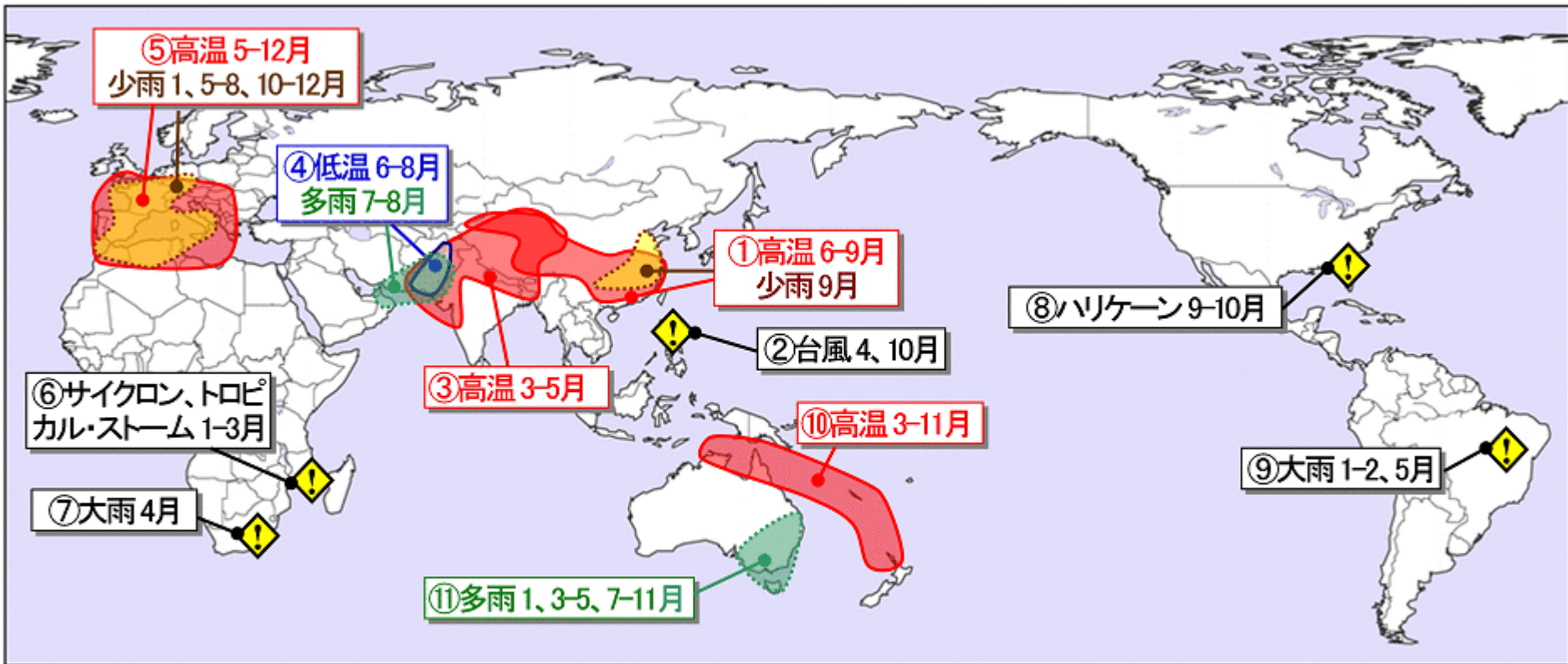


地球温暖化の現状と将来予測

気象庁 大阪管区气象台 気象防災部
気候変動・海洋情報調整官
和田 晃

▶ 各地で異常高温が発生。年平均気温の記録を更新した国も。

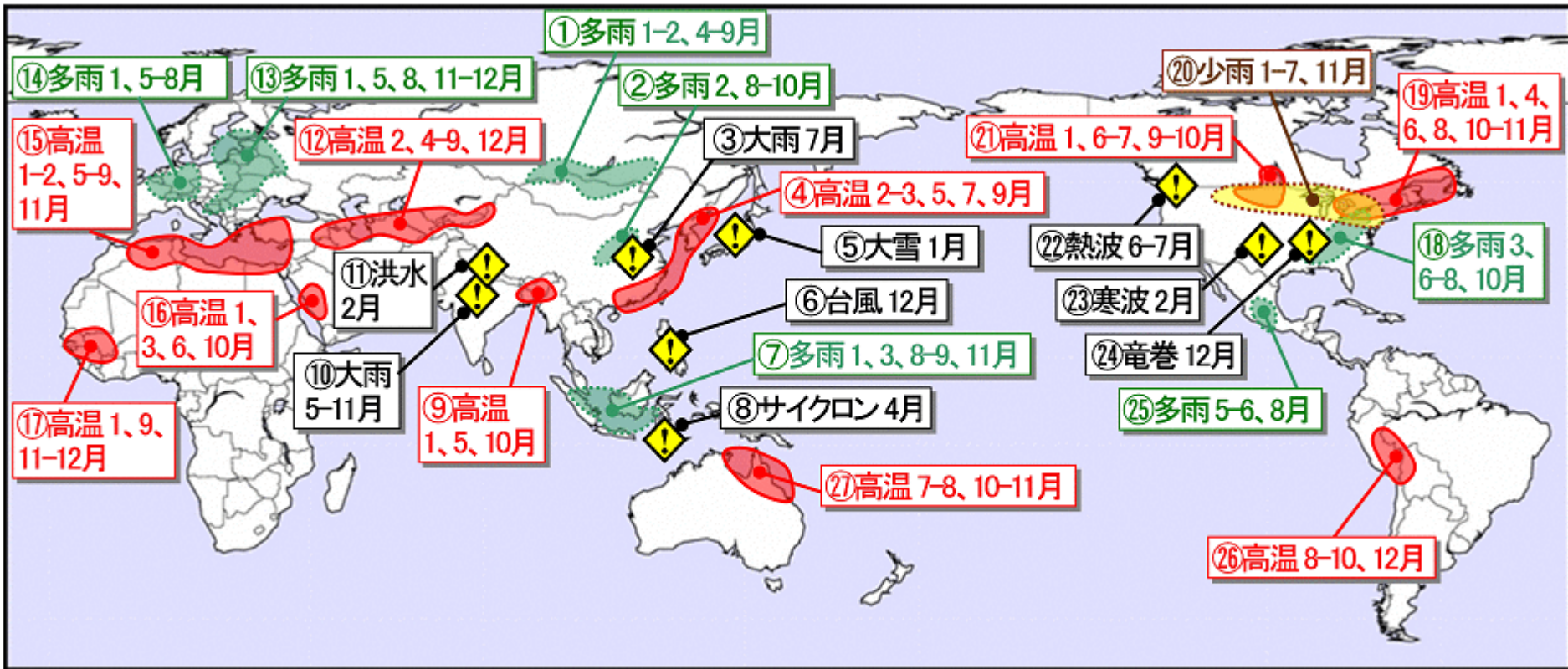


● 高温 ● 低温 ● 多雨 ● 少雨 ⚠ 気象災害

2022年(令和4年)世界の主な異常気象・気象災害
発表日: 2023年1月18日
気象庁

異常気象は、ある場所において30年に1回以下のまれな頻度で発生する現象と定義。「高温」「低温」「多雨」「少雨」は、月平均気温と月降水量の異常現象が1年のうち3か月以上繰り返された場合、気象災害は、米国国際開発庁とベルギー・ルーベンカトリック大学が共同運用する災害データベース(EM-DAT)や各国政府・国連機関等による人的被害や経済的損失から。地理的広がりも考慮した。

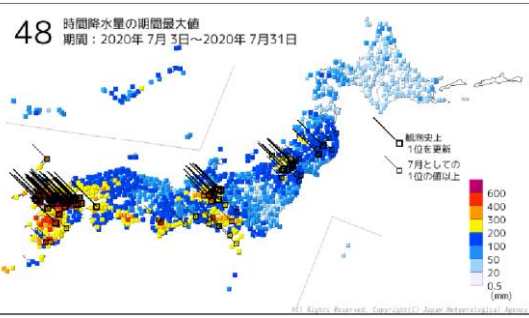
▶ 世界各地で異常高温が発生。最高気温の国内観測記録を更新した国も。



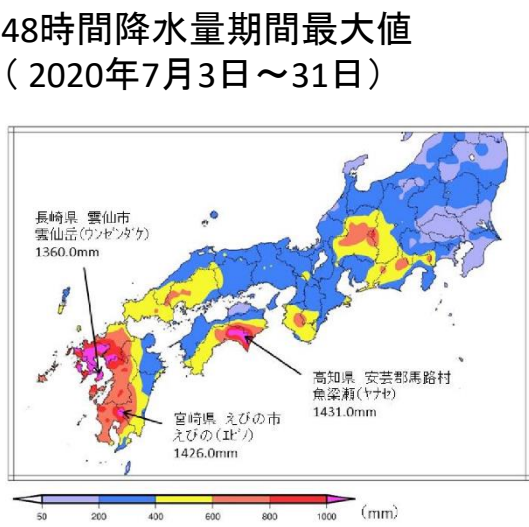
● 高温
 ● 低温
 ● 多雨
 ● 少雨
 ! 気象災害

2021年(令和3年)世界の主な異常気象・気象災害
 発表日: 2022年1月20日
 気象庁

異常気象は、ある場所において30年に1回以下のまれな頻度で発生する現象と定義。「高温」「低温」「多雨」「少雨」は、月平均気温と月降水量の異常現象が1年のうち3か月以上繰り返された場合、気象災害は、米国国際開発庁とベルギー・ルーベンカトリック大学が共同運用する災害データベース(EM-DAT)や各国政府・国連機関等による人的被害や経済的損失から、地理的広がりも考慮した。



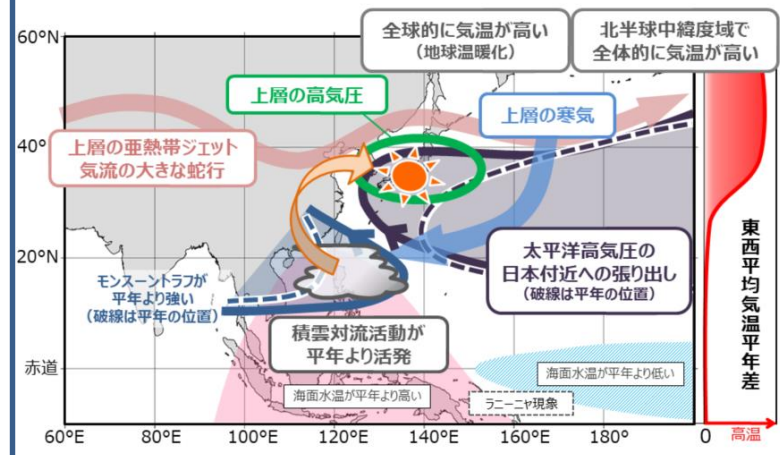
令和2年7月豪雨
特に、上旬は、九州地方等で記録的な大雨となり甚大な被害が発生。
報道発表資料より
(令和2年8月20日気象庁発表)



令和3年8月の記録的な大雨
西日本～東日本の広い範囲で大雨となり、総降水量が多いところで1400mmを超える記録的な大雨に見舞われた
報道発表資料より
(令和3年9月13日気象庁発表)

期間降水量
(期間：2021年8月11日～26日)

地球温暖化の進行に伴う長期的な大気中の水蒸気の増加により、降水量が増加した可能性がある



6月下旬～7月初めの記録的な高温をもたらした大規模な大気の流れに関する模式図

令和4年6月下旬～7月初めの記録的な高温
東・西日本を中心に記録的な高温となり、6月下旬の平均気温平年差は、東日本で+4.0℃、西日本で+3.2℃となり、ともに1946年の統計開始以降1位の記録を更新した

報道発表資料より
(令和4年8月22日気象庁発表)

1. 地球温暖化の現状

1-1. 世界の気候の変化

1-2. 日本の気候の変化

(気温、降水、台風、海面水温、海面水位)

2. 地球温暖化の将来予測

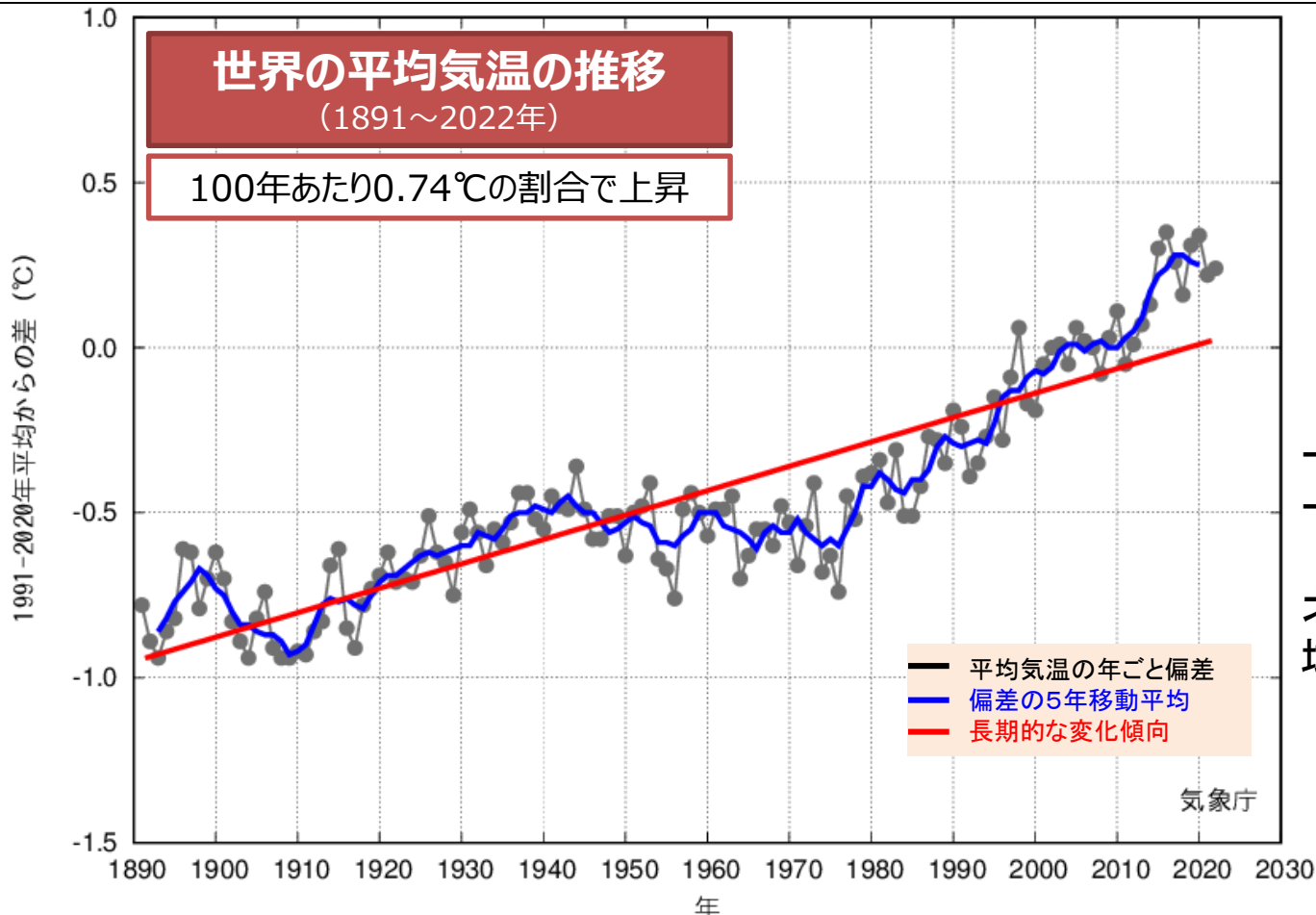
2-1. 世界の気候の将来予測

2-2. 日本の気候の将来予測

(気温、降水、台風、海面水温、海面水位)

1-1. 地球は温暖化している

- 世界の年平均気温は、長期的には**100年あたり約0.74°Cの割合で上昇**。2022年は統計開始以降で第6位の高温。
- 人間活動の影響によって**既に工業化前より約1°C上昇している**。
(IPCC第6次評価報告書)



上昇率は海上より陸上のほうが高い

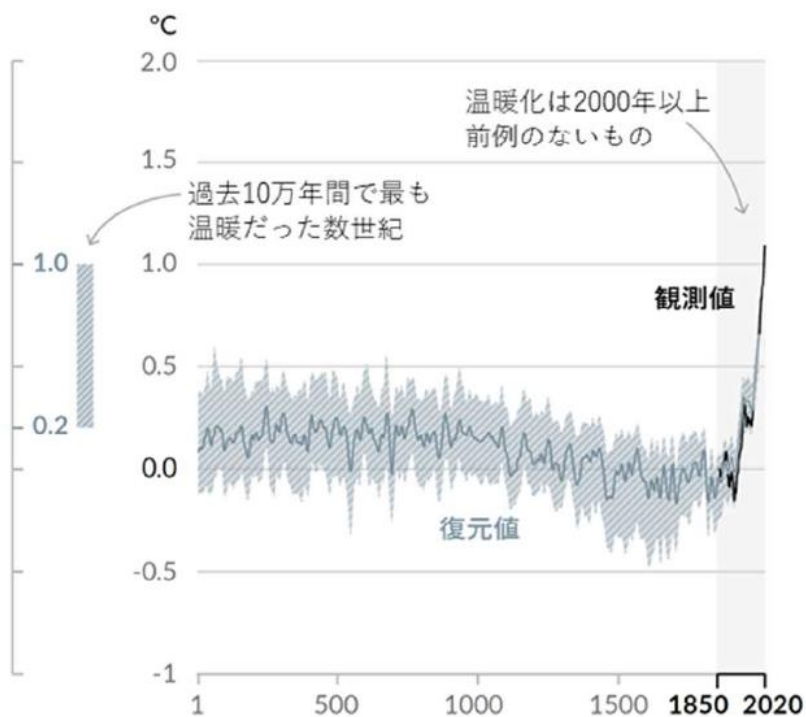
北半球の中高緯度地域では上昇率が高い

1-1. 近年の気候変動は人間活動が影響している

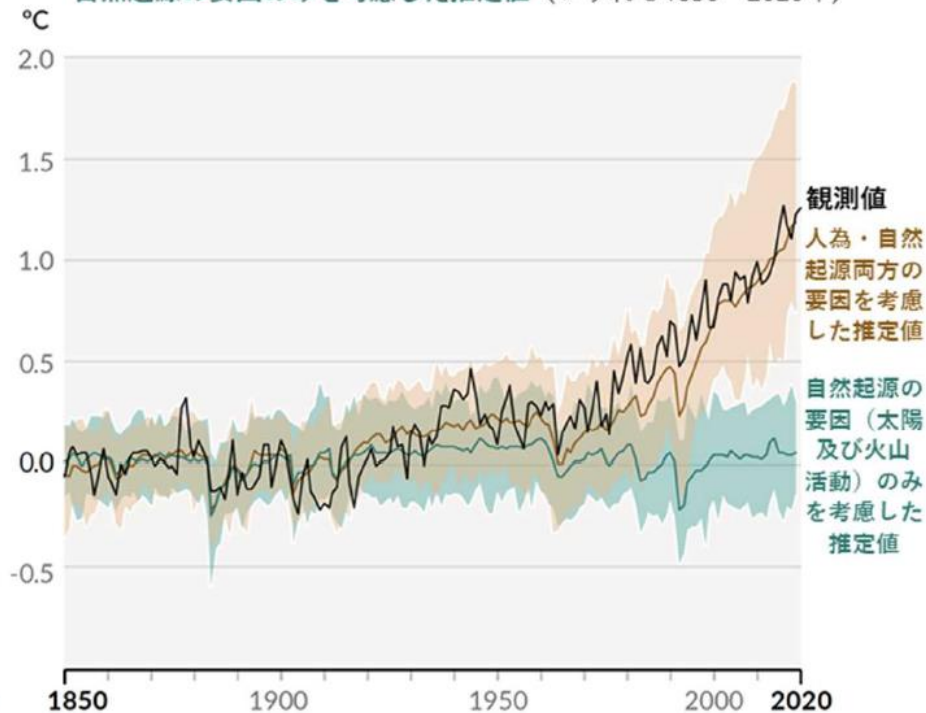
- 人間の影響が大気、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない。
- 人間の影響は、少なくとも過去2000年間に前例のない速度で、気候を温暖化させてきた。

1850～1900年を基準とした世界平均気温の変化

a) 世界平均気温（10年平均）の変化
復元値（1～2000年）及び観測値（1850～2020年）



b) 世界平均気温（年平均）の変化
観測値並びに人為・自然起源両方の要因を考慮した推定値及び
自然起源の要因のみを考慮した推定値（いずれも1850～2020年）



1-2. 近畿、中国、四国地方の気候も温暖化している

- 世界と日本の年平均気温は、様々な時間スケールの変動を伴いながら上昇しています。
- 気温の上昇は一様ではなく、日本の年平均気温の上昇は世界平均よりも速く進んでいます。
(日本の気候変動2020本編第2章より)
- 近畿、中国、四国地方の年平均気温も、様々な周期の変動を繰り返しながら上昇しています。

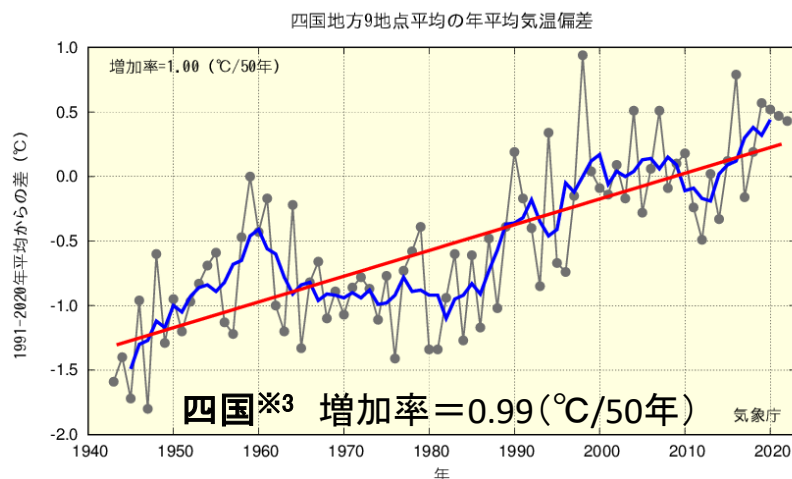
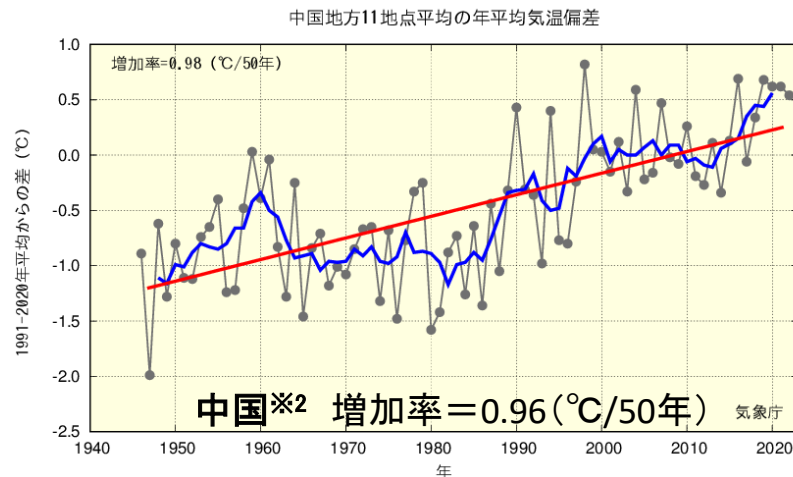
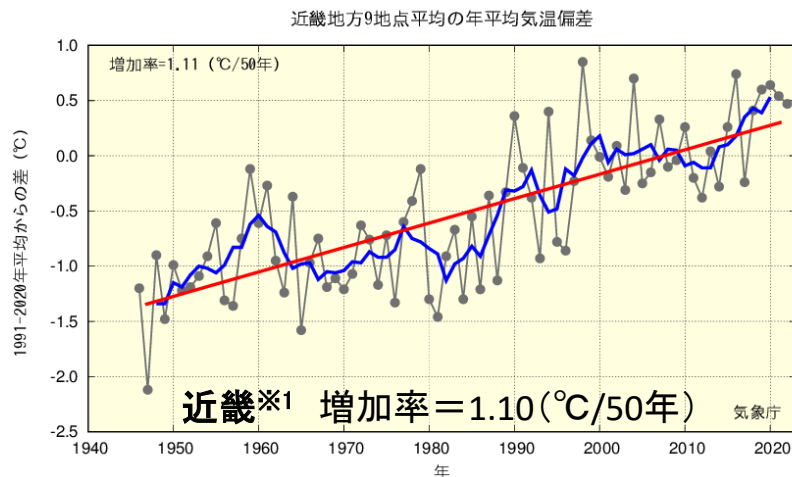


図 近畿、中国、四国地方の年平均気温の平年値からの差
細線(黒)は各年の平均気温の平年値からの偏差、太線(青)は偏差の5年移動平均値(その年および前後2年を含めた5年の平均値)、直線(赤)は長期変化傾向を示す。平年値は1991~2020年の30年平均値。観測地点の移転による影響は補正しています。

※1 近畿地方9地点: 豊岡、舞鶴、京都、彦根、姫路、神戸、大阪、和歌山、潮岬。観測地点の移転後の経過年数が短い洲本および奈良のデータは含まれていません。

※2 中国地方11地点: 西郷、松江、境、米子、鳥取、浜田、津山、広島、呉、福山、岡山。

※3 四国地方9地点: 松山、多度津、高松、宇和島、高知、徳島、宿毛、清水、室戸岬。

1-2. 猛暑日、真夏日、熱帯夜は増加

- ▶ 日本国内では、猛暑日、真夏日、熱帯夜の日数が有意に増加している一方、冬日の日数は有意に減少しています。（日本の気候変動2020本編第2章より）
- ▶ 近畿、中国、四国地方においても、猛暑日、熱帯夜等の日数は有意に増加し、1990年代以降特に多くなっています。一方冬日の日数は有意に減少しています。

猛暑日：日最高気温35℃以上、真夏日：日最高気温30℃以上、熱帯夜：日最低気温25℃以上、冬日：日最低気温0℃未満

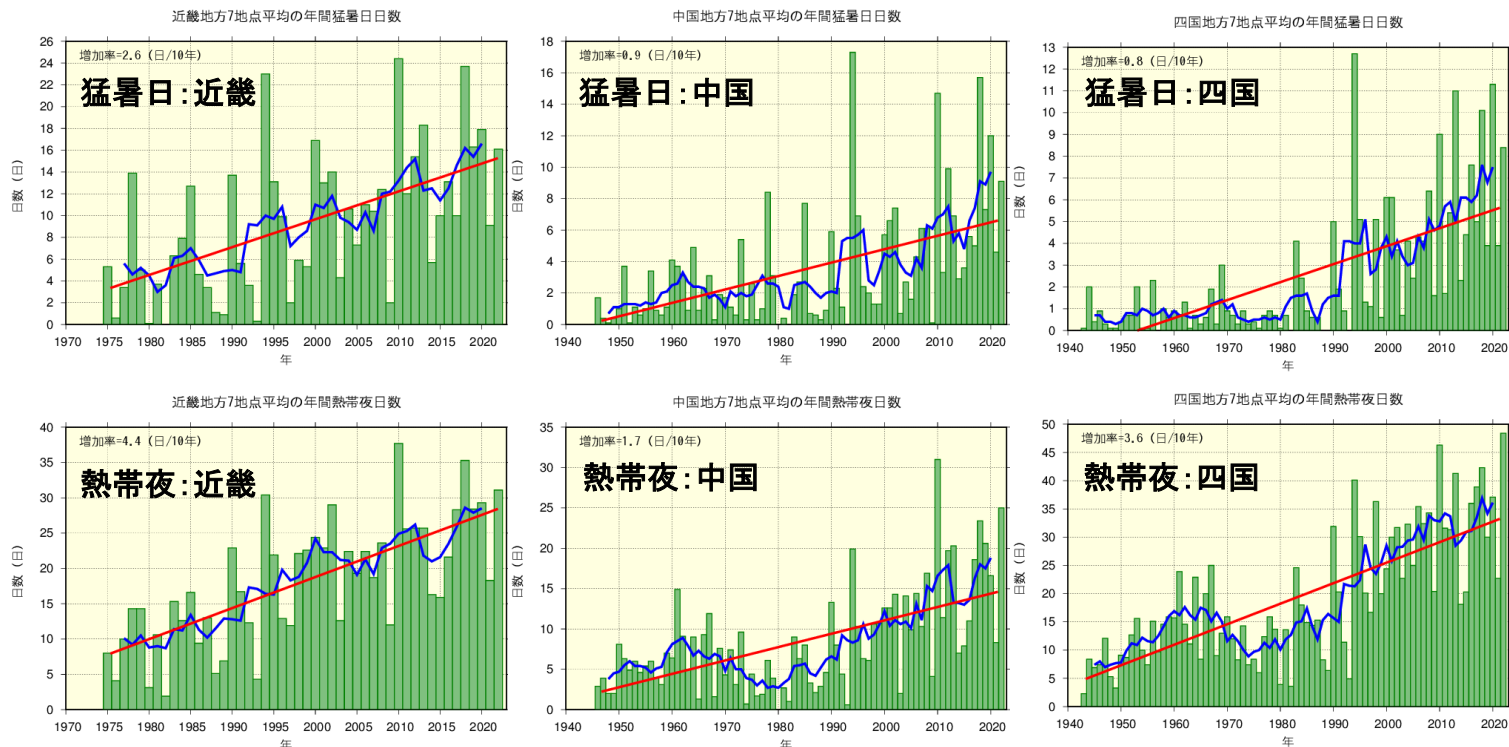


図 近畿、中国、四国地方における猛暑日及び熱帯夜年間発生日数の経年変化
棒グラフ(緑)は毎年の値、実線(青)は5年移動平均値、直線(赤)は長期変化傾向を示す。

近畿地方7地点：豊岡、舞鶴、京都、彦根、姫路、大阪、和歌山。観測地点の移転により、神戸、洲本、潮岬、奈良のデータは含まれていません。
中国地方7地点：西郷、松江、境、米子、浜田、津山、福山。観測地点の移転により、鳥取、広島、呉、岡山のデータは含まれていません。
四国地方7地点：松山、多度津、高松、高知、徳島、清水、室戸岬。観測地点の移転により、宇和島、宿毛のデータは含まれていません。

1-2. 大雨の頻度が増え、一方で雨の降らない日数も増加

- 日本国内の大雨及び短時間強雨の発生頻度は有意に増加し、雨の降る日数は有意に減少しています。（日本の気候変動2020本編第4章より）
- 近畿地方においては、短時間強雨の発生頻度は有意に増加しています。
- 四国地方においては、大雨の発生頻度は有意に増加しています。
- また、近畿、中国、四国地方においては、雨の降らない日数が有意に増加しています。

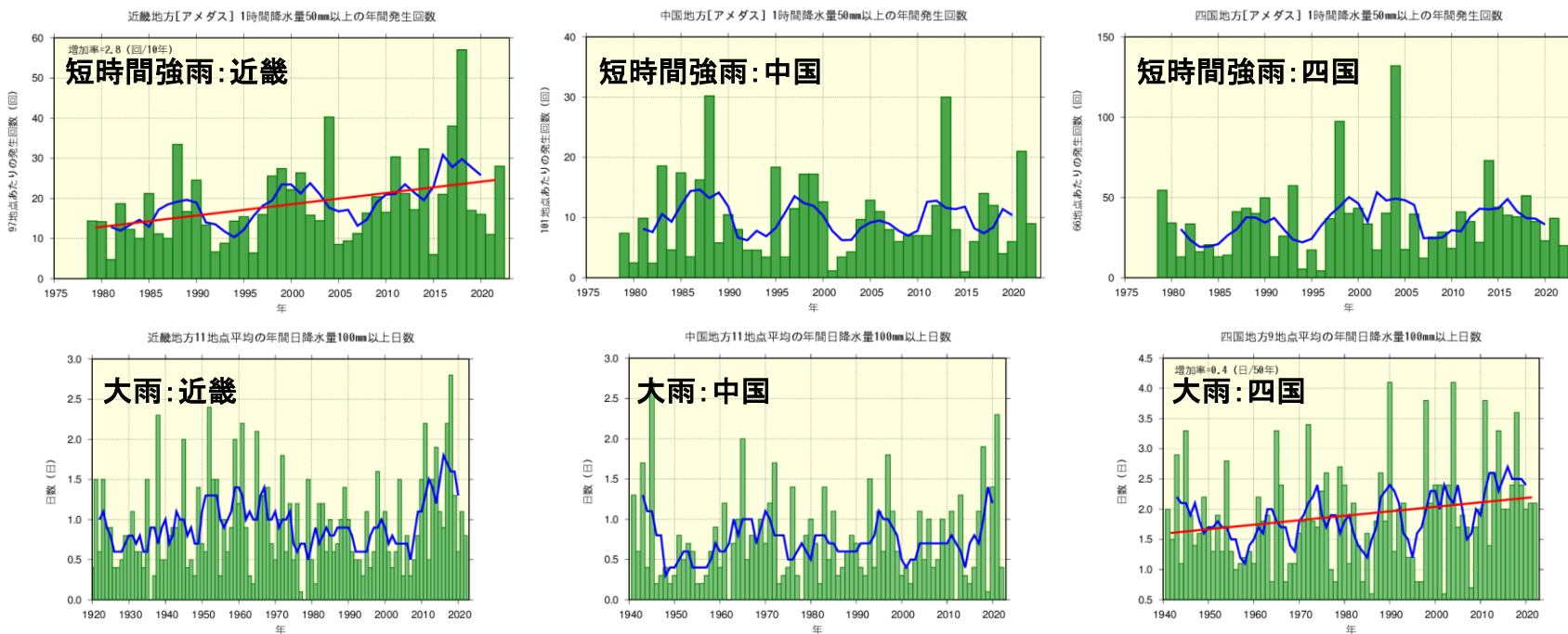


図 近畿、中国、四国地方の短時間強雨及び大雨の年間発生回数の経年変化
短時間強雨:1時間降水量50mm以上 大雨:日降水量100mm以上
棒グラフ(緑)は毎年の値、実線(青)は5年移動平均値、直線(赤)は長期変化傾向を示す。

近畿地方11地点:豊岡、舞鶴、京都、彦根、姫路、神戸、大阪、洲本、和歌山、潮岬、奈良。
中国地方11地点:西郷、松江、境、米子、鳥取、浜田、津山、広島、呉、福山、岡山。
四国地方9地点:松山、多度津、高松、宇和島、高知、徳島、宿毛、清水、室戸岬。

1-2. 日本近海の平均海面水温は上昇している

- 日本近海の平均海面水温は、世界平均の2倍を超える割合で有意に上昇している。
- 昇温の割合は、日本近海でも季節や海域によって異なり、時間的にも一定ではない。

日本近海における、2022年までのおよそ100年間にわたる海域平均海面水温(年平均)の上昇率は、 $+1.24^{\circ}\text{C}/100\text{年}$ です。この上昇率は、世界全体で平均した海面水温の上昇率($+0.60^{\circ}\text{C}/100\text{年}$)よりも大きく、日本の気温の上昇率($+1.30^{\circ}\text{C}/100\text{年}$)と同程度の値。

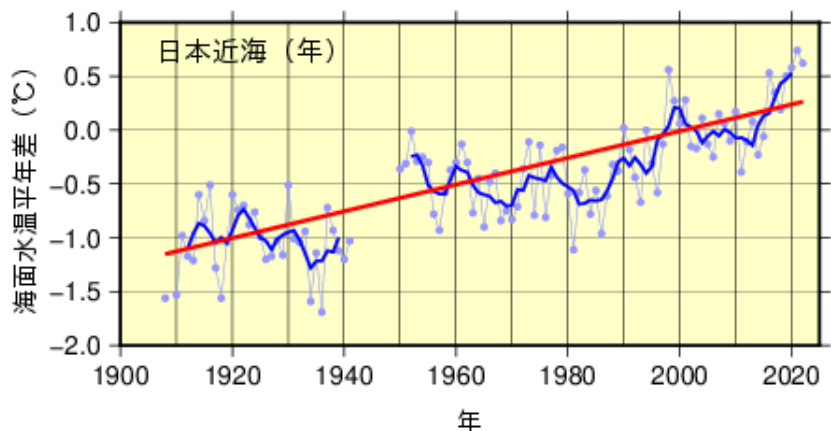


図 日本近海の全海域平均海面水温(年平均)の平年差の推移

青丸は各年の平年差を、青の太い実線は5年移動平均値を表す。赤の太い実線は長期変化傾向を表す。平年値は1991~2020年の30年間の平均値。

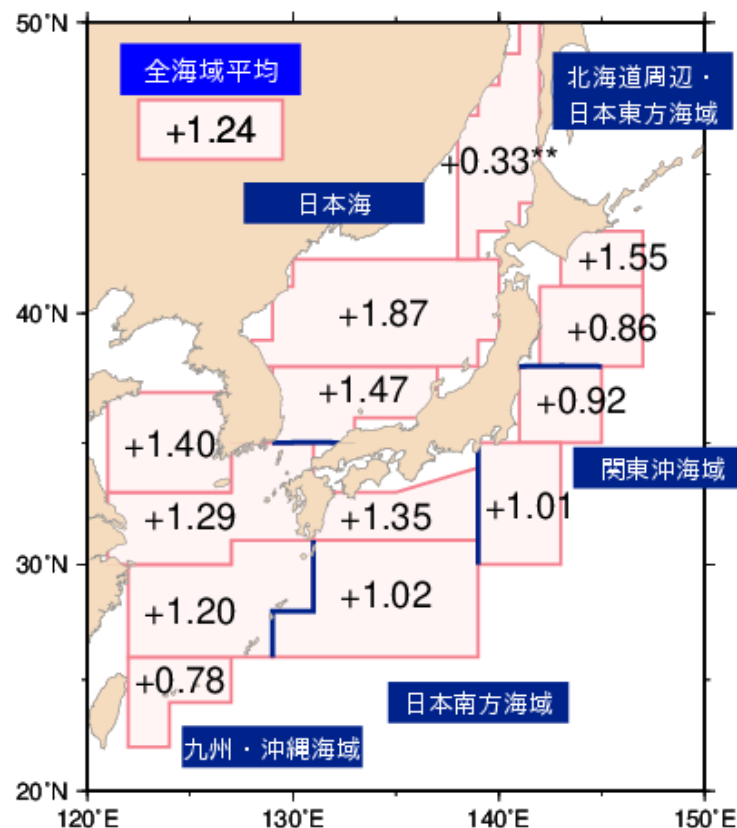


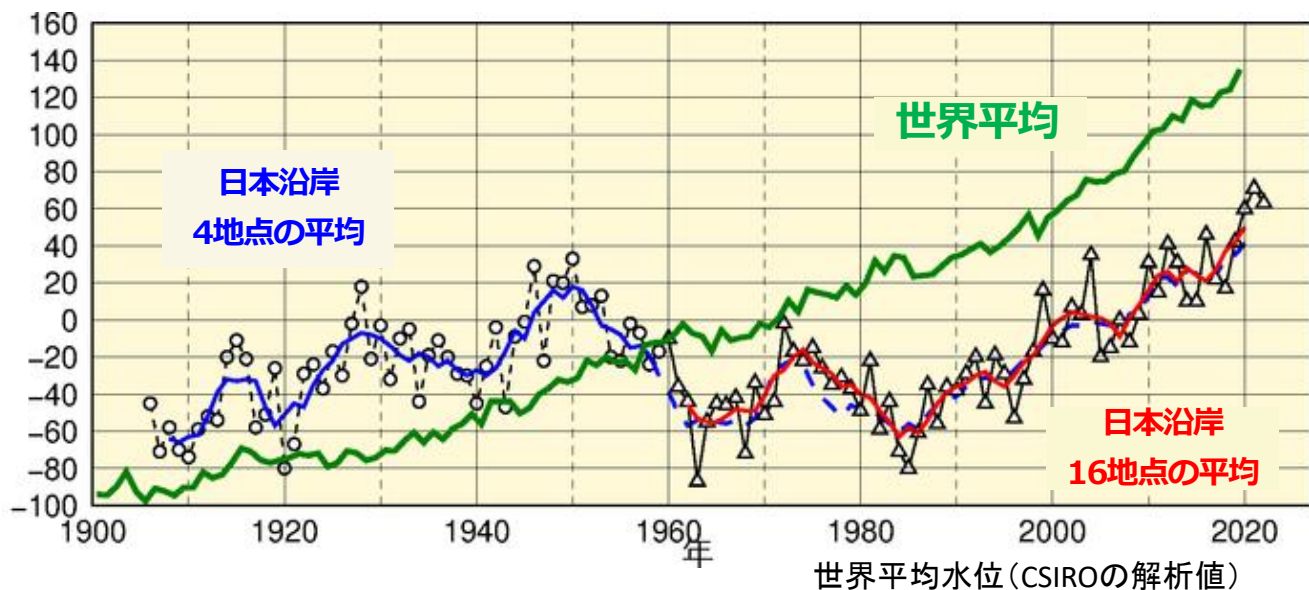
図 日本近海の海域平均海面水温(年平均)の上昇率($^{\circ}\text{C}/100\text{年}$) 数字は信頼水準99%以上で統計的に有意な値を示す。「**」を付加した値は信頼水準90%以上で有意な値。

- ▶ 日本沿岸の海面水位は、10年から20年周期の変動と50年を超える長周期の変動があり、1906年から2022年までの全期間でみた場合、一貫した上昇傾向はみられない
- ▶ 近年に限ると、日本沿岸の海面水位の上昇率（2006～2018年の上昇率2.9 [0.8～5.0] mm/年）は、世界平均と同程度（2006～2018年 3.7[3.2～4.2]mm/年）

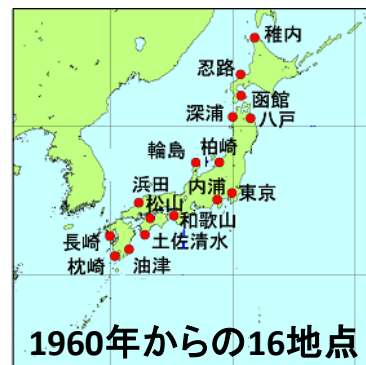
日本沿岸の海面水位変化（1906～2022年）

平年値の算出期間：1991～2020年

日本沿岸
海面水位
平年差 (mm)



世界平均
海面水位
平年差 (mm)



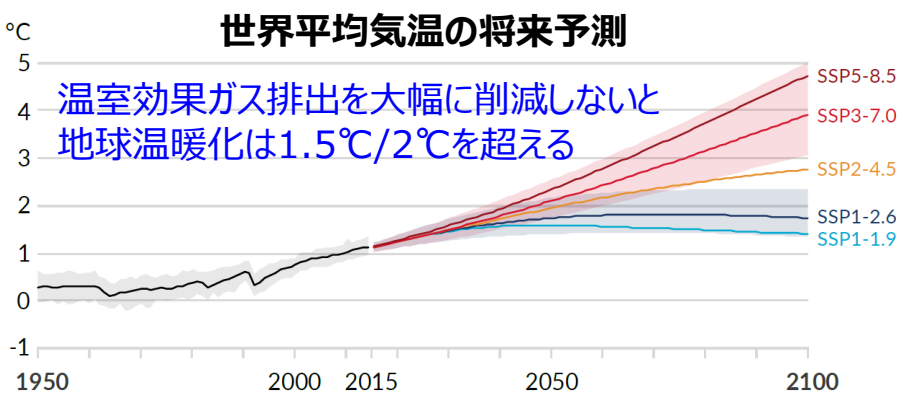
日本沿岸の平均海面水位に見られる長周期変動の要因は、気候システムに内在する自然変動が中心と考えられている。一方、加速傾向にある世界平均海面水位の上昇に関しては、人間活動の寄与が相対的に大きくなっていると考えられている。現在のところ、日本沿岸の平均水位上昇について、両者の寄与の定量的な把握には至っていない。

- ◆ 地球は温暖化しており、人間活動の影響により世界の平均気温は既に工業化前より約1°C上昇している。
- ◆ 近年、世界でも日本でも異常気象が頻発している。
- ◆ 長期的にみると、猛暑や大雨等の頻度は増加傾向に、降水日数は減少傾向にある。
- ◆ こうした気象の変化は多くの分野に影響を与え、災害リスクが増したり、経済的損失が大きくなることが懸念される。

2-1. 世界の気候の将来予測(気温)

➤ 1850～1900年と比べた2081～2100年の世界平均気温は、温室効果ガスの排出が非常に少ないシナリオ(SSP1-1.9)では1.0～1.8℃、非常に多いシナリオ(SSP5-8.5)では3.3～5.7℃高くなる可能性が非常に高い。

(気温の基準期間は全て1850-1900年)



世界平均気温の将来予測 (表) 括弧内は可能性が非常に高い範囲

| | 2021-2040年 | 2041-2060年 | 2081-2100年 |
|----------|---------------|---------------|---------------|
| SSP1-1.9 | 1.5 [1.2-1.7] | 1.6 [1.2-2.0] | 1.4 [1.0-1.8] |
| SSP1-2.6 | 1.5 [1.2-1.8] | 1.7 [1.3-2.2] | 1.8 [1.3-2.4] |
| SSP2-4.5 | 1.5 [1.2-1.8] | 2.0 [1.6-2.5] | 2.7 [2.1-3.5] |
| SSP3-7.0 | 1.5 [1.2-1.8] | 2.1 [1.7-2.6] | 3.6 [2.8-4.6] |
| SSP5-8.5 | 1.6 [1.3-1.9] | 2.4 [1.9-3.0] | 4.4 [3.3-5.7] |

AR6で使用されたSSPx-yシナリオの概要

SSP5-8.5
 気候政策が実施されず、炭素集約型エネルギー源への依存が高いシナリオ。

SSP3-7.0
 地域対立的な発展の下で気候政策を導入しない中～高位参照シナリオ。エーロゾルなどCO₂以外の排出が多い。

SSP2-4.5
 中道的な発展の下で気候政策を導入。2030年までの各国の「**自国決定貢献(NDC)**」を集計した排出量の上限にほぼ位置する。

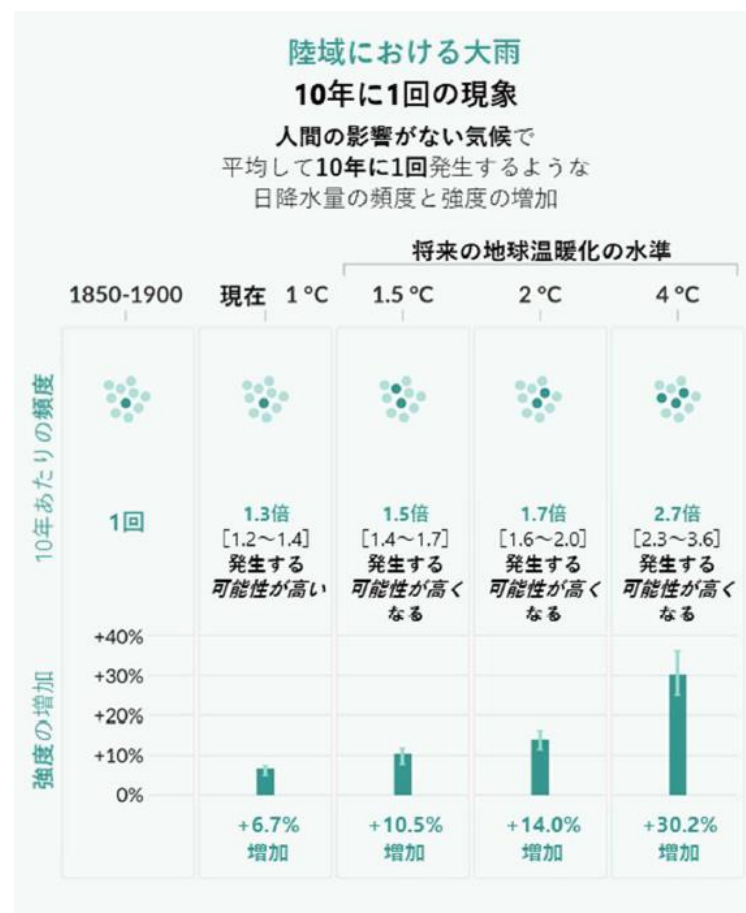
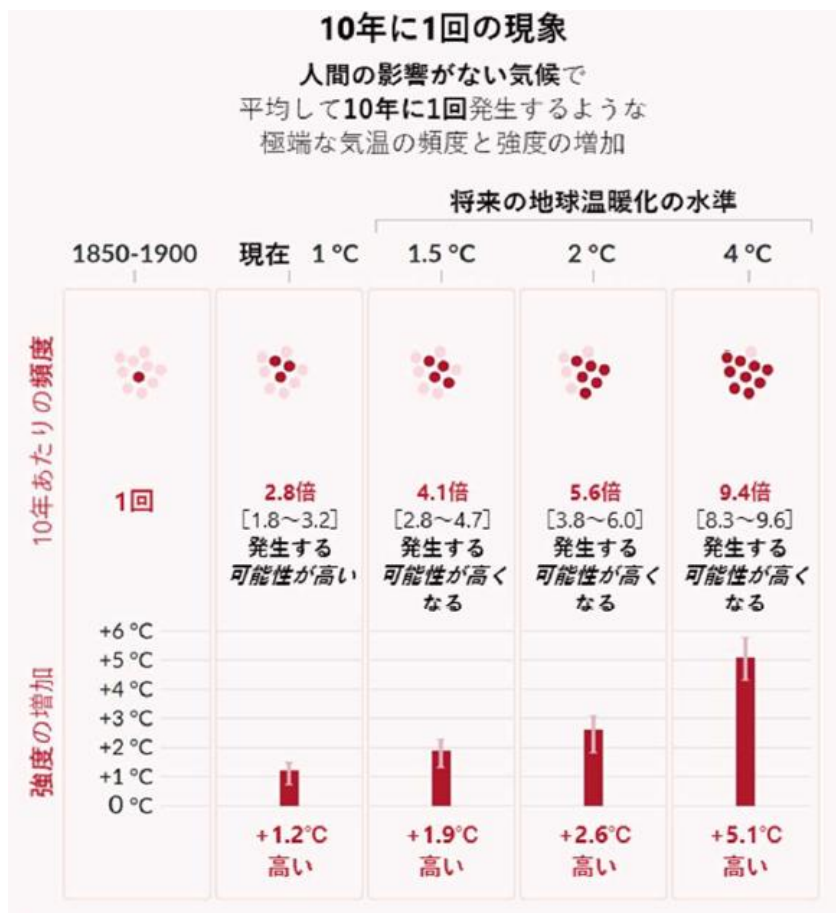
SSP1-2.6
 持続可能な発展の下、工業化以前を基準とする昇温を**2℃未満**に抑える気候政策を導入。21世紀後半にCO₂排出正味ゼロ見込み。

SSP1-1.9
 持続可能な発展の下で、工業化以前を基準とする21世紀末までの昇温を概ね**約1.5℃以下**に抑える気候政策を導入。21世紀半ばにCO₂排出正味ゼロの見込み。

出典：AR6/WG1 Figure SPM.8 (左上図)、Figure Table.1抜粋 (下表)

2-1. 極端現象の変化

- 気候システムの多くの変化は、地球温暖化の進行に直接関係して拡大する。
- この気候システムの変化には、**極端な高温**、海洋熱波、**大雨の頻度と強度の増加**、いくつかの地域における農業及び生態学的干ばつの増加、強い熱帯低気圧の割合の増加、並びに北極域の海氷、積雪及び永久凍土の縮小を含む。

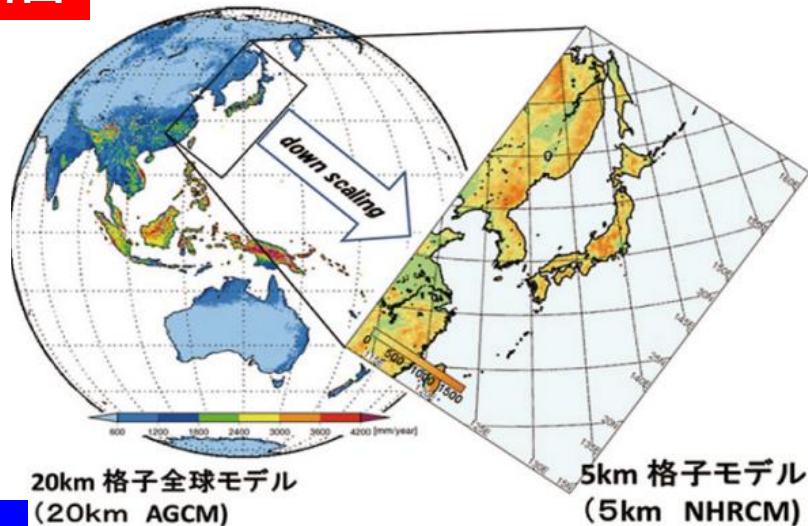
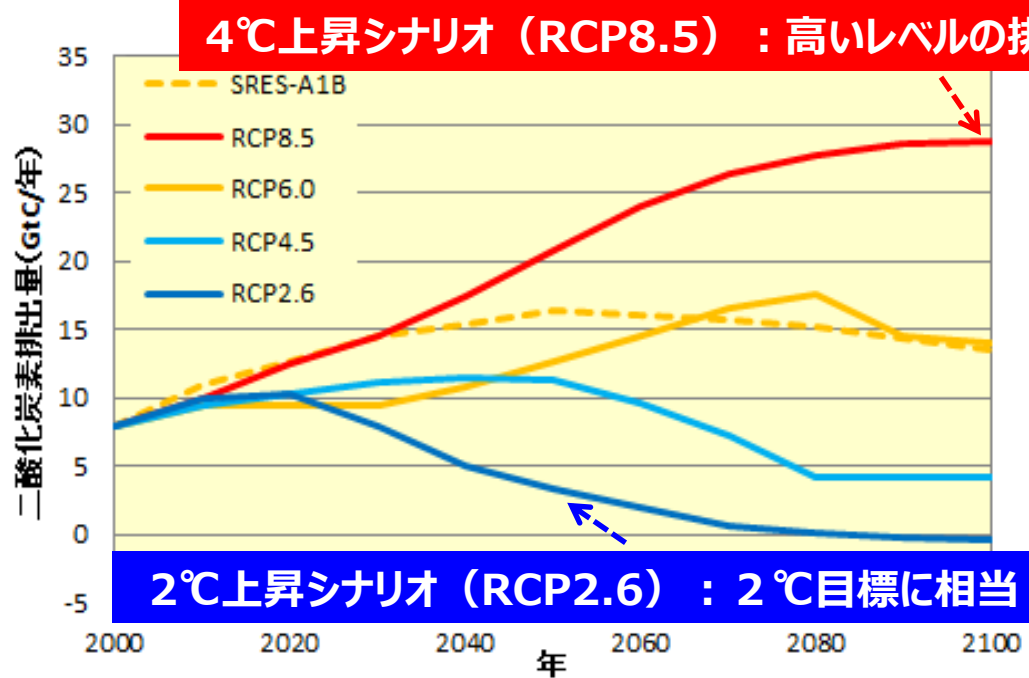


2-2. 日本の気候の将来予測

日本の気候変動2020（文部科学省, 気象庁, 2020）
地球温暖化予測情報第9巻（気象庁, 2017）

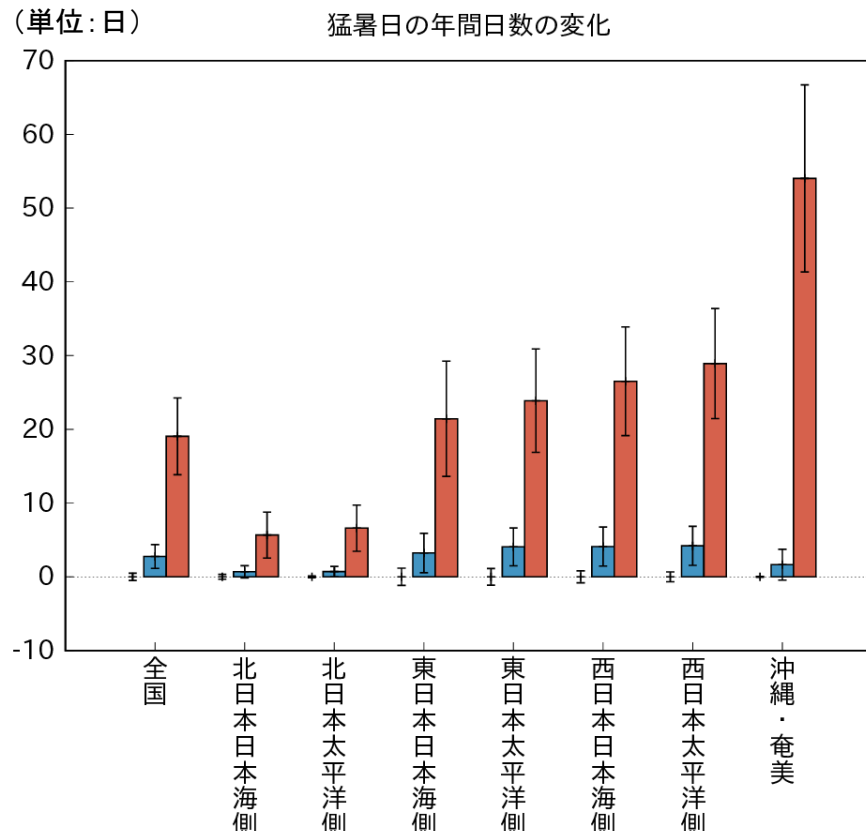
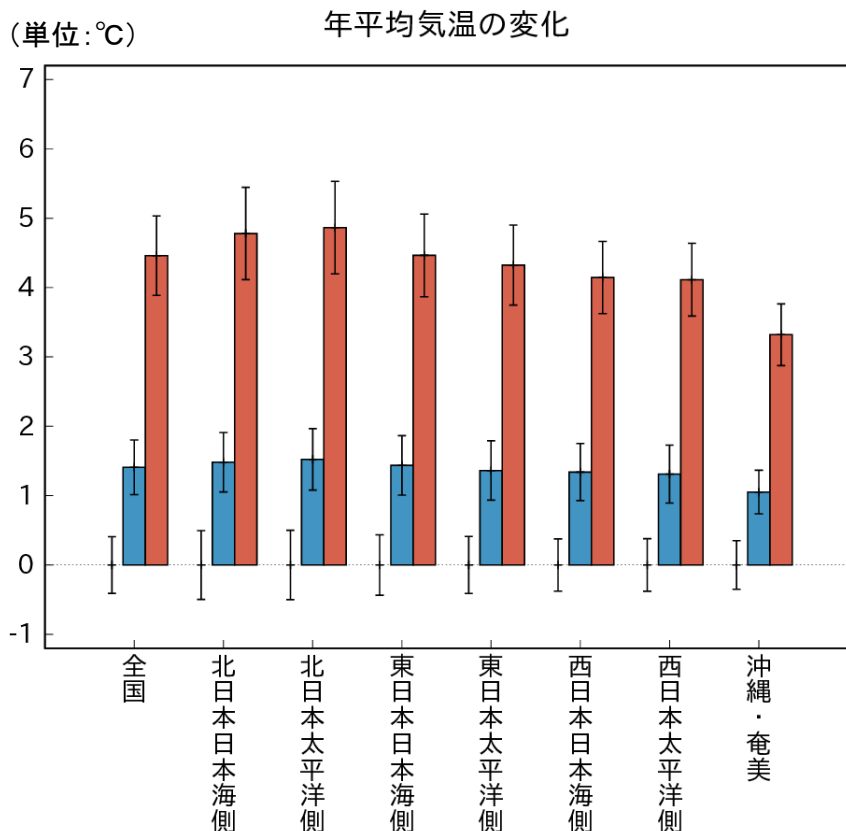
- 高位及び低位の温室効果ガス排出シナリオに基づく、複数の海面水温に基づいた全部で4ケースの予測
- 5 km 格子間隔での予測となっており、都道府県といったより細かい地域の予測も可能
- 短時間強雨など極端現象の変化も評価できる
- 20世紀末頃（1980～1999年）に対する21世紀末（2076～2095年）の変化
- 年々変動の幅による予測結果のばらつきや他のモデルによる予測結果との比較などにより、不確実性及び確信度を評価している

予測計算に用いた温室効果ガスの代表的濃度経路（RCP）シナリオ



2-2. 平均気温は上昇し、猛暑日、熱帯夜は増加する

- 日本の年平均気温は、全国平均で**4℃上昇シナリオ (RCP8.5)** では**4.5℃**、**2℃上昇シナリオ (RCP2.6)** では**1.4℃**上昇。
- 猛暑日は、全国的に増加する。(真夏日、夏日、熱帯夜も増加)
- 冬日は、全国的に減少する。(真冬日も減少)

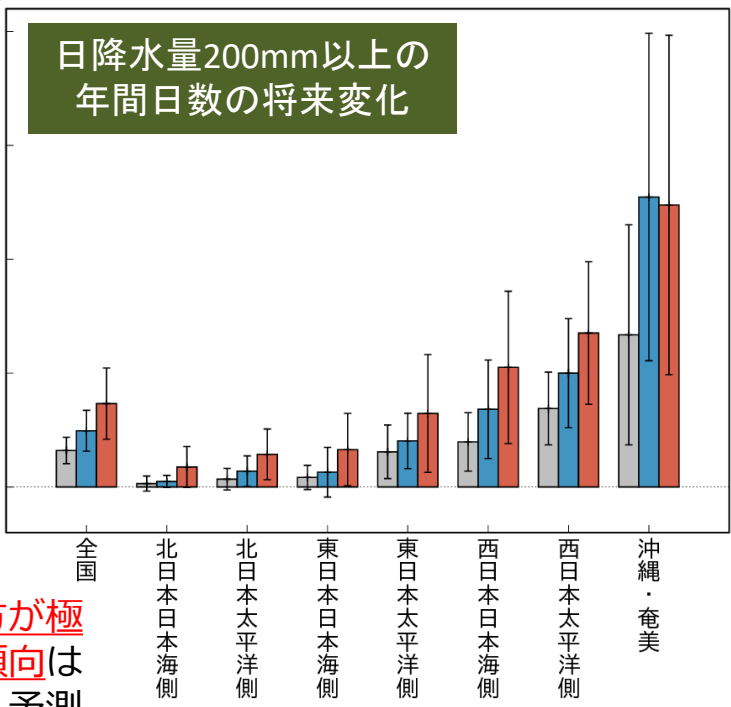


20世紀末（1980～1999年平均）を基準とした21世紀末（2076～2095年平均）における将来変化量を棒グラフ、年々変動の幅を細い縦線で示す。棒グラフの色は、赤が4℃上昇シナリオ（RCP8.5）に、青が2℃上昇シナリオ（RCP2.6）に、それぞれ対応する。棒グラフが無いところに描かれている細い縦線は、20世紀末の年々変動の幅を表している。

2-2 . 極端な降水の頻度は増加し、雨の降る日は減少する

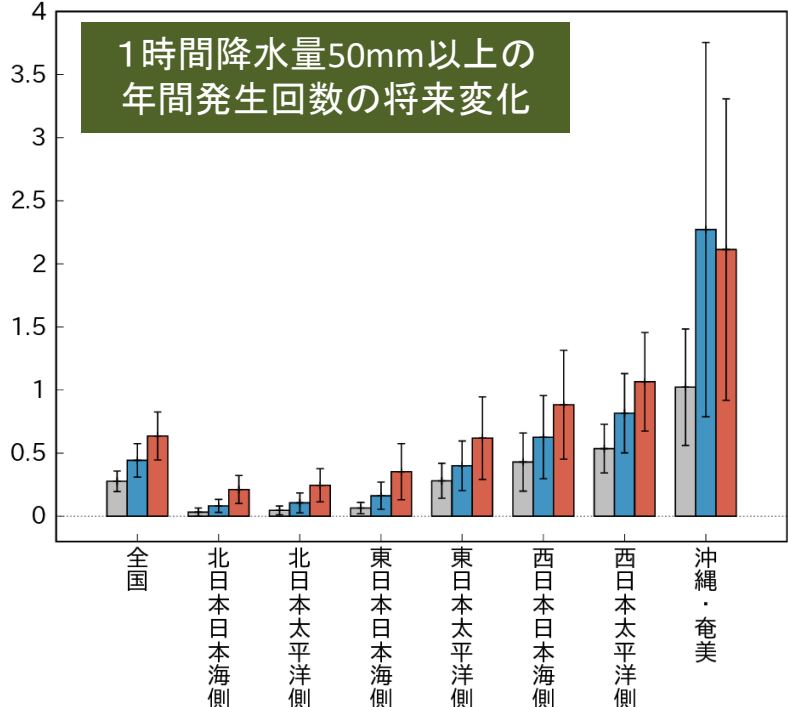
- 大雨・短時間強雨の発生頻度は全国的に有意に増加する。
- 増加幅は概して4℃上昇シナリオ > 2℃上昇シナリオ。
- 地域別の定量的な増加率の予測は不確実性が大きい。
- 年間無降水日数（日降水量が1.0 mm未満の日）は4℃上昇シナリオでは全国的に有意に増加する。（降水日数が減少することと同義）

単位：日
(1地点あたり) 日降水量200mm以上の1地点あたりの発生回数の変化



雨の降り方が極端になる傾向は将来も続く予測

単位：回
(1地点あたり) 1時間降水量50mm以上の1地点あたりの発生回数の変化



20世紀末：1980～1999年
21世紀末：2076～2095年
RCP8.5、RCP2.6に基づく

棒グラフはそれぞれの大雨の発生回数、細い縦線は年々変動の幅。棒グラフの色は灰色が20世紀末（1980～1999年平均）、赤が4℃上昇シナリオ（RCP8.5）、青が2℃上昇シナリオ（RCP2.6）の21世紀末（2076～2095年平均）に対応する。

2-2. 日本の気候の将来予測 平均海面水温も上昇

- いずれの温室効果ガスの排出シナリオにおいても、21世紀末の日本近海の平均海面水温は上昇すると予測される（確信度が高い）。

日本近海の平均海面水温の上昇の度合いは、4°C上昇シナリオ(RCP8.5)では $3.6 \pm 1.3^\circ\text{C}$ 、2°C上昇シナリオ(RCP2.6)では $1.1 \pm 0.6^\circ\text{C}$ と予測される(不確実性の幅は90%信頼区間)。これらの見積りは、世界平均より大きい値となっている。

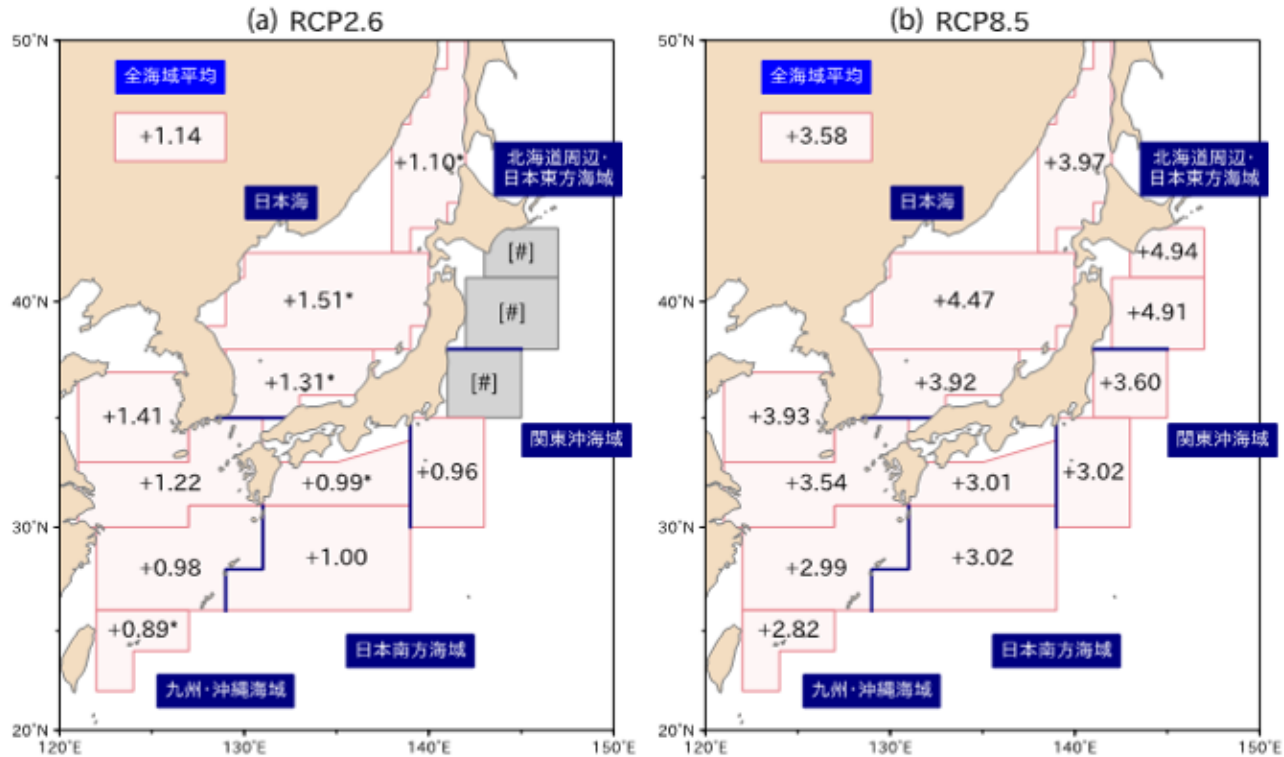


図 21世紀末の日本近海の海域平均海面水温の20世紀末からの上昇量(°C) SI-CATモデルデータによる、2°C上昇シナリオ(RCP2.6、図a)及び4°C上昇シナリオ(RCP8.5、図b)に基づく見積り。図中の無印の値は信頼水準99%以上で統計的に有意な値を、「*」を付加した値は95%以上で有意な値を示している。「#」は、その海域では統計的に有意な長期変化傾向が見出せないことを示している。

2-2. 日本沿岸の年平均海面水位は上昇すると見られる

- 21世紀末の日本沿岸の海面水位の上昇量は、世界平均の予測値と同程度
 2℃上昇シナリオ (RCP2.6) では0.39m (0.22~0.55m)
 4℃上昇シナリオ (RCP8.5) では0.71m (0.46~0.97m)
- 沿岸の海面水位の上昇量に、地域間で顕著な違いは見られない。
- 複数の将来予測の結果、多くのケースで将来の台風が強くなり、**三大湾の高潮が増大する**との事例研究が報告されている (確信度は中程度)

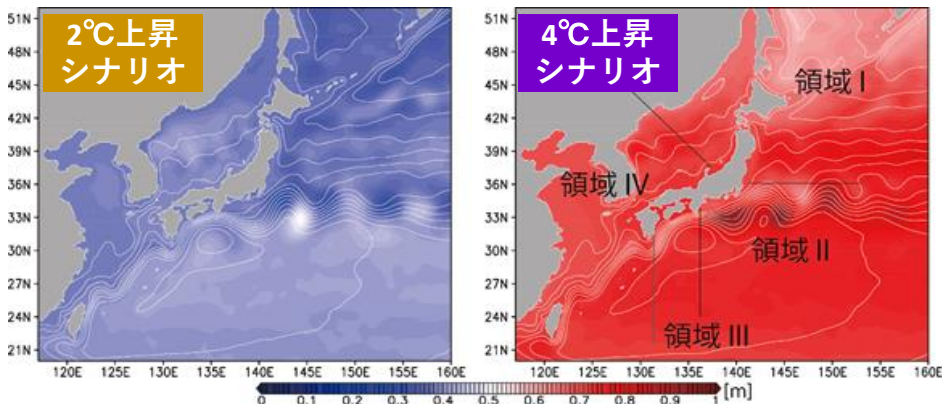
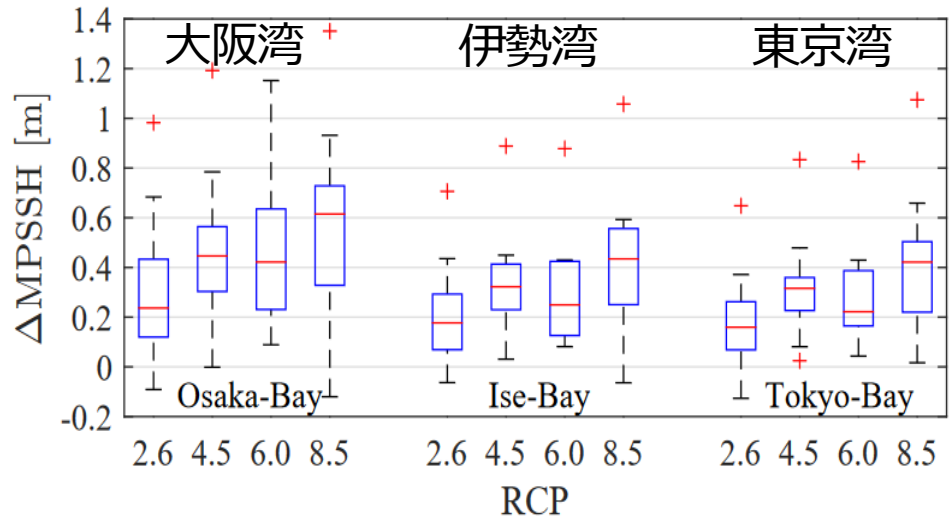
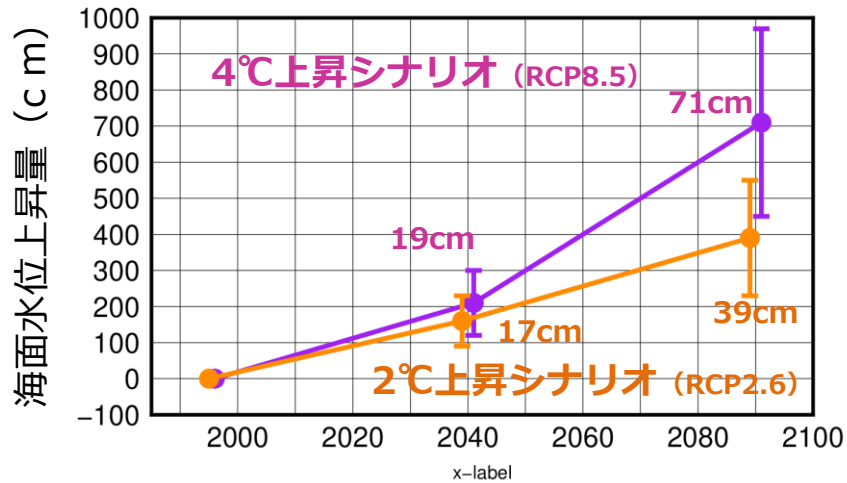


図. 日本近海及び沿岸の年平均海面水位の将来変化
 21世紀末(2081~2100年平均)における20世紀末(1986~2005年平均)からの偏差



可能最大高潮モデルによる最大水位の将来変化量

(4つのRCPシナリオ条件下の2100年における将来変化量)
 ΔMPSSH: 気候的^{最大}潮位偏差 (可能最大強度を持つ台風が最悪経路で湾を通過した場合の潮位偏差)

日本の気候変動2020より

- ◆ 世界の気温は今後も上昇を続け、温暖化対策を実施したとしても、**現在からの更なる上昇は避けられない。**
- ◆ 日本においても、**大雨の増加等、雨の降り方の変化**が予測されている。
- ◆ 日本近海では、**海面水温の上昇や海面水位の上昇により、高潮被害のリスクが高まる。**



高まり続ける「気候変動リスク」への対応が求められる

- 地球温暖化情報ポータルサイト（気象庁）
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/index_temp.html
- IPCC第6次評価報告書（気象庁）
<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/index.html>
- 日本の気候変動2020（文部科学省・気象庁）
<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/index.html>
→ 日本の気候変動2025を2025年2月末公開予定
- 府県版気候変動リーフレット（大阪管区気象台）
<https://www.jma-net.go.jp/osaka/kikou/ondanka/ondanka.html#leaflet>
→ 日本の気候変動2025の公開と同時期に更新予定
- 近畿・中国・四国地方の気候変動（大阪管区気象台）
<https://www.jma-net.go.jp/osaka/kikou/ondanka/ondanka.html>
→ 最新の図をご利用いただけます
- 気候変動の観測・予測データ（気候変動適応情報プラットフォーム）
<https://adaptation-platform.nies.go.jp/map/index.html>