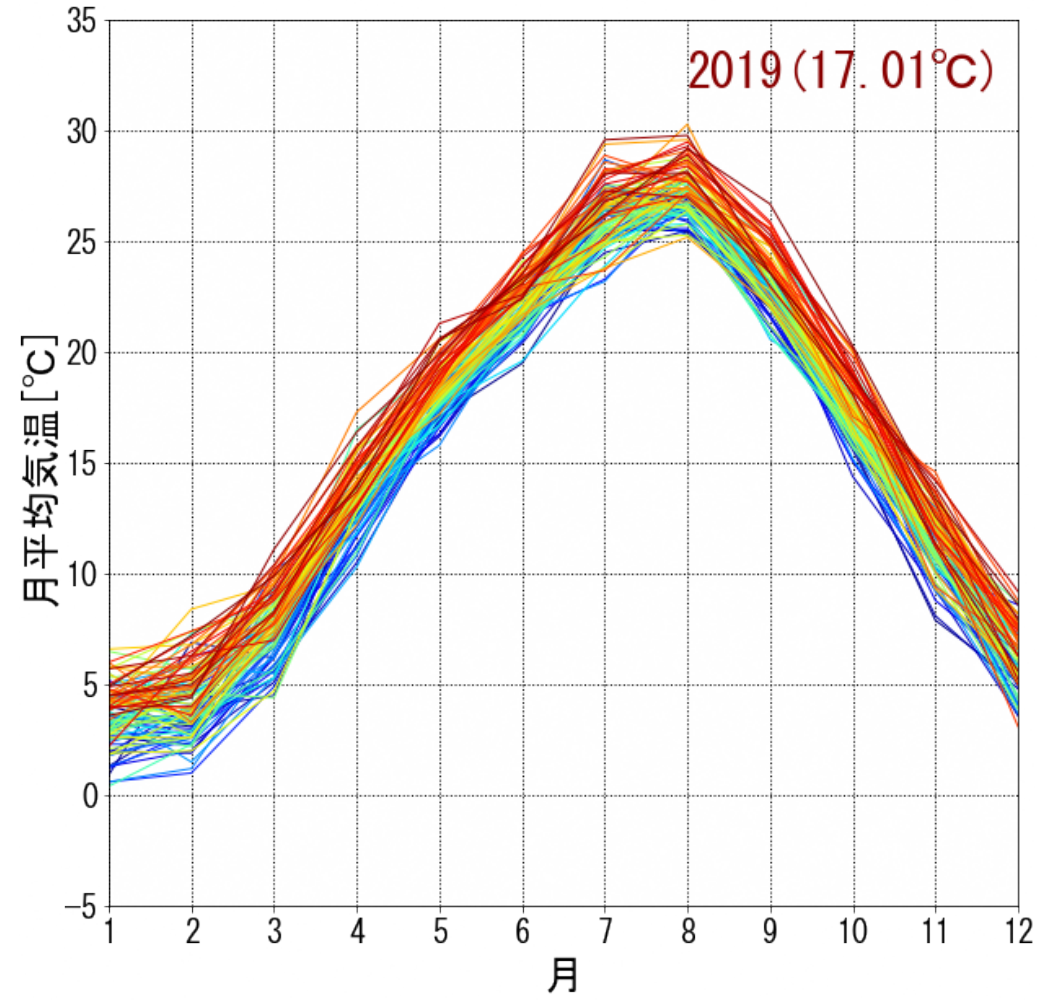




1. 最近の気象がおかしい 温暖化

また、月平均気温を100年分重ねたらどうでしょう？
少しずつ月平均気温も上昇しているように見えます。

岐阜地方気象台1920～2019年



括弧内は
年平均気温

吉野作成

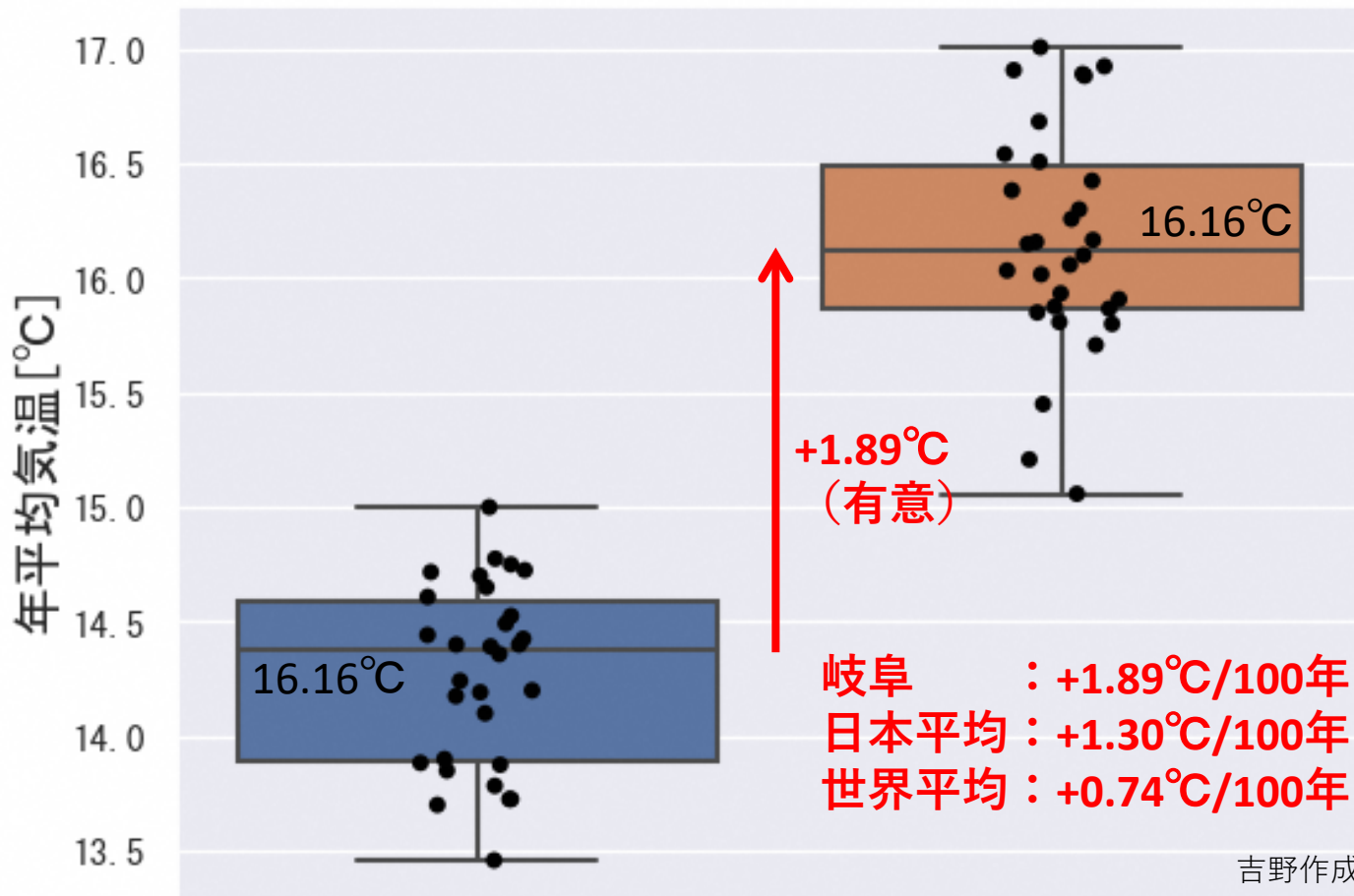
1. 最近の気象がおかしい

温暖化



温暖化とは1日、1月、1年の単位では起こりません。
数十年の単位でじわじわゆっくりと起こります。

岐阜では**過去に比べて現在では1.89°C上昇**しています。



過去30年 (1920-1949年)

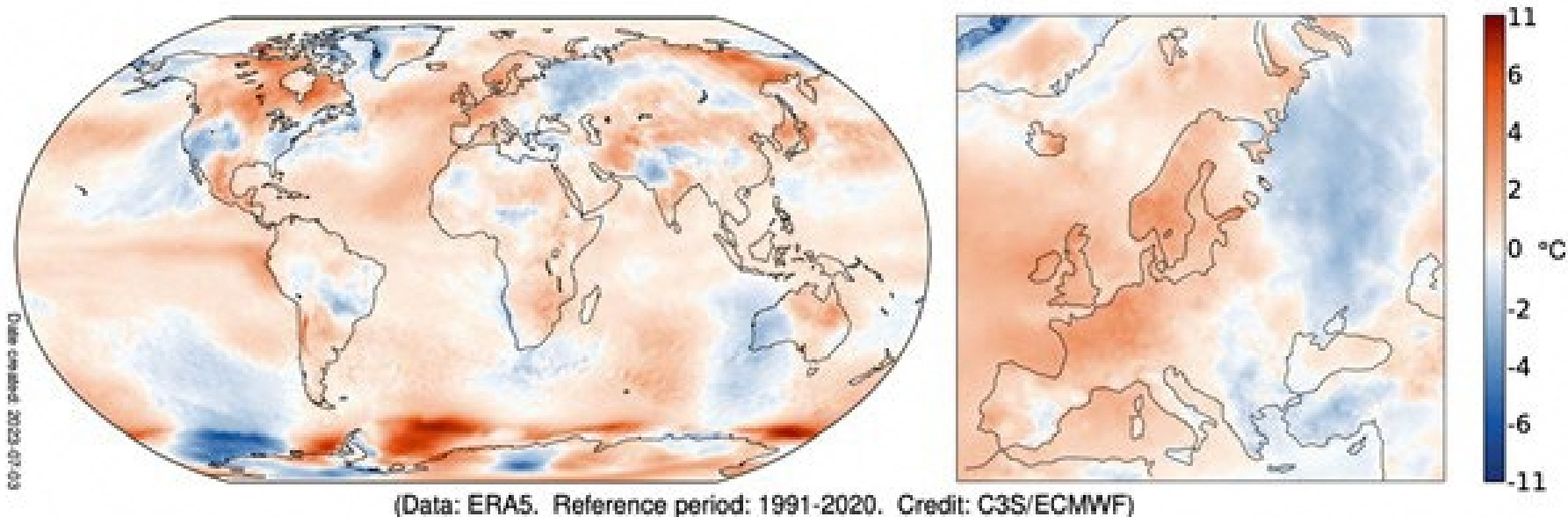
現在30年 (1990-2019年)

1. 最近の気象がおかしい 猛暑



WMO（世界気象機関）によれば、2023年6月の地球全体の平均気温は**観測史上最も暑い6月**となりました。

Surface air temperature anomaly for June 2023



PROGRAMME OF
THE EUROPEAN UNION



今年の地球全体の猛暑の原因は、**1) エルニーニョ現象、**
2) 偏西風の蛇行、 **3) 地球温暖化の進行**が考えられます。

<https://public.wmo.int/en/media/news/preliminary-data-shows-hottest-week-record-unprecedented-sea-surface-temperatures-and>

1. 最近の気象がおかしい

猛暑



日最高気温の歴代日本記録

猛暑日18日
(2023年岐阜)

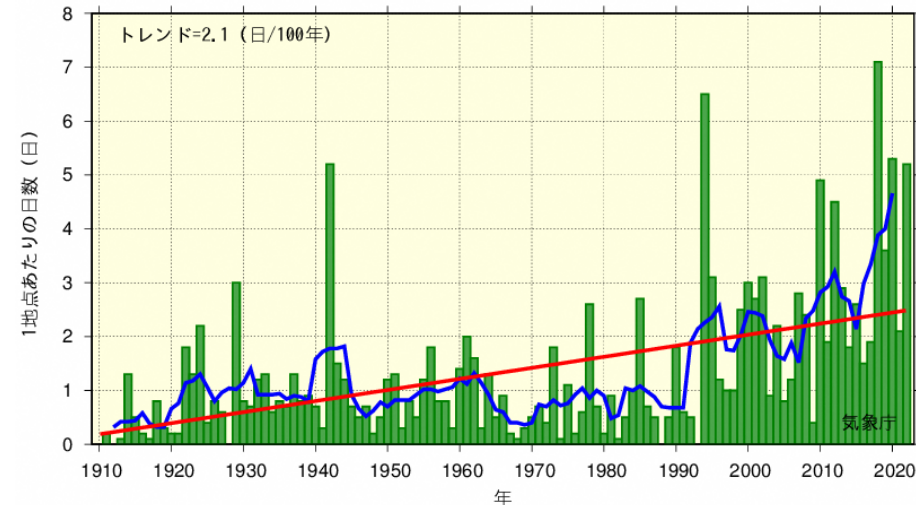
順位	都道府県	観測所	観測値	
			℃	起日
1	静岡県	浜松	41.1	2020年8月17日
2	埼玉県	熊谷	41.1	2018年7月23日
3	岐阜県	美濃	41.0	2018年8月8日
4	岐阜県	金山	41.0	2018年8月6日
5	高知県	江川崎	41.0	2013年8月12日
6	静岡県	天竜	40.9	2020年8月16日
7	岐阜県	多治見	40.9	2007年8月16日
8	新潟県	中条	40.8	2018年8月23日
9	東京都	青梅	40.8	2018年7月23日
10	山形県	山形	40.8	1933年7月25日

TOP10のうち9の事例が1990年以降に発生

岐阜県の猛暑の要因：

内陸，都市化，水田減少，温暖化

【全国13地点平均】日最高気温35℃以上の年間日数(猛暑日)



気象庁ホームページより

- 温暖化の進行により、全国の猛暑日の年間日数は増加しています。
- 統計期間1910～2022年で100年あたり2.1日の増加、信頼水準99%で統計的に有意。

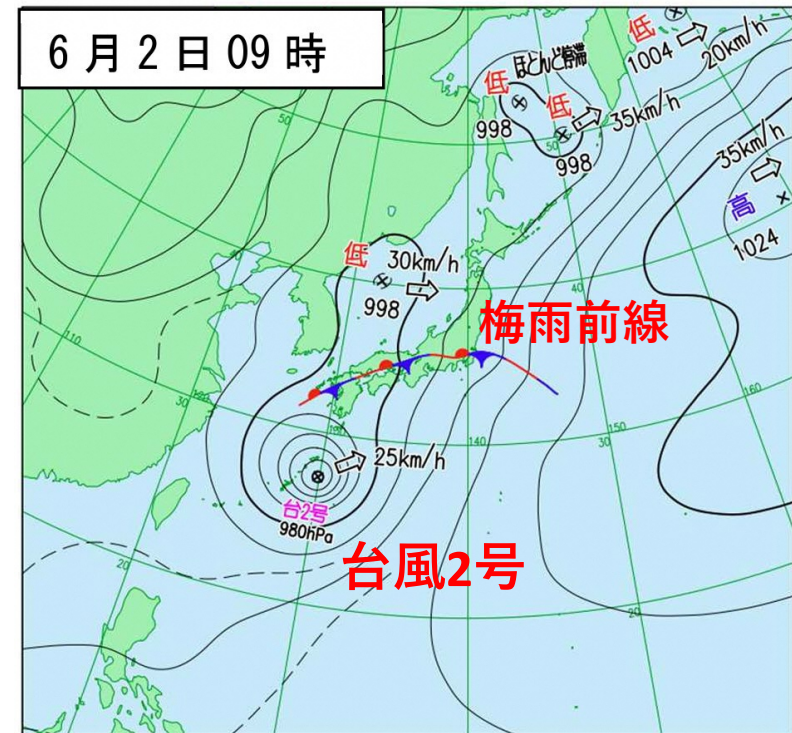
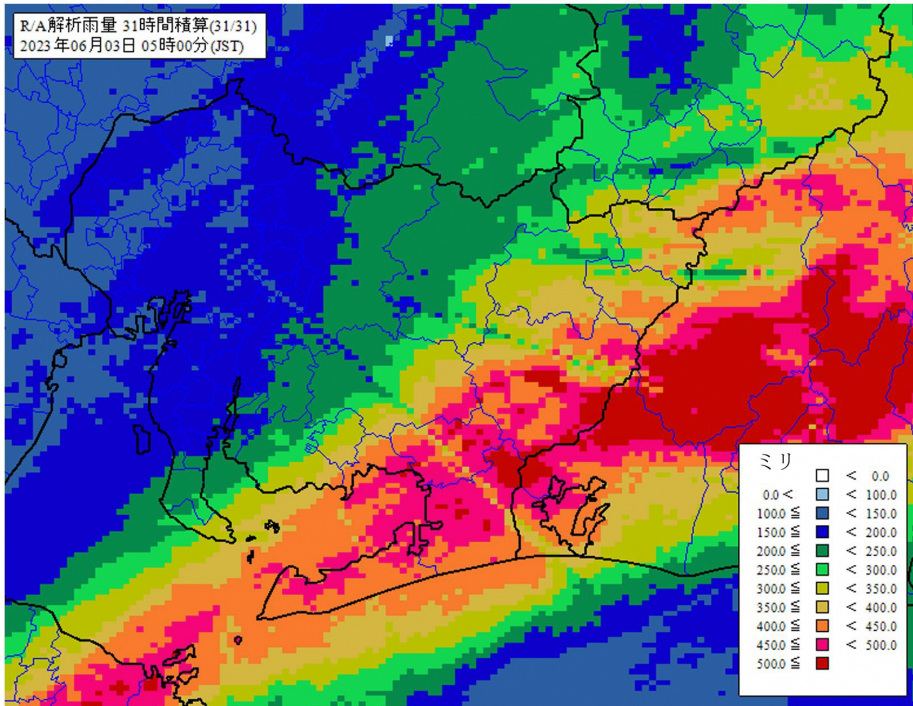
1. 最近の気象がおかしい

豪雨



2023年6月台風2号により愛知県三河地方で豪雨となりました。
線状降水帯が連続して6県で発生しました（過去最多）。

○解析雨量（6月1日22時～6月3日05時 31時間積算値）



大雨の原因は、**1) 梅雨前線の停滞、 2) 台風2号からの暖湿空気の流れ、 3) 線状降水帯の発生、 4) 地球温暖化の進行**が考えられます。

1. 最近の気象がおかしい

豪雨



日降水量の歴代日本記録

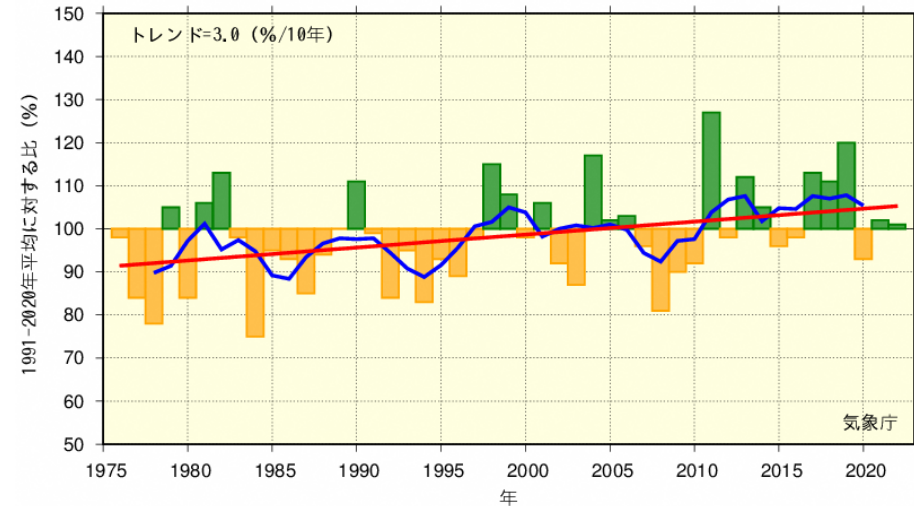
順位	都道府県	観測所	観測値	
			mm	起日
1	神奈川県	箱根	922	2019年10月12日
2	高知県	魚梁瀬	851	2011年7月16日
3	三重県	尾鷲	806	1968年9月26日
4	香川県	内海	790	1976年9月11日
5	沖縄県	与那国島	765	2008年9月13日
6	三重県	宮川	764	2011年7月19日
7	愛媛県	成就社	757	2005年9月6日
8	高知県	繁藤	735	1998年9月24日
9	宮崎県	えびの	715	1996年7月18日
10	高知県	本川	713	2005年9月6日

TOP10のうち8の事例が1990年以降に発生

豪雨の発生の要因：

大気の川，線状降水帯，温暖化

[全国アメダス]年最大日降水量の基準値との比



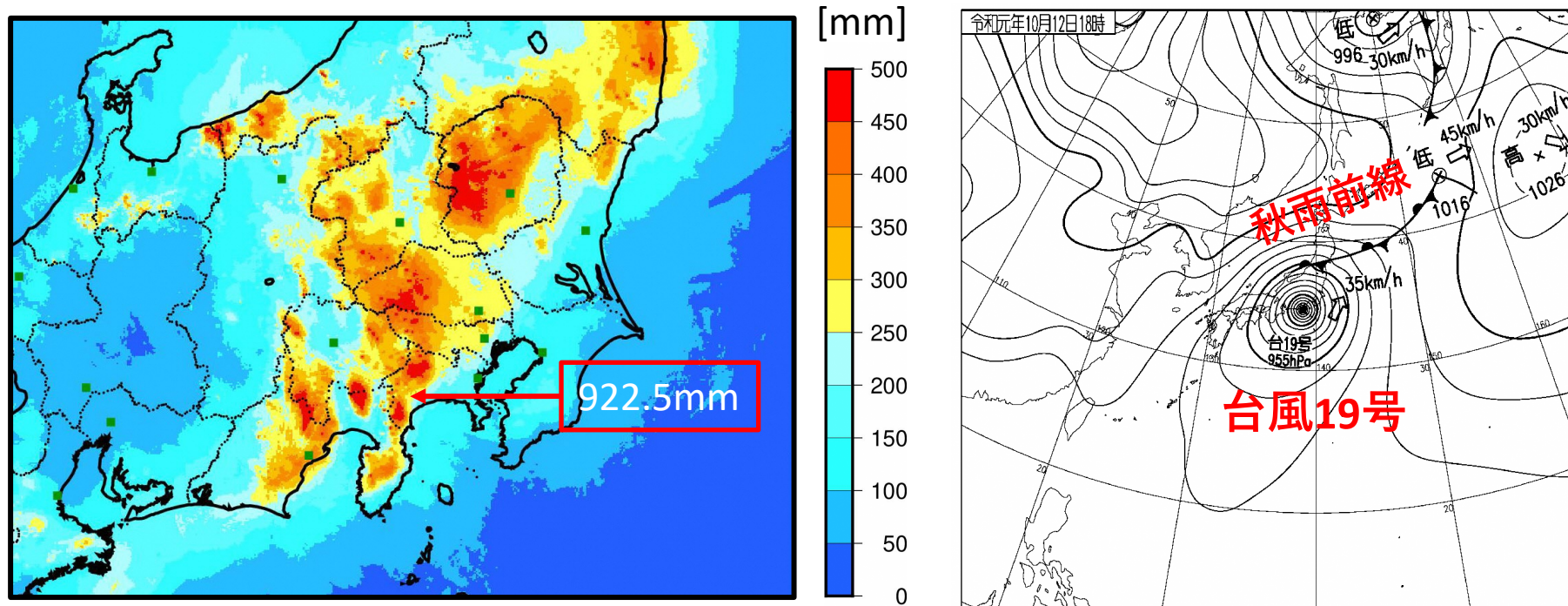
気象庁ホームページより

- 温暖化の進行により、全国の年最大日降水量（大雨）の基準値との比には増加傾向が現れています。
- 統計期間1976～2022年で10年あたり3.0%の増加、信頼水準95%で統計的に有意。

1. 最近の気象がおかしい 台風



2019年10月のスーパー台風19号により関東地方で記録的な豪雨となりました。13都県で大雨特別警報が発表（過去最多）。

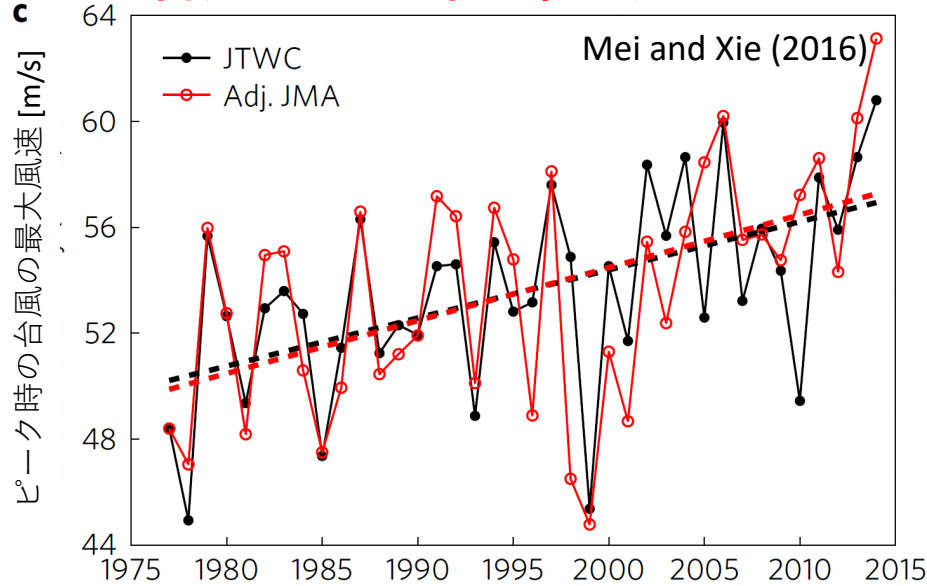


この大雨の要因は、**1) 台風19号の強い勢力での上陸、**
2) 秋雨前線と台風本体の活発な積乱雲、 **3) 地形による**
強制上昇、 **4) 地球温暖化の進行**が考えられます。

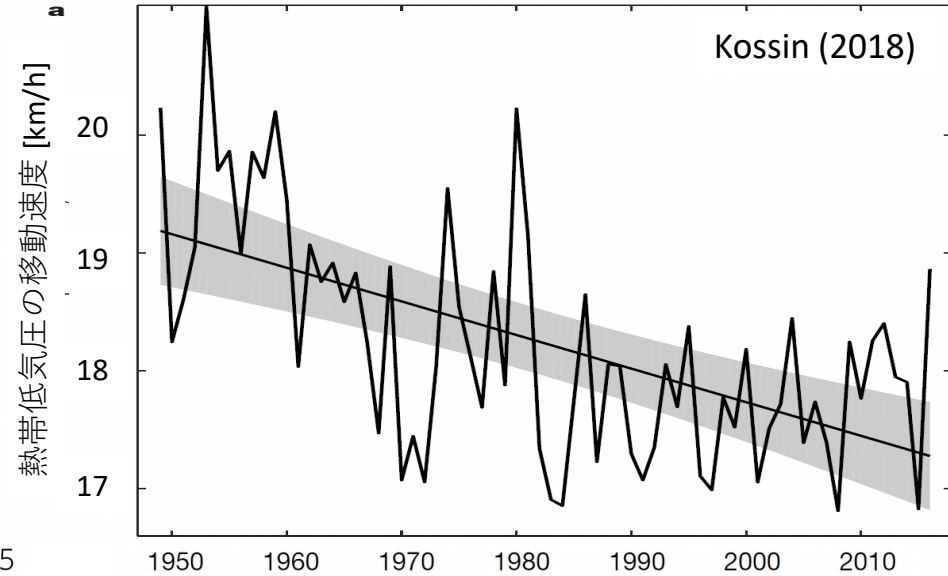


1. 最近の気象がおかしい 台風

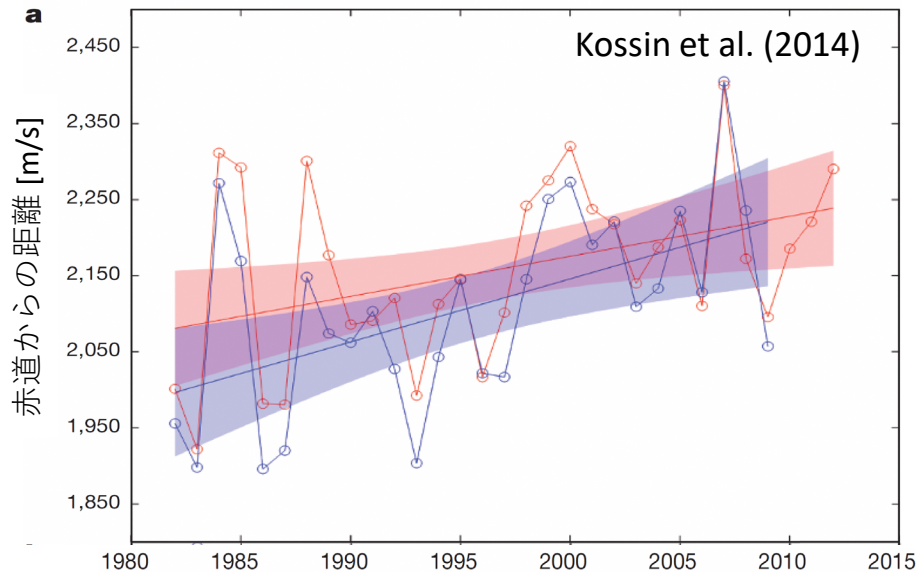
台風ピーク時の最大風速



熱帯低気圧の移動速度



台風ピーク時の赤道からの距離



温暖化の進行により、

- 台風のピーク時強度はより強まりつつある
- 台風がピークに達する場所はより高緯度に移りつつある
- 台風の移動速度がより遅くなりつつある

2. 異常気象の未来の姿 温暖化の理論

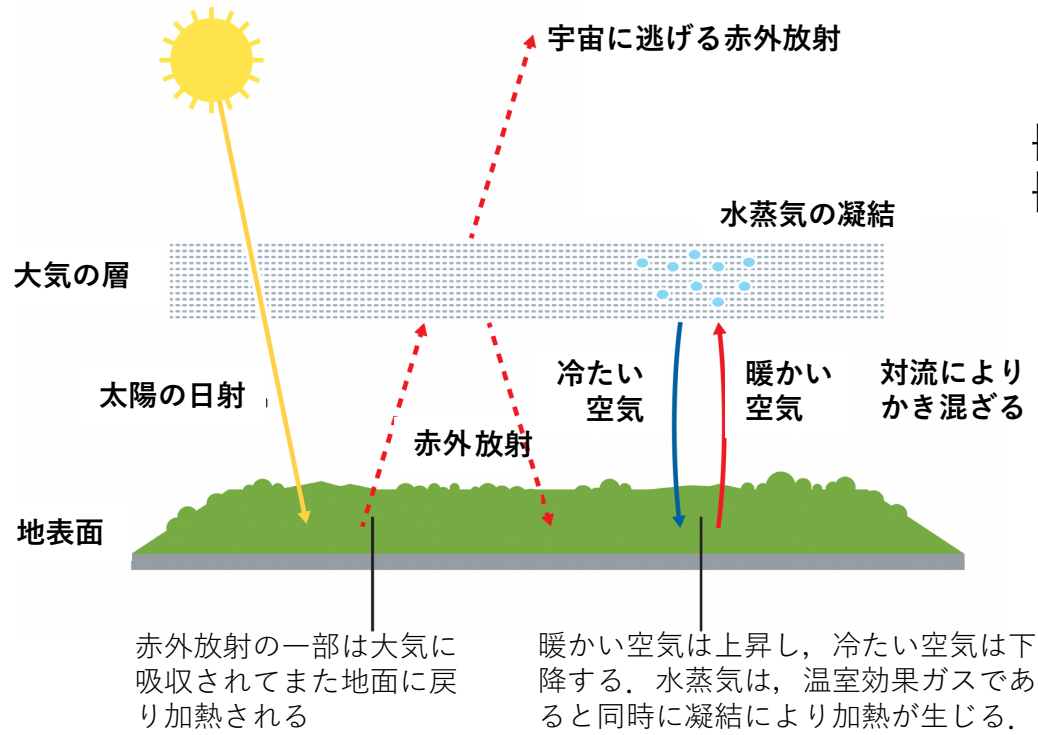


真鍋淑郎先生
ノーベル物理学賞2021

真鍋淑郎先生の気候モデル

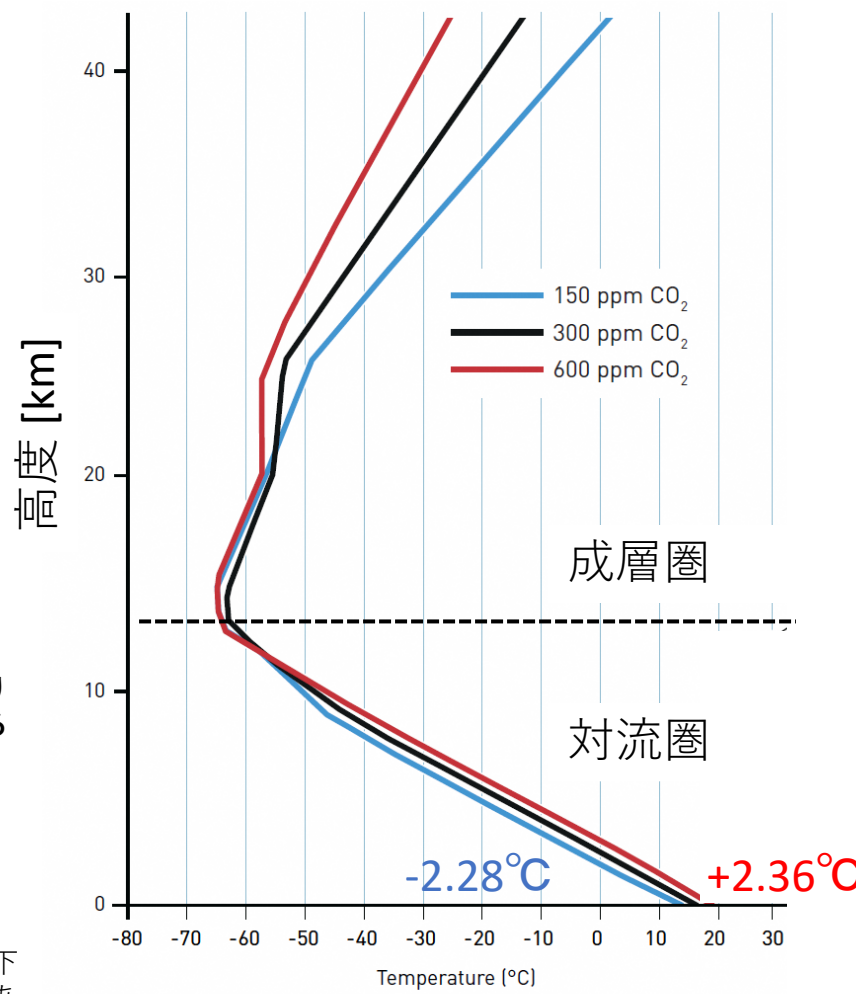
太陽からの日射と地球からの赤外放射のバランスと対流の相互作用モデルを提案した研究者

二酸化炭素や水蒸気などの**温室効果ガス**が地表面付近の気温を高くする



Manabe and Wetherald (1967)

二酸化炭素CO₂濃度が増えると、対流圏の気温は上昇する **(温室効果)**



Source: Manabe and Wetherald (1967) Thermal equilibrium of the atmosphere with a given distribution of relative humidity, *Journal of the atmospheric sciences*, Vol. 24, Nr 3, May.



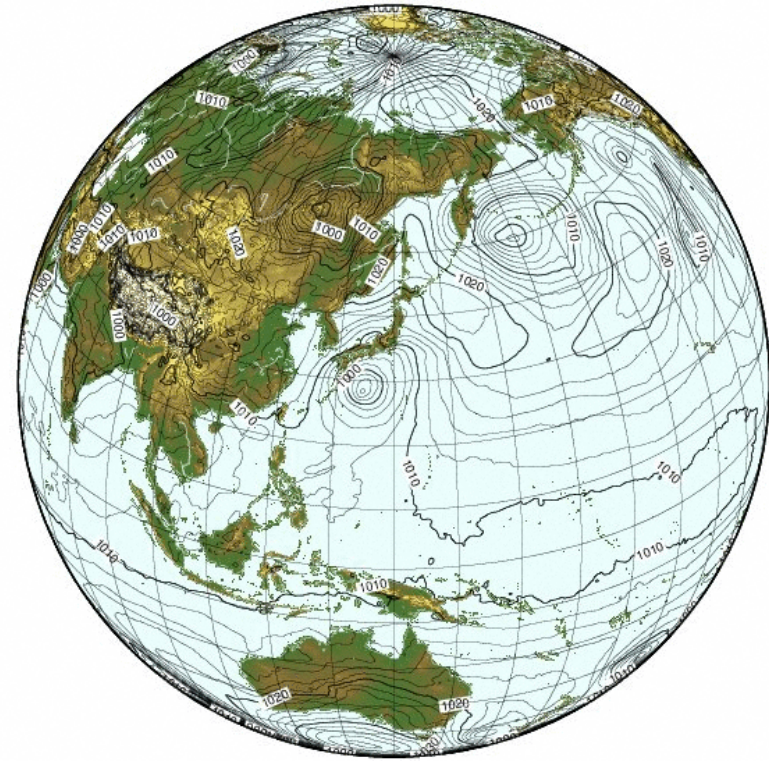
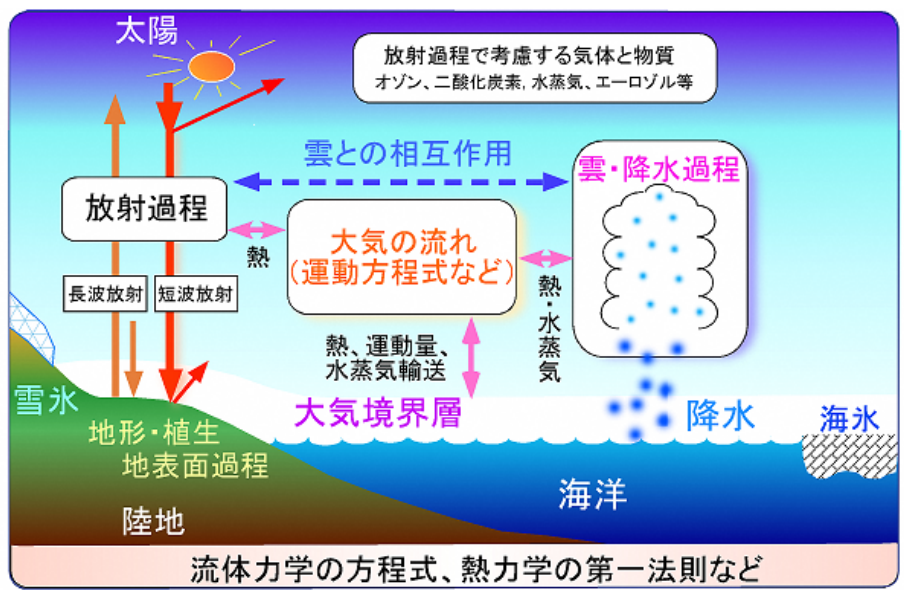
気象庁ホームページより

全球気候モデルGCMによる予測

GCMとは、地球の空気を格子点で表現し、その1点1点を、様々な物理法則を満たすように計算する

コンピュータにより未来の気象や気候の状態が予測できる

GSM-TL959L60 2009.05.28.12UTC FT=000
(Valid Time: 05.28.12UTC)



- ・ 運動方程式
- ・ 熱力学第1法則
- ・ 大気境界層過程
- ・ 地表面過程
- ・ 放射過程
- ・ 放射過程
- ・ 雲微物理過程
- ・ 植生
- ・ 海洋
- ・ 雪氷, 海氷 など

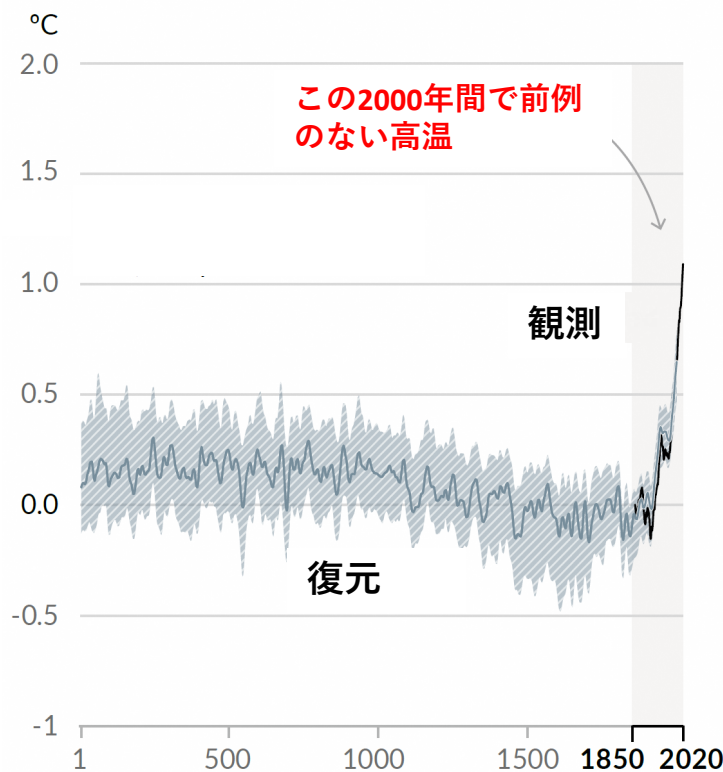
- ・ 天気予報
- ・ 気候変動予測

2. 異常気象の未来の姿 人為起源温暖化

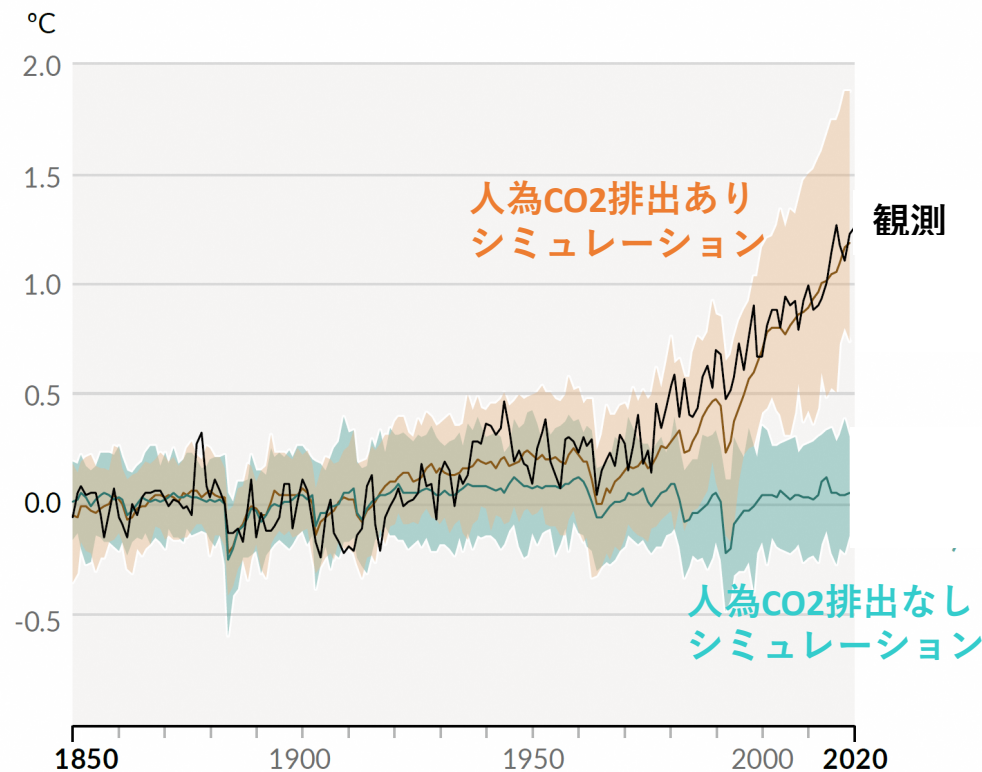


1850-1900年に相対的な過去の全球平均地上気温の変化量

復元(1-2000年)と観測(1850-2020年)による1-2000年の全球地表表面温度（10年平均値）の変化



観測とGCMによる1850-2020年の全球地表面温度（年平均値）の変化

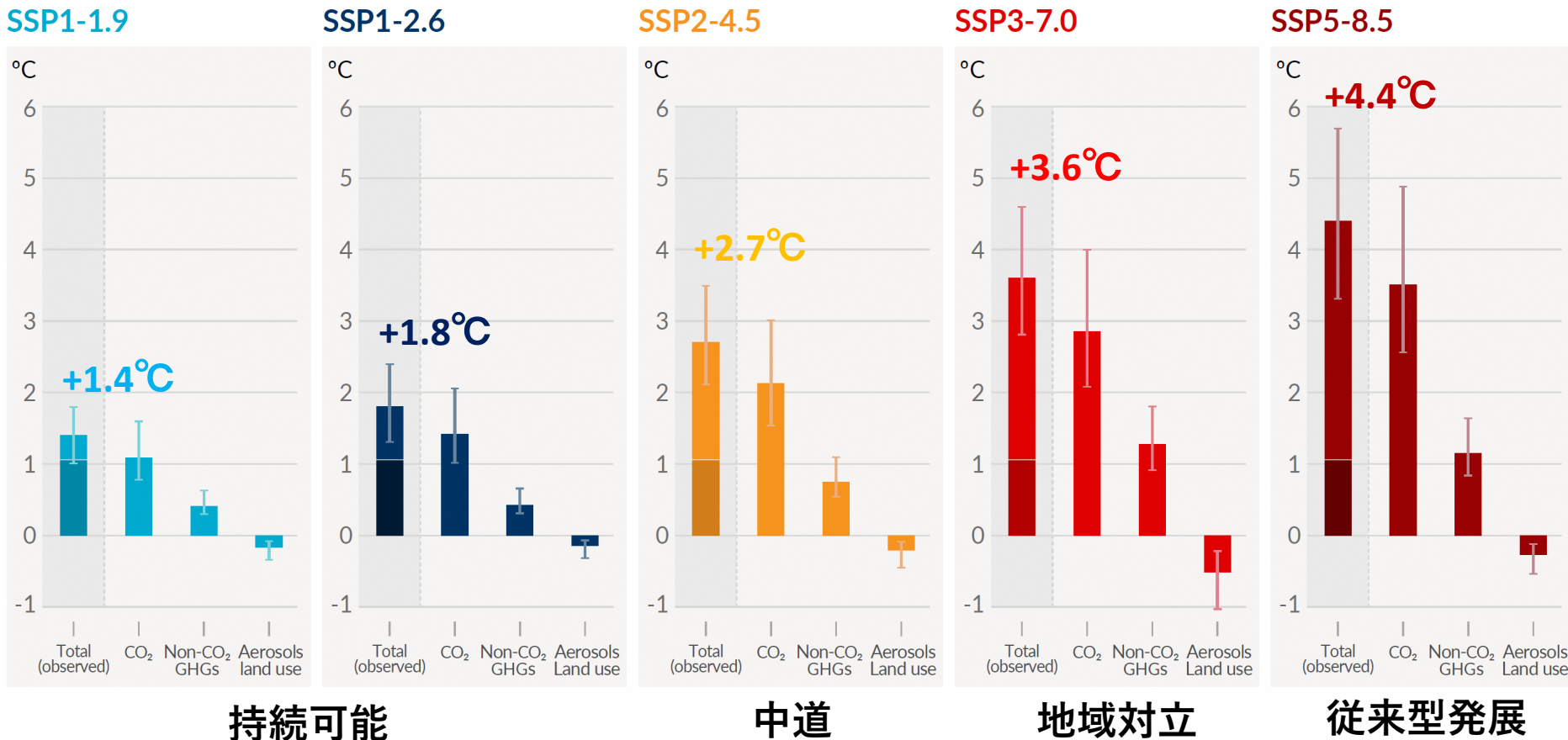


人間の影響が、大気、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない。



2. 異常気象の未来の姿 人為起源温暖化

将来の温室効果ガス排出シナリオ毎の全球平均地上気温の将来変化量への寄与
2081-2100年の全球地表面温度（1850-1900年の相対値）の変化

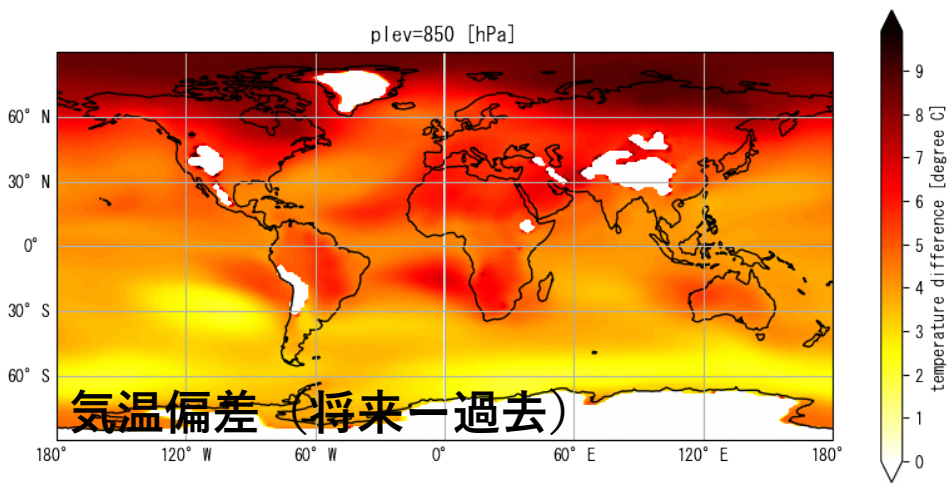
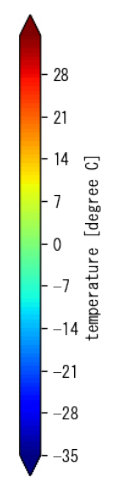
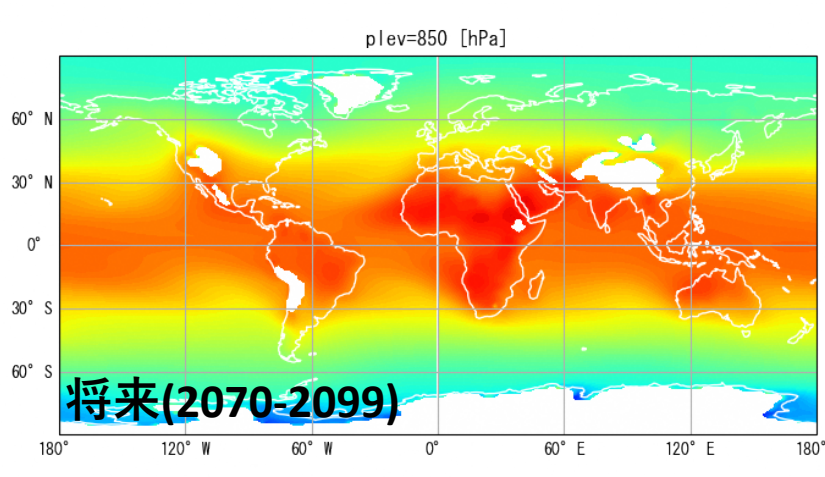
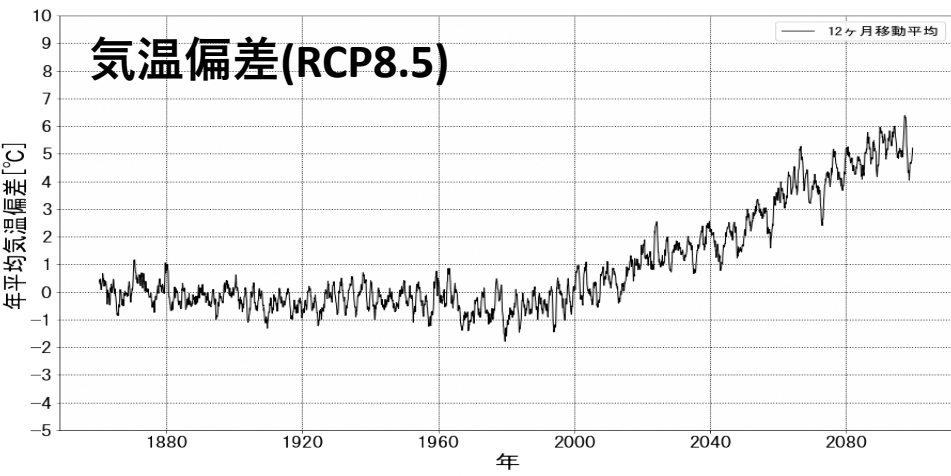
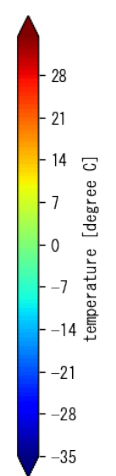
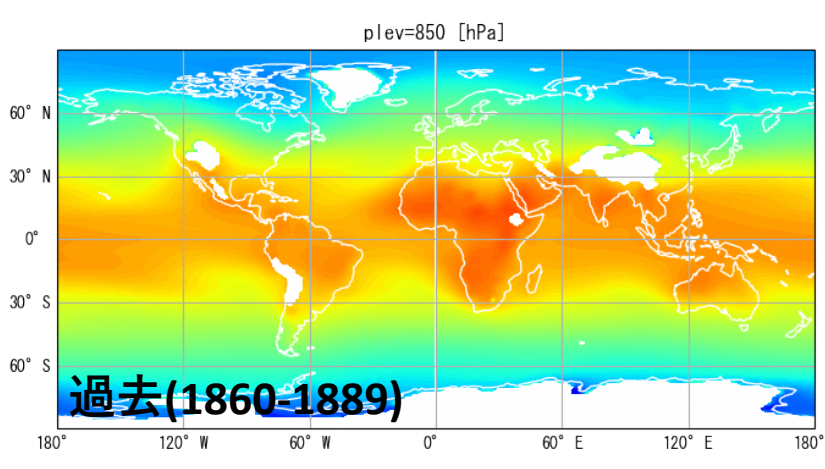


従来型発展を続ければ、全球平均気温は+4°C以上となる可能性がある。

2. 異常気象の未来の姿 将来予測



英MetOfficeの全球モデルHadGEM2の予測結果（1860～2099年）
850hPa（上空1500m）の気温

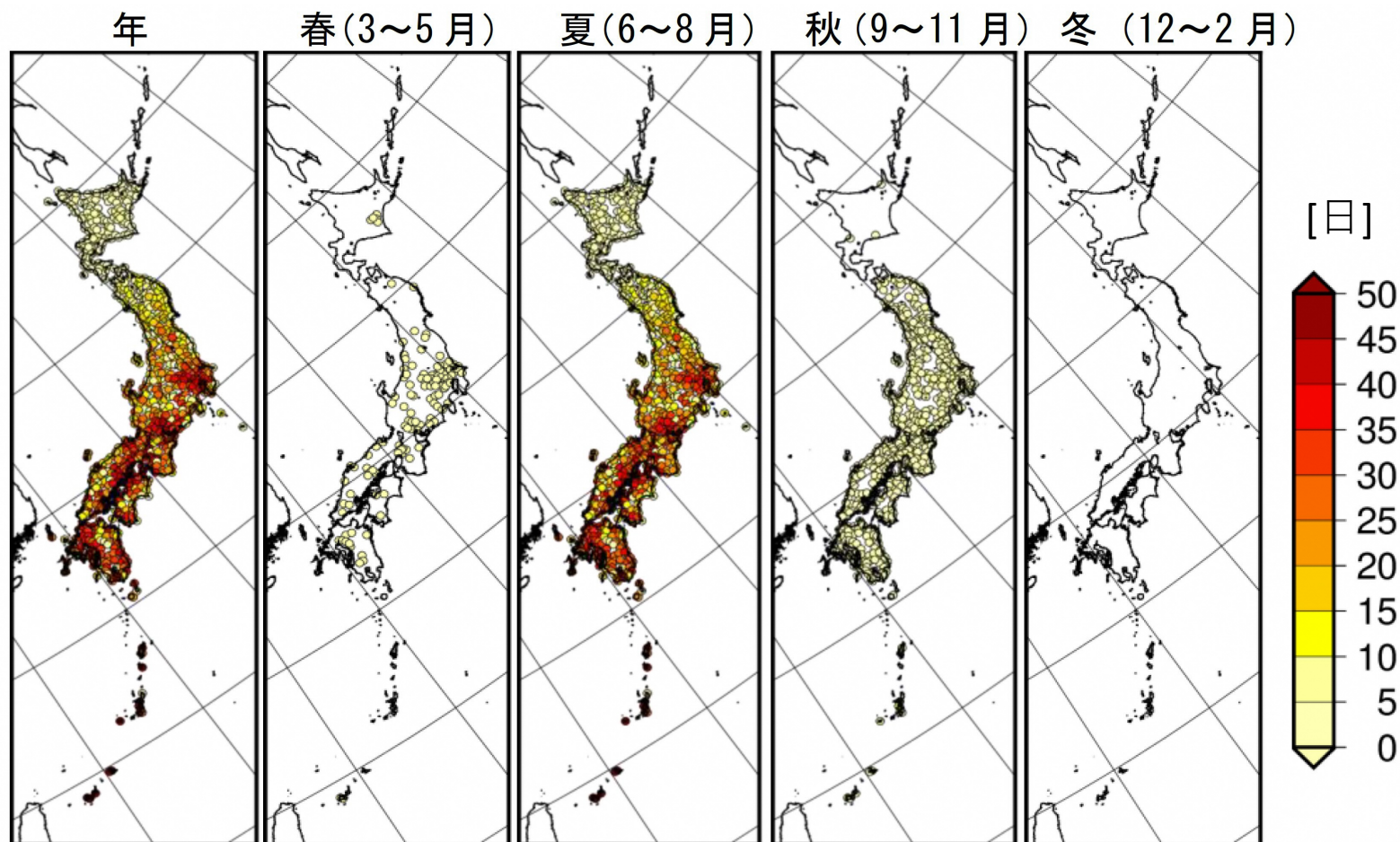


温暖化の影響は、海洋よりも大陸で、低緯度よりも高緯度でより大きい

2. 異常気象の未来の姿 +4°Cの猛暑



気象庁の領域気候モデル(RCP8.5)による猛暑日の年間日数の将来変化



今世紀末には東日本太平洋側では将来の猛暑日は 23.9 ± 7.0 日増える。

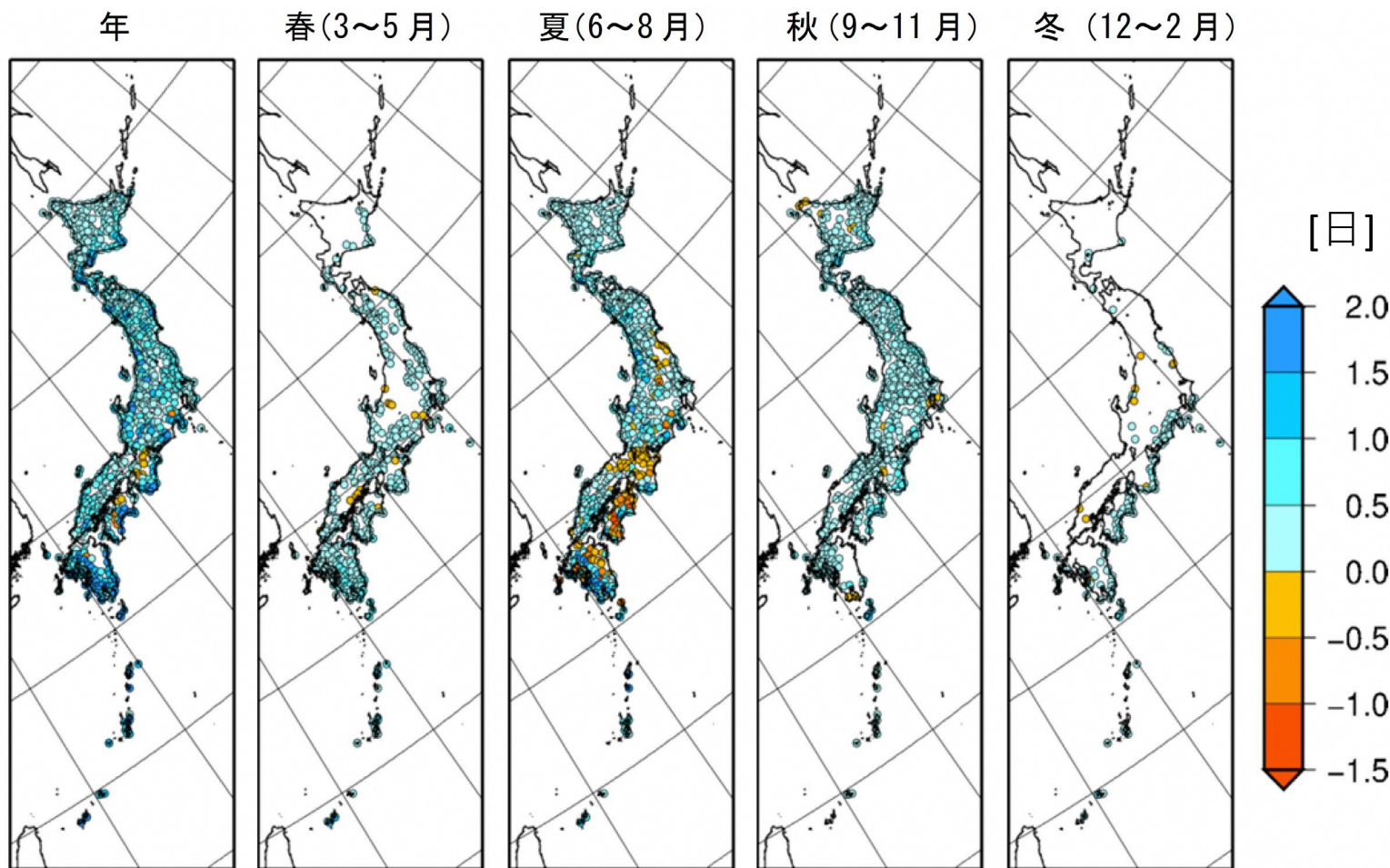
気象庁：地球温暖化予測情報第9巻

<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/GWP/Vol9/pdf/02.pdf>

2. 異常気象の未来の姿 +4°Cの豪雨



領域気候モデル(RCP8.5)による日降水量100mm以上の年間日数の将来変化



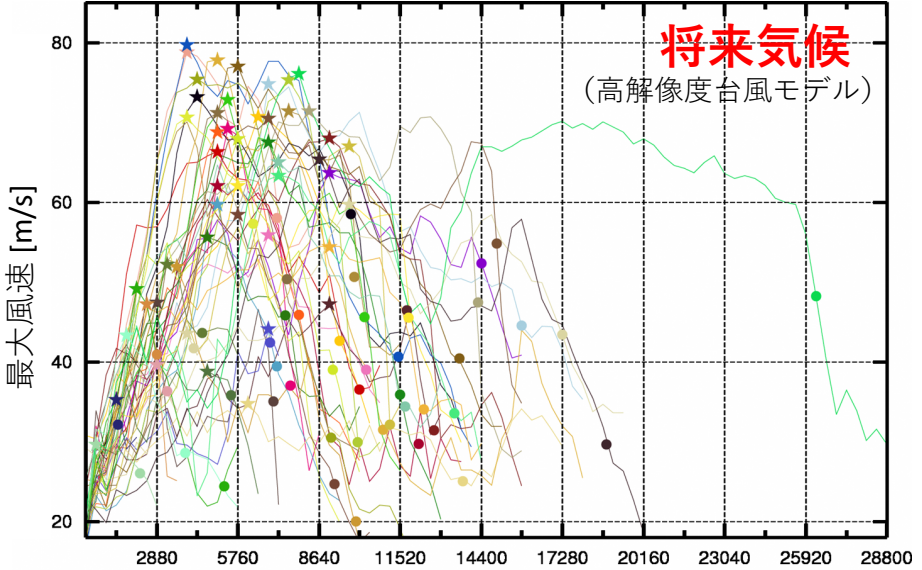
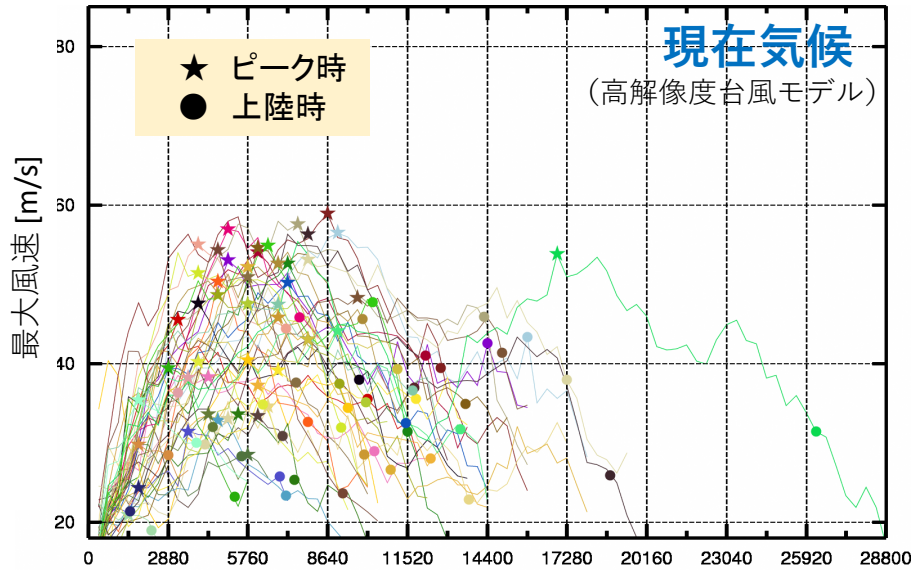
今世紀末には東日本太平洋側で大雨の頻度や強度がより増大する。

気象庁：地球温暖化予測情報第9巻

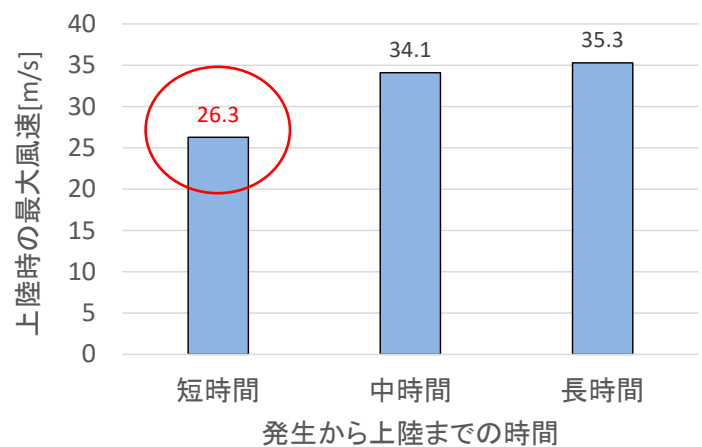
<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/GWP/Vol9/pdf/03.pdf>

2. 異常気象の未来の姿 +4°Cの台風

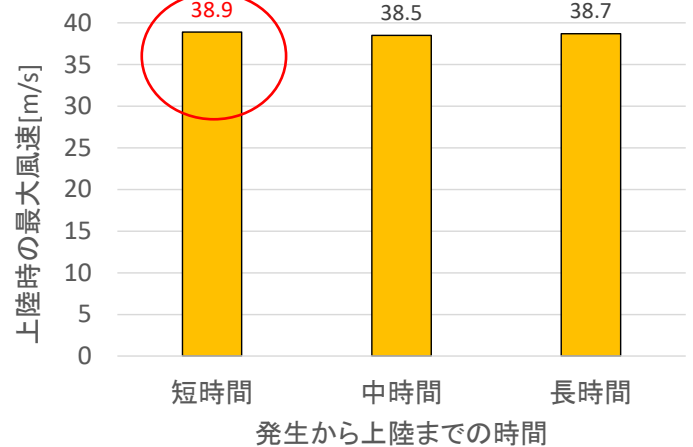
岐阜大学の **高解像度台風モデル(RCP8.5)** による台風の強さの将来変化



上陸時の最大風速(現在気候)



上陸時の最大風速(将来気候)



平均最大風速の将来変化

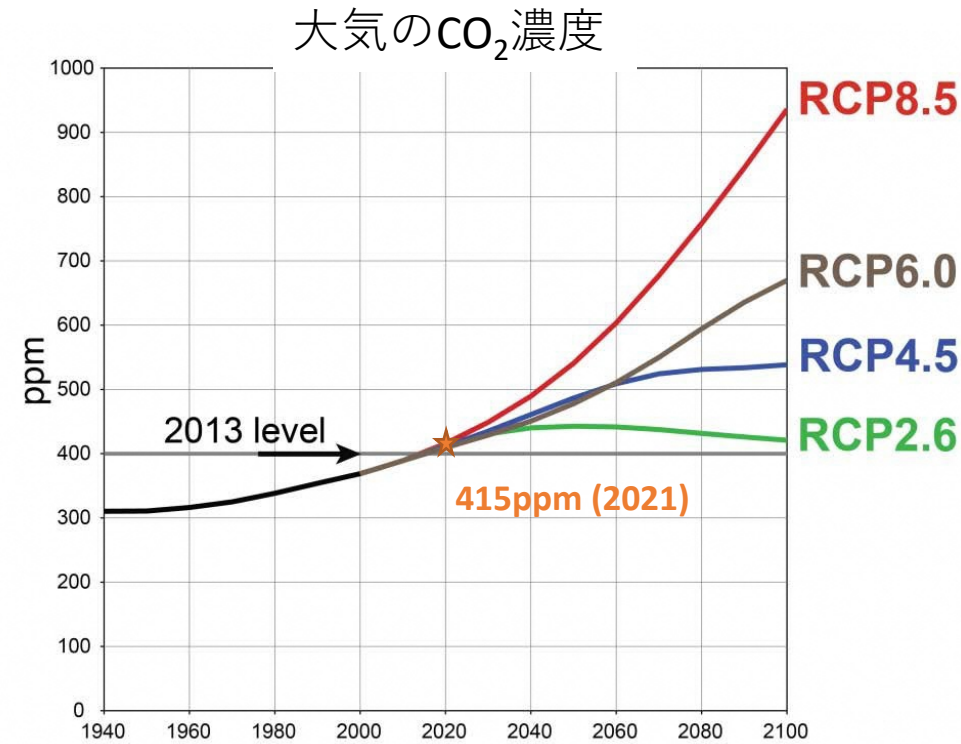
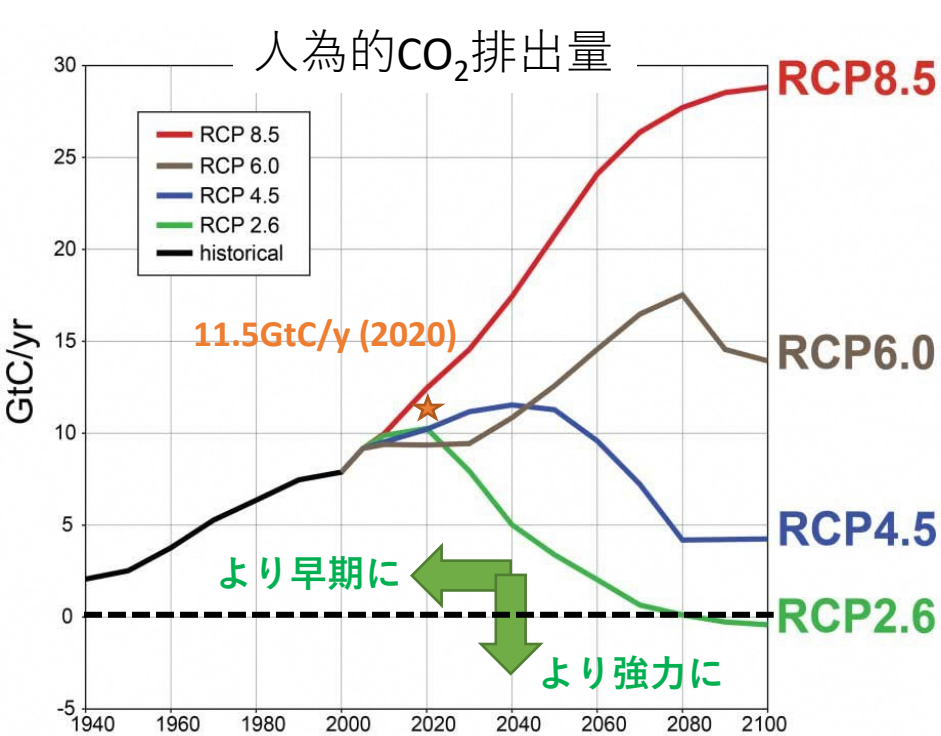
全台風の比較
 ★ピーク時 : +18.1 m/s
 ●上陸時 : +6.9 m/s

+4°C上昇時：近海で発生した単寿命な台風であっても急速に発達して上陸する



温暖化の緩和と適応 温暖化を抑えるために

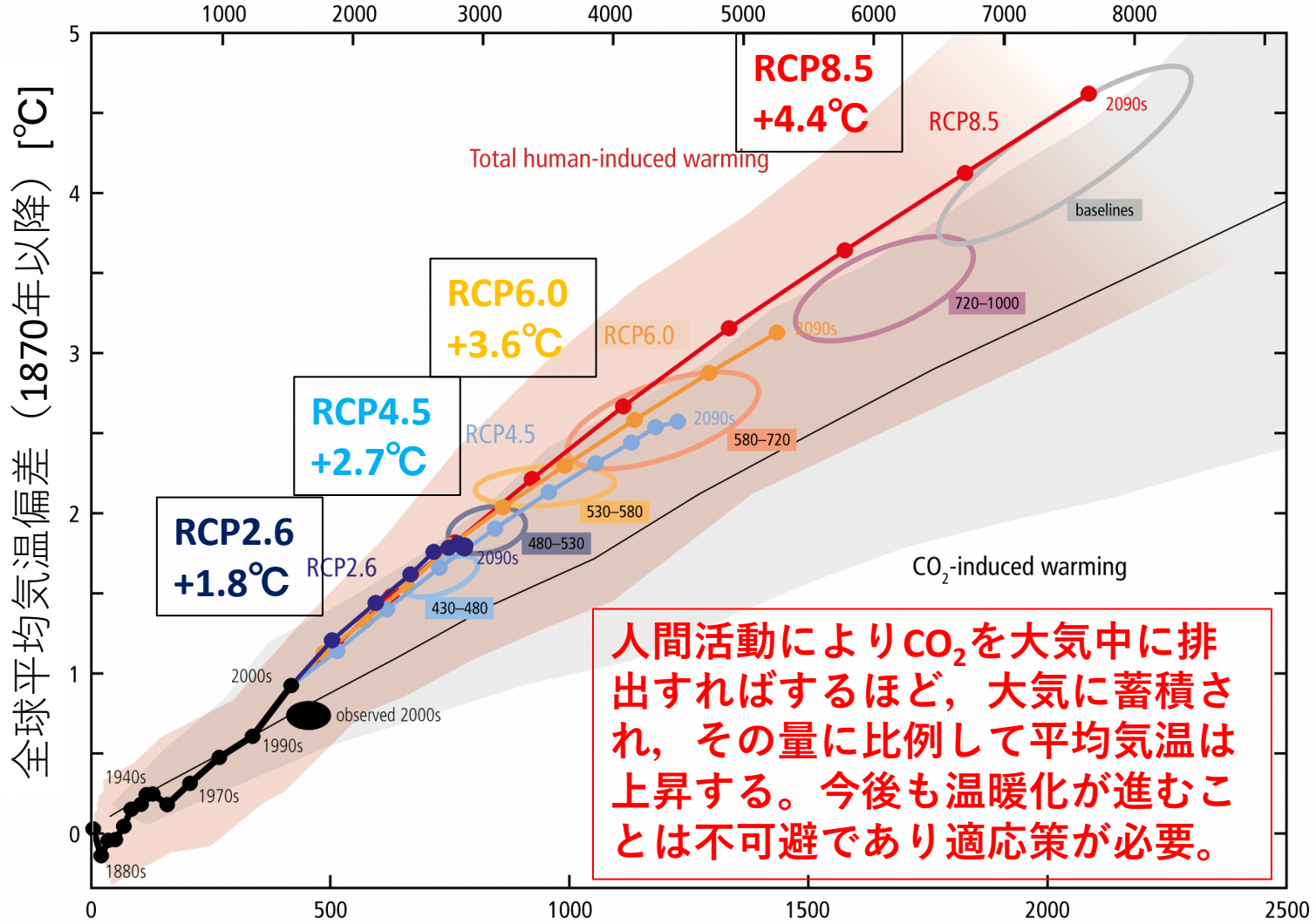
2016年11月に発効した「パリ協定」では、持続可能性を確保するために「地球の平均気温の上昇を産業革命以前から 2°C より十分下方に抑え（ 2°C 目標：RCP2.6相当）、さらには 1.5°C に抑える努力をすること」を国際的に合意しています。



平均気温 1.5°C に抑えるためには、より早期により強力な緩和策が必要

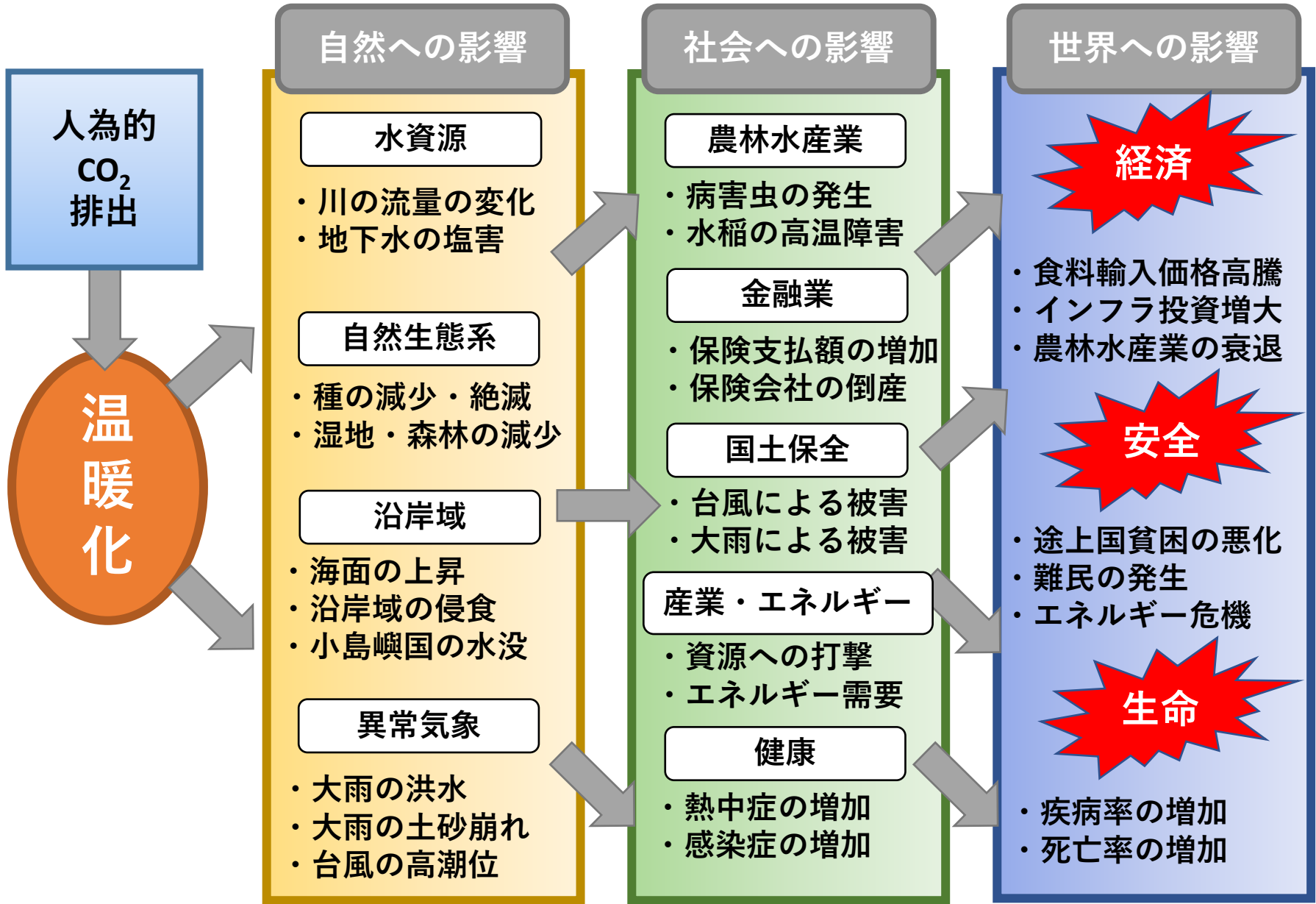
温暖化の緩和と適応 温暖化は不可避

積算人為的CO₂排出量（1870年以降） [GtCO₂]





温暖化の緩和と適応 温暖化の影響



緩和とは？

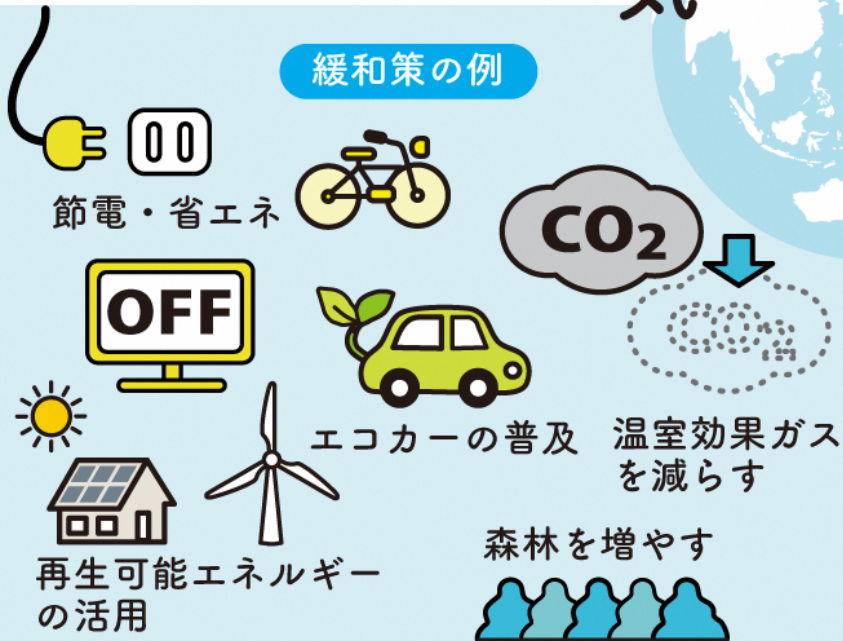
原因を少なく

2つの 気候変動対策

適応とは？

影響に備える

緩和策の例



適応策の例



気候変動による人間社会や自然への影響を回避するためには、温室効果ガスの排出を削減し、気候変動を極力抑制すること（緩和）が重要です。

緩和を最大限実施しても避けられない気候変動の影響に対しては、その被害を軽減し、よりよい生活ができるようにしていくこと（適応）が重要です。



『**緩和**』とは、気候変動による社会や自然への影響を回避するために、**温室効果ガスの排出を削減**し、気候変動を極力抑制すること。

- 再生可能エネルギー・・・太陽光, グリーン水素, 地産地消
- 住宅・建築物・・・省エネ住宅, 断熱性向上, 県産材利用
- 交通・運輸・・・地域バス, 水素ステーション(FCV), 充電インフラ(EV・PHV)
- 商工業・観光・・・省エネ技術・再エネ導入, カーボンオフセット普及, リサイクル・リユース
- 農業・林業・水産業・・・省エネ化, DX, 有機農業, CO2吸収, 地産地消
- 社会インフラ・・・温熱環境改善・緑化, 省エネ技術・再エネ導入, DX
- 普及啓発・・・省エネ行動の見える化, 環境学習, 推進員人材育成

<課題は？>

大量生産・大量消費・大量廃棄型の社会経済システムからの脱却 → 循環型社会の形成



『**適応**』とは、緩和を最大限実施しても避けられない**気候変動の影響の被害を軽減**し、よりよい生活ができるようにしていくこと。

- 農業・林業・水産業・・・品種改良, 栽培・生産技術, 病害虫予察
- 水環境・水資源・・・水域と地下水の水質測定
- 自然生態系・・・高山帯の野生動植物, 河川の生態系の動態把握
- 自然災害・・・ハザードマップ更新, 流域治水, ハード・ソフト対策
- 健康・・・熱中症・感染症の注意喚起と予防啓発
- 産業・経済活動・・・需要変化, 事業継続計画BCP策定
- 普及啓発・・・温暖化影響評価, 気象データ活用, 人材育成

<課題は？>

**温暖化適応のための官民一体となった活動 → 適応ビジネス
他の社会課題(少子高齢化・格差社会・人権等)との同時解決**

<温暖化の緩和のための気象データ活用>

- 再エネの適地選定・・・太陽光, 風力, バイオマス
- 再エネの発電予測・・・リアルタイム電源ベストミックス
- エネルギー需要予測・・・気温, 冷房需要, 暖房需要

<温暖化の適応のための気象データ活用>

- 農業・・・品種選定, 作物転換, スマート農業
- 観光・・・来客予測, ダイナミック・プライシング
- 小売・・・需要予測, 人員・在庫管理, 販促計画
- 医療・・・気象病・季節病の予測と予防

<課題は？>

気象データを現場で活用できる技術者の育成！

→ 「気象データアナリスト」の育成



温暖化の緩和と適応 気象データ活用

- ・ 企業におけるビジネス創出や課題解決ができるよう、気象データの知識とデータ分析の知識を兼ね備え、気象データとビジネスデータを分析できる人材
- ・ 民間企業が開講する「気象データアナリスト育成講座」を修了した者

気象データアナリスト活躍の場（イメージ）

需要予測

過去の販売・顧客データ

×

気象データ

発注数の精度向上により
廃棄ロスの減少や底値で
仕入れるなど利益アップ

販売促進

売上データやSNS

×

気象データ

店舗混雑予想情報や割引
サービスを顧客へ提供

物流

過去の出荷/入荷実績等

×

気象データ

荷物量・作業量を予測、
要員計画を最適化

・ 岐阜大学で「**気象データアナリスト養成プログラム**」
を令和5年より始めました！情報は右のQRコードから！

<https://www1.gifu-u.ac.jp/~amet/wda.html>

