

# IPCC 第6次評価報告書の概要 -第1作業部会(自然科学的根拠)-

本資料はIPCC 第6次評価報告書(AR6)のうち第1作業部会(WG1)が作成したSPM(政策決定者向け要約)、技術要約(TS)、報告書本文を基本とし、他に既存文献・資料を参考情報として作成しています。

資料中では各情報の出典を明示しています。AR6 WG1 SPMからの評価内容の引用を主体としているスライドのタイトルを青色 ■■■、同SPMの技術的な詳細に関する内容の引用を主体としているスライドのタイトルを紺色 ■■■として示しています。また、ページ内に黄色囲み ■■■ で示した箇所は、SPMの各セクション冒頭部のヘッドライン・ステートメントからの引用部分です。

なお、本資料は可能な限り原語に忠実な表現を用いて作成しています。

SPMの和訳については、IPCC第6次評価報告書第1作業部会報告書 政策決定者向け要約 暫定訳(文部科学省及び気象庁:[https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM\\_JP.pdf](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC_AR6_WGI_SPM_JP.pdf))を用いています。その他、報告書に関するFAQ([https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_FAQs\\_JP.pdf](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC_AR6_WGI_FAQs_JP.pdf))や用語集([https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_Glossary\\_JP.pdf](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC_AR6_WGI_Glossary_JP.pdf))も合わせてご参照ください。

# 目次

## はじめに

i. 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)とは	3
ii. 第6次評価サイクルにおける報告書	4
iii. AR6 WG1 報告書の概要	5
iv. AR6 WG1 報告書の構成	6

## 第1章 気候の現状

1-1 人間が気候システムに及ぼした影響 (参考)これまでの報告について(WG1)	8 9
1-2 過去に前例がない気候システムの急激な変化	18
1-3 人為起源の気候変動が極端現象に及ぼす影響	22
1-4 放射強制力に対する気候システムの応答	29

## 第2章 将来ありうる気候

Box シナリオ、気候モデル及び予測	32
2-1 世界平均気温の将来予測	37
2-2 将来の気候システムの変化	43
2-3 将来の水循環の変化	49
2-4 自然の炭素吸収源に関する将来予測	53
2-5 不可逆的な気候の変化	56

## 第3章 リスク評価と地域適応のための気候情報

3-1 自然変動が地域規模の変化に与える影響	61
3-2 気候影響駆動要因の地域別評価	67
3-3 可能性は低い影響の大きい結果の評価	74

## 第4章 将来の気候変動の抑制

4-1 地球温暖化の抑制とカーボンバジェット	79
4-2 GHG 排出量と地球温暖化	85

## 付録 インタラクティブアトラス

インタラクティブアトラスと地域のファクトシート	90
AR6 の参照地域と類型地域	91

## 参考

AR6における知見の確信度と可能性の評価の方法	93
気候モデルによる結果の表現	94

はじめに

---

# i. 気候変動に関する政府間パネル（IPCC）とは？

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

- 設立: 世界気象機関(WMO)及び国連環境計画(UNEP)により1988年に設立された政府間組織。195の国・地域が参加。
- 任務: 気候変動に関連する科学的、技術的及び社会・経済的情報の評価を行い、得られた知見を政策決定者をはじめ広く一般に利用してもらうこと。  
→各種報告書(評価報告書、特別報告書、方法論報告書、技術報告書)の作成・公表  
評価報告書[Assessment Report](3つの作業部会報告書と統合報告書)は5~8年ごとに公表

### ■ IPCCの組織とUNFCCCとの関係



## 気候変動に関する 国際連合枠組条約 (UNFCCC)

科学的根拠

- ・科学上及び技術上の助言に関する補助機関(SBSTA)
- ・実施に関する補助機関(SBI)

# ii. 第6次評価サイクルにおける報告書

- AR6では、第1作業部会報告書に加え、3つの特別報告書、並びに第2作業部会(WG2) 報告書(影響・適応・脆弱性)、第3作業部会(WG3)報告書(緩和)及び統合報告書を作成。



<sup>1</sup>正式名称「1.5°Cの地球温暖化：気候変動の脅威への世界的な対応の強化、持続可能な開発及び貧困撲滅への努力の文脈における、工業化以前の水準から1.5°Cの地球温暖化による影響及び関連する地球全体での温室効果ガス(GHG)排出経路に関するIPCC 特別報告書」(SR1.5)、<sup>2</sup>正式名称「変化する気候下での海洋・雪氷圏に関するIPCC 特別報告書」(SROCC)、<sup>3</sup>正式名称「気候変動と土地：気候変動、砂漠化、土地の劣化、持続可能な土地管理、食料安全保障及び陸域生態系における温室効果ガスフラックスに関するIPCC 特別報告書」(SRCCL)。

## iii. AR6 WG1報告書の主要なメッセージ

執筆陣 : 65か国234名(日本から10名)

引用文献 : 14,000件以上

査読 : 専門家/各国政府から78,000件以上のコメント

### 主な知見

- 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。大気、海洋、雪氷圏、及び生物圏において、広範かつ急速な変化が現れている。
- 気候システム全般にわたる最近の変化の規模と、気候システムの多くの側面における現在の状態は、数百年から数千年にわたって前例のないものである。
- 人為起源の気候変動は、世界中の全ての地域で多くの極端な気象と気候に既に影響を及ぼしている。
- 多くの変化、特に海洋、氷床、及び世界の海面水位における変化は、数百年から数千年にわたって不可逆的である。
- 温室効果ガスの排出が大幅に減少しない限り、21世紀中に1.5°C及び2°Cの地球温暖化を超える。
- 人為的な地球温暖化を特定の水準に制限するには、CO<sub>2</sub>の累積排出量を制限し、少なくとも正味ゼロのCO<sub>2</sub>排出を達成し、他の温室効果ガスの排出も大幅に削減する必要がある。CH<sub>4</sub>排出の大幅、迅速、かつ持続的な削減は、エアロゾルによる汚染の減少に伴う昇温効果を抑制し、大気質を改善させるだろう。

# iv. AR6 WG1報告書の構成

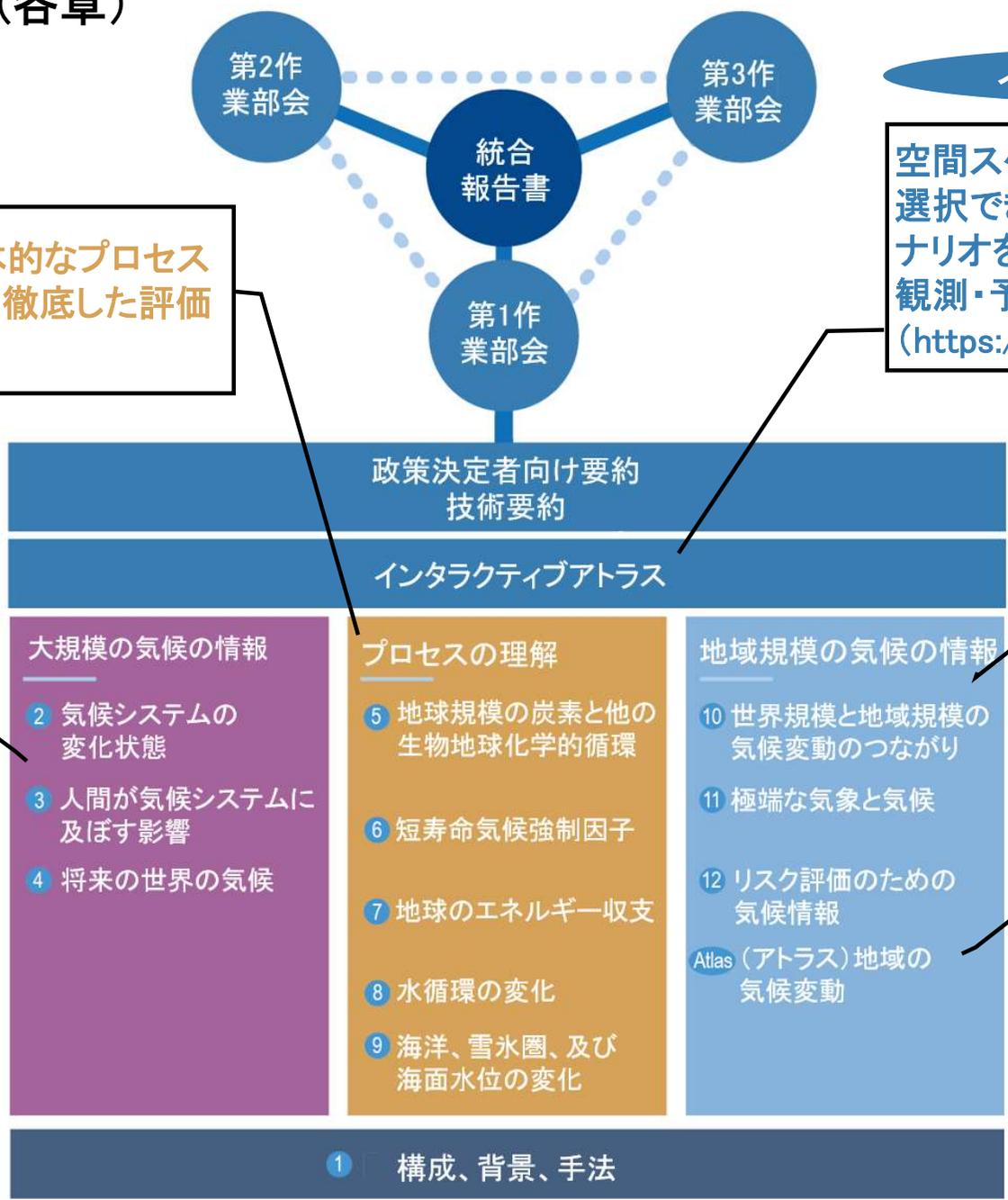
3つの柱①②③ (各章)  
+ アトラス

地球システムの基本的なプロセスと構成要素に関する徹底した評価  
: 第5章～第9章

インタラクティブアトラス

空間スケールと時間スケールが複数選択でき、様々な温暖化レベルとシナリオを組み合わせることで世界と地域の観測・予測結果を表示できるツール  
(<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>)

地球規模～大陸/海盆規模の気候情報:  
第2章～第4章



地域スケールでの気候変動に関する新しい知見:  
第10章～第12章

アトラス  
報告書全体から地域別の気候情報を評価・統合したもの。各地域の平均変化とモデル評価に焦点。

# 第1章 気候の現状

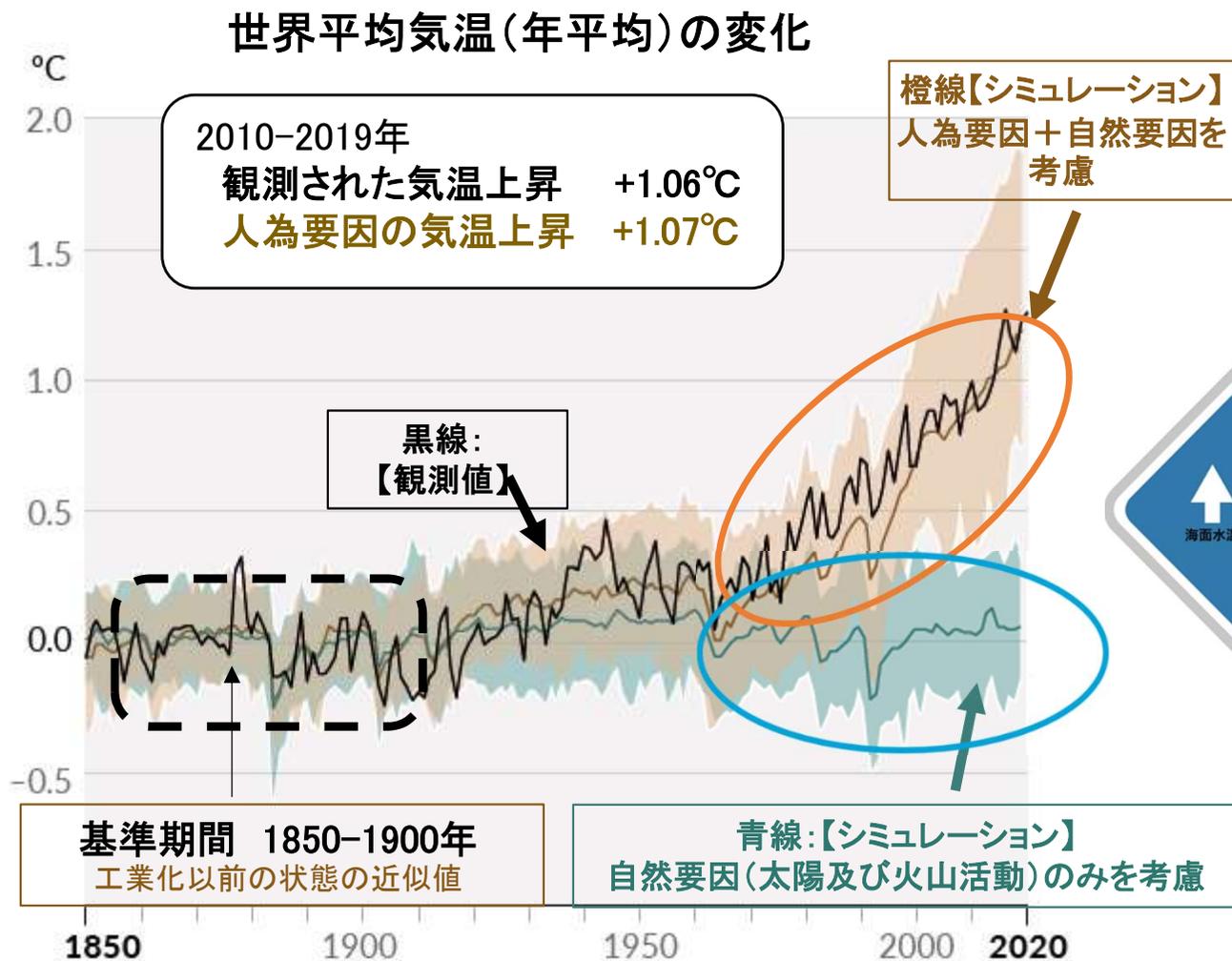
## <評価の概要>

- 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。
- 気候システム全般にわたる最近の変化の規模と、気候システムの多くの側面における現在の状態は、数百年から数千年にわたって前例がない。
- 人為起源の気候変動は、世界中の全ての地域で多くの極端な気象と気候に既に影響を及ぼしている。
- 気候プロセス、古気候的証拠、及び放射強制力の増加に対する気候システムの応答に関する知識の向上により、平衡気候感度の最良推定値は3℃と導き出され、その推定幅はAR5よりも狭まった。

\* IPCC報告書では、1850～1900年を基準として平均気温の変化を表している。1850～1900年という期間は、世界平均気温を推定するに十分完全な世界規模の観測が行われるようになった最も早い時期であり、AR5 やSR1.5 と同じく、工業化以前の状態の近似値として使用される。

# 人間の影響による温暖化には疑う余地がない

■ 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。大気、海洋、雪氷圏、及び生物圏において、広範かつ急速な変化が現れている。(AR6 WG1 SPM A.1)



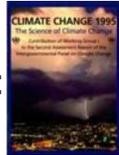
### 気候システムの変化



図 1850～1900年を基準とした世界平均気温  
陰影部は可能性が非常に高い範囲。出典:AR6 WG1 図 SPM.1(b)

図 過去数十年間、気候システムで観測された大幅な変化の例  
出典:AR6 WG1 FAQ2.2 図 1

# 参考：これまでの報告について (WG1)

報告書	公表年	人間活動が及ぼす温暖化への影響についての評価
第1次報告書 First Assessment Report 1990 (FAR) 	1990年	「気温上昇を生じさせるだろう」 人為起源の温室効果ガスは気候変化を生じさせる恐れがある。
第2次報告書 Second Assessment Report: Climate Change 1995 (SAR) 	1995年	「影響が全地球の気候に表れている」 識別可能な人為的影響が全球の気候に表れている。
第3次報告書 Third Assessment Report: Climate Change 2001 (TAR) 	2001年	「可能性が高い」(66%以上) 過去50年に観測された温暖化の大部分は、温室効果ガスの濃度の増加によるものだった <u>可能性が高い</u> 。
第4次報告書 Forth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4) 	2007年	「可能性が非常に高い」(90%以上) 温暖化には疑う余地がない。20世紀半ば以降の温暖化のほとんどは、人為起源の温室効果ガス濃度の増加による <u>可能性が非常に高い</u> 。
第5次報告書 Fifth Assessment Report: Climate Change 2013 (AR5) 	2013年	「可能性が極めて高い」(95%以上) 温暖化には疑う余地がない。20世紀半ば以降の温暖化の主要因は、人間活動の <u>可能性が極めて高い</u> 。
第6次報告書 Sixth Assessment Report: Climate Change 2021 (AR6) 	2021年	「 <b>疑う余地がない</b> 」 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 <u>疑う余地がない</u> 。

# 人間活動により温室効果ガスが増加している

- 1750年頃以降に観測された、よく混合された温室効果ガス (GHG) の濃度増加が、人間活動によって引き起こされたことには疑う余地がない。
- 陸域と海洋は、人間活動によるCO<sub>2</sub>排出を過去60年間にわたってほぼ一定の割合 (毎年約56%) で吸収しているが、これには地域差がある (確信度が高い)。 (AR6 WG1 SPM A.1.1)

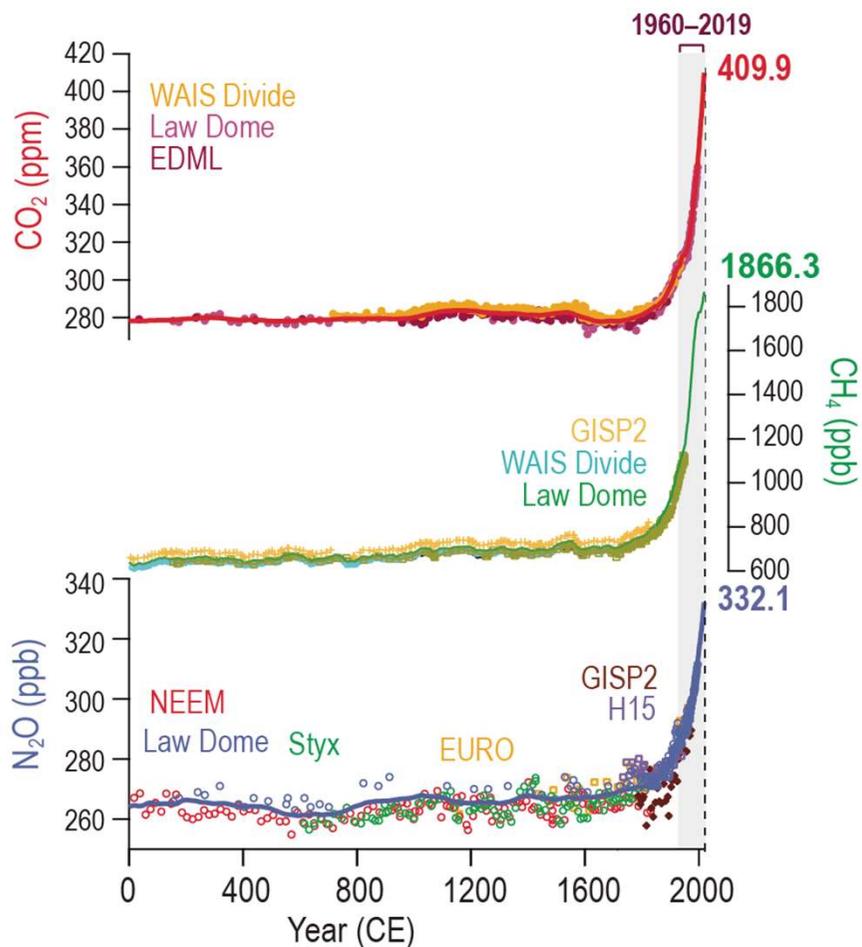


図 氷床コアから得られたCO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>Oの濃度変化  
数字は2019年時点の観測値 出典: AR6 WG1図 TS.9(b)

## よく混合された温室効果ガスの濃度は、1750年頃以降急増

温室効果ガス	2019年の濃度	1750年以降の変化
CO <sub>2</sub>	410ppm	+47%
CH <sub>4</sub>	1,866ppb	+156%
N <sub>2</sub> O	332ppb	+23%

出典: AR6 WG1 SPM A.1.1及びWG1 2.2.3.4より作成

## 炭素の吸収は、熱帯と北半球では陸、南半球では海洋が支配的

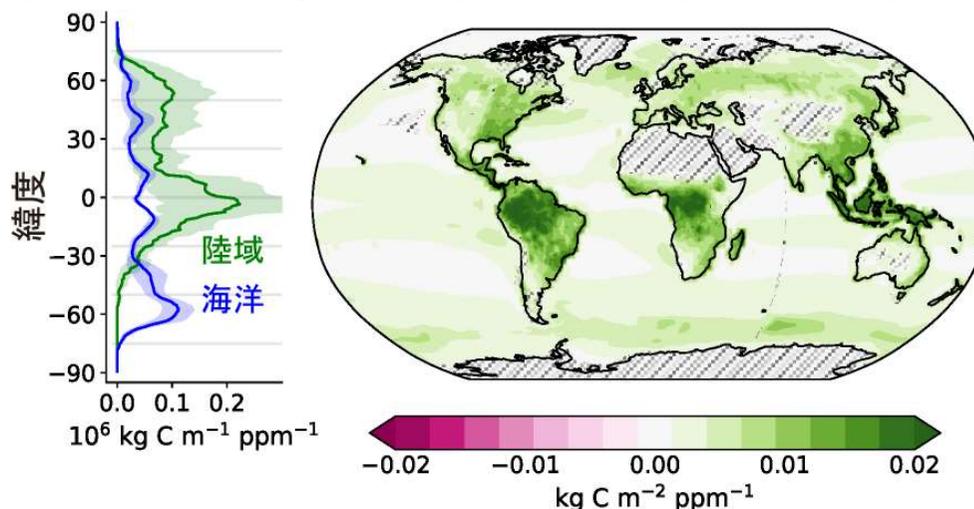


図 年1%のCO<sub>2</sub>増加に対する炭素貯留 (陸地、海洋) の反応 (炭素の吸収) のシミュレーション。左のグラフは緯度平均。

出典: AR6 WG1Box TS.5 図1(a)(b) 10

# 世界平均気温の上昇が続いている

- 過去40年間のうちどの10年間も、それに先立つ1850年以降のどの10年間よりも温暖だった。
- 2011～2020年の世界平均気温は、1850～1900年よりも1.09 [0.95～1.20]°C高く、海上(0.88 [0.68～1.01]°C)よりも陸域(1.59 [1.34～1.83]°C)で大きく上昇した。(AR6 WG1 SPM A.1.2)

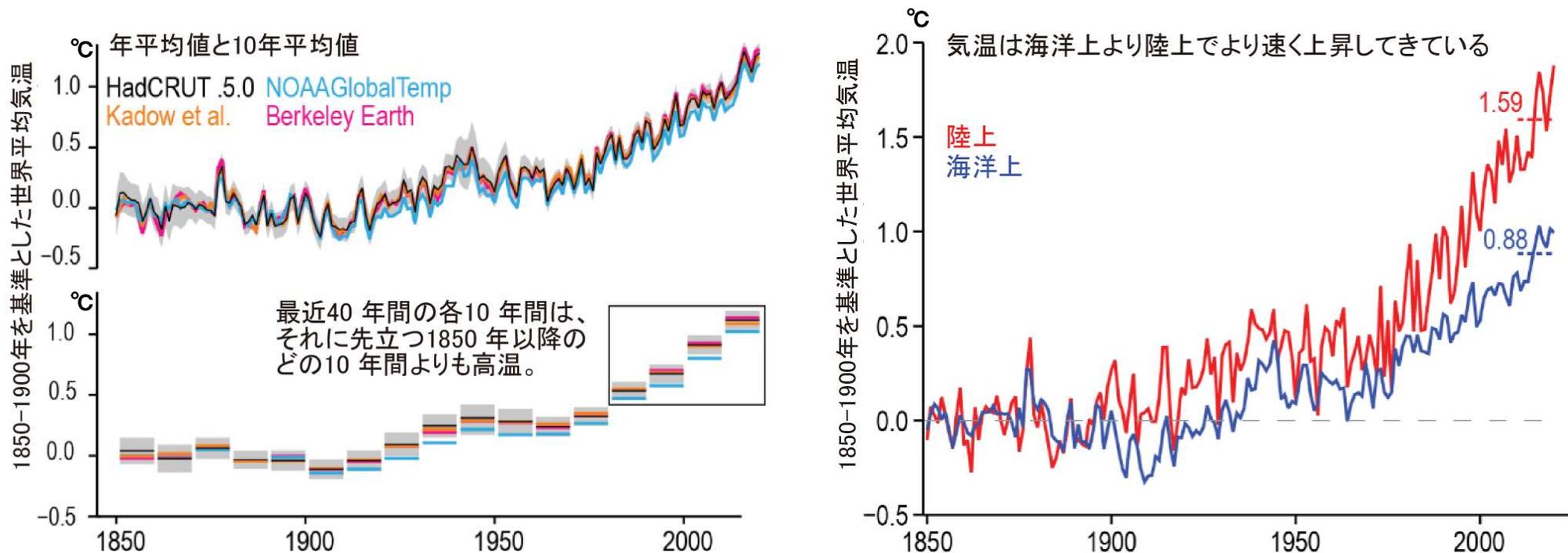


図 観測で得られた1850～2020年の気温変化(1850-1900年を基準とした値) 出典: AR6 WG1 図 2.11(c)  
左:(上段)複数のデータセットの年平均値 (下段)10年平均値  
各パネルの灰色の陰影部は、HadCRUT5 の推定値の不確実性  
右:海洋上と陸上の気温変化

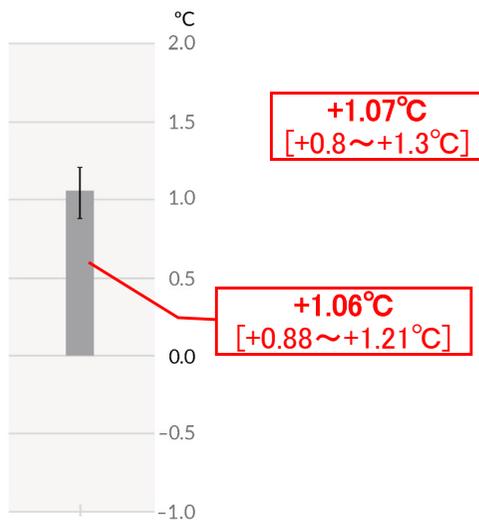
AR5以降、方法論的な進展と新しいデータセットにより、気温の変化について、北極域を含む、より完全な空間的表現が提供されるようになった。また、これらやその他の改善により、世界平均気温変化の推定値が約0.1°C程度上昇したが、これはAR5以降の追加的な物理的昇温を表しているわけではない。(AR6 WG1 SPM 脚注10)

# 温室効果ガスが近年の気温上昇の主要な駆動要因

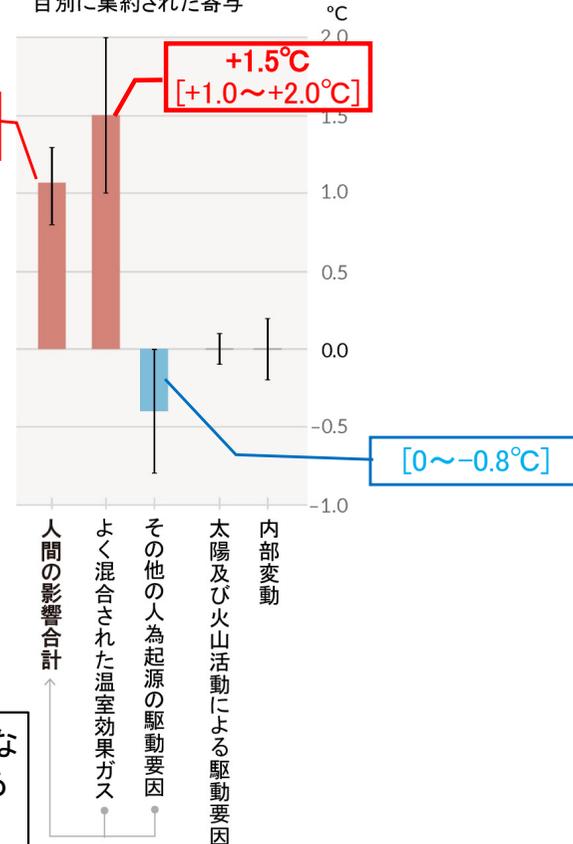
■ 1850～1900年から2010～2019年 までの人為的な世界平均気温上昇の**可能性が高い**範囲は $0.8^{\circ}\text{C} \sim 1.3^{\circ}\text{C}$ であり、最良推定値は $1.07^{\circ}\text{C}$ である。よく混合されたGHGは $1.0^{\circ}\text{C} \sim 2.0^{\circ}\text{C}$ の昇温に、他の人為起源の駆動要因(主にエアロゾル)は $0.0^{\circ}\text{C} \sim 0.8^{\circ}\text{C}$ の降温に寄与し、自然起源の駆動要因は世界平均気温を $-0.1^{\circ}\text{C} \sim 0.1^{\circ}\text{C}$ 変化させ、内部変動は $-0.2^{\circ}\text{C} \sim 0.2^{\circ}\text{C}$ 変化させた**可能性が高い**。

(AR6 WG1 SPM A.1.3)

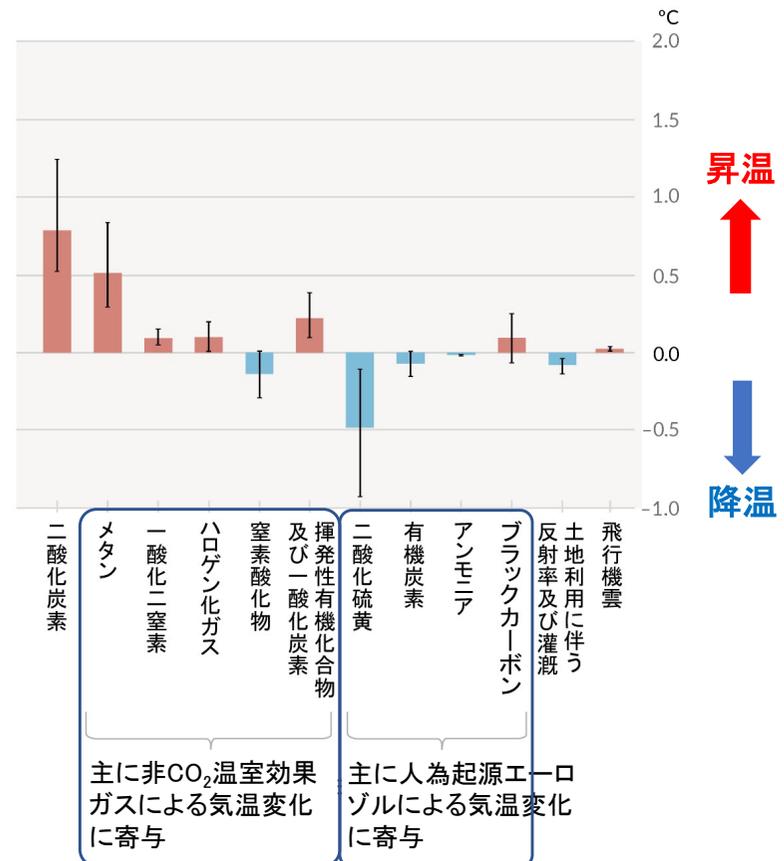
a) 1850～1900年を基準とした2010～2019年に観測された昇温



b) 要因特定の研究から評価された、1850～1900年を基準とした2010～2019年の昇温における項目別に集約された寄与



c) 放射強制力の研究から評価された、1850～1900年を基準とした2010～2019年の昇温における寄与



1979年以降の対流圏の昇温の主要な駆動要因は、よく混合されたGHGである**可能性が非常に高い**。

(AR6 WG1 SPM A1.3)

図 1850-1900年を基準とした2010-2019年の観測された昇温への寄与の評価

エラーバーはそれぞれ(a)は**可能性が非常に高い**範囲、(b) **可能性が高い**範囲、(c) **可能性が非常に高い**範囲を示す。

# 人間の影響は降水パターンの変化に寄与

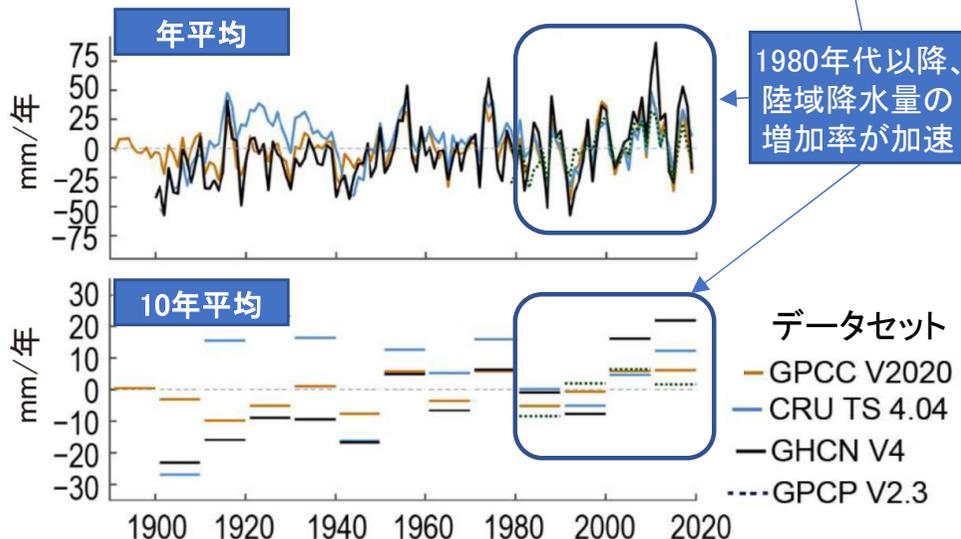
- 世界の陸域における降水量は、1950年以降増加している可能性が高く、1980年代以降はその増加率が加速している(確信度が中程度)。
- 両半球における中緯度のストームトラックは1980年代以降、極方向へ移動した可能性が高く、その変化傾向には顕著な季節性がある(確信度が中程度)。 (AR6 WG1 SPM A.1.4)

表 世界陸域降水量のトレンド推定値と90%信頼区間

データセット	年降水量のトレンド (mm/年/10年)		
	1901 - 2019	1960 - 2019	1980 - 2019
GPCC v2020	1.01* ± 0.99	1.67 ± 3.23	5.60 ± 6.38
CRU TS 4.04	0.57 ± 2.08	0.17 ± 3.12	5.75* ± 5.09
GHCN v4	3.19* ± 1.48	5.03* ± 4.87	11.06* ± 9.17
GPCPv2.3			5.41* ± 5.20

\* 10%の水準で有意

出典: AR6 WG1 表2.6



南半球では、これと密接に関連した夏季の中高緯度ジェット気流の極方向への移動に人間の影響が寄与した可能性が非常に高い。(AR6 WG1 SPM A1.4)

e)北半球、1月2月3月、冬

f)南半球、1月2月3月、夏

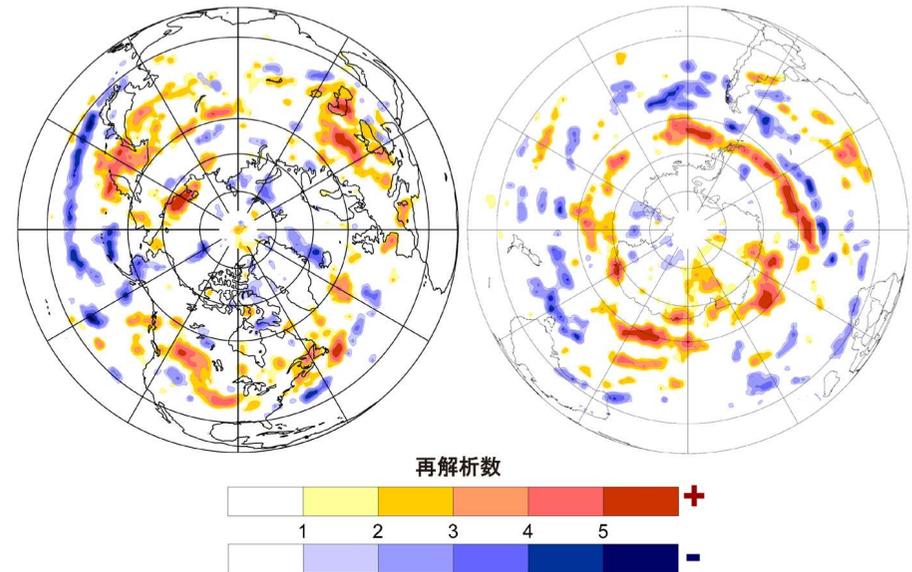


図 5つの再解析データのうち、1979~2018年の北半球の冬(1-3月;左図)及び南半球の夏(1-3月;右図)において、温帯低気圧の数が90%の水準で統計的に有意な同一符号の線形トレンドを同時に示した再解析データの数

出典: AR6 WG1 図8.12 e) f)

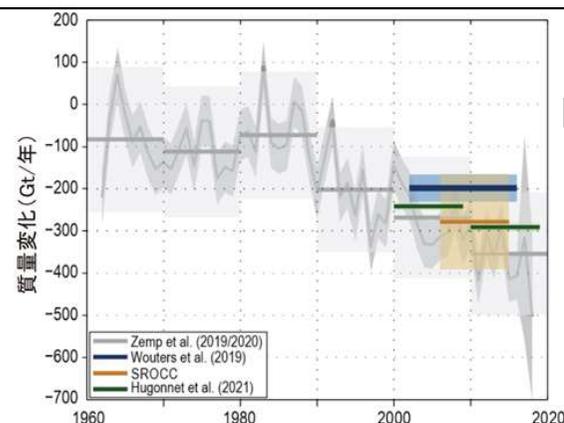
図 世界陸域降水量観測値の推移(1981~2010年を基準とした偏差)(上)年平均值と(下)10年平均值(開始時期が異なることに注意)

出典: AR6 WG1図2.15(c)

20世紀半ば以降に観測された降水変化パターンには人間の影響が寄与していた可能性が高い。(AR6 WG1 SPM A1.4)

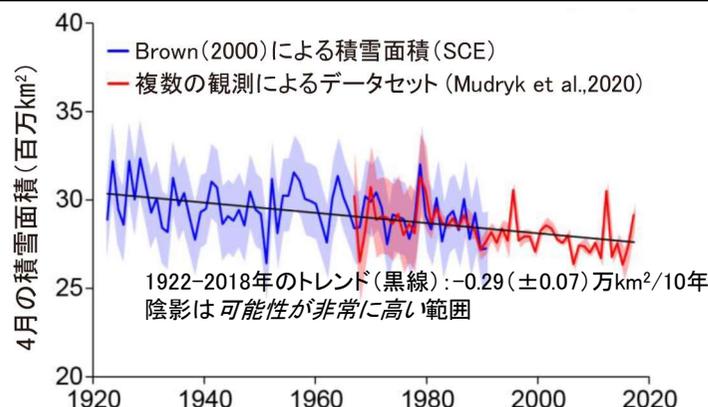
# 人間の影響は雪氷圏を縮小させている

- 人間の影響は、1990年代以降の世界的な氷河の後退と1979～1988年と2010～2019年との間の北極域の海水面積の減少の主要な駆動要因である**可能性が非常に高い**。
  - 人間の影響は、1950年以降の北半球における春季の積雪面積の減少に寄与した**可能性が非常に高い**。
  - 人間の影響は、過去20年間に於いて観測されたグリーンランド氷床の表面融解に寄与した**可能性が非常に高い**が、南極氷床の質量減少に対する人間の影響については**証拠が限定的で見解一致度は中程度**である。
- (AR6 WG1 SPM A.1.5)



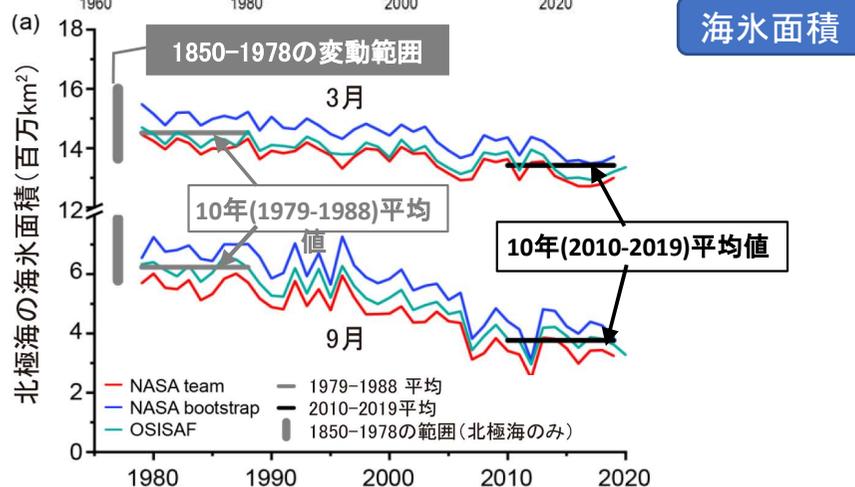
氷河の質量

図 世界の氷河の質量変化 (年単位、10年単位)  
平均推定値(実線)  
90%信頼区間(陰影)  
出典: AR6 WG1 図 2.23 (b)



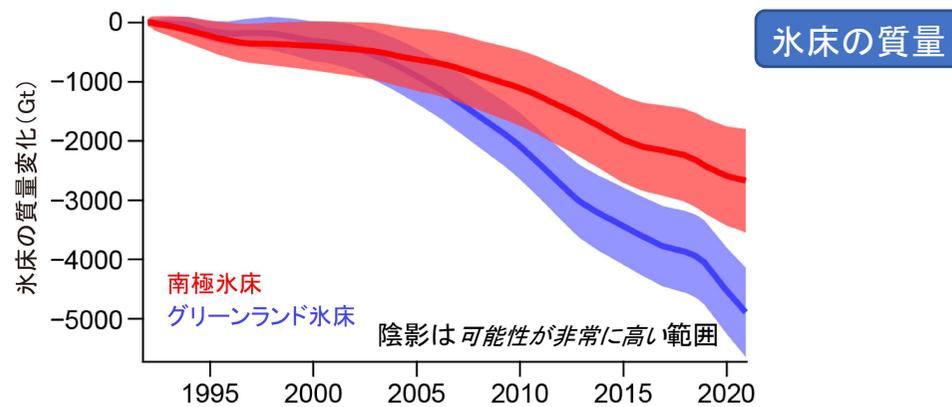
積雪面積

図 北半球4月の積雪面積の変化 出典: AR6 WG1 図 2.22



海水面積

図 北極海の海水面積の変化 出典: AR6 WG1 図 2.20 (a)



氷床の質量

図 南極氷床及びグリーンランド氷床の質量の積算変化 出典: AR6 WG1 図 2.24

# 人間の影響が海洋の昇温、酸性化、酸素濃度低下に寄与

- 世界の海洋表層(0~700 m)が1970年代以降昇温していることは**ほぼ確実**であり、人間の影響が主要な駆動要因である**可能性が極めて高い**。
- 人為的なCO<sub>2</sub> 排出が、現在進行している外洋表層の世界的な酸性化の主要な駆動要因であることは**ほぼ確実**である。
- 多くの海域で、20世紀半ば以降に表層の酸素濃度が低下していることについては**確信度が高く**、人間の影響がこの低下に寄与したことについては**確信度が中程度**である。

(AR6 WG1 SPM A.1.6)

表 海洋の温暖化トレンド(ZJ/年)

期間	0-700 m	700-2000 m
1971-2018	5.14 (3.46~6.82)	2.62 (2.04~3.20)
1993-2018	6.06 (4.56~7.55)	3.31 (2.40~4.22)
2006-2018	6.28 (4.06~8.50)	4.14 (2.41~5.86)

昇温

(AR6 WG1  
2.3.3.1  
表2.7)

## 海洋の貧酸素化

- 過去2万5000年で最大の貧酸素水域拡大は、急激な温暖化と強く関係(**確信度が中程度**)。
- 1970-2010年の間に、世界の海洋表上層1000 mの酸素レベルは0.5-3.3%減少(**確信度が中程度**)。溶存酸素極小層(OMZ)も3-8%拡大。
- 海面(0-100m)は0.2-2.1%、躍層(100-600 m)は0.7-3.5%酸素が減少(**可能性が非常に高い**)。

貧酸素化

(AR6 WG1 2.3.3.6)

酸性化

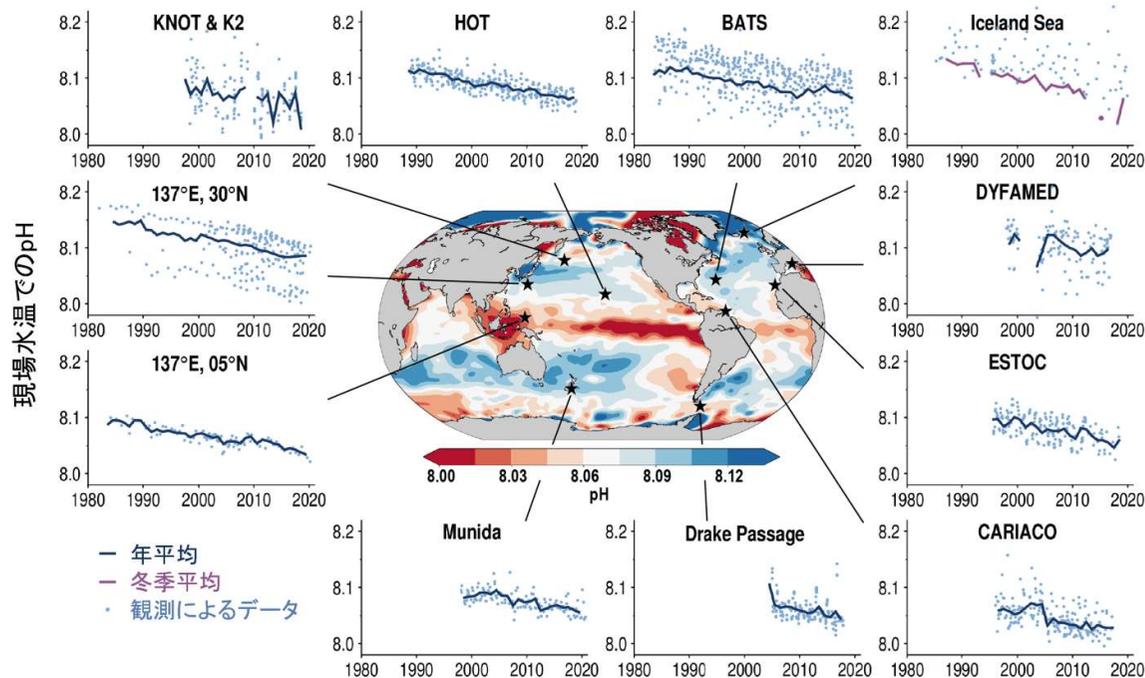


図 世界各海域の表層 pH(全水素イオン濃度スケール)の10年ごとの推移と2000年に調整した年平均 pH の全球分布 出典: AR6 WG1図 5.20

# 海面水位は上昇している

- 世界平均海面水位は、1901～2018年の間に0.20[0.15～0.25]m上昇した。その平均上昇率は、1901～1971年の間は1.3[0.6～2.1]mm/年であったが、1971～2006年の間は1.9[0.8～2.9]mm/年に増加し、2006～2018年の間は3.7[3.2～4.2]mm/年に更に増加した（**確信度が高い**）。
  - 少なくとも1971年以降に観測された世界平均海面水位の上昇の主要な駆動要因は、人間の影響であった**可能性が非常に高い**。
- (AR6 WG1 SPM A.1.7)

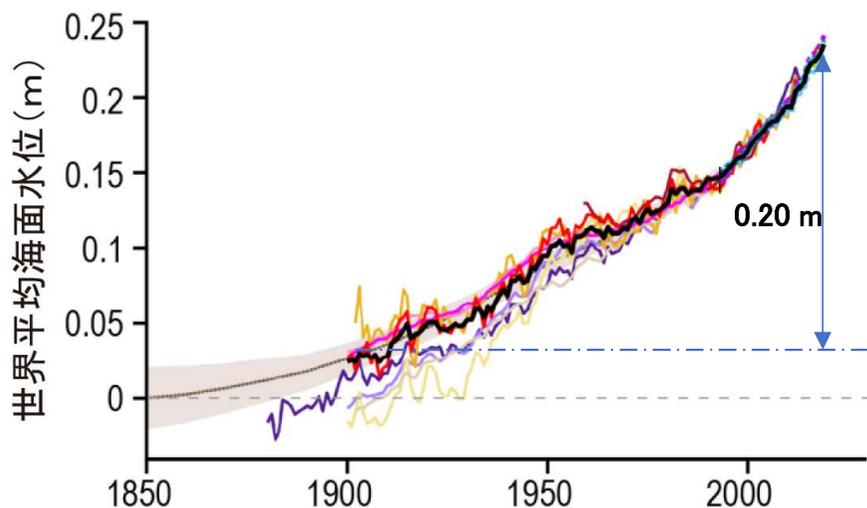


図 潮位計（近年は高度計も）による1850年以降の世界平均海面水位推定値 出典：AR6 WG1図 2.28

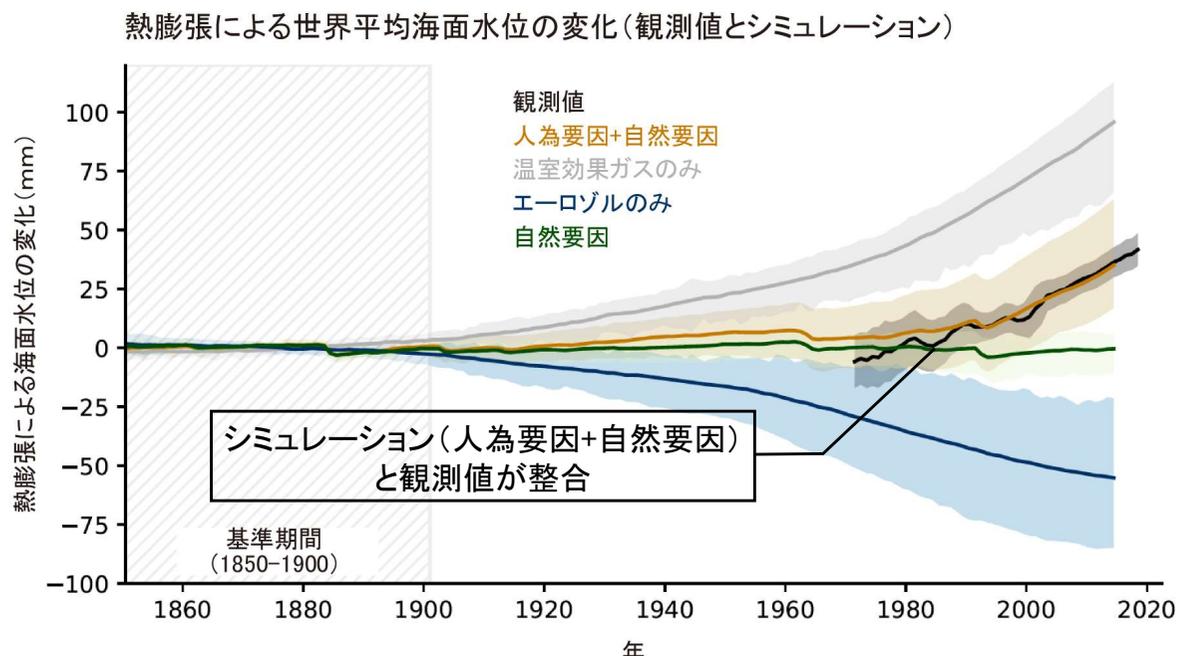


図 1850-1900 年を基準とした熱膨張による世界平均海面水位変化 (観測値とシミュレーション(CMIP6)) 出典：AR6 WG1図 3.29

陰影(シミュレーション)：5～95パーセンタイルの範囲  
 陰影(観測値)：可能性が非常に高い範囲

表 世界平均海面水位の平均上昇率

期間	世界平均海面水位の平均上昇率 mm/年
1901-1971	1.3 [0.6 - 2.1]
1971-2006	1.9 [0.8 - 2.9]
2006-2018	3.7 [3.2 - 4.2]



出典：AR6 WG1 SPM A1.7より作成

# 地球温暖化に伴い陸域生物圏が変化

■ 1970年以降、陸域の生物圏の変化は地球温暖化と整合的である。両半球では気候帯が極方向に移動し、北半球の中高緯度帯では1950年代以降、生育期間が平均して10年あたり最大で2日長くなっている（確信度が高い）。  
 (AR6 WG1 SPM A.1.8)

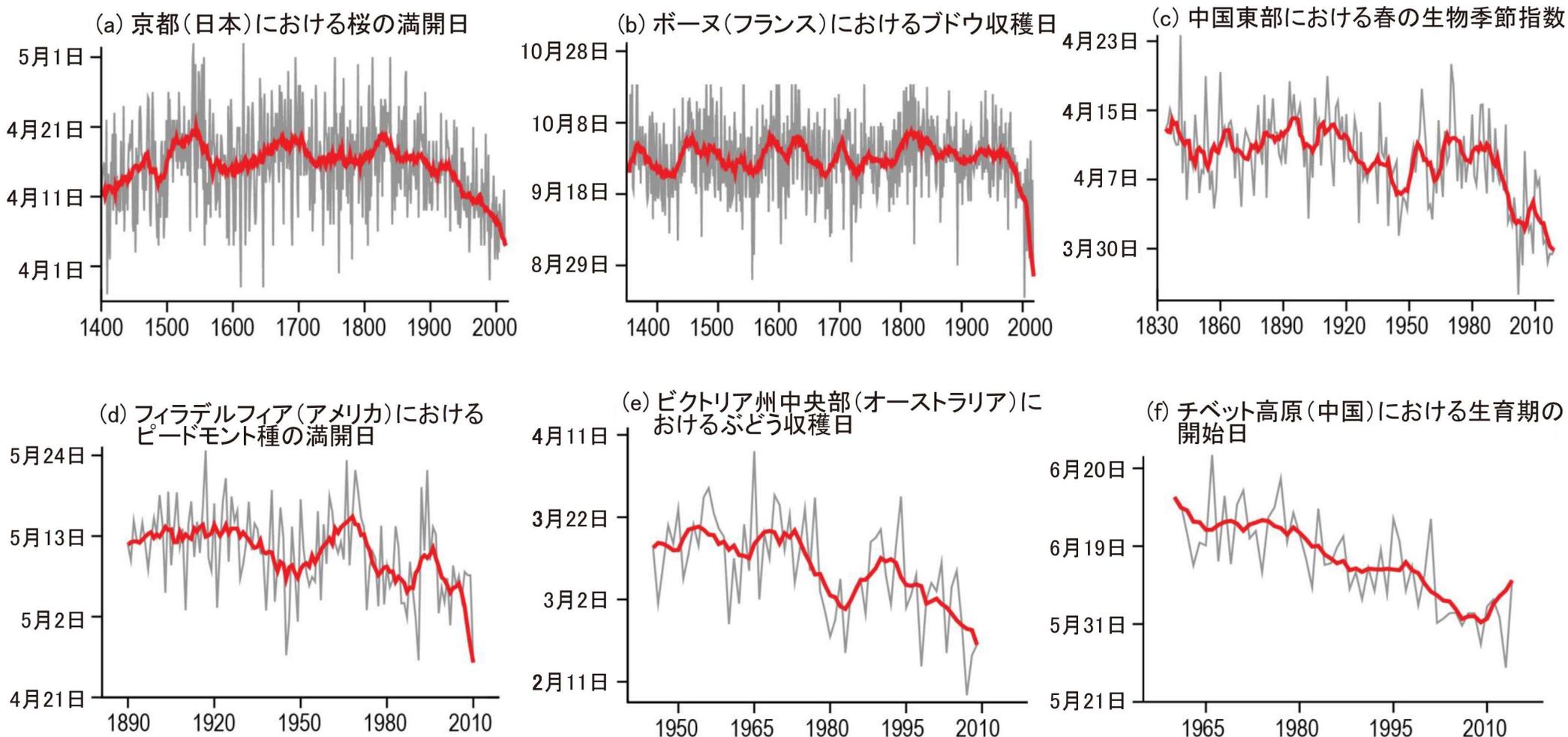


図 生育期の変化を示す指標による長期的な生物季節の変化

# 気候システムの現在の变化は過去数千年間前例がない

■ 気候システム全般にわたる最近の変化の規模と、気候システムの多くの側面における現在の状態は、数百年から数千年数千年にわたって前例のないものである。 (AR6 WG1 SPM A.2)



温暖化はほとんど至るところで進行している



温暖化は急速に進行している



温暖化は長期的な寒冷化傾向を逆転させた



このような温暖な状況は長い間なかった

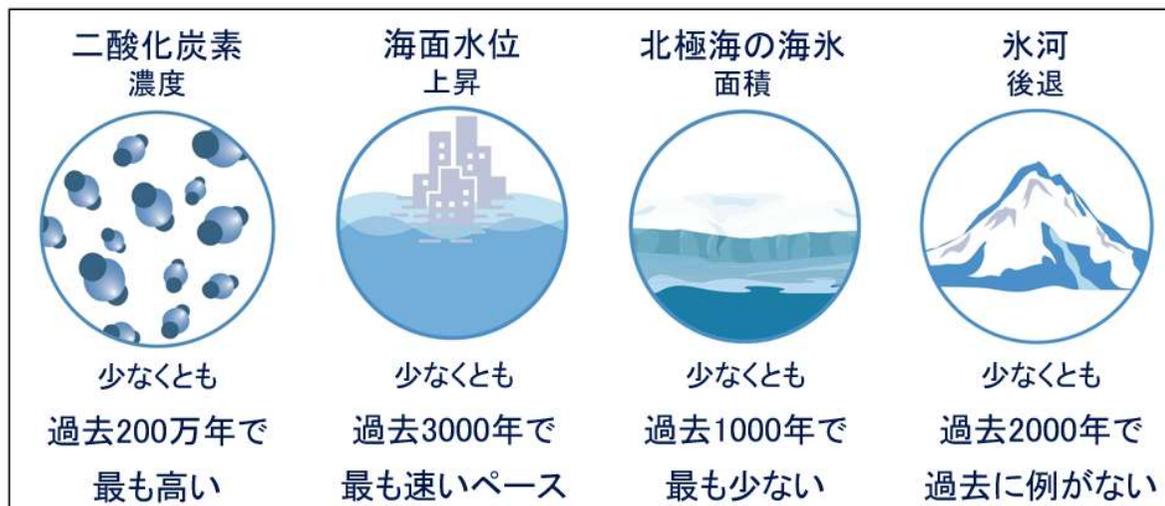


図 気候システムに顕在化しつつある前例のない変化

出典: AR6 WG1公表報道発表スライド

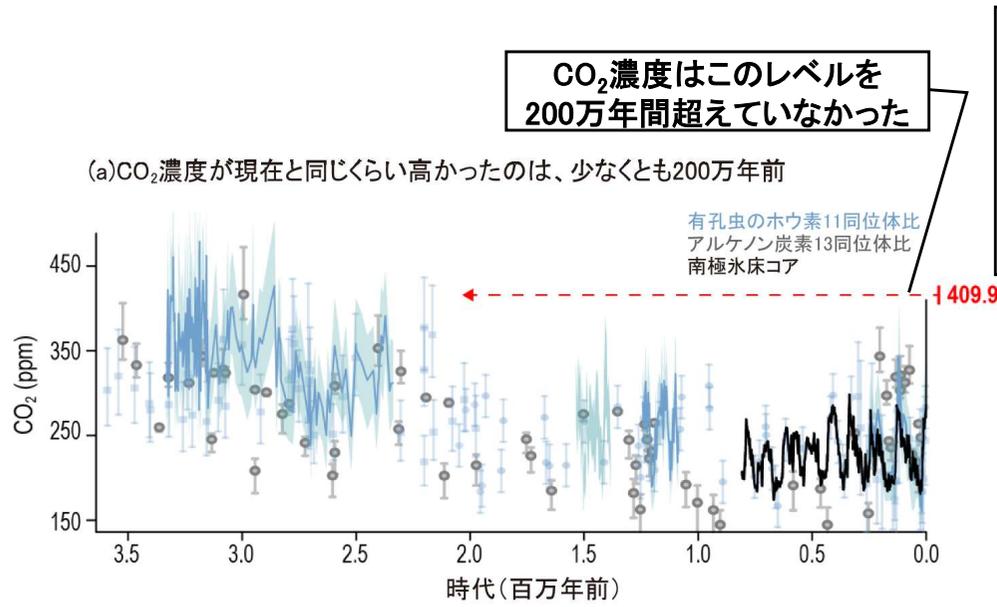
[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/outreach/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_Press\\_Conference\\_Slides.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/outreach/IPCC_AR6_WGI_Press_Conference_Slides.pdf)

図 近年の温暖化が異常であることの証拠

出典: AR6 WG1 FAQ2.1図1

# 世界平均気温の上昇速度は過去数千年間前例がない

- 2019年には、大気中のCO<sub>2</sub>濃度は少なくとも過去200万年間のどの時点よりも高く(確信度が高い)、CH<sub>4</sub>及びN<sub>2</sub>Oの濃度は少なくとも過去80万年間のどの時点よりも高かった(確信度が非常に高い)。(AR6 WG1 SPM A.2.1)
- 世界平均気温は、1970年以降少なくとも過去2000年間にわたって、他のどの50年間にも経験したことのない速度で上昇している(確信度が高い)。(AR6 WG1 SPM A.2.2)



2011~2020年の気温は、数百年にわたり温暖だった直近の時期である6500年前頃\*[1850~1900年を基準として0.2~1°C]より高かった(確信度が中程度)。それより前の直近の温暖期は約12万5000年前\*で、この時代の数百年間の気温[1850~1900年を基準として0.5~1.5°C]は、直近10年間に観測された範囲と重なっている(確信度が中程度)

\*これらの過去の温暖な期間は、緩やかな(数千年にわたる)軌道要素の変動によって引き起こされた。(AR6 WG1 SPM A.2.2)

図 過去350万年間代替記録から得られたCO<sub>2</sub>濃度の変化  
出典: AR6 WG1 図 TS.9 (a)

1750年以降のCO<sub>2</sub>濃度の増加(47%)とCH<sub>4</sub>濃度の増加(156%)は、少なくとも過去80万年間にわたる氷期-間氷期間の数千年の自然変動をはるかに超えており、N<sub>2</sub>O濃度の増加(23%)はこの期間の変動と同程度である(確信度が非常に高い)。(AR6 WG1 SPM A.2.1)

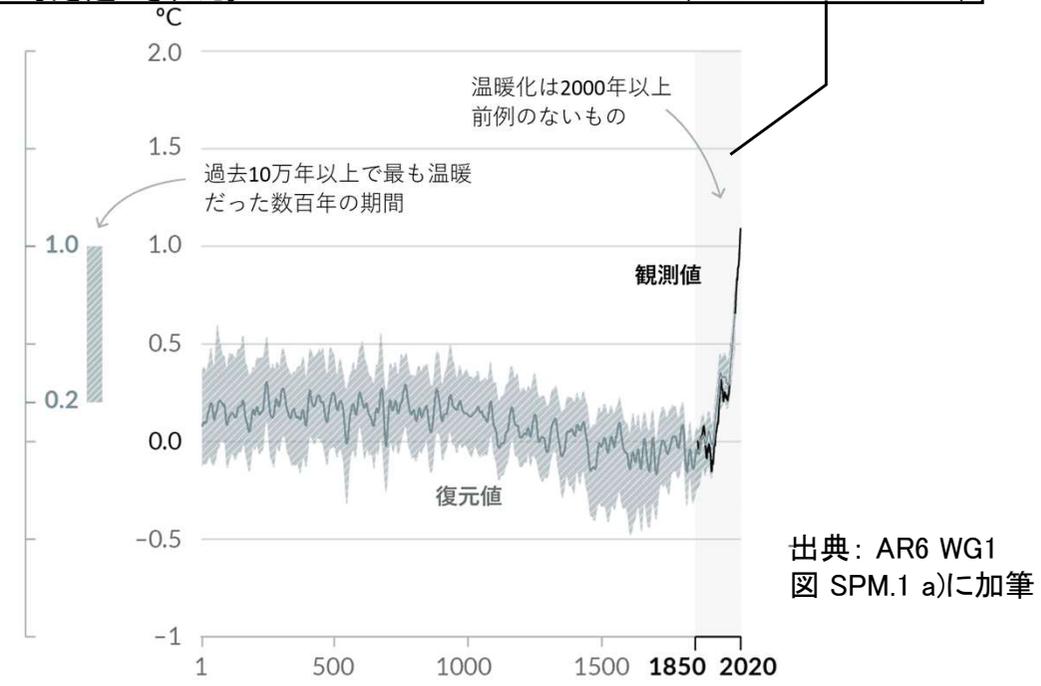


図 1850~1900年を基準とした世界平均気温(10年平均)の変化  
復元値(1~2000年)及び観測値(1850~2020年)

# 北極海の海氷の縮小や氷河の後退は数千年間前例がない

- 2011～2020年の北極域の年平均海氷面積は、少なくとも1850年以降で最小規模に達した（確信度が高い）。晩夏の北極域の海氷面積は、少なくとも過去千年間のどの時期よりも小さかった（確信度が中程度）。
- 世界のほとんど全ての氷河が同調的に後退するという1950年代以降の世界的な氷河後退の特徴は、少なくとも過去2000年間に前例のないものである（確信度が中程度）。

(AR6 WG1 SPM A.2.3)

## 北極域の海氷面積が縮小

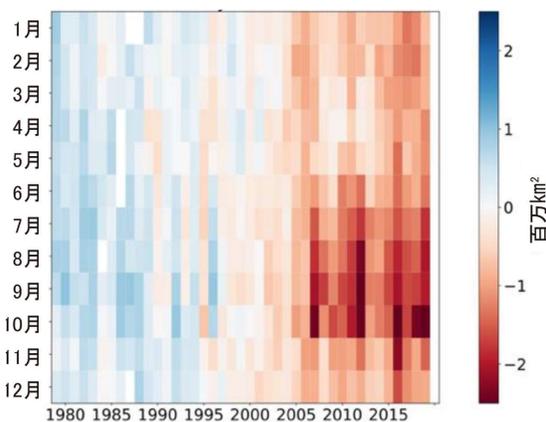
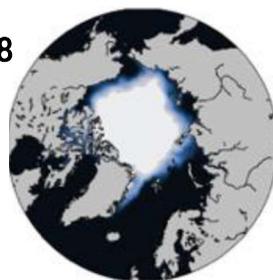


図 1979～2008年を基準とした1979～2019年の北極海の月平均海氷面積の絶対偏差の推移

出典：AR6 WG1 図9.13

1979-1988



2010-2019

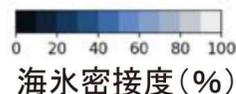
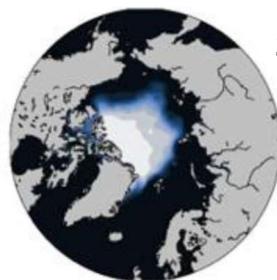
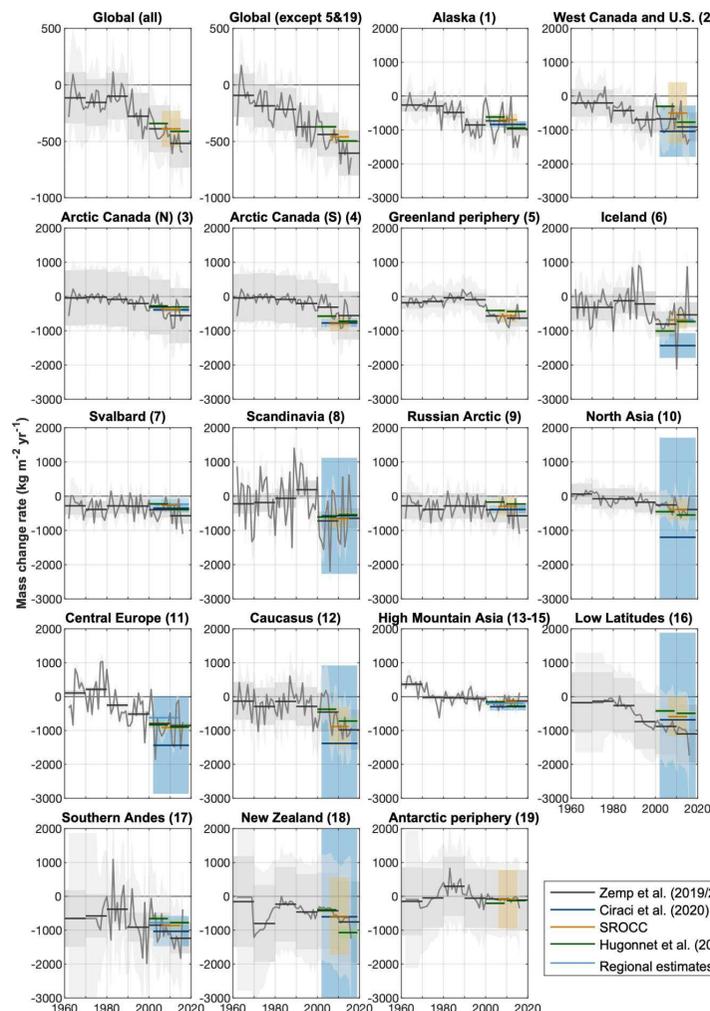


図 9月の北極海の海水氷密度（観測） 出典：AR6 WG1図9.13



世界のほとんどの氷河の質量が減少

図 1960-2019年の世界と地域の氷河の質量変化

陰影は各研究で示された不確実性の範囲

出典：AR6 WG1図9.20

# 海面水位、海水温、酸性度は急速に上昇している

- 世界平均海面水位は、1900年以降少なくとも過去3000年間のどの百年間よりも急速に上昇している(確信度が高い)。
- 世界の海洋は過去百年間に、最終氷期の終末期(約1万1000年前頃)よりも急速に昇温している(確信度が中程度)。外洋表層のpHは、過去5000万年にわたって長期的に上昇している(確信度が高い)。しかしながら、最近数十年間のような低い外洋表層のpHは、直近の200万年間で異例のものである(確信度が中程度)。

(AR6 WG1 SPM A.2.4)

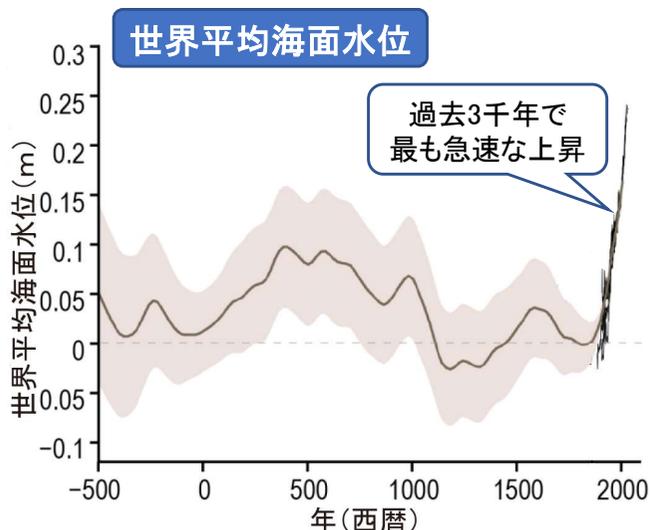


図 過去2500年間の世界平均海面水位

19世紀後半以降の様々な代替データや直接測定記録を重ね合わせて再現

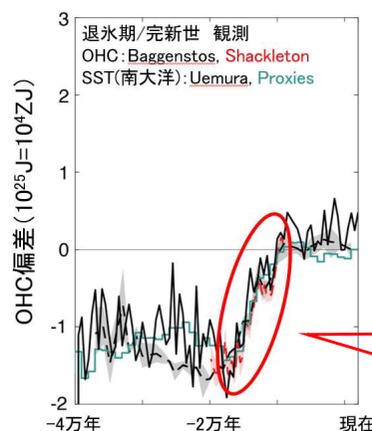
出典: AR6 WG1図 2.28

## 20世紀半ば以降、海面水位上昇の速度増大

AR5以降、証拠が強化され確信度が非常に高い

1971-2018	2.3 [1.6 - 3.1] mm/年
2006-2018	3.7 [3.2 - 4.2] mm/年

(AR6 WG1 Box TS.4)



## 海洋貯熱量(OHC)

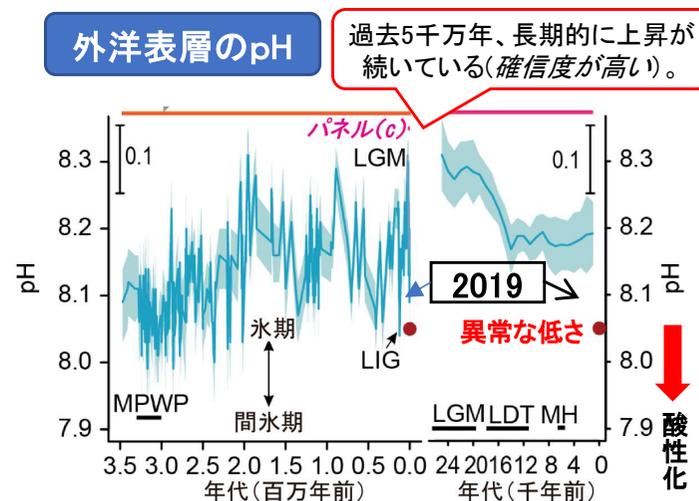
図 海洋貯熱量の長期トレンド(最終氷期~完新世)

出典: AR6 WG1 図9.9

近年はこの氷期末期よりも急速な上昇

期間	海洋貯熱量増加率(ZJ/年)
最終氷期極大期 (~2万年前) から完新世初期 (~1万年前)	1.3
1970-2017年	0-700m: 4.35 ± 0.8 700-2000m: 2.25 ± 0.64
1993-2017年	0-700m: 6.28 ± 0.48 700-2000m: 3.86 ± 2.09
2005-2017年	0-700m: 5.31 ± 0.48 700-2000m: 4.02 ± 0.97

出典: AR6 WG12.3.3.1より作成



## 外洋表層のpH

過去5千万年、長期的に上昇が続いている(確信度が高い)。

(d) 現代の海洋表層のpH

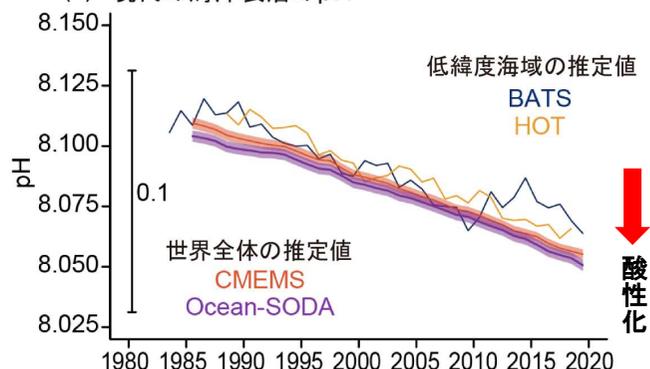


図 過去3500万年及び近年の低緯度海域の海面pHの変化 出典: AR6 WG1図 2.29(b)(c)(d)

# 気候変動は極端現象に影響を及ぼしている

- 人為起源の気候変動は、世界中の全ての地域で多くの極端な気象と気候に既に影響を及ぼしている。
- 熱波、大雨、干ばつ、熱帯低気圧などの極端現象について観測された変化に関する証拠、及び、特にそれらの変化が人間の影響によるとする要因特定に関する証拠は、AR5以降強まっている。  
(AR6 WG1 SPM A.3)

気候変動は、すでに極端な高温現象の規模と頻度を増加させ、地域によっては極端な降水現象を強めている。地球温暖化の進行に伴って、規模、頻度、時期、場所のいずれにおいても過去に例のない極端な現象を経験することになるだろう。(AR6 WG1 FAQ 11.2)

特定の極端現象の正確な原因を特定することは困難だが、ある種の気象/気候の極端現象の確率や規模を変化させる上で、気候変動が果たす役割を定量化することは可能である。温暖化につれて極端現象への人為的影響が増大するため、観測されている極端現象の確率や規模における変化は継続するだろう。(AR6 WG1 FAQ 11.3)



【規模】増加  
前例のない規模で発生する



【頻度】増加  
前例のない頻度で発生する



【場所】新たな場所  
前例のなかった場所で発生する  
例:海面上昇による沿岸浸水、北極圏の山火事



【時期】異なる時期  
前例のなかった時期に発生する  
例:猛暑がより早い/遅い時期に発生



【複合】新たな組み合わせ  
複数の異常事象の同時/連続発生が  
高確率、深刻化の可能性

気候変動によって  
起こる過去に例の  
ない極端現象

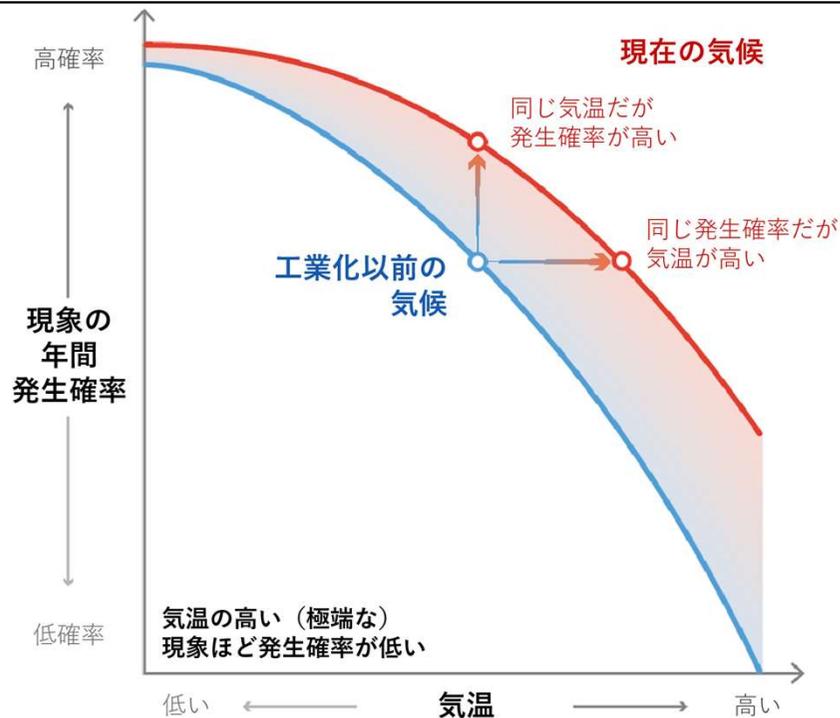


図 気候の変化による極端な現象の大きさや確率の変化

# 極端な高温はほとんどの陸域で頻度・強度が増大

■ 極端な高温(熱波を含む)が1950年代以降ほとんどの陸域で頻度及び強度が増加している一方で、極端な低温(寒波を含む)の頻度と厳しさが低下していることは**ほぼ確実**であり、人為起源の気候変動がこれらの変化の**主要な駆動要因\***であることについては**確信度が高い**。  
 (AR6 WG1 SPM A.3.1)

\*「主要な駆動要因」とは、このSPMIにおいて「変化の50%以上の要因」となっていることを意味する。

## 極端な高温

過去10年に観測された最近の極端な高温の一部は、気候システムに対する人間の影響なしには発生した**可能性が極めて低い**だろう。

(AR6 WG1 SPM A3.1)

【1850-1900年】 10年に1回の高温 → 【現在】 頻度 2.8 [1.8-3.2] 倍  
 強度 + 1.2°C

日最高気温に基づく指標の変化を主な証拠としており、加えて、他の指標(熱波の継続時間、頻度及び強度)を用いた地域的な研究も用いられている。

- 極端な高温に観測された変化
- 増加(41)
  - 減少(0)
  - 変化に対する見解一致度が低い(2)
  - データや文献が限定的(2)
- 観測された変化における人間の寄与の確信度
- 高い
  - 中程度
  - 低い(見解一致度が低いため)
  - 低い(証拠が限定的であるため)

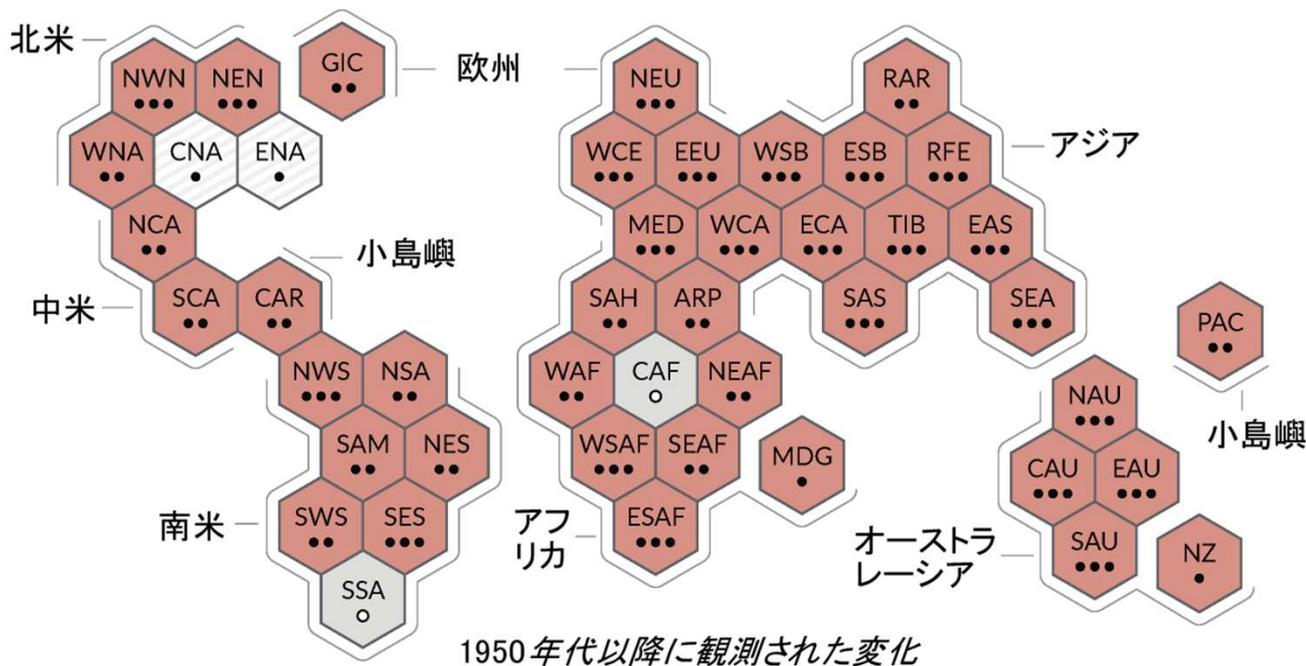
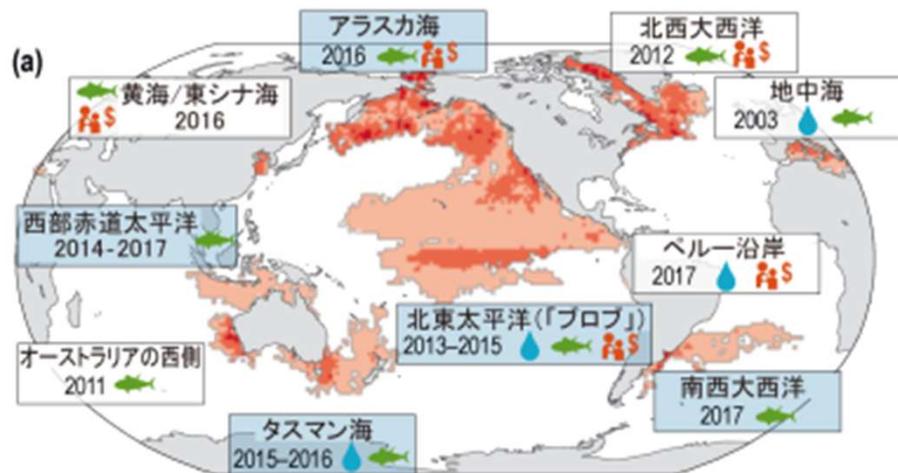


図 世界中の地域において観測された極端な高温の変化と、その変化に対する人間の寄与に関する確信度の統合的評価 出典:AR6 WG1 図 SPM.3

# 海洋熱波の頻度が増加

- 海洋熱波の頻度は1980年代以降ほぼ倍増しており(確信度が高い)、人間の影響は少なくとも2006年以降のほとんどの海洋熱波に寄与した可能性が非常に高い。

(AR6 WG1 SPM A.3.1)



**海洋熱波**: 長期的な平均季節サイクルに比べて海水温が極端に高くなる期間。海洋生態系に深刻かつ持続的な影響をもたらす。  
(AR6 WG1 Box 9.2)

- 海洋熱波\*は、1982年から2016年の間に
  - \* 1982~2016年の海面水温の99パーセンタイルを超える日と定義
  - ・強度: 10年あたり0.04°C増加
  - ・空間的広がり: 10年あたり19%増加
  - ・頻度: 約2倍

(AR6 WG1 Box 9.2)

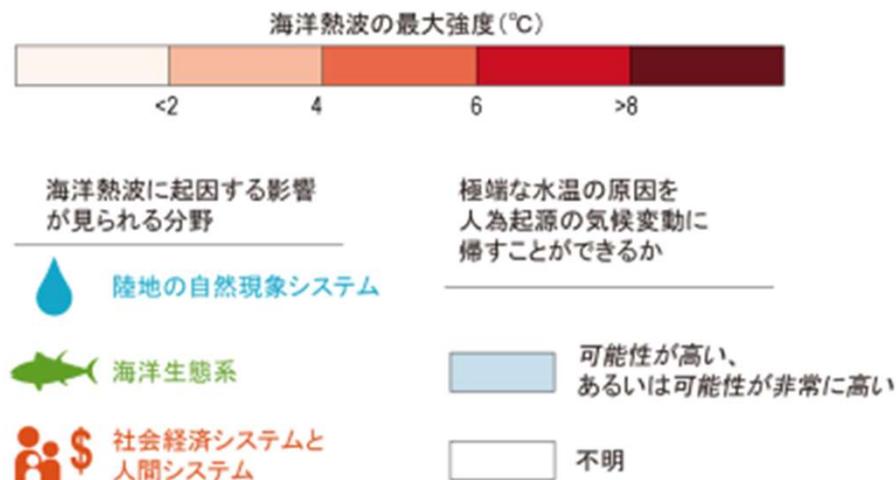


図 過去20年間に観測された海洋熱波の事例  
出典: SROCC 図6.3より抜粋

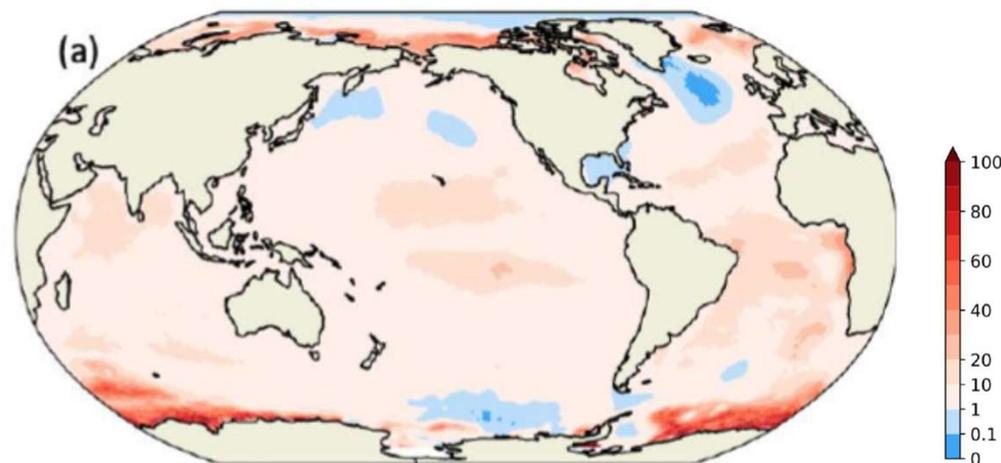


図 衛星観測(1985-2014)と再解析データによる海洋熱波の確率比 工業化以前に比べて年間の海洋熱波日数が増加した割合  
出典: AR6 WG1 Box 9.2 図1(a)

# 大雨の頻度・強度も増加している地域が多い

■ 大雨の頻度と強度は、変化傾向の解析に十分な観測データのある陸域のほとんどで、1950年代以降増加しており(確信度が高い)、人為起源の気候変動が主要な駆動要因である。  
 (AR6 WG1 SPM A.3.2)

## 大雨

【1850-1900年】 10年に1回の大雨 → 【現在】 頻度 1.3 [1.2-1.4] 倍  
 強度 + 6.7%

日世界全体及び地域を対象とした研究から得られた日降水量又は5日間積算降水量に基づく指標の変化を主な証拠としている。

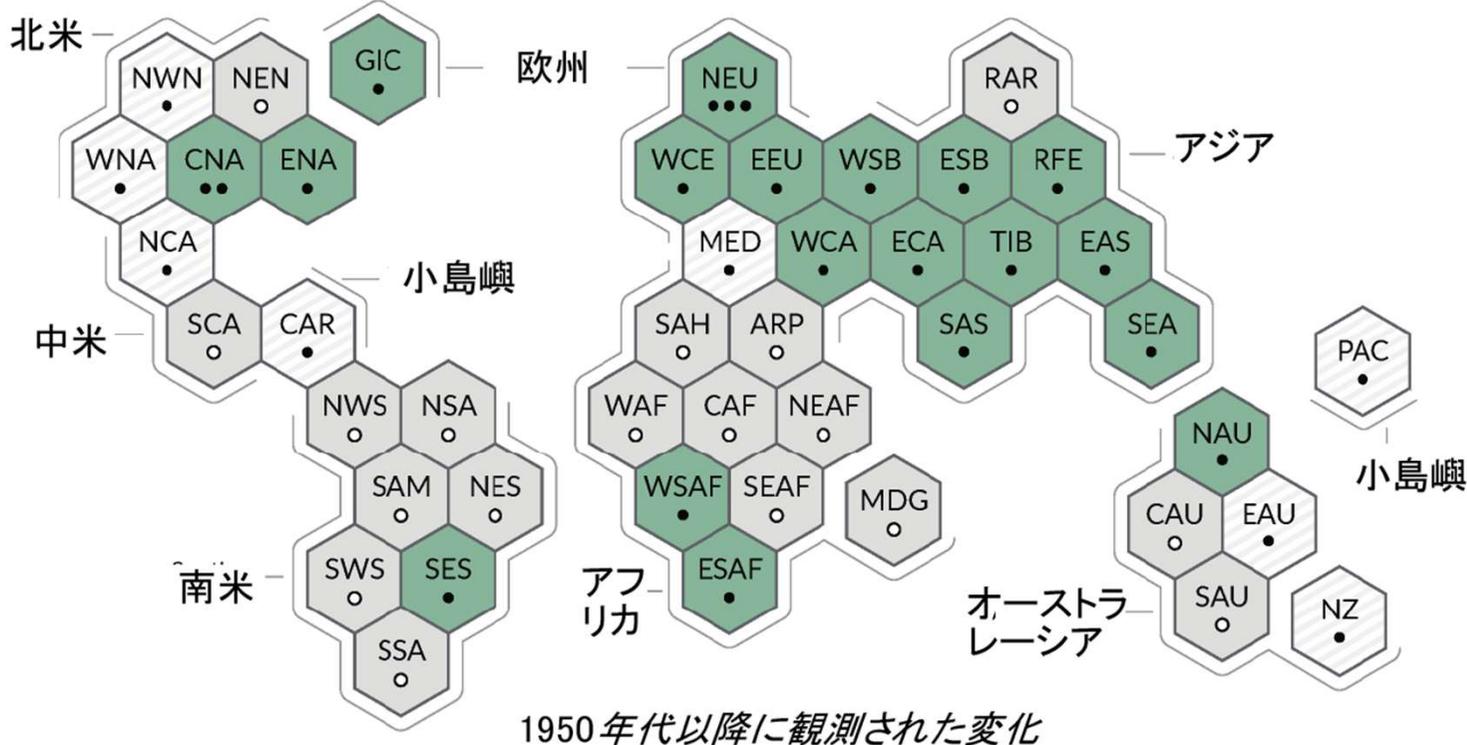
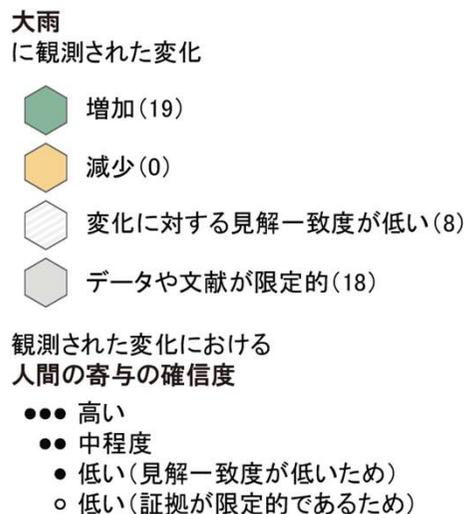


図 世界中の地域において観測された大雨の変化と、その変化に対する人間の寄与に関する確信度の統合的評価  
 出典: AR6 WG1 図 SPM.3

# 一部地域では干ばつも増加している

■ 人為起源の気候変動は、陸域の蒸発散量の増加により、いくつかの地域における農業干ばつ及び生態学的干ばつ の増加に寄与している(確信度が中程度)。(AR6 WG1 SPM A.3.2)

## 農業干ばつ 生態学的干ばつ

農業干ばつ及び生態学的干ばつ  
(影響を受ける生物群による)  
土壌水分が異常に不足する期間で、  
降水の不足と蒸発散量の過剰が組み合  
わされた結果として生じ、生育期間には  
一般に穀物生産と生態系の機能に悪影  
響を与える。(AR6 WG1 SPM A.3.1)

【1850-1900年】 10年に1回の干ばつ → 【現在】 頻度 1.7 [0.7-4.1] 倍  
強度 + 0.3標準偏差

観測及びシミュレーションによる鉛直積算土壌水分量の変化に基づき、表層土壌水分、水収支(降水量から蒸発散量を差し引いたもの)及び降水量と大気の蒸発要求量から計算される指標の変化を補完的に用いて評価している。

農業及び生態学的干ばつ  
に観測された変化

- 増加(12)
- 減少(1)
- 変化に対する見解一致度が低い(28)
- データや文献が限定的(4)

観測された変化における  
人間の寄与の確信度

- 高い
- 中程度
- 低い(見解一致度が低い)
- 低い(証拠が限定的)

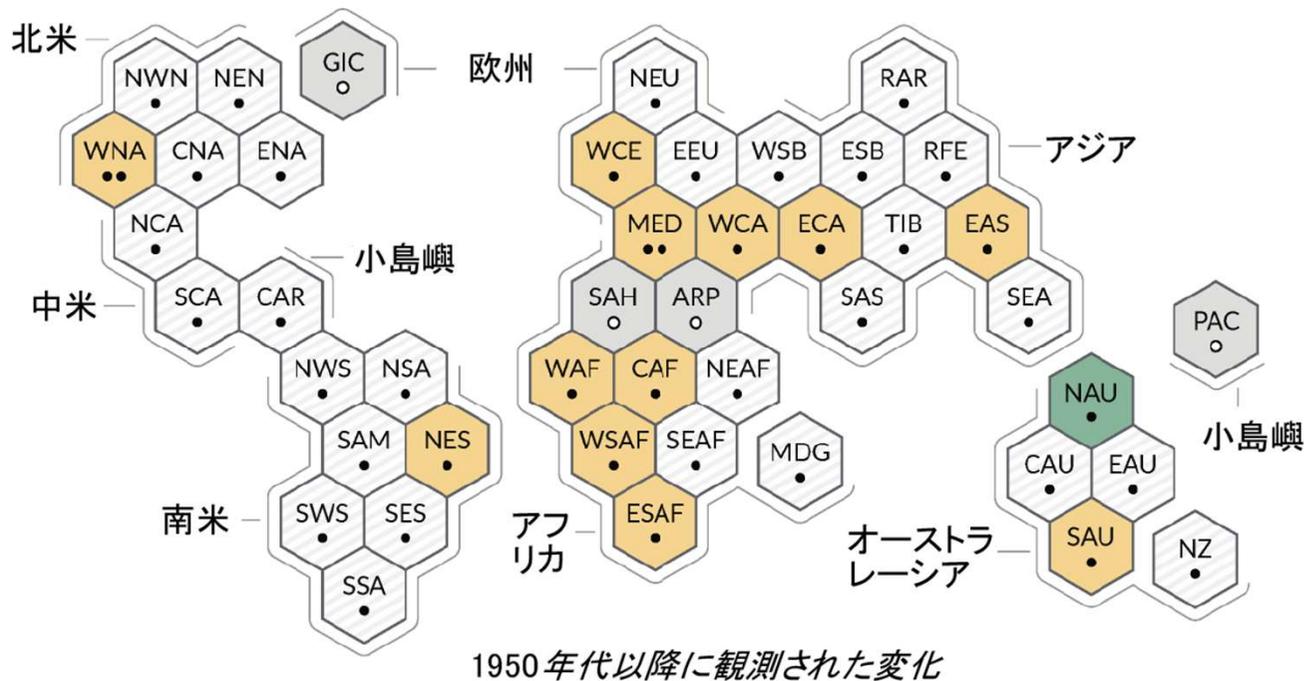


図 世界中の地域において観測された農業及び生態学的干ばつの変化と、その変化に対する人間の寄与に関する確信度の統合的評価

# モンスーン降水量は変化し、強い熱帯低気圧の発生割合が増加

- 1950年代から1980年代にかけての世界の陸域におけるモンスーンに伴う降水の減少は、北半球における人為的なエアロゾル排出が一因であるが、それ以降の増加はGHG濃度の上昇と十年から数十年規模の内部変動に起因する(確信度が中程度)。

(AR6 WG1 SPM A.3.3)

- 世界の全熱帯低気圧に占める強い熱帯低気圧(カテゴリー3~5)の発生の割合は過去40年間で増加している可能性が高く、北太平洋西部の熱帯低気圧がその強度のピークに達する緯度が北に移動している可能性が非常に高い。これらの変化は内部変動だけでは説明できない(確信度が中程度)。

(AR6 WG1 SPM A.3.4)

## モンスーン

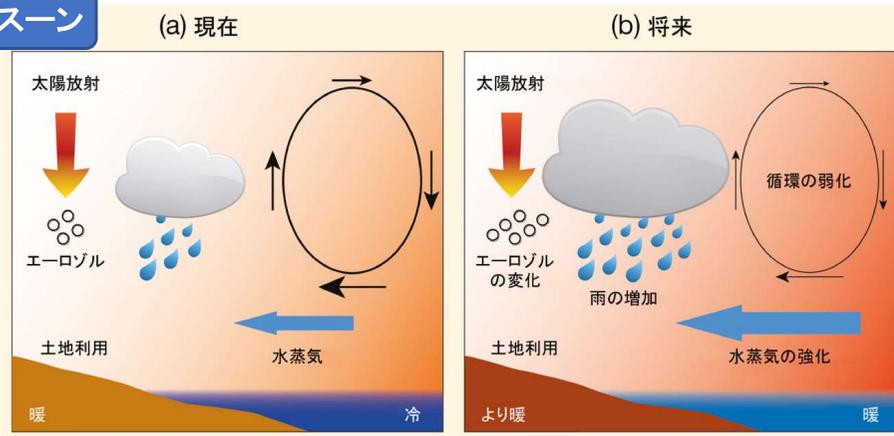


図 人間活動がモンスーン降水量に影響を与えるしくみ 出典: AR5 WG1 FAQ14.1

## 熱帯低気圧

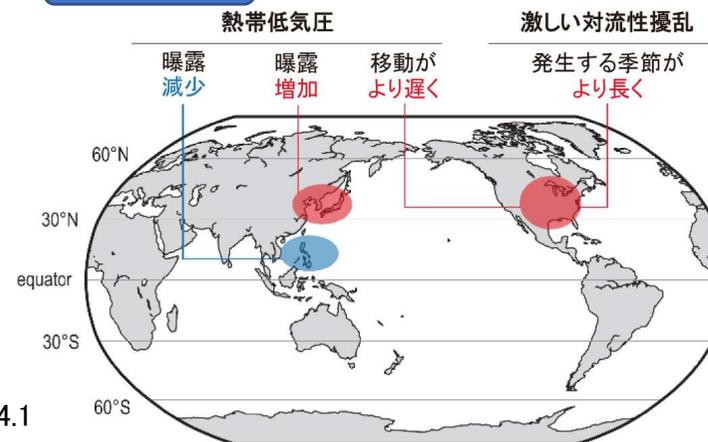


図 地球温暖化に伴う熱帯低気圧や擾乱の変化

出典: AR6 WG1 図 11.20

### 北半球のグローバルモンスーン陸域降水量の変化

1900~1950年代前半 : わずかに増加  
 1950年代~1980年代 : 減少  
 ~現在 : 増加(主に夏季)

過去1世紀の間に数十年の大きな変動があり百年単位のトレンドの存在に対する確信度は低い。(AR6 WG1 2.3.1.4.2)

全てのカテゴリーの熱帯低気圧の頻度に長期(数十年から百年)変化傾向があることについては確信度が低い。イベントアトリビューション研究と物理的な理解は、人為起源の気候変動は熱帯低気圧に伴う大雨を増加させることを示す(確信度が高い)が、データが限られているため、地球規模で過去の変化傾向を明瞭に検出することは困難である。(AR6 WG1 SPM 3.4)

# 複合的な極端現象の発生確率も高まっている

■ 人間の影響は1950年以降複合的な極端現象の発生確率を高めている可能性が高い。これには、地球規模での熱波と干ばつの同時発生(確信度が高い)、人間が居住する全ての大陸の一部地域での火災の発生しやすい気象条件(確信度が中程度)、一部地点での複合的な洪水(確信度が中程度)の頻度の増加が含まれる。(AR6 WG1 SPM A.3.5)

**複合的な極端現象:** 複合的な極端現象は、社会的あるいは環境的なリスクに寄与する複数の駆動要因及び/又はハザードの組み合わせである(用語集)。例として、熱波と干ばつの同時発生、複合的な洪水(極端な降雨及び/又は河川流量と高潮の組み合わせなど)、火災の発生しやすい複合的な気象条件(つまり、高温で乾燥しており風の強い状態)や異なる地点での極端現象の同時発生が挙げられる。

同時多発的な極端現象の影響を受ける陸地面積は増加している(確信度が高い)。異なる場所で同時に発生する極端現象は、異なる地域と同じセクター(例えば、穀倉地帯)に影響を及ぼす可能性があるが、地球温暖化の進行により、特に+2°C以上になると、より頻繁に発生するようになる(確信度が高い)。(AR6 WG1 11.8.1)

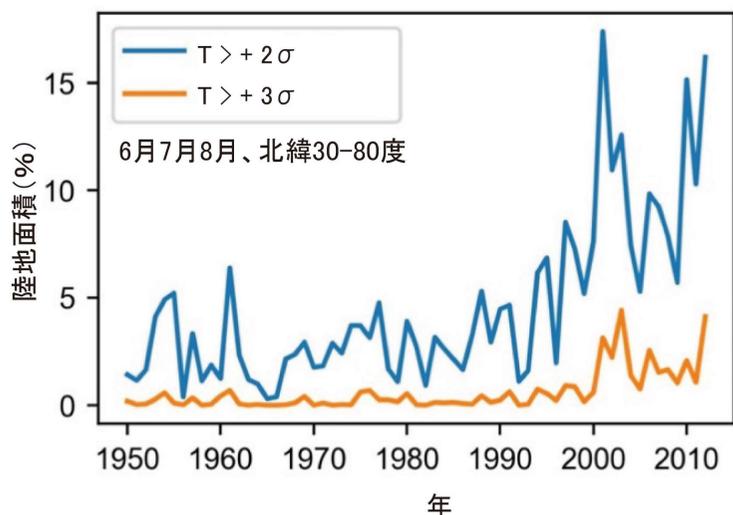


図 極端な気温(>2σ、>3σ)の影響を受けた陸地面積 出典: AR6 WG1 Box11.4 図 1

## 【事例】2018年春・夏の地球規模の極端な気温と降水量

2018年5月～8月に、北半球中緯度の広い範囲で極端な暑さとなり、一部で干ばつも悪化。日本や韓国、カナダで熱中症の死者が多発したほか、ヨーロッパでは農業や漁業にも大きな被害が出た。日本では6月28日から7月8日にかけて広範囲で持続する豪雨に見舞われ230人以上の死者を出した(平成30年7月豪雨)。この豪雨とその後の猛暑は、ジェットと北太平洋亜熱帯高気圧の異常な状態が関係していたと考えられている。

同様の事象は、地球温暖化が1.5°C上昇でおよそ3年に2回、2°C上昇では毎年発生することがわかった。また、2°C上昇では、日本の猛暑日の年平均発生数は1.8倍に増加する見込みである。人為的な温暖化がなければ、これら2018年の同時多発現象は発生しなかったことがほぼ確実である。また、この種の同時多発現象は、温暖化が進むとより頻繁に発生すると予測されている。(AR6 WG1 Box11.4)

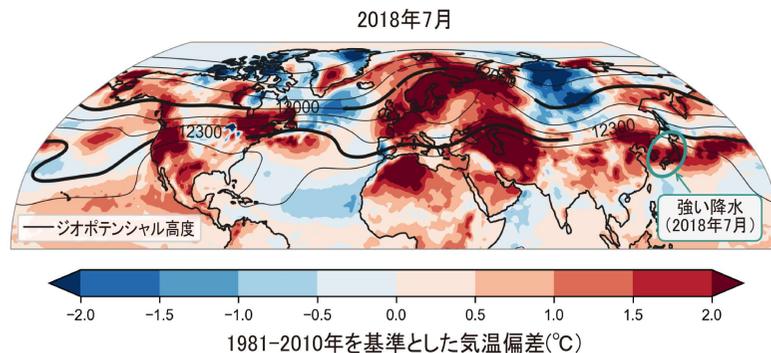


図 2018年7月の気象状況

12000 mと12300 mの等値線は、寒帯前線ジェットと亜熱帯ジェットのおおよその位置を示す。

出典: AR6 WG1 Box11.4 図 1

# 平衡気候感度の不確実性が大幅に改善

■ 気候プロセス、古気候的証拠、及び放射強制力の増加に対する気候システムの応答に関する知識の向上により、平衡気候感度の最良推定値は3°Cと導き出され、その推定幅はAR5よりも狭まった。(AR6 WG1 SPM A.4)

**用語解説**

**平衡気候感度(ECS: Equilibrium Climate Sensitivity)とは？**

大気中の二酸化炭素濃度が工業化以前と比べて2倍になった後、平衡に達した世界平均気温の上昇量。放射強制力に対する気候応答の推定に使用される。(AR6 WG1 Box 7.1)

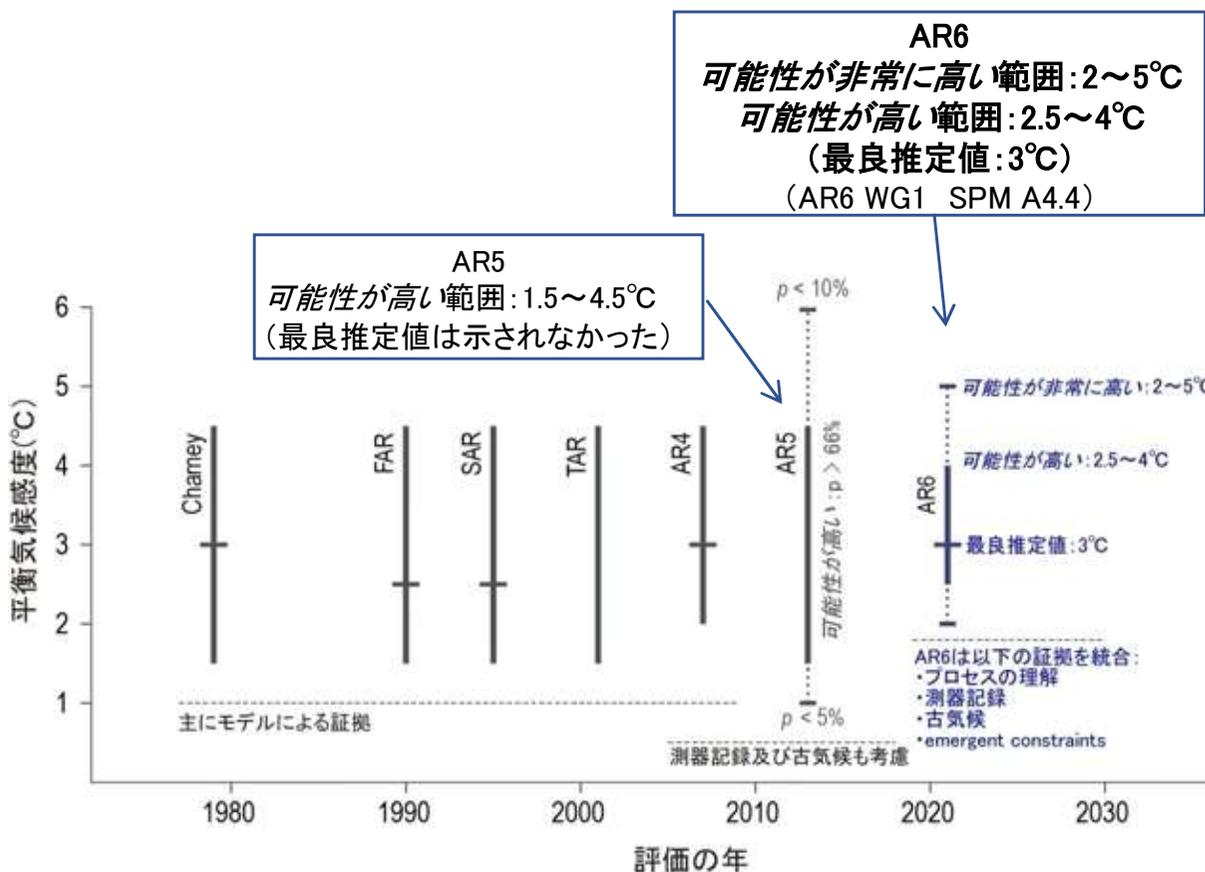


図 平衡気候感度の評価の変遷

出典: AR6 WG1 図TS.16 a) に加筆

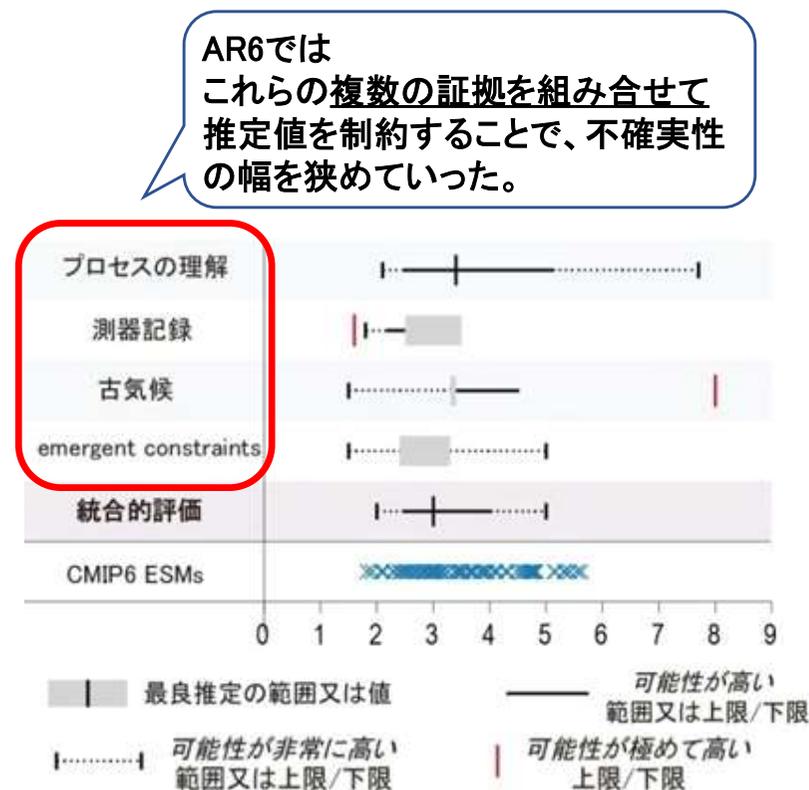


図 平衡気候感度(°C)

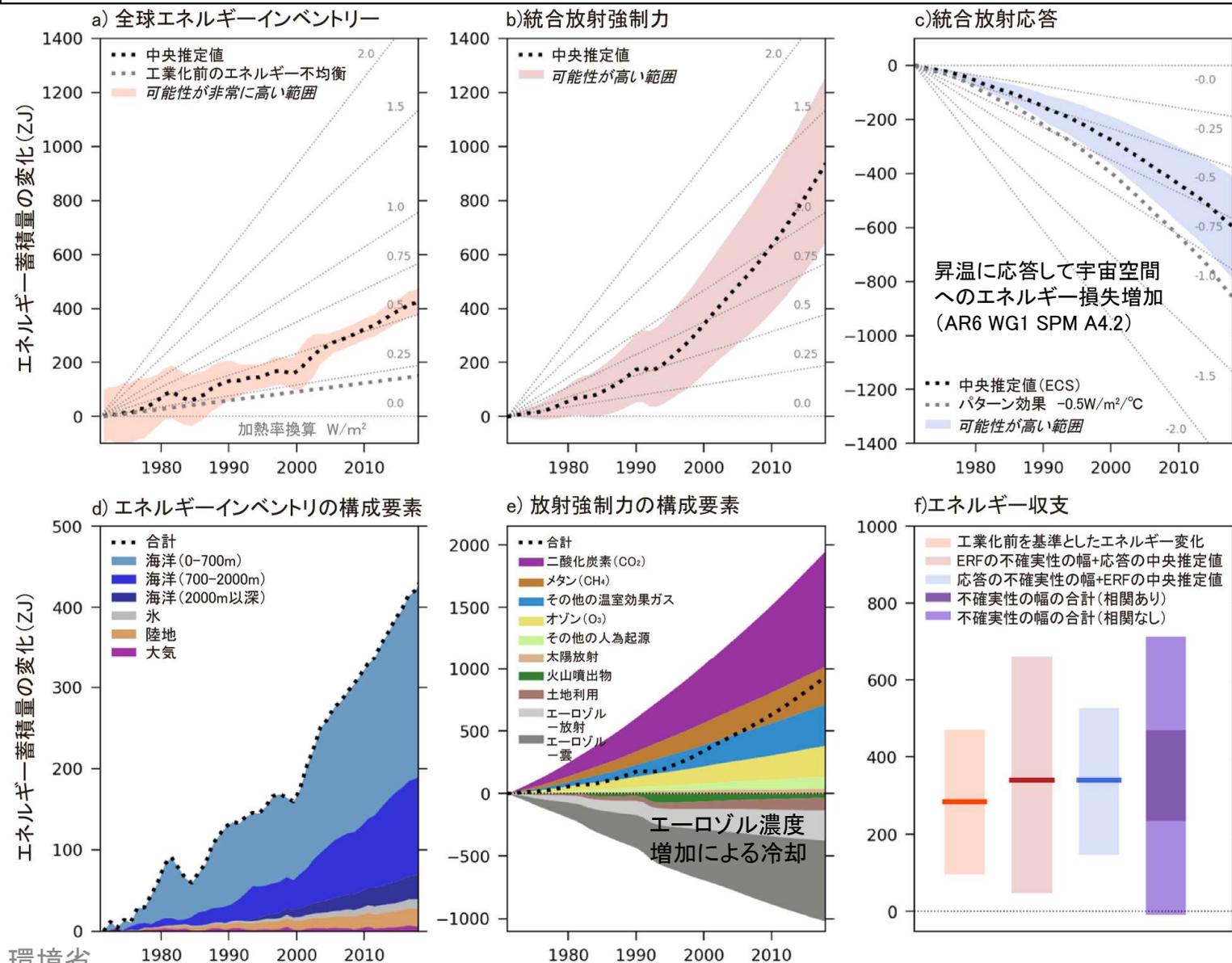
AR6での評価とCMIP6地球システムモデルによるシミュレーション  
出典: AR6 WG1 図TS.16 b) に加筆

**emergent constraint:** 地球システムモデルによるアンサンブルを用いて特定のフィードバック又は将来変化を過去又は現在気候の観測値に関連付け、気候予測の不確実性を低減する試み(AR6 WG1 Glossary)

# 放射強制力増大に対する気候システムの応答の知識が向上

■ 人為的な放射強制力は1750年を基準として2019年に2.72 [1.96~3.48] W/m<sup>2</sup>であり、気候システムを温暖化させている。この昇温は主にGHG濃度の増加に起因し、エアロゾル濃度の増加に起因する降温によって部分的に軽減される。

(AR6 WG1 SPM A.4.1)



■ 人為起源の放射強制力 (1750年を基準)  
**2.72 [1.96-3.48] W/m<sup>2</sup>** (2019年)  
 AR5の評価よりも**0.43 W/m<sup>2</sup> (19%) 増加**  
 0.34 W/m<sup>2</sup>は2011年以降のGHG濃度の増加による。  
 残りは科学的理解の向上とエアロゾル強制力の評価の変更に伴うもので、濃度の減少と計算の改善を含んでいる(確信度が高い)。(AR6 WG1 SPM A.4.1)

■ 観測された気候システムの平均加熱率は増加。(AR6 WG1 SPM A.4.2)

	累積エネルギー増加量 ZJ	平均加熱率 W/m <sup>2</sup>
1971-2006	282 [177-387]	<b>0.50</b> [0.32-0.69]
2006-2018	152 [100-205]	<b>0.79</b> [0.52-1.06]

(AR6 WG1 SPM A.4.2 及び脚注19,20より作成)

■ 海洋の温暖化が気候システムの加熱の91%を占め、陸域の温暖化、氷の減少及び大気の温暖化がそれぞれ5%、3%及び1%を占めていた(確信度が高い)。(AR6 WG1 SPM A.4.2)

■ 気候システムの蓄熱は、陸域の氷の減少と海洋温暖化による熱膨張により、世界平均海面水位の上昇をもたらした。(AR6 WG1 SPM A.4.3)

図 正味の累積エネルギー変化に関連する諸要素の変化  
 エネルギー収支と有効放射強制力の変化を評価

## 第2章 将来ありうる気候

### <評価の概要>

- 世界平均気温は、少なくとも今世紀半ばまで上昇し続け、向こう数十年の間にCO<sub>2</sub>及び他の温室効果ガスの排出が大幅に減少しない限り、21世紀中に1.5℃及び2℃の地球温暖化を超える。
- 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。
- 地球温暖化が続くと、世界の水循環が、その変動性、地球規模のモンスーンに伴う降水量、及び湿潤と乾燥に関する現象の厳しさを含め、更に強まると予測される。
- CO<sub>2</sub>排出が増加するシナリオの下では、海洋と陸域の炭素吸収源が大気中のCO<sub>2</sub>蓄積を減速させる効率が低下すると予測される。
- 過去及び将来の温室効果ガスの排出に起因する多くの変化、特に海洋、氷床、及び世界の海面水位における変化は、数百年から数千年にわたって不可逆的である。

# AR6 WG1における5つの例示的シナリオ

■ 本報告書では、AR5で評価したよりも広い範囲で温室効果ガス(GHG)、土地利用、及び大気汚染物質の将来に対する気候の応答を評価するため、5つの新しい例示的な排出シナリオのセットを一貫して考慮している。この一式のシナリオによって、気候モデルによる気候システムの変化に関する予測を行う。 (AR6 WG1 SPM B.)

二酸化炭素 (GtCO<sub>2</sub>/年)

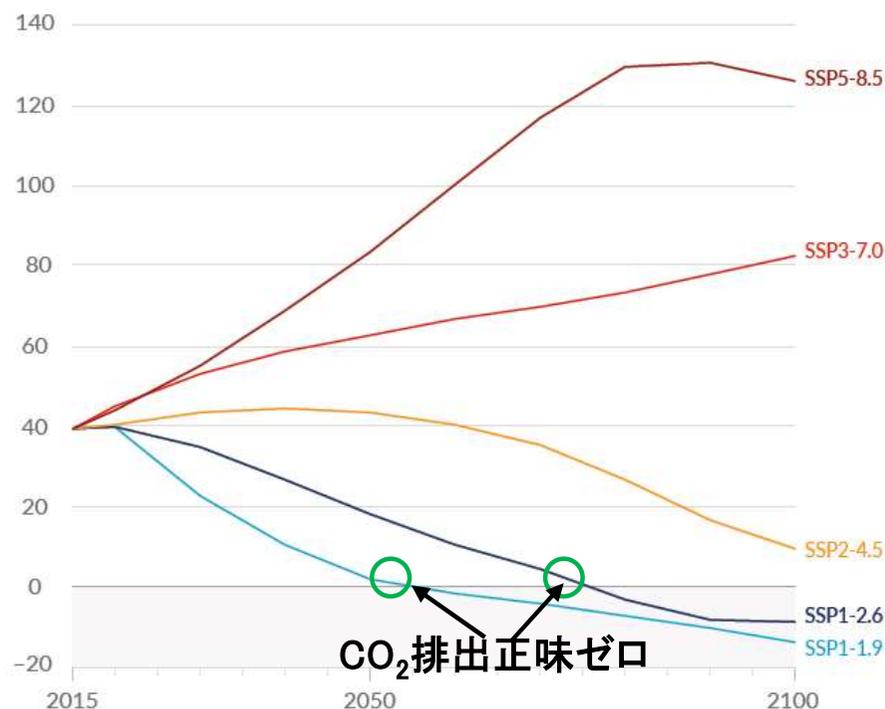
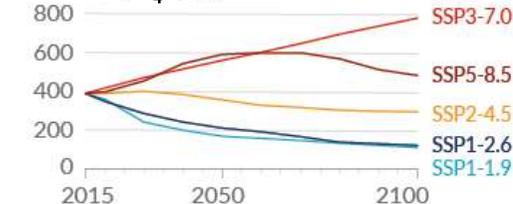


表 AR6 WG1の5つのシナリオの概要

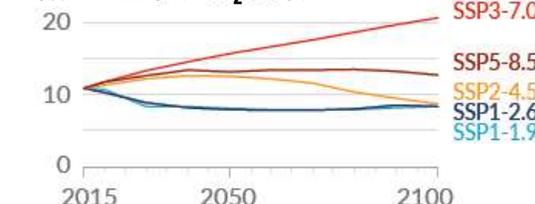
シナリオ	シナリオの概要 [近いRCPシナリオ]
<b>SSP5-8.5</b>	化石燃料依存型の発展の下で気候政策を導入しない。2050年までにCO <sub>2</sub> 排出量が現在の2倍に。[RCP8.5]
<b>SSP3-7.0</b>	地域対立的な発展の下で気候政策を導入しない。エーロゾルなどCO <sub>2</sub> 以外の排出が多い。2100年までにCO <sub>2</sub> 排出量が現在の2倍に。[RCP6.0 とRCP8.5 の間]
<b>SSP2-4.5</b>	中道的な発展の下で気候政策を導入。2030年までの各国の「国が決定する貢献(NDC)」を集計した排出量の上限にほぼ位置する。CO <sub>2</sub> 排出は今世紀半ばまで現在の水準で推移。[RCP4.5(2050年までRCP6.0にも近い)]
<b>SSP1-2.6</b>	持続可能な発展の下で、工業化前を基準とする昇温(中央値)を2°C未満に抑える気候政策を導入。2050年以降にCO <sub>2</sub> 排出正味ゼロ。[RCP2.6]
<b>SSP1-1.9</b>	持続可能な発展の下で、工業化前を基準とする21世紀末までの昇温(中央値)を概ね(わずかに超えることはあるものの)約1.5°C以下に抑える気候政策を導入。2050年頃にCO <sub>2</sub> 排出正味ゼロ。[該当なし]

AR6 WG1 1.6.1.1及びCross-chapter Box1.4表1、Box SPM.1.1より作成

メタン (MtCH<sub>4</sub>/年)



一酸化二窒素 (MtN<sub>2</sub>O/年)



二酸化硫黄 (MtSO<sub>2</sub>/年)

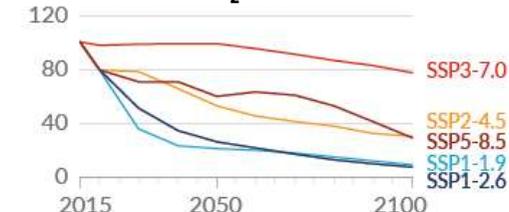
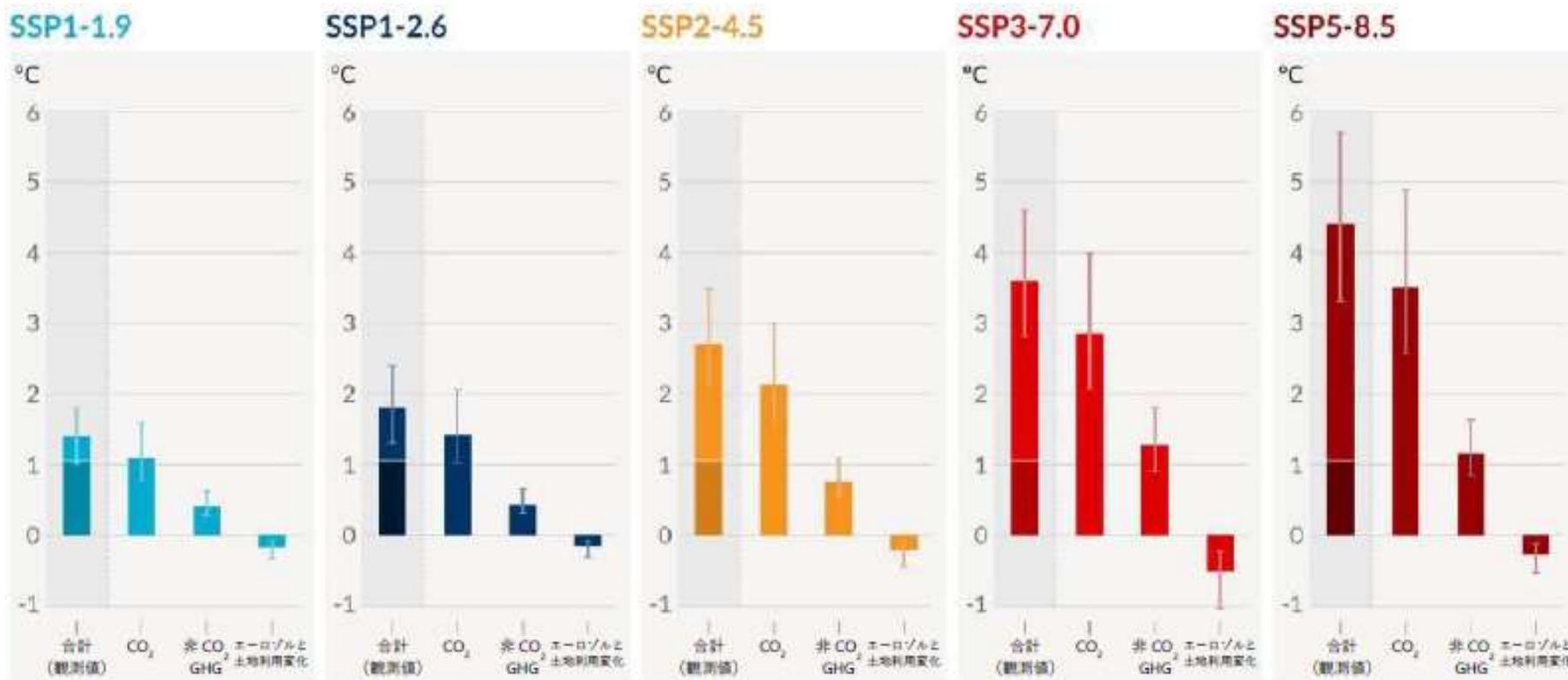


図 5つの例示的シナリオにおけるCO<sub>2</sub>、非CO<sub>2</sub>温室効果ガス(CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O)、大気汚染物質(SO<sub>2</sub>)の将来の年間排出量

出典: AR6 WG1図SPM.4 a)

# AR6 WG1におけるシナリオごとの長期予測

- 将来の排出は将来の追加的な昇温を引き起こし、全昇温量は主に過去及び将来のCO<sub>2</sub>排出量に支配される。(AR6 WG1 図SPM.4)
- 排出量は社会経済的な仮定、気候変動緩和の程度、エアロゾルと非メタンのオゾン前駆物質については大気汚染対策に応じて、シナリオごとに異なる。(AR6 WG1 SPM Box SPM.1.1)



非CO<sub>2</sub>温室効果ガス: CH<sub>4</sub>やN<sub>2</sub>O等。O<sub>3</sub>も含む エアロゾルと土地利用変化: 人為起源要因(人為起源エアロゾル、土地利用と灌漑の変化に伴う反射率の変化、飛行機雲)による冷却

図 様々な排出による世界平均気温上昇への寄与とCO<sub>2</sub>排出の支配的な役割

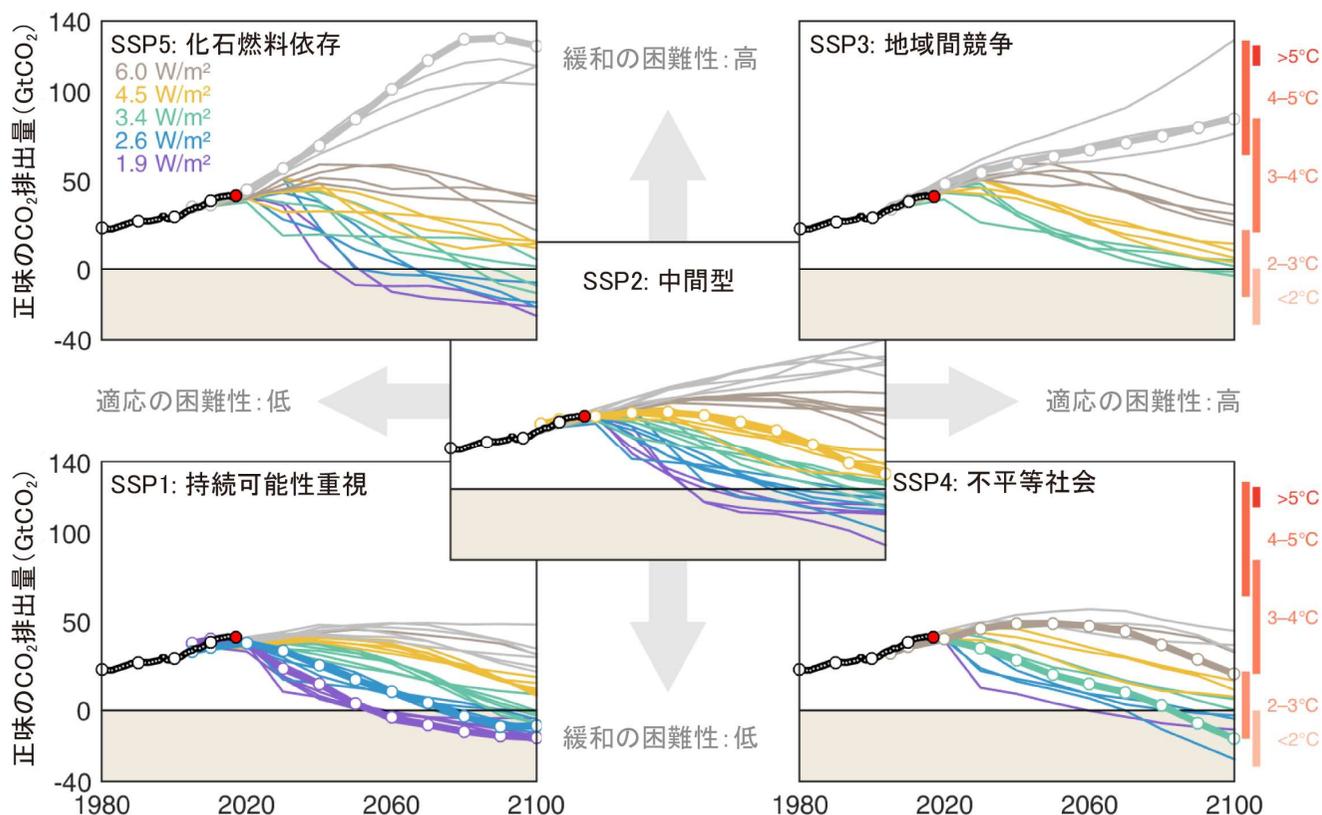
1850~1900 年を基準とした2081~2100年の世界平均気温の変化

シナリオ毎の昇温量の合計と各人為起源要因の寄与の中央値(棒グラフ)と可能性が非常に高い範囲(エラーバー)。

「合計」棒の中の暗い色は、1850~1900年を基準とする2010~2019年に観測された昇温の最良推定値。

# 代表的濃度経路(RCP)と共通社会経済経路(SSP)

- 代表的濃度経路(RCP): AR5で使われたシナリオ。RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5 の4 つがある。数値は2100年頃の放射強制力 ( $W/m^2$ ) を示し、2100年頃のGHG濃度レベルとそこに至る経路が仮定されている。(AR6 WG1 Glossary)
- 共有社会経済経路(SSP): RCPを補完するため開発。21世紀の社会経済の発展傾向を詳細に仮定した叙述的シナリオ。人口、GDP、都市化等の社会経済指標の数値予測も含む。追加的気候対策は仮定しない。(AR6 WG1 1.6.1.1)



Global Carbon Project

図 SSPと緩和目標(放射強制力)の組合せで推定された将来の排出経路  
太線: マーカーシナリオ、各色: 放射強制力、正味排出量は土地利用変化やBECCSを含む。

出典: Global Carbon Budget 2018, Global carbon Project

[https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/archive/2018/GCP\\_CarbonBudget\\_2018.pdf](https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/archive/2018/GCP_CarbonBudget_2018.pdf)

### 共通社会経済経路(SSP)

**SSP1: 持続可能性重視**  
環境の限界を尊重しより包括的な開発。物質的成長を抑え資源/エネルギーの集約度を下げる。

**SSP2: 中間型**  
歴史的なパターンから大きく変化しない。

**SSP3: 地域間競争**  
ナショナリズムの復活により分断された世界。国内/地域問題を重視。消費は物質集約的。

**SSP4: 不平等**  
不平等や格差が拡大する世界

**SSP5: 化石燃料依存**  
急速な技術、経済、社会の発展。資源・エネルギーの大量消費。

### AR6 WG1のシナリオ

RCPは特定の社会経済的発展との関連性を取り除いて設計されているので、RCPの下で得られた気候予測を、様々なSSPを背景に分析できる。

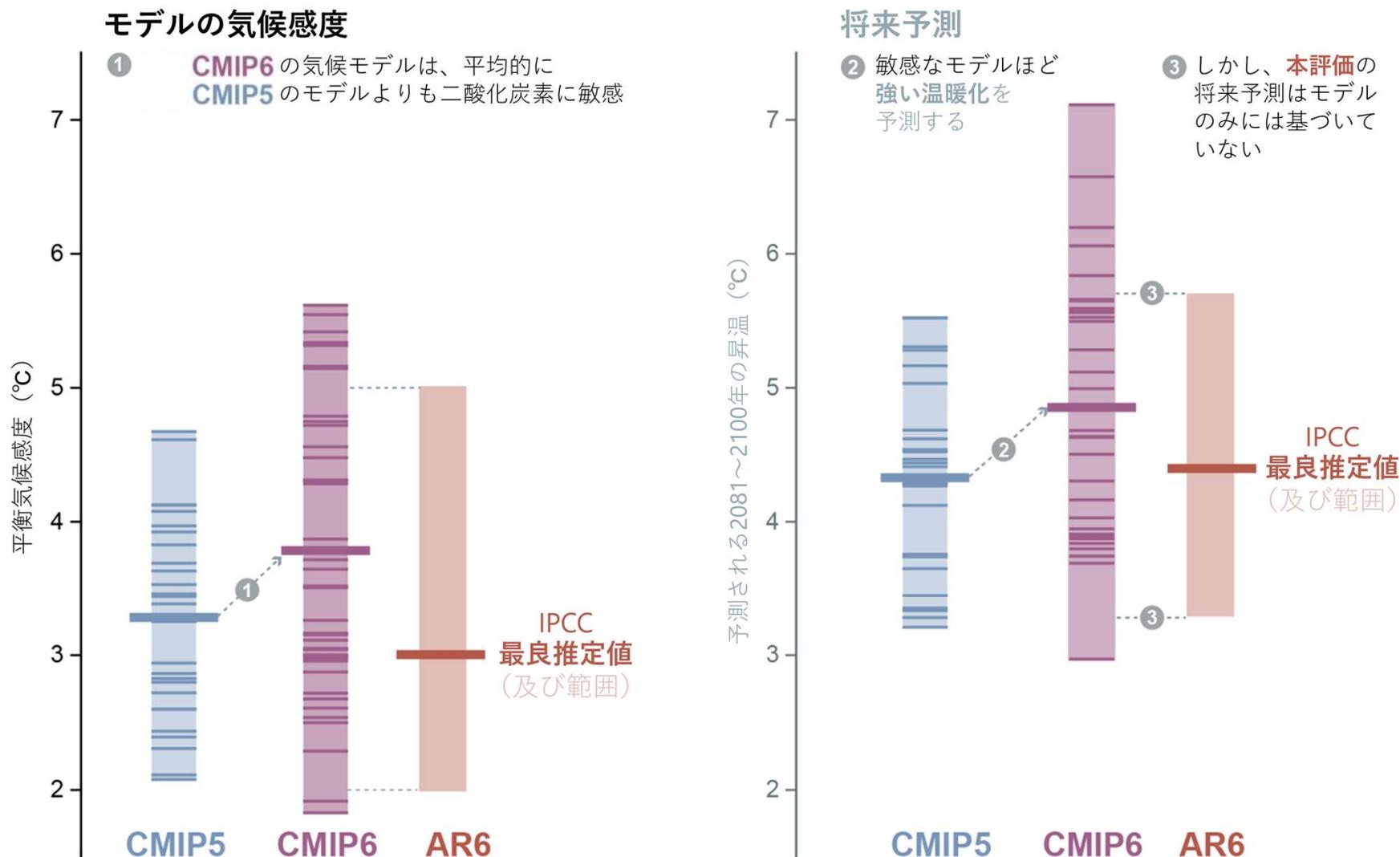
**表記** **SSP<sub>x</sub>-y**

社会経済的傾向を表す **SSPの分類** (x=1~5)

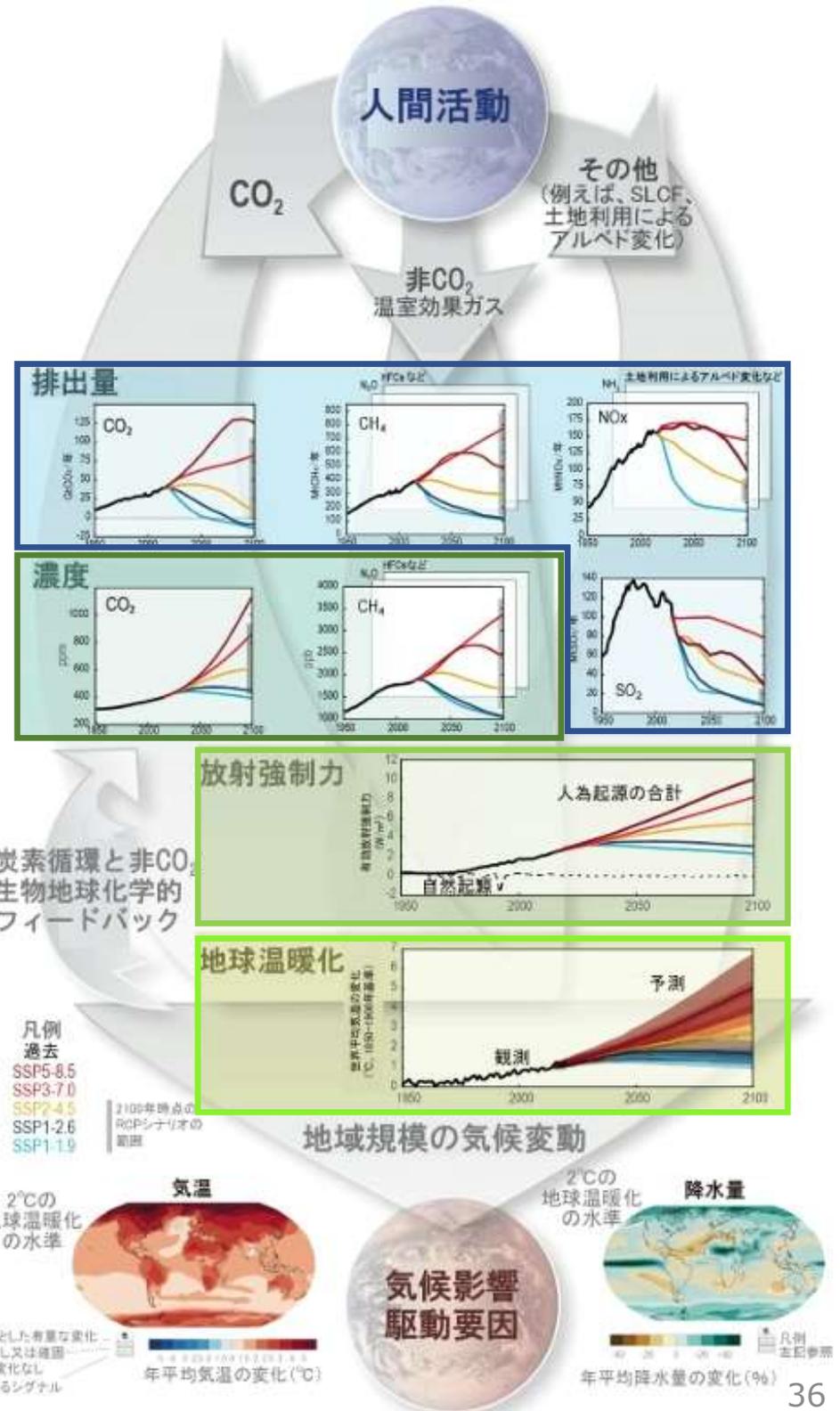
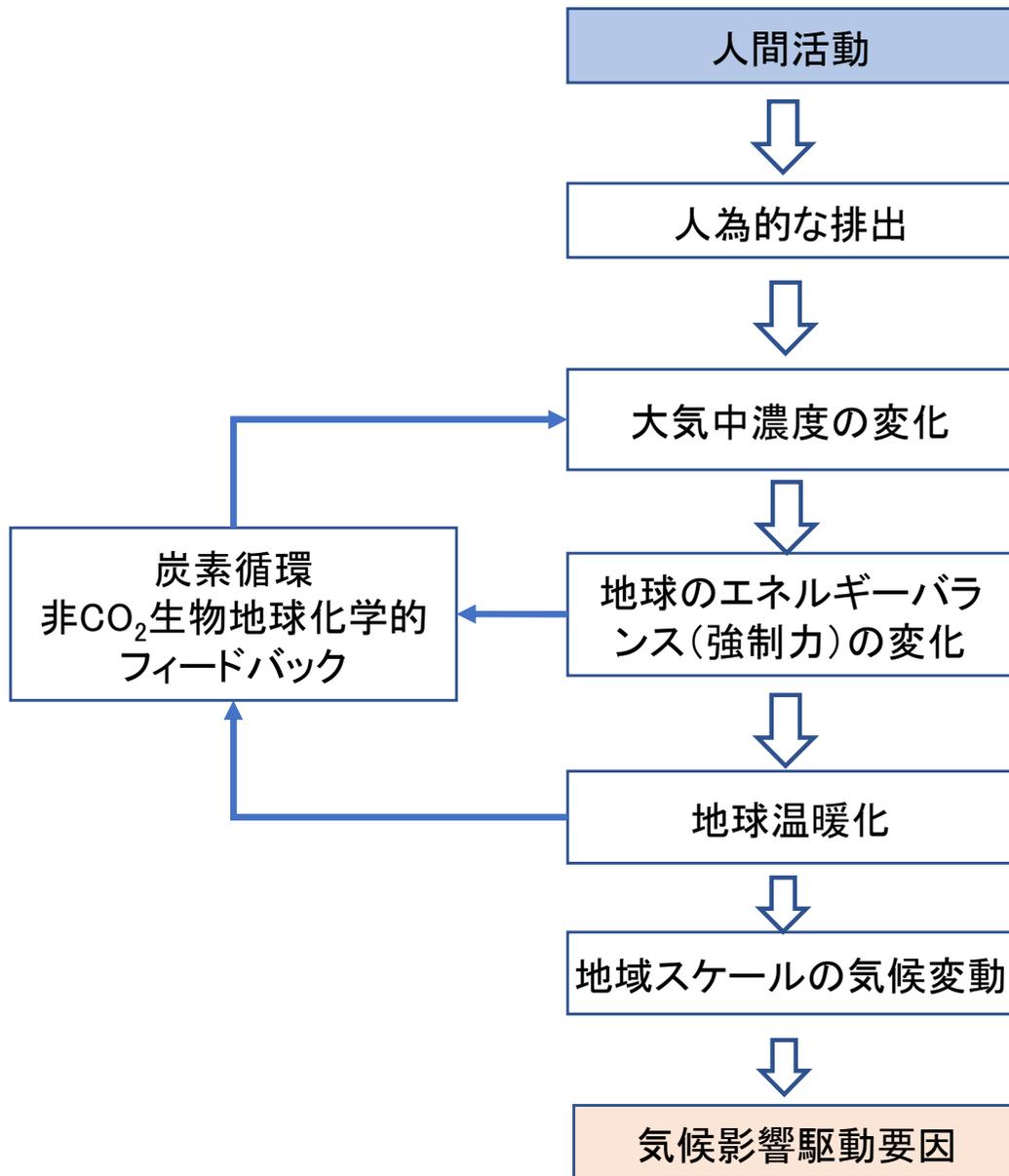
2100年頃のおよその **放射強制力** (単位:  $W/m^2$ )

# (参考) CMIP6モデルの気候感度の範囲は広く平均値も大きい

- AR6 WG1で考慮されたCMIP6モデルの気候感度の範囲は、CMIP5モデルの範囲やAR6が複数系統の証拠に基づいて可能性が非常に高いと評価した範囲よりも広い。また、これらのCMIP6モデルはCMIP5やAR6が評価した最良推定値よりも大きな平均気候感度を示す。CMIP5と比べてCMIP6の気候感度の値が大きいことは、CMIP6において約20%大きい、増幅する雲フィードバックに起因しうる。  
(AR6 WG1 Box SPM.1.3)



# 気候変動の因果の連鎖



# 温暖化を抑えるには直近数十年間で大幅な排出削減が必要

- 世界平均気温は、考慮された全ての排出シナリオの下で、少なくとも今世紀半ばまで上昇し続ける。
  - 向こう数十年の間にCO<sub>2</sub>及び他の温室効果ガスの排出が大幅に減少しない限り、21世紀中に1.5°C及び2°Cの地球温暖化を超える。
- (AR6 WG1 SPM B.1)

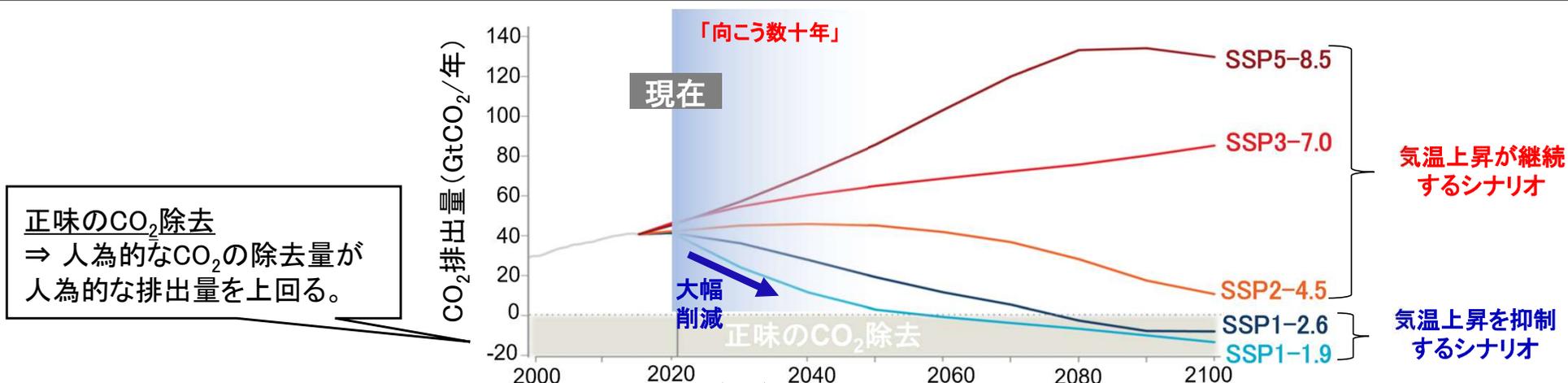


図 CO<sub>2</sub>の排出シナリオ

出典: AR6 WG1 Infographics TS.1より抜粋

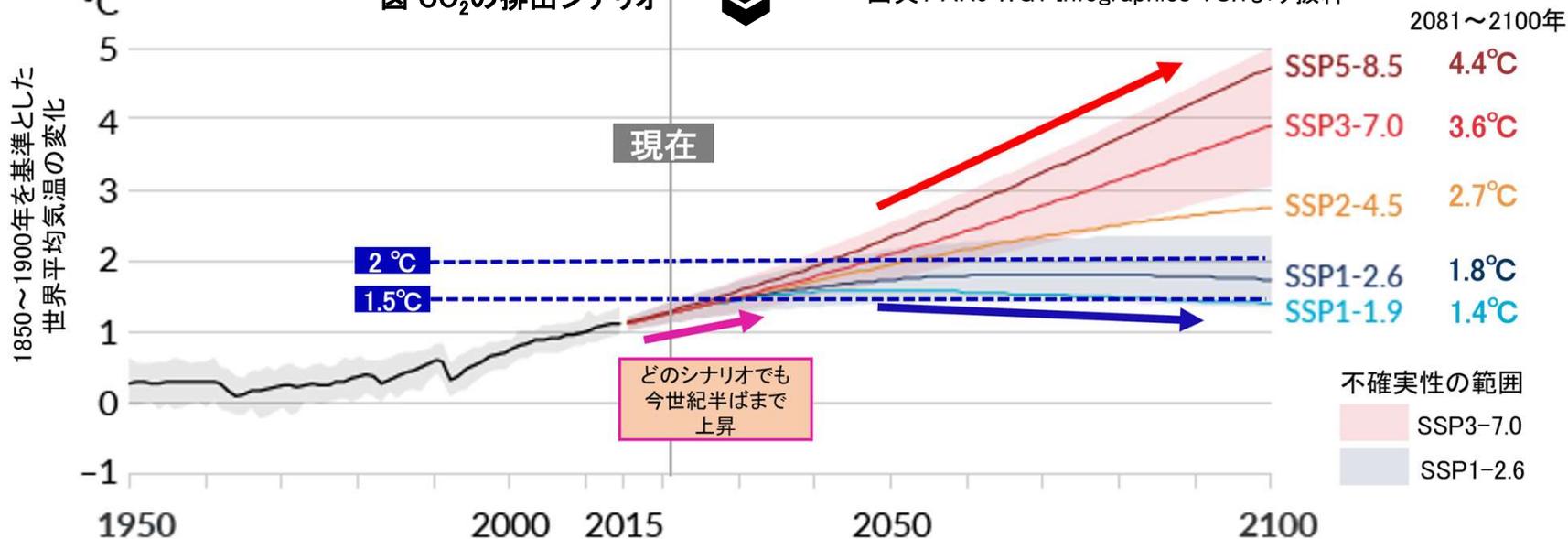


図 1850~1900 年を基準とした世界平均気温の変化

出典: AR6 WG1 図 SPM.4(a)に加筆

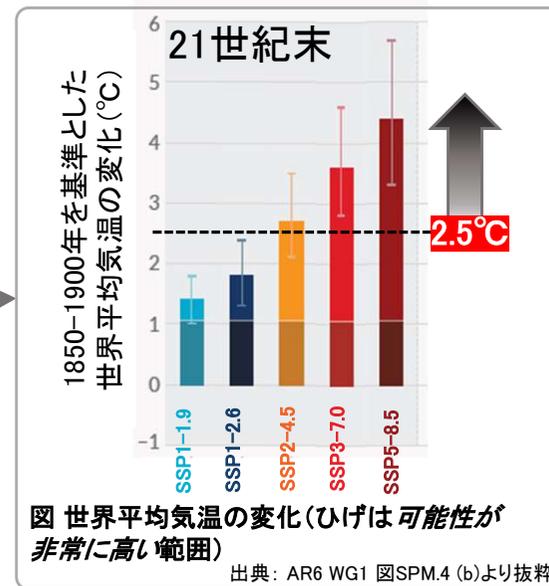
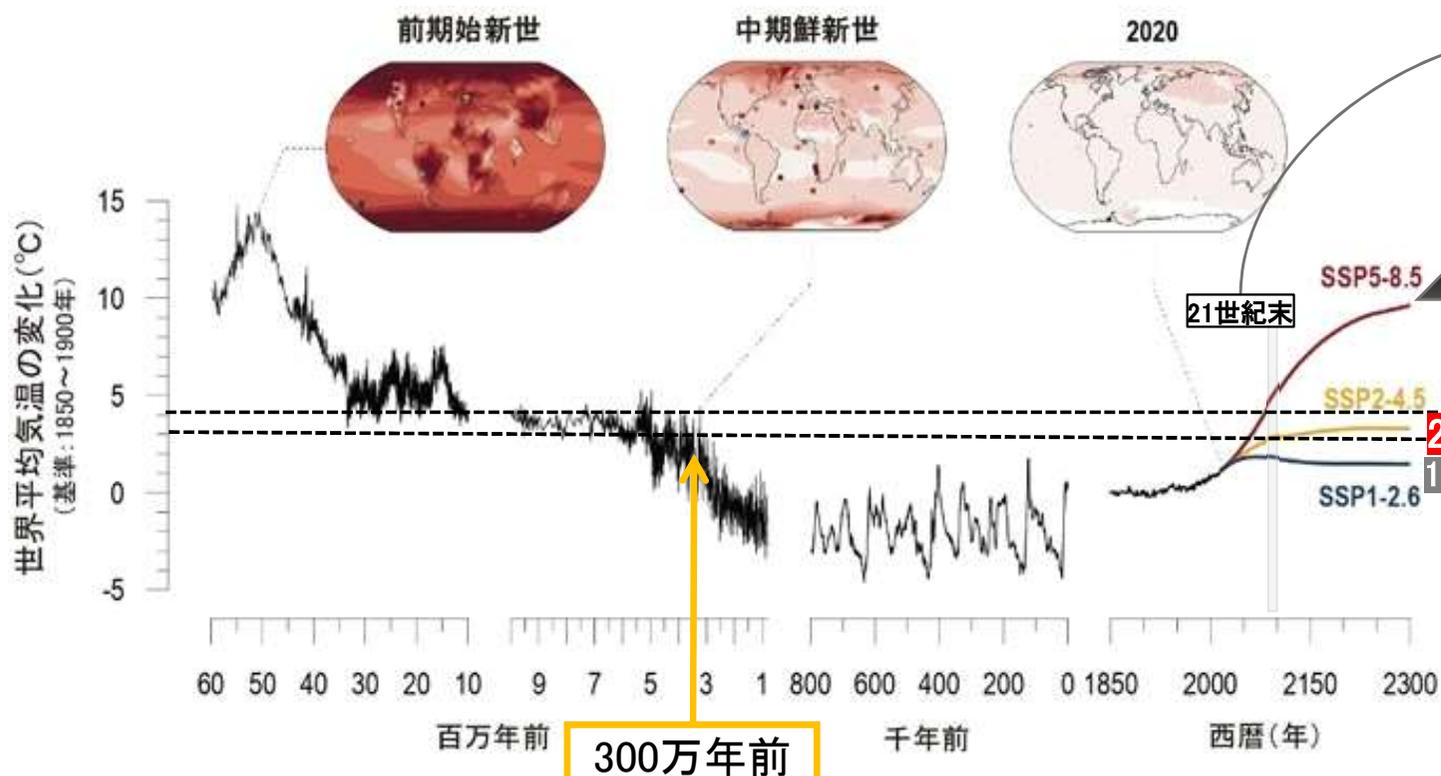
# 過去300万年以上前例のない領域に到達する可能性

- 2081～2100年の世界平均気温は1850～1900年と比べて、本報告書で考慮されたGHG排出が非常に少ないシナリオ (SSP1-1.9) の下で1.0～1.8℃、GHG排出が中程度のシナリオ (SSP2-4.5) において2.1～3.5℃、GHG排出が非常に多いシナリオ (SSP5-8.5) の下で3.3～5.7℃高くなる**可能性が非常に高い\***。  
(AR6 WG1 SPM B.1.1)

\*特に明記しない限り、世界平均気温の変化は20年移動平均により報告される。(AR6 WG1 SPM 脚注24)

- 1850～1900年を基準とした世界平均気温が2.5℃以上高い水準で持続していた最後の時代は、300万年以上前である(確信度が中程度)。  
(AR6 WG1 SPM B.1.1)

6000万年前から2300年までの世界平均気温の変化



# 温暖化を1.5°Cに抑える可能性のあるシナリオ

■ GHG排出が非常に少ないシナリオ (SSP1-1.9) においては、世界平均気温が、1.5°Cの地球温暖化を0.1°Cより超えない一時的なオーバーシュートを伴って、21世紀末にかけて1.5°C未満に戻るよう低下するであろうことはどちらかと言えば可能性が高い。

(AR6 WG1 SPM B.1.3)

表. 選択された20年間の世界平均気温の変化(1850~1900年に対する変化)

出典: AR6 WG1 表SPM.1

シナリオ	短期、2021~2040年		中期、2041~2060年		長期、2081~2100年	
	最良推定値 (°C)	可能性が非常に高い範囲 (°C)	最良推定値 (°C)	可能性が非常に高い範囲 (°C)	最良推定値 (°C)	可能性が非常に高い範囲 (°C)
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

21世紀末に1.5°C未満  
SSP1-1.9: どちらかと言えば可能性が高い

2021~2040年に1.5°Cに到達する:  
SSP1-1.9: どちらかと言えば可能性が高い

2021~2040年に1.5°Cを超える:  
SSP1-2.6: どちらかと言えば可能性が高い  
SSP2-4.5とSSP3-7.0: 可能性が高い  
SSP5-8.5: 可能性が非常に高い

SSP2-4.5/SSP3-7.0/SSP5-8.5  
21世紀中に1.5°Cを超えるだろう

SSP1-1.9では、1.5°Cの地球温暖化を0.1°Cより超えない一時的なオーバーシュートを伴いながら、21世紀末にかけて1.5°C未満に戻るよう低下するだろうことは、どちらかと言えば可能性が高い。

注: ここで、「超える」(crossing)とは、世界平均気温(20年平均)の評価された変化が特定の地球温暖化の水準を超えることとして定義。

(AR6 WG1 SPM 脚注26)

# 中程度の排出量でも2℃を超える可能性が高い

- 複数システムの証拠に基づく評価によると、本報告書で考慮されたGHG排出が多い及び非常に多いシナリオ(それぞれSSP3-7.0、SSP5-8.5)の下では、1850～1900年を基準とした地球温暖化は21世紀中に2℃を超えるだろう。GHG排出が中程度のシナリオ(SSP2-4.5)では、地球温暖化が2℃を超える可能性が極めて高いだろう。
- GHG排出が非常に少ない及び少ないシナリオの下では、地球温暖化が2℃を超える可能性が極めて低い(SSP1-1.9)又は可能性が低い(SSP1-2.6)\*。

(AR6 WG1 SPM B.1.2)

表 選択された20年間の世界平均気温の変化(1850～1900年に対する変化) 出典: AR6 WG1 表SPM.1

シナリオ	短期、2021～2040年		中期、2041～2060年		長期、2081～2100年	
	最良推定値(℃)	可能性が非常に高い範囲(℃)	最良推定値(℃)	可能性が非常に高い範囲(℃)	最良推定値(℃)	可能性が非常に高い範囲(℃)
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

\* SSP1-1.9とSSP1-2.6はそれぞれ、2015年を起点とする、GHG排出が非常に少ない及び少ないシナリオであり、CO<sub>2</sub>排出は、2050年頃又はそれ以降に正味ゼロとなった後、異なる水準で正味負のCO<sub>2</sub>排出となる。(AR6 WG1 SPM 脚注25)

21世紀中に2℃を超える:  
 SSP1-1.9: 可能性が極めて低い  
 SSP1-2.6: 可能性が低い

2041～2060年に2℃を超える:  
 SSP2-4.5: どちらかと言えば可能性が高い  
 SSP3-7.0: 可能性が高い  
 SSP5-8.5: 可能性が非常に高い

SSP3-7.0/SSP5-8.5:  
 21世紀中に2℃を超えるだろう

21世紀中に2℃を超える  
 SSP2-4.5: 可能性が極めて高い

注:ここで、「超える」(crossing)とは、世界平均気温(20年平均)の評価された変化が特定の地球温暖化の水準を超えることとして定義。(AR6 WG1 SPM 脚注26)

# 1.5°Cを超える時期：AR6 WG1とSR1.5の評価

## AR6 WG1の評価手法

世界平均気温の将来予測の精緻化：

- ✓ 放射強制力に対する将来の世界平均気温の応答の評価に**複数の証拠**が加わった
- ✓ 過去の温暖化の推定値の改善 等

世界平均気温の平均値が1.5°Cを超える最初の20年間をシナリオ毎に評価

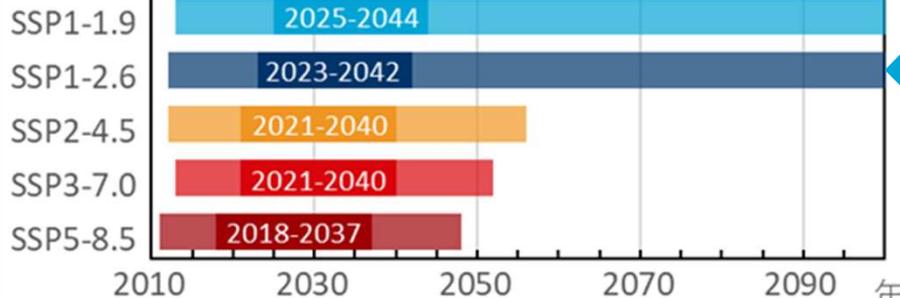
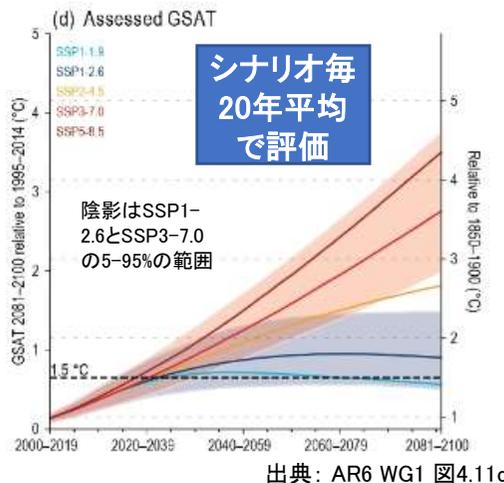


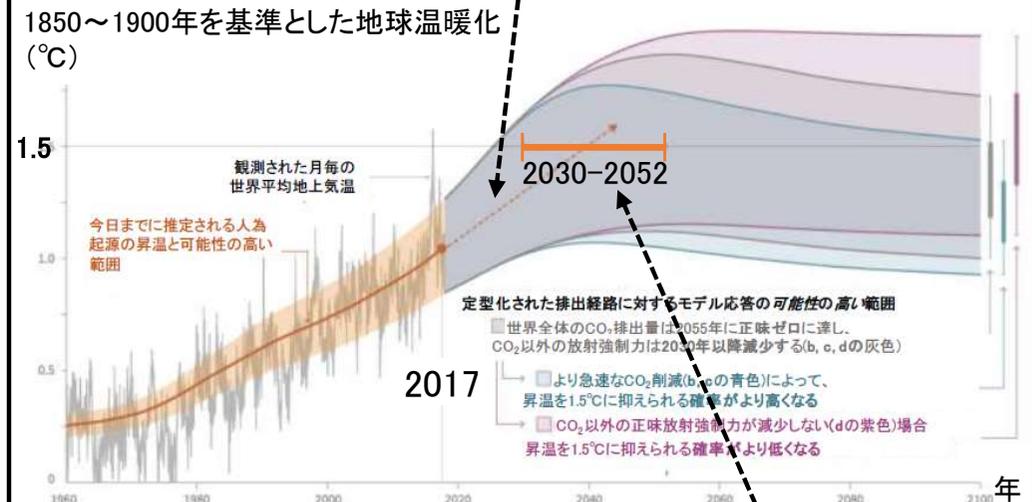
図 AR6のシナリオで1.5°Cを超える時期（1850年～1900年を基準とした世界平均気温の平均値が1.5°Cを超える最初の20年間）。棒は5-95%幅を、濃い色の部分と数字は20年間の中央推定値を示す。右端まで伸びた棒は、不確実性の範囲に2100年までに1.5°Cを超えない結果が含まれていることを意味する。

出典：AR6 WG1 Cross-Section Box TS.1 表1より作成

評価手法が大きく異なる

## SR1.5の評価手法

近年の上昇率の単純な線形外挿をもとに1.5°Cの超過時期を評価



現在の速度で昇温が続いた場合、**2030年から2052年の間に1.5°Cに達する可能性が高い。**（AR6 SR1.5 SPM A.1.）

これら2つの結果を直接的に比較することはできないが、SR1.5の評価で線形外挿の代わりにSSP1-1.9と似たシナリオを考察する場合\*には、1.5°Cを初めに超える時期の推定値はAR6 WG1の最良推定値と近い値になる。

（AR6 WG1 SPM 脚注27）

\*SR1.5 第2章 SM.12 表2 参照

# 世界平均気温は自然変動の影響も受けながら変化する

■ 世界平均気温はどの単年においても、相当程度\*の自然変動により、人為起源の長期変化傾向を上回るか下回るように変動しうる。

(AR6 WG1 SPM B.1.4)

\* 自然変動とは、人間の影響なしに発生する気候的な変動、すなわち内部変動と外的な自然要因(例えば火山噴火や太陽活動の変化、より長い時間スケールでは惑星の軌道効果やプレートテクトニクスなど)に対する応答を組み合わせたものを指す。(本資料68頁も参照)

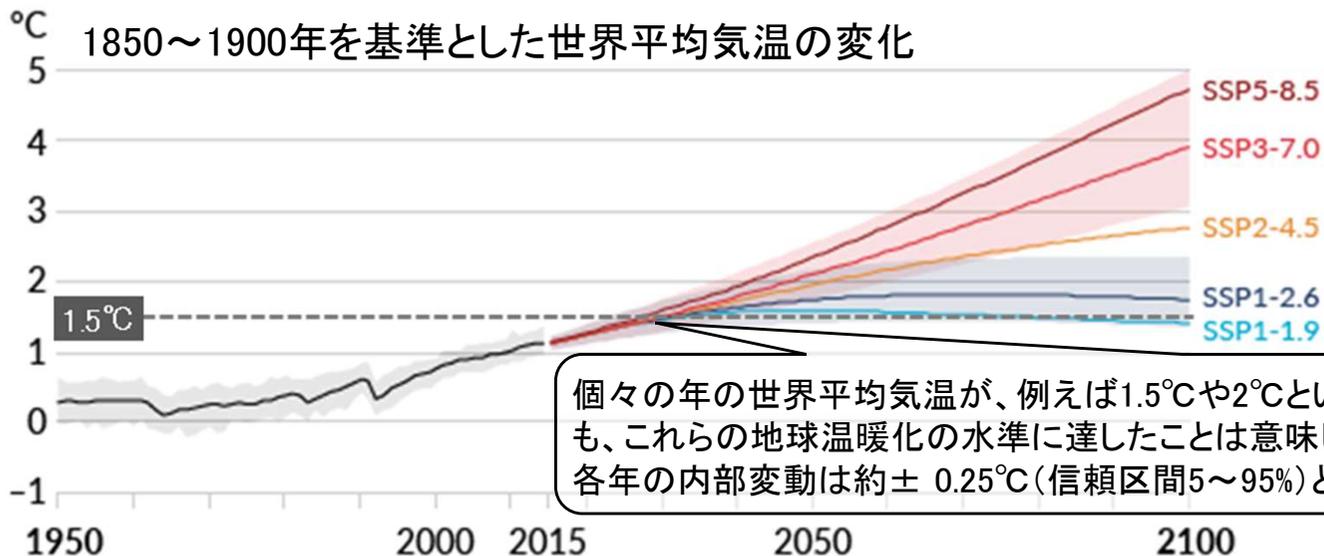


図 世界平均気温の変化(5つのシナリオ下での将来(2015~2100年)予測。20年平均期間に基づいた値を示しているため、内部変動の寄与は小さい。

出典: AR6 WG1 図 SPM.8(a)

個々の年の世界平均気温が、例えば1.5°Cや2°Cといった特定の水準を超えて変化することがあっても、これらの地球温暖化の水準に達したことは意味しない。  
各年の内部変動は約± 0.25°C(信頼区間5~95%)と推定される(確信度が高い) (AR6 WG1 SPM B.1.4)

【参考】自然変動と人為起源の変化の合計が観測される。

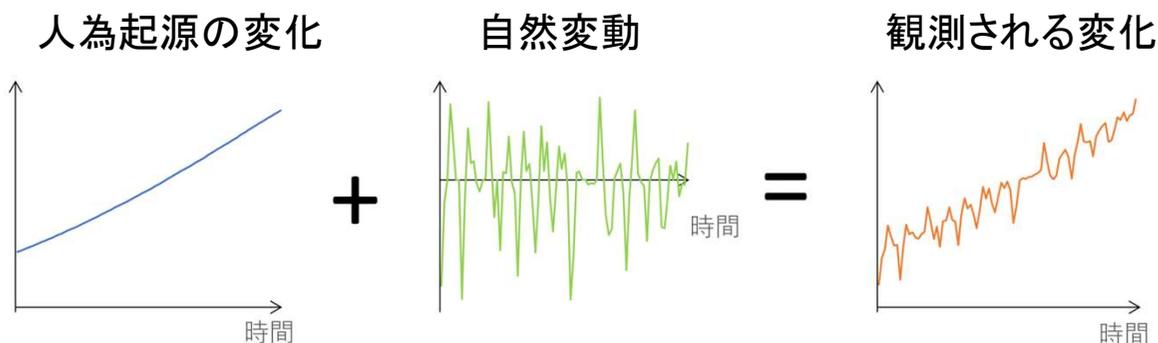
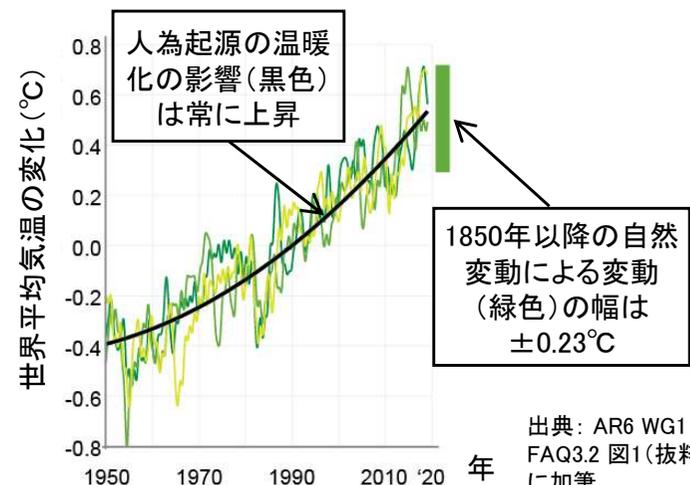


図 人為起源の変化と自然変動、観測される変化の関係を示す概念図



出典: AR6 WG1 FAQ3.2 図1(抜粋)に加筆

図 世界平均気温偏差(気候モデルによるシミュレーション)

# 温暖化の進行に伴って気候システムの変化が拡大

■ 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。これらには、極端な高温、海洋熱波、大雨、及びいくつかの地域における農業及び生態学的干ばつの頻度と強度の増加、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が含まれる。  
(AR6 WG1 SPM B.2)

- 地球温暖化が更に進行するにつれて、極端現象の変化は拡大し続ける。例えば、地球温暖化が0.5°C進行するごとに、熱波を含む極端な高温(可能性が非常に高い)、大雨(確信度が高い)、並びにいくつかの地域における農業及び生態学的干ばつ(確信度が高い)の強度と頻度に、明瞭に識別できる増加を引き起こす。
- 一部の極端現象の発生は、地球温暖化の進行に伴い、1.5°Cの地球温暖化でさえも、観測史上例のないほどに増加する。  
(AR6 WG1 SPM B.2.2)

地球温暖化の進行に直接関係して、気候システムの変化が拡大

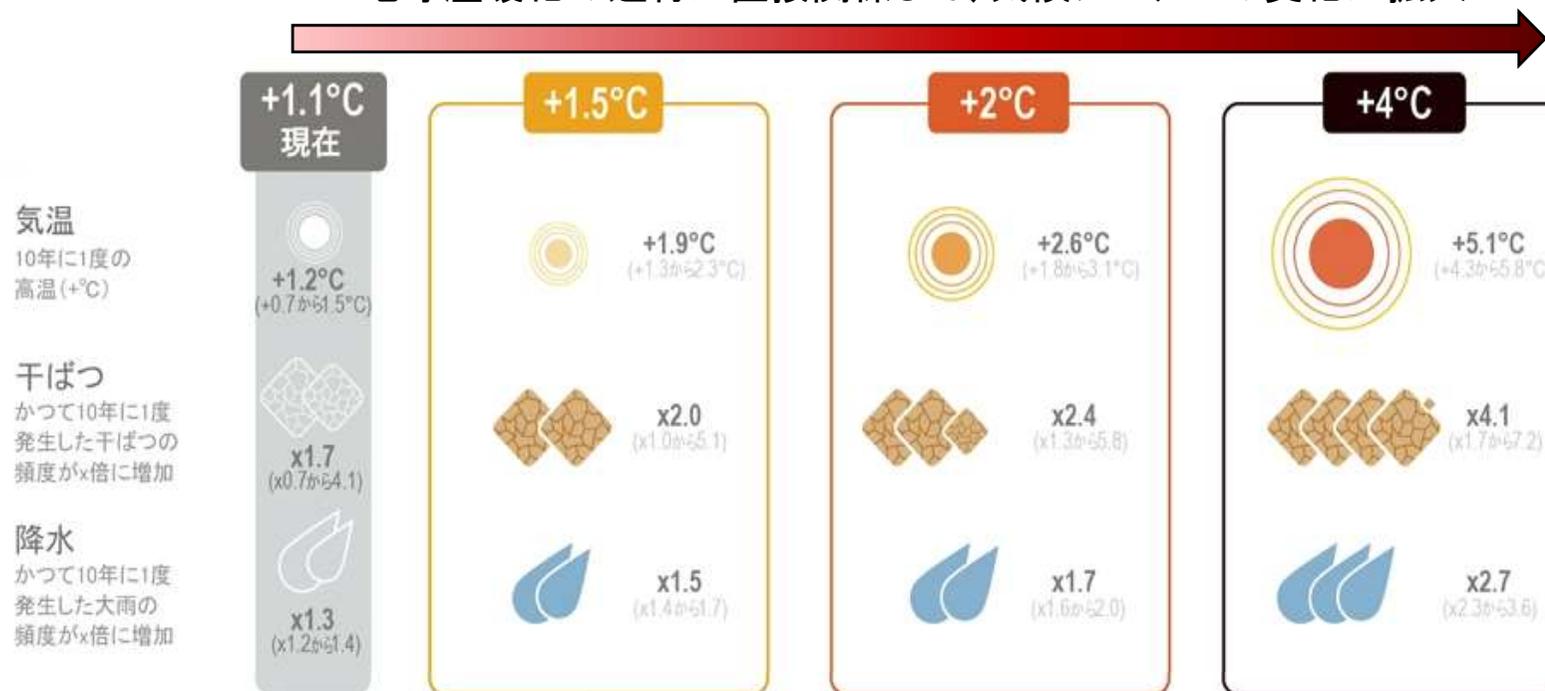


図 1850～1900年を基準とした気候システムの応答

# 温暖化に伴って熱波の強度と頻度が明瞭に増加する

■地球温暖化が更に進行するにつれて、極端現象の変化は拡大し続ける。例えば、地球温暖化が0.5℃進行するごとに、熱波を含む極端な高温の強度と頻度に、明瞭に識別できる増加を引き起こす(可能性が非常に高い)。(AR6 WG1 SPM.B.2.2)

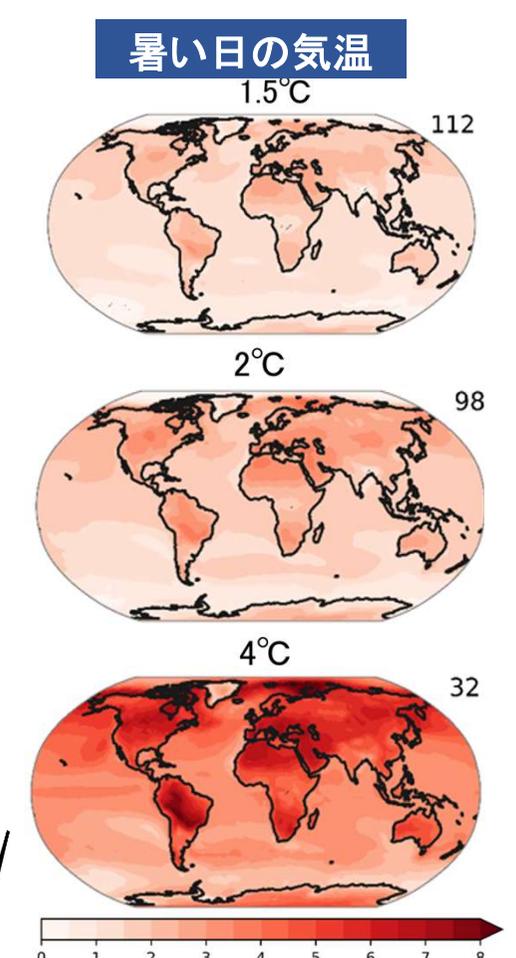
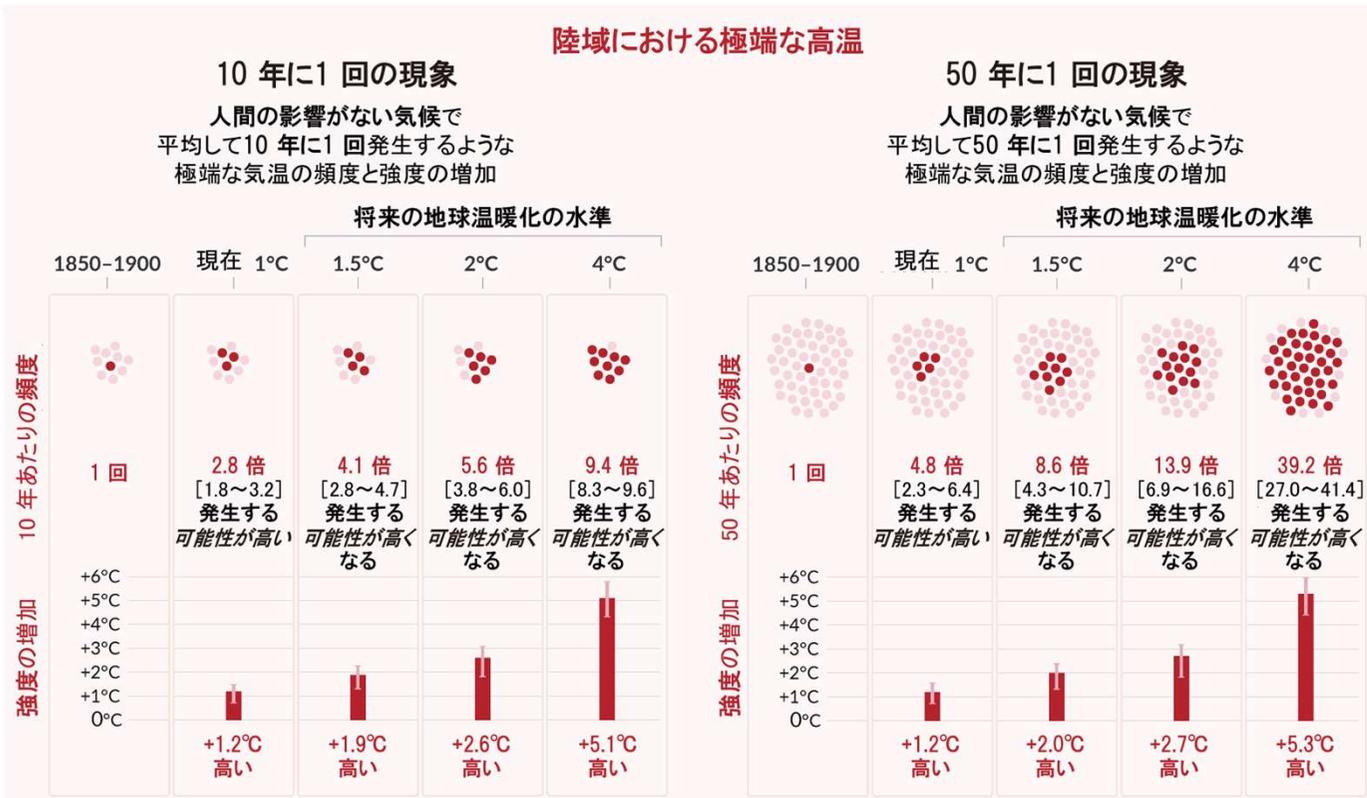


図 陸域における極端な高温の予測される変化。極端な高温は、1850～1900年で平均して10年に1回又は50年に1回を超えるような陸域における日最高気温と定義する。 出典：AR6 WG1 図SPM.6より抜粋

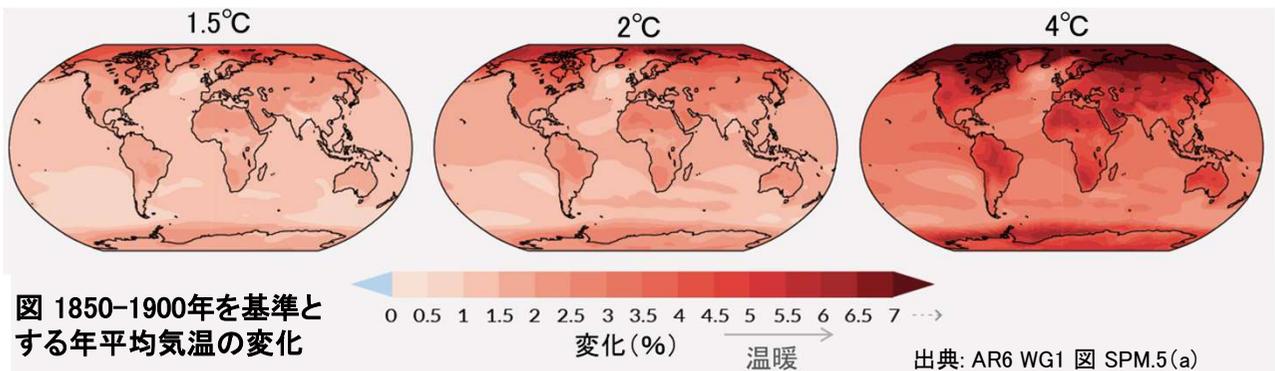
最も暑い日々の上昇は、一部の中緯度半乾燥地域及び南米モンスーン地域において最も大きくなると予測され、その速度は世界全体の温暖化の約1.5～2倍になる(確信度が高い)。(AR6 WG1 SPM B2.3)

図 1850-1900年を基準とした年間最高気温の変化

出典：AR6 WG1 図11.11 (a)-(c)

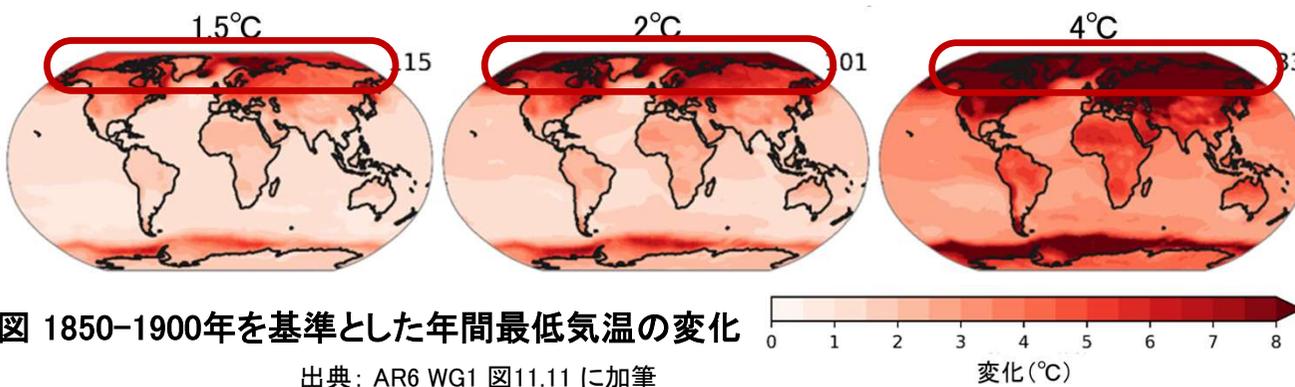
# 気温の上昇が特に顕著に進む地域がある

- 陸面で海面よりも大幅な温暖化(可能性が高い範囲は1.4~1.7倍)が続くことは、**ほぼ確実**である。(AR6 WG1 SPM B.2.1)



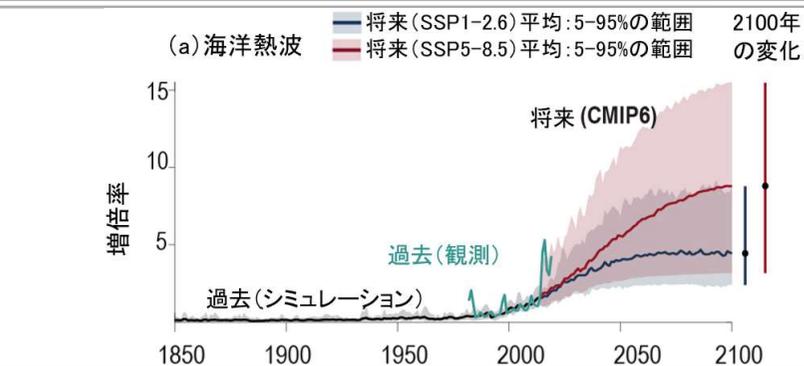
## 年平均気温

- ✓ 陸面は海面よりも大幅な温暖化(可能性が高い範囲は1.4~1.7倍)。
- ✓ 北極域の温暖化の速度が世界全体の温暖化の速度の2倍よりも大きいことについては**確信度が高い**。(AR6 WG1 SPM B.2.1)



## 寒い日の気温

- ✓ 最も寒い日々の気温の上昇は北極域において最も大きくなると予測され、その速度は世界全体の温暖化の約3倍になる(**確信度が高い**)。(AR6 WG1 SPM B.2.3)



## 海洋熱波

- ✓ 頻度が増加し続ける(**確信度が高い**)。
- ✓ 特に熱帯と北極域で顕著に増加(**確信度が中程度**)。(AR6 WG1 SPM B.2.3)

図 1995-2014年を基準とした、表層の海洋熱波の日数の増倍率の変化 (1995-2014年の表面海水温分布の99パーセンタイルを超える日として定義)。  
出典: AR6 WG1 図TS.11(a)に加筆

# 温暖化に伴って干ばつの頻度と強度が増加する

■ 地球温暖化が0.5°C進行するごとに、いくつかの地域における農業及び生態学的干ばつの強度と頻度に、明瞭に識別できる増加を引き起こす(確信度が高い)

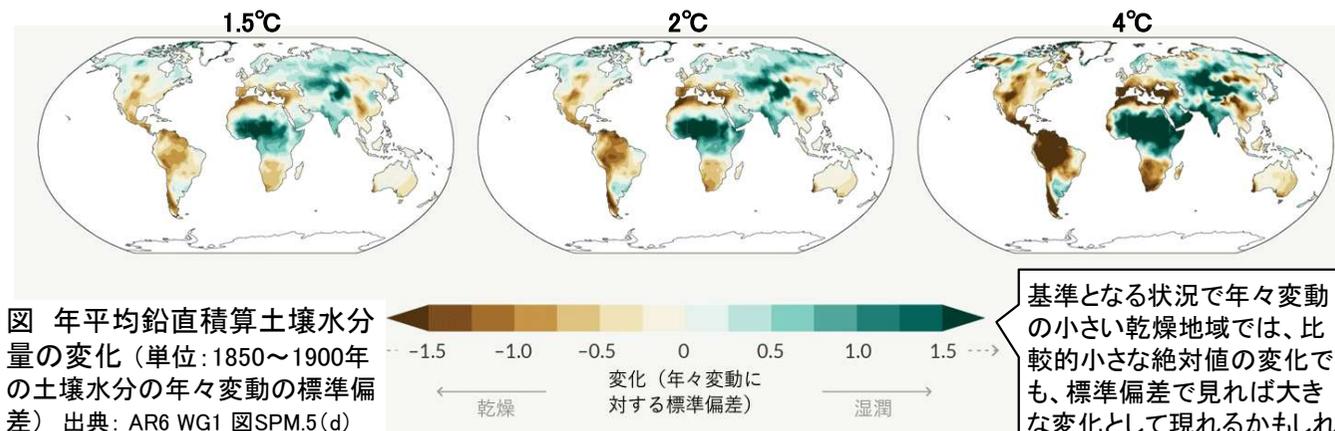
(AR6 WG1 SPM B.2.2)

地球温暖化の進行に伴って  
降水量・蒸発散量が変化

土壌水分量の変化:一部の地域  
で土壌の乾燥化が進行



乾燥化地域で農業及び生態学的干ばつ  
の強度と頻度が増加



基準となる状況で年々変動の小さい乾燥地域では、比較的小さな絶対値の変化でも、標準偏差で見れば大きな変化として現れるかもしれない。

1標準偏差分の減少は、1850~1900年の間に約6年に1回発生した典型的な干ばつ時の土壌水分の状況に相当

農業及び生態学干ばつ以外の干ばつの変化予測:

- 気象干ばつ(降水量の欠乏):地球温暖化が0.5°C進行するごとに、一部地域で強度と頻度に識別可能な変化がみられ、減少よりも増加を示す地域が多い(確信度が中程度)。
- 水文干ばつ(河川流量の欠乏):頻度と強度の増加は、一部地域では地球温暖化の進行に伴い大きくなる(確信度が中程度)。(AR6 WG1 SPM B.2.2)

## 乾燥化地域における農業及び生態学的干ばつ

### 10年に1回の現象

人間の影響がない気候で乾燥化地域において平均して10年に1回発生するような農業及び生態学的干ばつの頻度と強度の増加

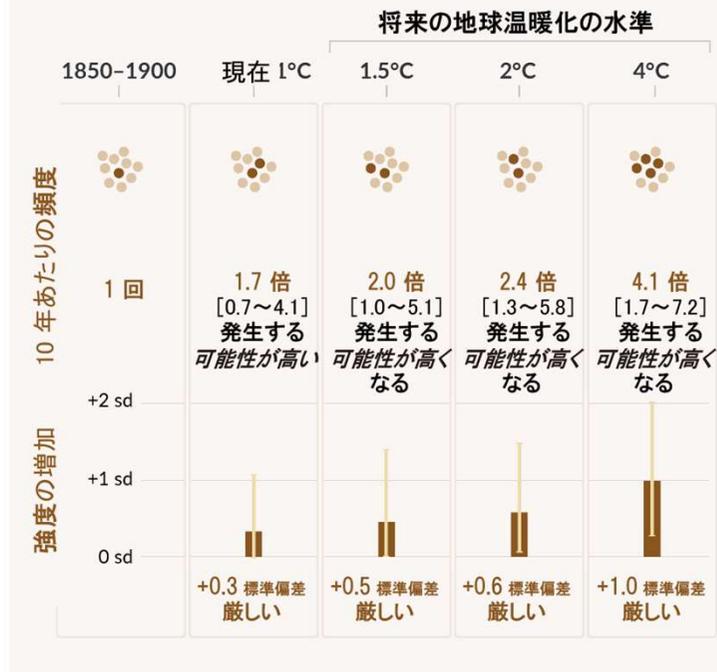


図 乾燥化地域における農業及び生態学的干ばつ(1850~1900年の10パーセンタイルを下回る年平均鉛直積算土壌水分量として定義)の予測される変化

出典:AR6 WG1 図SPM.6(抜粋)

### 用語解説

**農業及び生態学的干ばつ**(影響を受ける生物群による):土壌水分量が異常に欠乏する期間で、一般に降水の不足と蒸発散量の過剰が組み合わされた結果として生じ、生育期間には穀物生産と生態系の機能に悪影響を与える。**気象干ばつ**(降水量の欠乏)と**水文干ばつ**(河川流量の欠乏)に観測された変化は、農業及び生態学的干ばつの変化とは別である。(AR6 WG1 SPM 脚注16)

# 温暖化に伴って大雨の強度と頻度が明瞭に増加する

■ 地球温暖化が0.5°C進行するごとに、大雨の強度と頻度に、明瞭に識別できる増加を引き起こす(確信度が高い)。(AR6 WG1 SPM B..2.2)

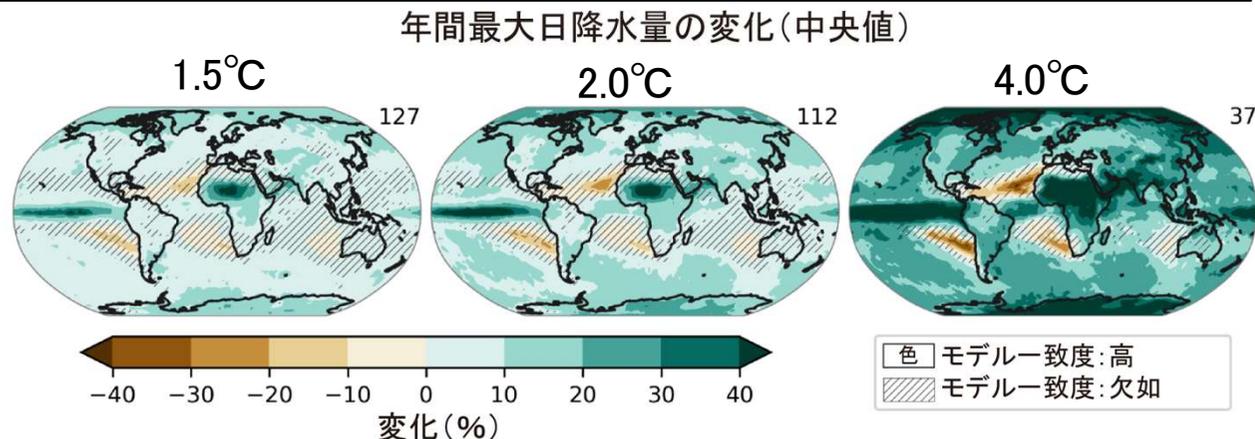
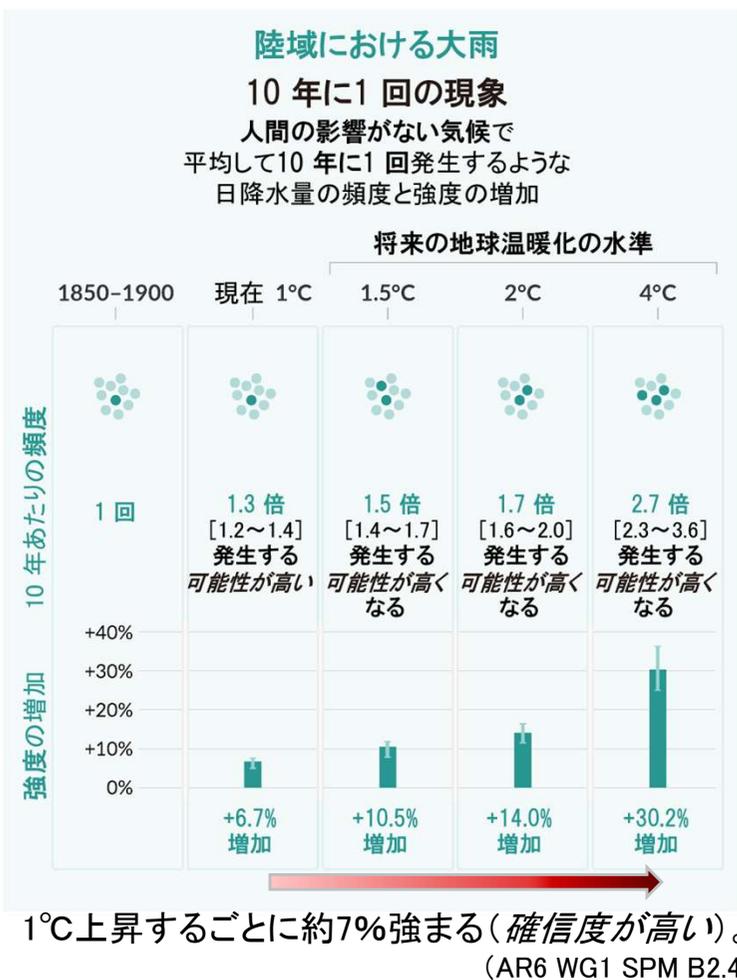


図 1851~1900年を基準とした地球温暖化の水準が1.5°C、2°C、4°Cの時の年間最大日降水量の変化予測  
出典: AR6 WG1 図11.16

## 熱帯低気圧に伴う強風と大雨

- 非常に強い熱帯低気圧(カテゴリ-4~5\*)の割合と最も強い熱帯低気圧のピーク時の風速は、地球温暖化の進行に伴い地球規模で増加すると予測される(確信度が高い)。(AR6 WG1 SPM B2.4)
- 熱帯低気圧の風速が最大値に達する平均的な位置は、北太平洋西部では極方向に移動する(確信度が中程度)。
- 地球規模での熱帯低気圧の発生頻度は、温暖化が進むにつれて減少する、あるいは変化しない(確信度が中程度)。(AR6 WG1 TS.2.3)

図 陸域における極端な降水の予測される変化。極端な降水は、1850~1900年で平均して10年に1回発生した陸域における日降水量を超えるような現象と定義。

出典: AR6 WG1 図SPM.6(抜粋)

\*1分間平均の最大風速に基づき定義された熱帯低気圧の強さ。カテゴリ-1は33~42m/s、2は43~49m/s、3は50~57m/s、4は58~69m/s、5は70m/s以上。

# 温暖化に伴って北極域の海氷の消失等雪氷圏の変化が更に拡大

- 温暖化の進行は、永久凍土の融解、並びに季節的な積雪、陸氷、及び北極域の海氷の減少を更に拡大すると予測される(確信度が高い)。北極域では、本報告書で考慮された5つの例示的なシナリオの下で、2050年までに少なくとも1回、9月に実質的に海氷のない状態\*となる可能性が高く、温暖化の水準が高いほど頻繁に起こる。南極の海氷に予測される減少については確信度が低い。(AR6 WG1 SPM B.2.5)

\*実質的に海氷が無い状態: 月平均海水面積が100万km<sup>2</sup>未満で、1979~1988年に観測された9月の平均海水面積の約15%。

2050年までに少なくとも1回、9月に実質的に海氷のない状態となる可能性が高い。

GHG 排出が中程度及び多いシナリオの下では、[9月の]北極域は、今世紀半ば近くには実質的に海氷のない状態になると予測される。

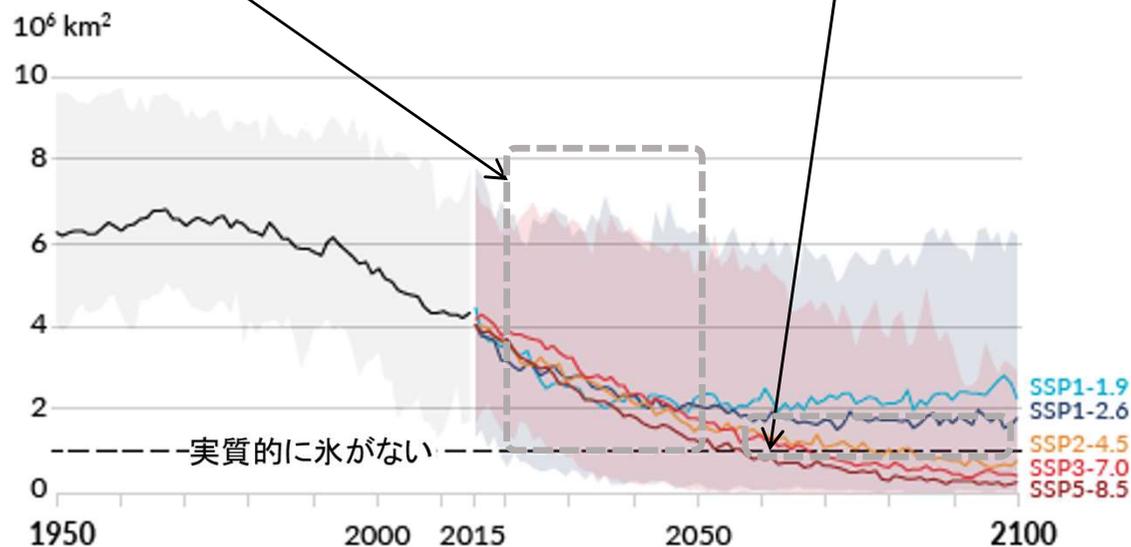


図 9月の北極海の海水面積  
各モデルによる単独のシミュレーションに基づいているため、内部変動の要素を含む。SSP1-2.6 及びSSP3-7.0 については、可能性が非常に高い範囲を示す。

出典: AR6 WG1 図SPM.8(b)

(d) 北半球における3~5月の積雪面積

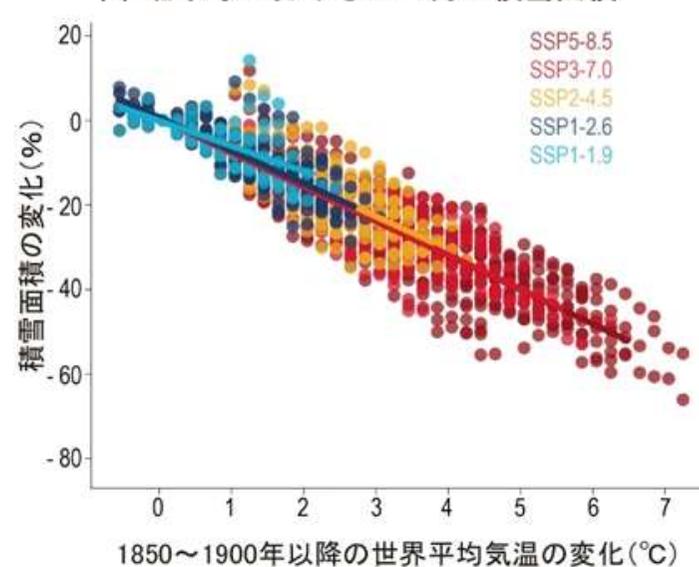
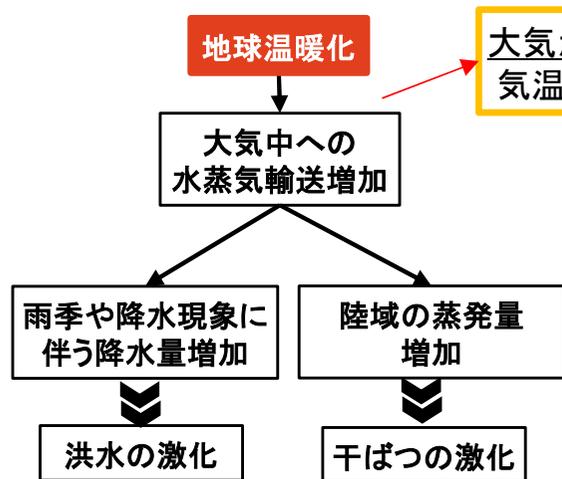


図 地球温暖化の水準に応じた、北半球の春季(3~5月)積雪面積の変化(1850~1900年を基準とした変化)

出典: AR6 WG1 図TS.12(d)

# 地球温暖化により世界全体の水循環が更に強まる

■ 地球温暖化が続くと、世界の水循環が、その変動性、地球規模のモンスーンに伴う降水量、及び湿潤と乾燥に関する現象の厳しさを含め、更に強まると予測される。 (AR6 WG1 SPM B.3)



大気が保持できる水蒸気量  
気温1℃上昇ごとに約7%増加

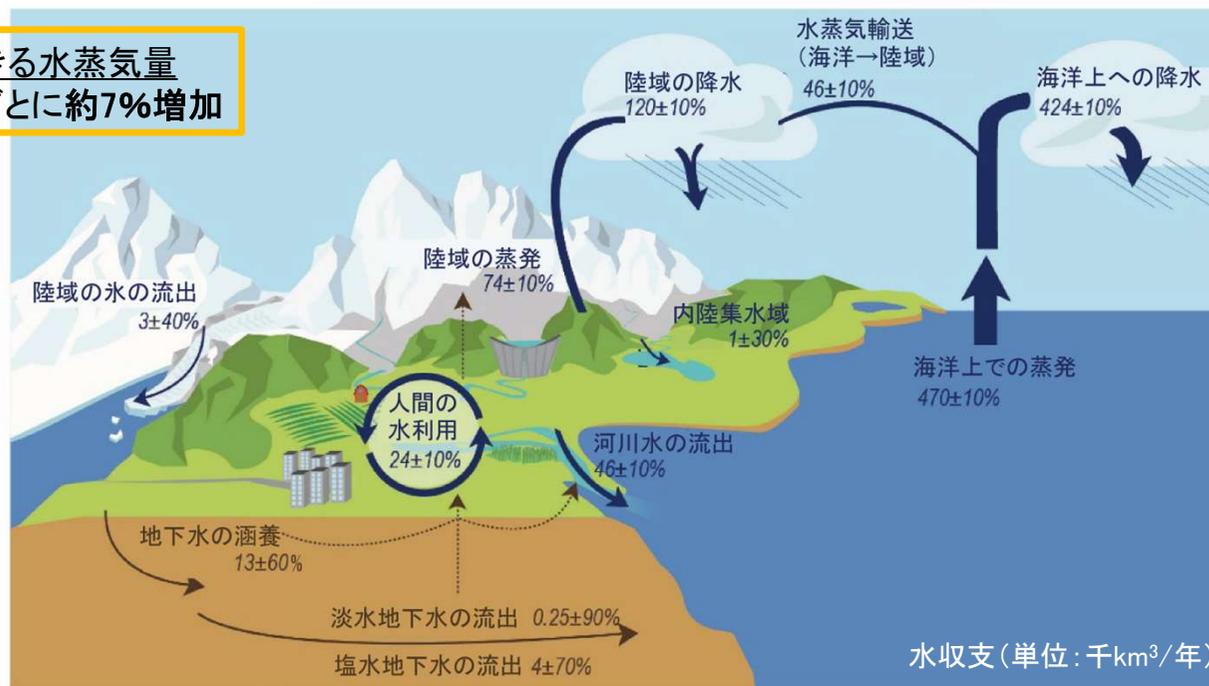


図 温暖化が洪水・干ばつの激化に与える影響プロセスの概略図

出典: AR6 WG1 第8章エグゼクティブサマリーより作成

図 水循環の概略図

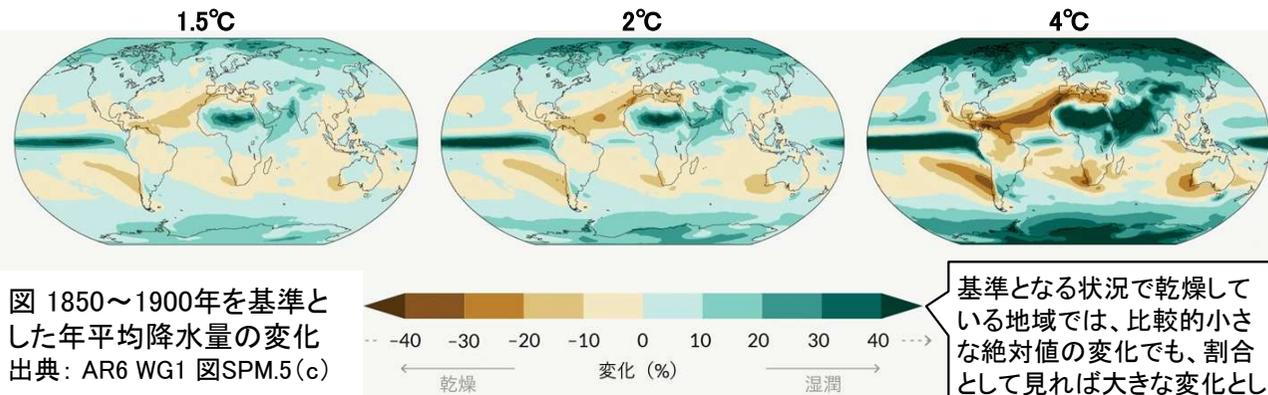
出典: AR6 WG1 図8.1(b)

## 地球温暖化に伴い、高い確信度で予想される水循環の主な変化

- 雨季や降水現象に伴う降水量の増加。
- 「非常に湿潤な」及び「非常に乾燥した」現象の深刻度が増大。
- 大雨の強度の増加と、そのような現象が発生した際の洪水の危険性が増大。
- 陸地の温暖化により蒸発量が増加し、干ばつの深刻度が増大。
- 多くの地域で、水循環の変動性や極端現象の増加速度が平均的な変化の増加速度を上回る。
- 陸地での温暖化が海洋よりも大きいいため、大気の循環パターンが変化することで相対湿度が低下し、一部の地域で乾燥が進む。
- 熱帯の循環が減速し、温暖化によるモンスーン地域の降水量の増加を部分的に相殺する。

# 降水量の季節内変動や年々変動が大きくなる

■ AR5以降、世界の水循環が地球規模の気温上昇とともに強まり続けるという証拠が強まっており(確信度が高い)、降水量と地表水の流れは、季節内(確信度が高い)及び年々(確信度が中程度)においてほとんどの陸域の地域でより変動が大きくなると予測される。  
(AR6 WG1 SPM B.3.1)



基準となる状況で乾燥している地域では、比較的小さな絶対値の変化でも、割合として見れば大きな変化として現れるかもしれない。

## 平均降水量と流出量

世界の陸域における2081~2100年までの年平均降水量は、1995~2014年を基準として、GHG排出が非常に少ないシナリオ(SSP1-1.9)の下では0~5%、GHG排出が中程度のシナリオ(SSP2-4.5)では1.5~8%、GHG排出が非常に多いシナリオ(SSP5-8.5)の下では1~13%増加すると予測される(可能性が高い範囲)。

降水量は高緯度帯、太平洋赤道域、及び一部のモンスーン地域では増加するが、SSP2-4.5、SSP3-7.0、SSP5-8.5において亜熱帯の一部及び熱帯の限定的な地域では減少すると予測される(可能性が非常に高い)。

- 季節平均降水量に検出可能な増加又は減少を経験する世界の陸域の割合は増加すると予測される(確信度が中程度)。
- 春季の融雪の開始が早まることについては確信度が高く、多雪地域では世界的に夏季の流量を費やす形でピーク流量が大きくなる。(AR6 WG1 SPM B.3.1)

## 降水量と流出量の変動性

- 排出量が中程度以上のシナリオでは、エルニーニョ・南方振動に関連する降雨の変動が21世紀後半までに増幅される可能性が非常に高いと予測される。  
(AR6 WG1 SPM B.3.2)

熱帯では年間を通して(その他の地域では夏季に)、陸域の降水量と流出量の年々変動幅(破線)が年平均(実線)よりも大きな割合で増加(確信度が中程度)。  
(AR6 WG1 Box TS.6)

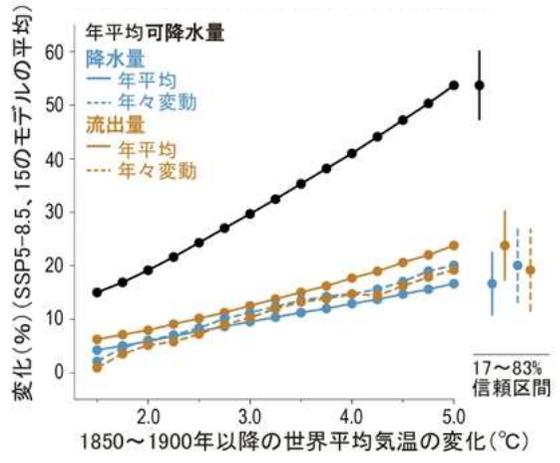
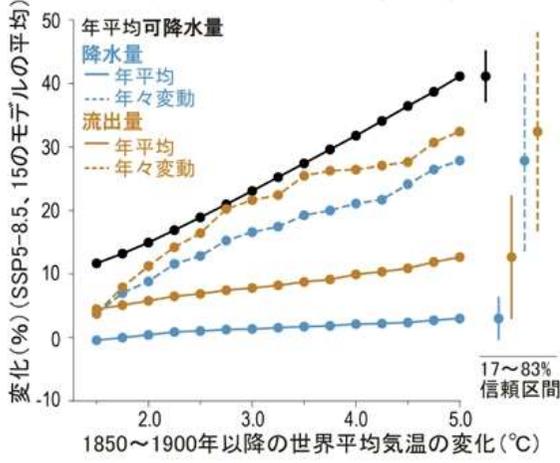


図 熱帯(左)と温帯(右)の陸域における年平均降水量・流出量とそれらの変動性の変化。

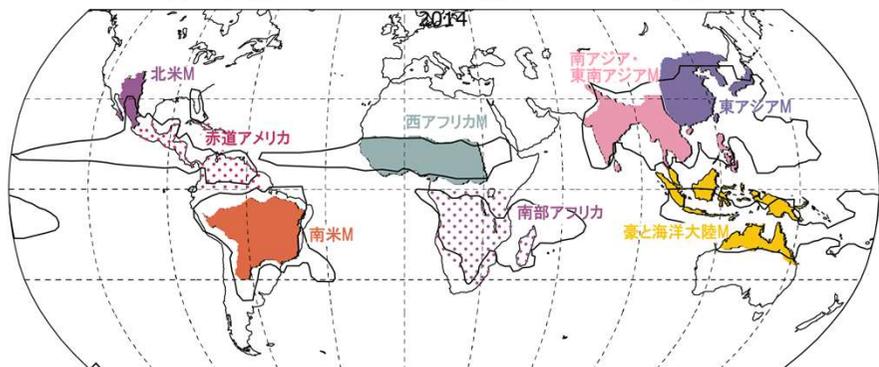
変動性は、線形トレンドを除いた後の標準偏差から推定されたもの。出典: AR6 WG1 図TS.12 (e), (f)

# 大気循環の変化が水循環の極端現象に与える影響

- より温暖化した気候は、非常に湿潤な及び非常に乾燥した気象と気候の現象及び季節の度合いを強め、洪水又は干ばつに影響する(確信度が高い)が、これらの現象の場所と頻度は、モンスーン及び中緯度のストームトラックを含む地域的な大気循環に予測される変化に依存する。  
(AR6 WG1 SPM B.3.2)

## モンスーンの変化

(a) 地球規模のモンスーンと地域規模のモンスーンの領域



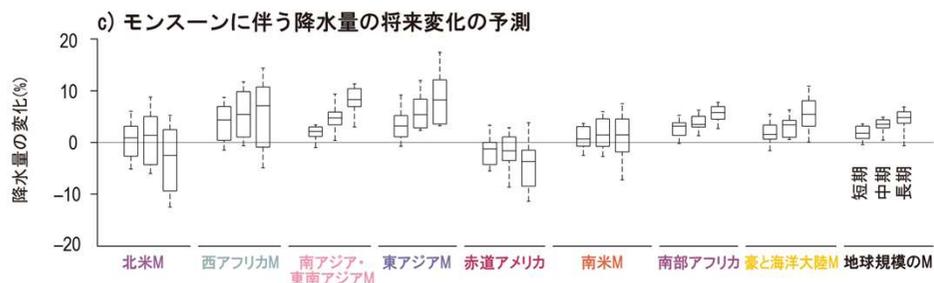
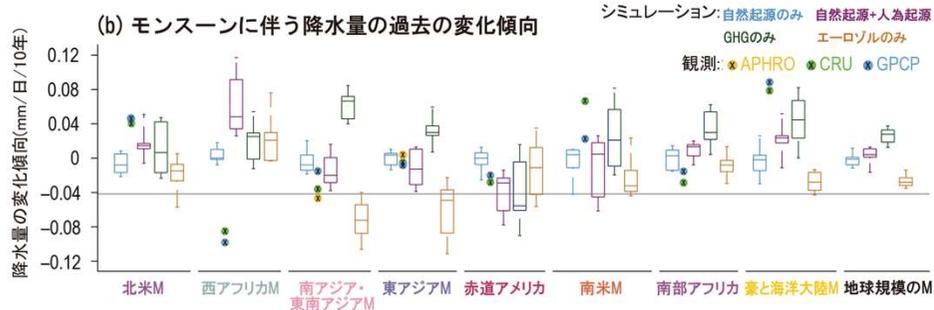
- 熱帯の循環が減速し、温暖化によるモンスーン地域の降水量の増加を部分的に相殺する(確信度が高い)。  
(AR6 WG1 第8章エグゼクティブサマリー)

### モンスーンの時期に関する予測

- 北米、南米、西アフリカ: 始期が遅れる(確信度が高い)。
  - 西アフリカ: 終期も遅れる(確信度が中程度)。
- (AR6 WG1 SPM B3.3)

### モンスーンに伴う降水量に関する予測

- 地球規模及び地域規模では、短期的なモンスーンの変化は内部変動の影響に支配される(確信度が中程度)。  
(AR6 WG1 SPM C.1.3)
  - モンスーンに伴う降水量は、中長期的に地球規模で増加(確信度が高い)。
  - モンスーンに伴う降水量が増加する地域は、減少する地域より多い。
    - 増加する地域: 南アジア、東南アジア、東アジア、中央サヘル(西アフリカモンスーンの一部)
    - 減少する地域: 北アメリカ、サヘル極西部(西アフリカモンスーンの一部)
- (AR6 WG1 SPM B.3.3 及び 第8章エグゼクティブサマリー)



# 大気循環の変化が水循環の極端現象に与える影響（続き）

## 中緯度ストームトラックの遷移

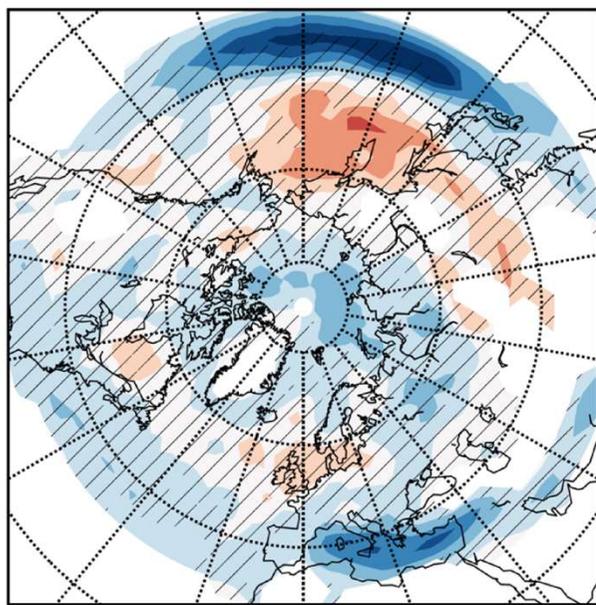
### 北半球

- 北太平洋：ストームトラックの継続的な極方向への移動の**確信度が中程度**。
- 北大西洋：ストームトラックに予測される変化は**確信度が低い**。

(AR6 WG1 SPM B.3.4)



(a)北半球 12、1、2月 2080-2100年 (13)



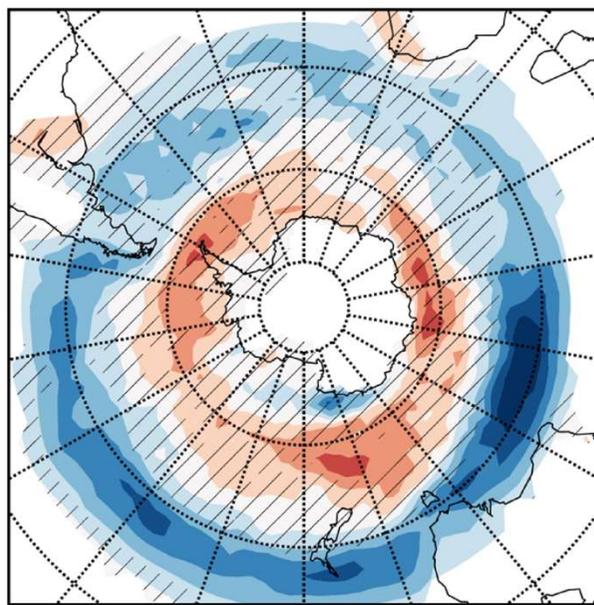
### 南半球

- 夏季の中緯度ストームトラックの南方への遷移：GHG排出が多いシナリオ (SSP3-7.0、SSP5-8.5) の下では**長期的には起こる可能性が高いが、短期的にはこれらの変化が成層圏オゾンの回復の影響によって相殺される(確信度が高い)**。

(AR6 WG1 SPM B.3.4)



(b)南半球 6、7、8月 2080-2100年 (13)



## その他の大気循環の変化

- 温帯低気圧及び「大気の流れ」に伴う降水量はほぼ全ての地域で**上昇(確信度が高い)**。
  - ブロッキング波や定常波の予測については**確信度が低く**、それらが降水量に与える影響についても**ほぼすべての地域で確信度が低い**。
- (AR6 WG1 第8章 エグゼクティブサマリー)
- 但し、グリーンランドと北太平洋上空の冬季の大気ブロッキング現象の頻度は、SSP3-7.0とSSP5-8.5シナリオでは**減少(確信度が中程度)**。
- (AR6 WG1 第4章 エグゼクティブサマリー)

### 用語解説

「大気の流れ」とは、大量の水蒸気を水平方向に輸送する、長くて、狭く(～数百km)、層が薄い(～数km)、一過性の水蒸気の通り道である。通常、温帯低気圧に伴う寒冷前線の前方にある下層ジェットと関連している。

(AR6 WG1 Glossary)

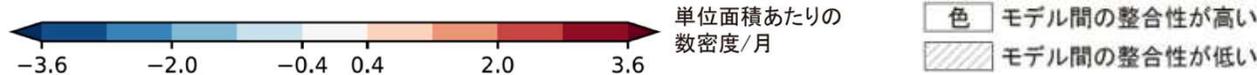


図 温帯のストームトラックの密度変化。1979-2014年を基準とした2080-2100年のSSP5-8.5における予測。

出典：AR6 WG1 図4.27に加筆

# 排出増のシナリオで自然の炭素吸収源のCO<sub>2</sub>吸収割合が低下

■ CO<sub>2</sub>排出が増加するシナリオの下では、海洋と陸域の炭素吸収源が大気中のCO<sub>2</sub>蓄積を減速させる効率が低下すると予測される。  
(AR6 WG1 SPM B.4)

- 自然界の陸域と海洋の炭素吸収源は、CO<sub>2</sub>排出が少ないシナリオと比べてCO<sub>2</sub>排出が多いシナリオほど、絶対量としてはより多くの量のCO<sub>2</sub>を吸収すると予測される一方で、その効率は低下する。  
(AR6 WG1 SPM B.4.1)

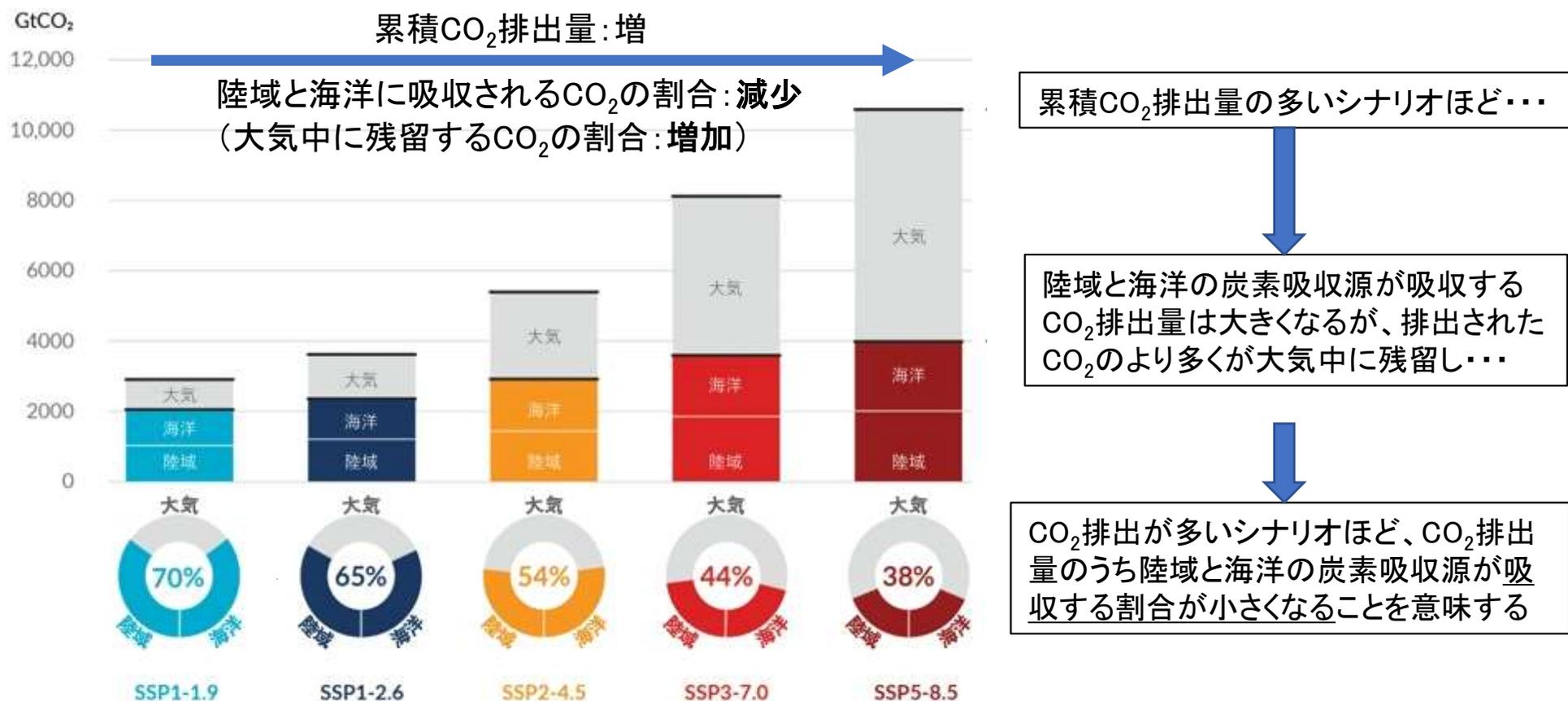
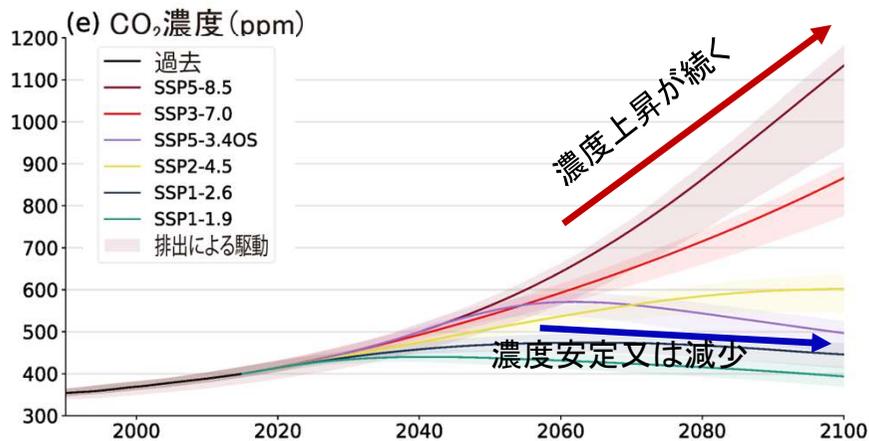


図 5つの例示的なシナリオにおける、2100年までに陸域と海洋に吸収される累積人為起源CO<sub>2</sub> 排出量  
 棒グラフは1850~2100年の累積人為起源CO<sub>2</sub> 排出量(GtCO<sub>2</sub>)について、2100年における大気中の残存量(灰色部分)  
 と陸域及び海洋の吸収量(着色)の予測結果。

ドーナツグラフは、2100年における累積人為起源CO<sub>2</sub> 排出量に占める陸域と海洋の吸収量と大気中の残存量の割合。 出典: AR6 WG1 図SPM.7

# 自然の炭素吸収率低下の駆動要因

- 今世紀中に大気中のCO<sub>2</sub>濃度が安定化するGHG排出が中程度のシナリオ (SSP2-4.5) の下では、陸域と海洋によるCO<sub>2</sub>吸収率は21世紀後半には減少すると予測される (確信度が高い)。
- GHG排出が非常に少ないシナリオと少ないシナリオ (SSP1-1.9、SSP1-2.6) の下では、大気中のCO<sub>2</sub>濃度は21世紀中にピークを迎えた後に減少し、陸域と海洋が吸収する炭素量は大気中のCO<sub>2</sub>濃度の減少に応答して減少し始める (確信度が高い)。 (AR6 WG1 SPM B.4.2)



- 21世紀後半から海洋と陸域の吸収率の増加が止まる要因は、シナリオによって異なる。 (AR6 WG1 Box TS.5)

## 21世紀後半も大気中のCO<sub>2</sub>濃度が上昇し続けるシナリオ (SSP3-7.0とSSP5-8.5) では:

- 海洋のCO<sub>2</sub>吸収量の増加率の弱まりは、炭酸塩緩衝作用、海洋温暖化、及び海洋循環 (AMOC等) の変化に起因する正のフィードバックの強まりによる。
- 21世紀半ばから温暖化と乾燥化により陸域の吸収量の増加率が低下する可能性が非常に高い。 (AR6 WG1 Box TS.5)
- 正味負の排出が無いシナリオ (SSP2-4.5、SSP3-7.0、SSP5-8.5) では、世界の陸域と海洋を合わせた吸収源が2100年までに放出源に変わる可能性は非常に低い。 (AR6 WG1 SPM B4.2)

## 21世紀後半に大気中のCO<sub>2</sub>濃度が安定化または減少するシナリオ (SSP1-1.9、SSP1-2.6、SSP2-4.5) では:

- 海洋の炭素吸収量の増加率の弱まりは、大気中のCO<sub>2</sub>濃度が安定または減少していることに対応するもの。そしてSSP1-1.9では、陸域と海洋は2100年までに弱い正味の放出源に変わる (確信度が中程度)。 (AR6 WG1 SPM B4.2、Box TS.5)

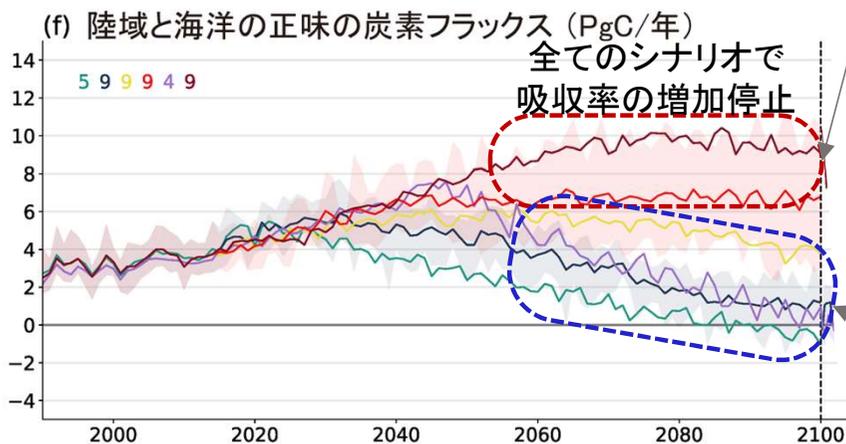


図 (上)CO<sub>2</sub>濃度と(下)陸域と海洋の炭素

# 永久凍土の融解等による炭素放出の不確実性

- 気候変動と炭素循環との間のフィードバックの大きさは、CO<sub>2</sub>排出が多いシナリオにおいてより大きくなるが、より不確かにもなる（確信度が非常に高い）。しかしながら、気候モデルの予測によると、2100年までの大気中のCO<sub>2</sub>濃度の不確実性は排出シナリオの差異に支配される（確信度が高い）。温暖化に対する更なる生態系の応答のうち気候モデルにまだ十分に含まれていない、湿地、永久凍土の融解、及び森林火災からのCO<sub>2</sub>とCH<sub>4</sub>のフラックスなどが、これらの気体の大気中濃度を更に増加させるだろう（確信度が高い）。

(AR6 WG1 SPM B.4.3)

表 地球システムにおいて起こりうる生物地球化学的な急激な変化とティッピングポイントの例

出典：AR6 WG1 表5.6

急激な変化/ティッピングポイント	主要な地域	21世紀中の発生確率	CO <sub>2</sub> 又はCH <sub>4</sub> の21世紀中の最大放出量	主要な進展の時間スケール	21世紀におけるCO <sub>2</sub> またはCH <sub>4</sub> の最大変化率	不可逆性
熱帯林の枯死	アマゾン川流域	低い	< 200 PgC (CO <sub>2</sub> ) (確信度が中程度)	数十年	CO <sub>2</sub> : <0.5 ppm/年	数十年の時間スケールで不可逆(確信度が中程度)
北方林の枯死	北方ユーラシアと北米	低い	< 27 Pg (確信度が中程度)	数十年	少ない (確信度が低い)	数十年の時間スケールで不可逆(確信度が中程度)
永久凍土の融解による生物学的放出	北極域	高い	最大で CO <sub>2</sub> 240PgC CH <sub>4</sub> 5300Tg	数十年	CO <sub>2</sub> : ≤1 ppm/年 CH <sub>4</sub> : ≤10 ppb/年	数百年間の時間スケールで不可逆(確信度が高い)
クラスレート*からのメタン放出	大陸棚	非常に低い	少ない (可能性が非常に高い)	数千年	CH <sub>4</sub> : ≤0.2 ppb/年	数千年間の時間スケールで不可逆(確信度が中程度)

\* 部分的に凍ったメタンガスと氷の混合物。通常、堆積物の中に見られる(Glossary)

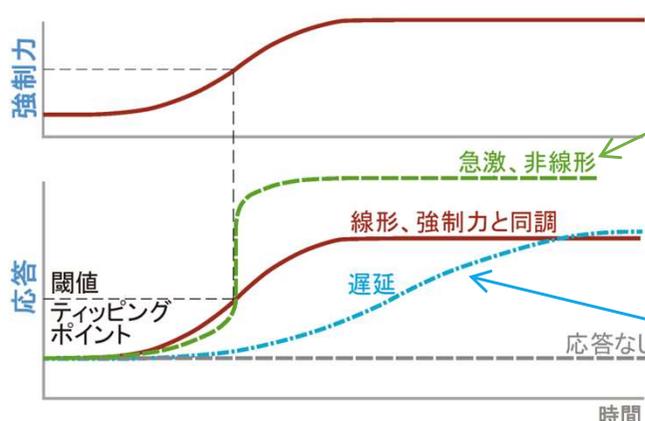
T(テラ): 10<sup>12</sup>、P(ペタ): 10<sup>15</sup>、ppm: 1/10<sup>6</sup>、ppb: 1/10<sup>9</sup>  
C: 炭素換算

# 数百～数千年間のスケールで不可逆的な変化

■ 過去及び将来の温室効果ガスの排出に起因する多くの変化、特に海洋、氷床、及び世界の海面水位における変化は、数百年から数千年にわたって不可逆的である。(AR6 WG1 SPM B.5)

- 1750年以降の過去のGHG排出により、世界の海洋の将来の温暖化は避けられない(確信度が高い)。21世紀の残りの期間で、海洋の温暖化は1971～2018年の変化量の2～4倍(SSP1-2.6)から4～8倍(SSP5-8.5)に及ぶ可能性が高い。複数系統の証拠に基づく、海洋表層の成層の強化(ほぼ確実)、海洋酸性化(ほぼ確実)、及び海洋貧酸素化(確信度が高い)は、将来の排出に応じた速度で21世紀の間進行し続ける。海水温の上昇(確信度が非常に高い)、海洋深層の酸性化(確信度が非常に高い)、及び貧酸素化(確信度が中程度)は、数百年から数千年の時間スケールで不可逆的である。  
(AR6 WG1 SPM B.5.1)
- 山岳や極域の氷河は、数十年又は数百年にわたって融解し続けることが避けられない(確信度が非常に高い)。永久凍土の融解に伴う永久凍土に含まれる炭素の放出は、数百年の時間スケールで不可逆的である(確信度が高い)。グリーンランド氷床は21世紀を通して減少し続けることがほぼ確実であり、南極氷床は21世紀を通して減少し続ける可能性が高い。グリーンランド氷床からの氷の全減少量が累積排出量とともに増加することについては確信度が高い。GHG排出が多いシナリオの下で数百年にわたって南極氷床からの氷の減少を大幅に増加させるであろう、可能性が低くとも影響が大きい結果(不確実性が大きく場合によっては臨界点(ティッピングポイント)を伴うという特徴を持つ、氷床不安定化のプロセスに起因する)については証拠が限定的である。  
(AR6 WG1 SPM B.5.2)

## 参考：強制力の変化とシステムの不可逆的な変化の関係



### 急激な応答

特定の閾値(ティッピングポイント)を超えると、システムが急激及び/又は不可逆的に変化。例えば、大西洋の深層大循環の停止や西南極氷床の不安定化による消失、等。  
(SROCC 1.3)

### 応答の遅延

強制力の増大がとまり、安定化した後もシステムの応答が不可逆的に続く。例えば、海洋深層全体が循環するには数百～数千年、大きな氷床の再生には数千年かかるため、強制力の増大がとまっても長期間にわたる変化が不可避であり、海洋と氷床に関連する変化には数百～数千年間不可逆なものがある。  
(SROCC 1.3)

図 強制力の変化に対する、システムによる  
応答の違い

出典: AR6 SROCC 図1.1a

# 数百～数千年間のスケールで不可逆的な変化（続き）

表 ティッピングポイント/急激な変化の可能性が指摘された海洋及び氷床の要素、その不可逆性、及び21世紀の変化予測の概要

要素	急激な気候変化の可能性	強制力が逆転したときの不可逆性(時間スケール)	温暖化が継続した場合の21世紀中の変化の見通し	評価の変化
永久凍土の炭素	ある (確信度が高い)	数百年間不可逆 (確信度が高い)	凍土の炭素量の減少は <b>ほぼ確実</b> ; 正味の炭素量の変化は <b>確信度が低い</b>	SROCCより確信度が向上
夏の北極海氷	ない (確信度が高い)	数年から数十年で可逆 (確信度が高い)	完全に消失する <b>可能性が高い</b>	SROCCより具体性が向上
冬の北極海氷	ある (確信度が高い)	数年から数十年で可逆 (確信度が高い)	冬の減少が中程度であることの <b>確信度が高い</b>	SROCCより具体性が向上
南極海氷	ある (確信度が低い)	不明 (確信度が低い)	冬と夏に中程度に減少することの <b>確信度が低い</b>	CMIP6でシミュレーションが改善
グリーンランド氷床	ない (確信度が高い)	数千年間不可逆 (確信度が高い)	すべてのシナリオで質量損失が <b>ほぼ確実</b>	SROCCより証拠の種類が増加
西南極氷床と棚氷	ある (確信度が高い)	数十年から数千年間不可逆 (確信度が高い)	すべてのシナリオで質量損失の <b>可能性が高い</b> ; 3°Cを超える場合の見通しに深い不確実性がある	3°Cの温暖化を超える場合の深い不確実性を追加
地球規模の海洋貯熱量	ない (確信度が高い)	数百年間不可逆 (確信度が非常に高い)	海洋が温暖化を続けることの <b>確信度が非常に高い</b>	ECS/TCRとの整合性が向上
地球規模の海面水位上昇	ある (確信度が高い)	数百年間不可逆 (確信度が非常に高い)	上昇を続けることの <b>確信度が非常に高い</b> ; 3°Cを超える場合の見通しに深い不確実性がある	3°Cの温暖化を超える場合の深い不確実性を追加
大西洋子午面循環(AMOC)	ある (確信度が中程度)	数百年で可逆 (確信度が高い)	減退する <b>可能性が非常に高い</b> ; 崩壊しないことの <b>確信度が中程度</b>	SROCCより証拠の種類が増加
南方の子午面循環	ある (確信度が中程度)	数十年から数百年で可逆 (確信度が低い)	弱まることの <b>確信度が中程度</b>	SROCCより証拠の種類が増加
海洋酸性化	ある (確信度が高い)	表層は可逆; 深層は数百年から数千年間不可逆 (確信度が非常に高い)	CO <sub>2</sub> が増加すれば継続することが <b>ほぼ確実</b> ; 極域のアラゴナイトが不飽和になる <b>可能性が高い</b>	SROCCより証拠の種類が増加
海洋貧酸素化	ある (確信度が高い)	表層は可逆; 深層は数百年から数千年間不可逆 (確信度が中程度)	貧酸素化の速度と貧酸素水塊の増加についての <b>確信度が中程度</b>	CMIP6でシミュレーションが改善

# 今世紀末までの海面水位上昇が2mに到達する可能性も

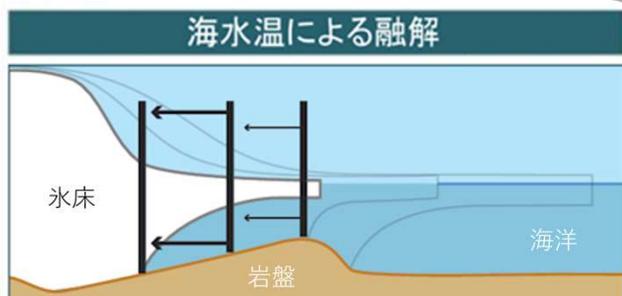
- 世界平均海面水位が21世紀の間上昇し続けることは**ほぼ確実**である。
- これらの**可能性が高い**範囲を超えて世界平均海面水位が上昇し、GHG排出が非常に多いシナリオ (SSP5-8.5) の下で2100年までに2 m、2150年までに5 mに迫る(**確信度が低い**)ことも、氷床プロセスの不確実性の大きさのため排除できない。(AR6 WG1 SPM B.5.3)

## 南極氷床の不安定化

✓ 場合によってはティッピングポイントを伴って、南極氷床からの氷の減少を大幅に増加させるであろう、可能性が低くとも影響が大きい結果(**証拠が限定的**)。

(AR6 WG1 SPM

B.5.2)



岩盤が陸側に落ち込んでいる場合、氷床の後退は急速かつ自律的に進行する。氷床が後退するとより多くの氷が海洋に放出され、氷床が更に後退する

図 南極氷床の不安定化のメカニズムの一例

出典: AR6 WG1 FAQ 9.1 図1



海面水位上昇がSSP5-8.5の下で2100年までに**2 m**、2150年までに**5 m**に迫る(**確信度が低い**)ことも排除できない。

(AR6 WG1 SPM B.5.3)

図 1900年を基準とした世界平均海面水位の変化

(左) 2100年までの変化

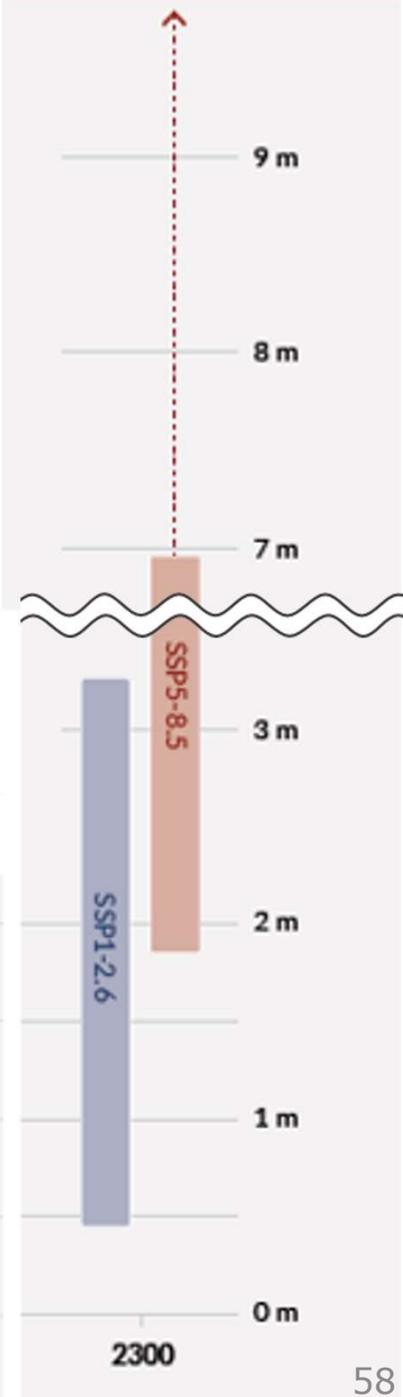
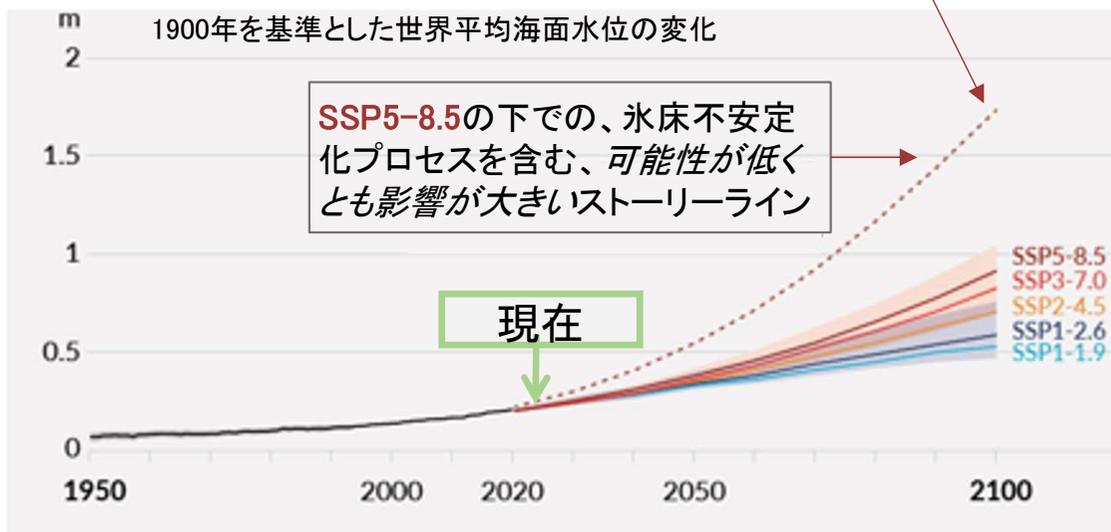
陰影はSSP1-2.6とSSP3-7.0の**可能性が高い**範囲。

(右) 2300年の変化

陰影は各シナリオの17~83パーセントイルの範囲。

破線の矢印は、可能性が低くとも影響大のため排除できない氷床のプロセスを含むSSP5-8.5の予測の83パーセントイルの値。

出典: AR6 WG1 図SPM.8 (d) (e)



# 数千年にわたる海面水位の上昇は避けられない

■ 長期的には、海洋深層の温暖化と氷床の融解が続くため、海面水位は数百年から数千年にわたって上昇することは避けられず、数千年にわたって上昇したままとなる(確信度が高い)。  
 (AR6 WG1 SPM B.5.4)

- 海洋貯熱量の変化: 数百年間不可逆
  - 氷床の損失: 数千年間不可逆 (AR6 WG1表4.10)
- 2100年以降も海洋深部の温暖化と氷床の融解が継続
- 数百～数千年にわたる海面水位上昇が不可避
  - 上昇した状態が数千年継続

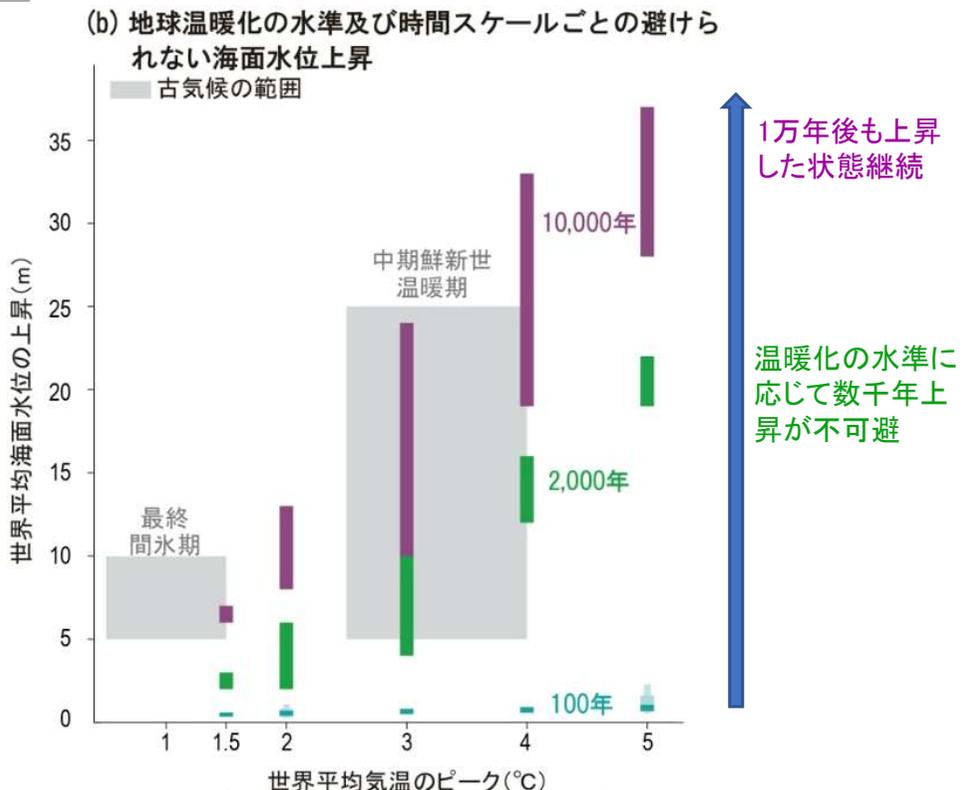
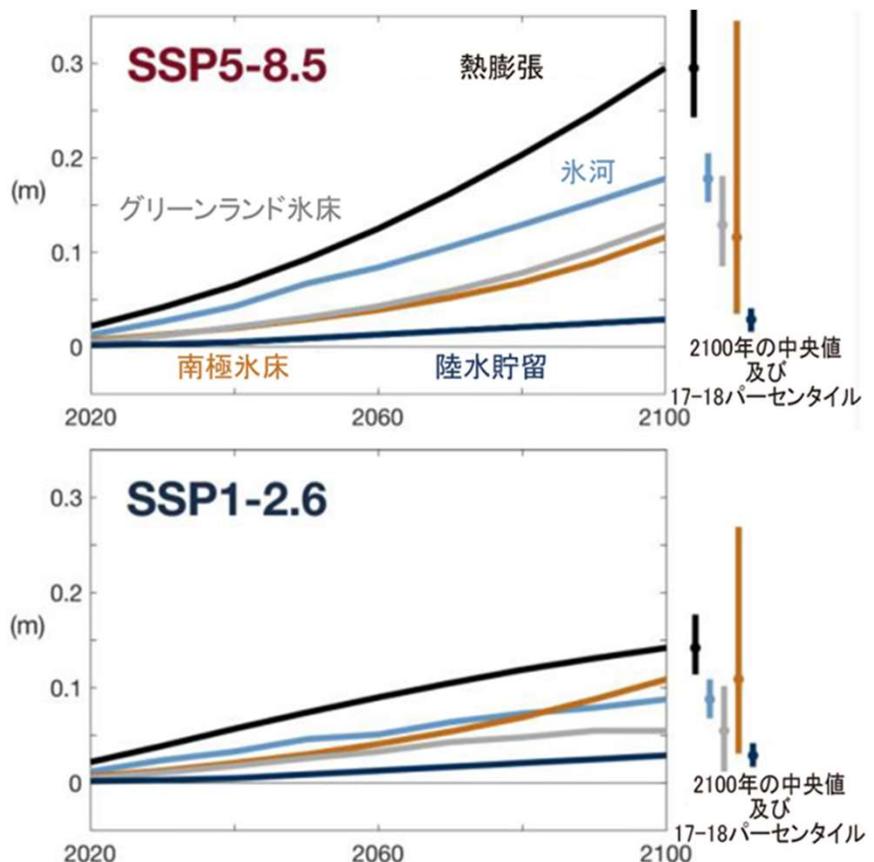


図 要因別の世界平均海面水位の変化への寄与

図 100年、2千年、1万年の時間スケールでのGMSLの変化(1850-1900年を基準とした世界平均気温の関数として示す)。100年予測は2100年時点のGMSL(1995-2014年比)で、対応する世界平均気温は2081-2100年の平均。100年より長期的な変化については、排出が止まった後に到達するピーク時の温暖化の水準を指標としている。

# 第3章 リスク評価と地域適応のための気候情報

## <評価の概要>

- 自然起源の駆動要因と内部変動は、百年規模の地球温暖化にはほとんど影響しないが、特に地域規模で短期的には人為的な変化を变調する。
- より一層の地球温暖化に伴い、全ての地域において気候影響駆動要因（CIDs）の同時多発的な変化がますます経験されると予測される。
- 氷床の崩壊、急激な海洋循環の変化、いくつかの複合的な極端現象、及び将来の温暖化として可能性が非常に高いと評価された範囲を大幅に超えるような温暖化などの可能性の低い結果は排除できず、リスク評価に関係する。

# 自然変動の影響は地域規模/短期で見るとより顕著

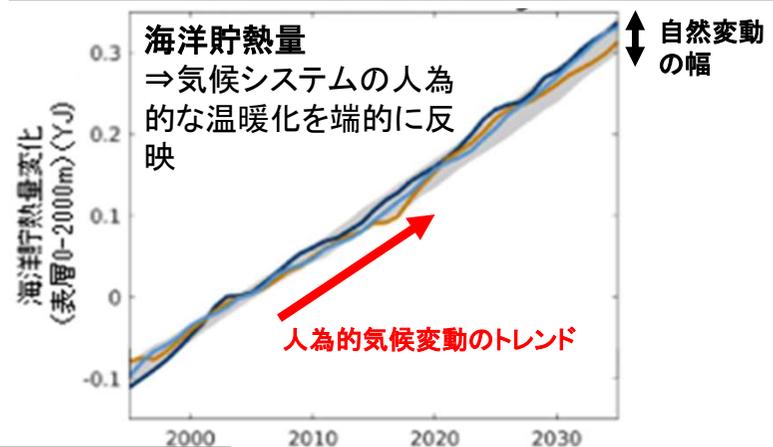
■ 自然起源の駆動要因と内部変動は、百年規模の地球温暖化にはほとんど影響しないが、特に地域規模で短期的には人為的な変化を歪調する。起こりうる変化全てに対して計画を立てる際には、これらの歪調を考慮することが重要である。  
 (AR6 WG1 SPM C.1)

**自然変動**

- 自然起源の駆動要因(火山、太陽活動等)による変動
- 内部変動: エルニーニョ・南方振動、太平洋十年規模振動、等

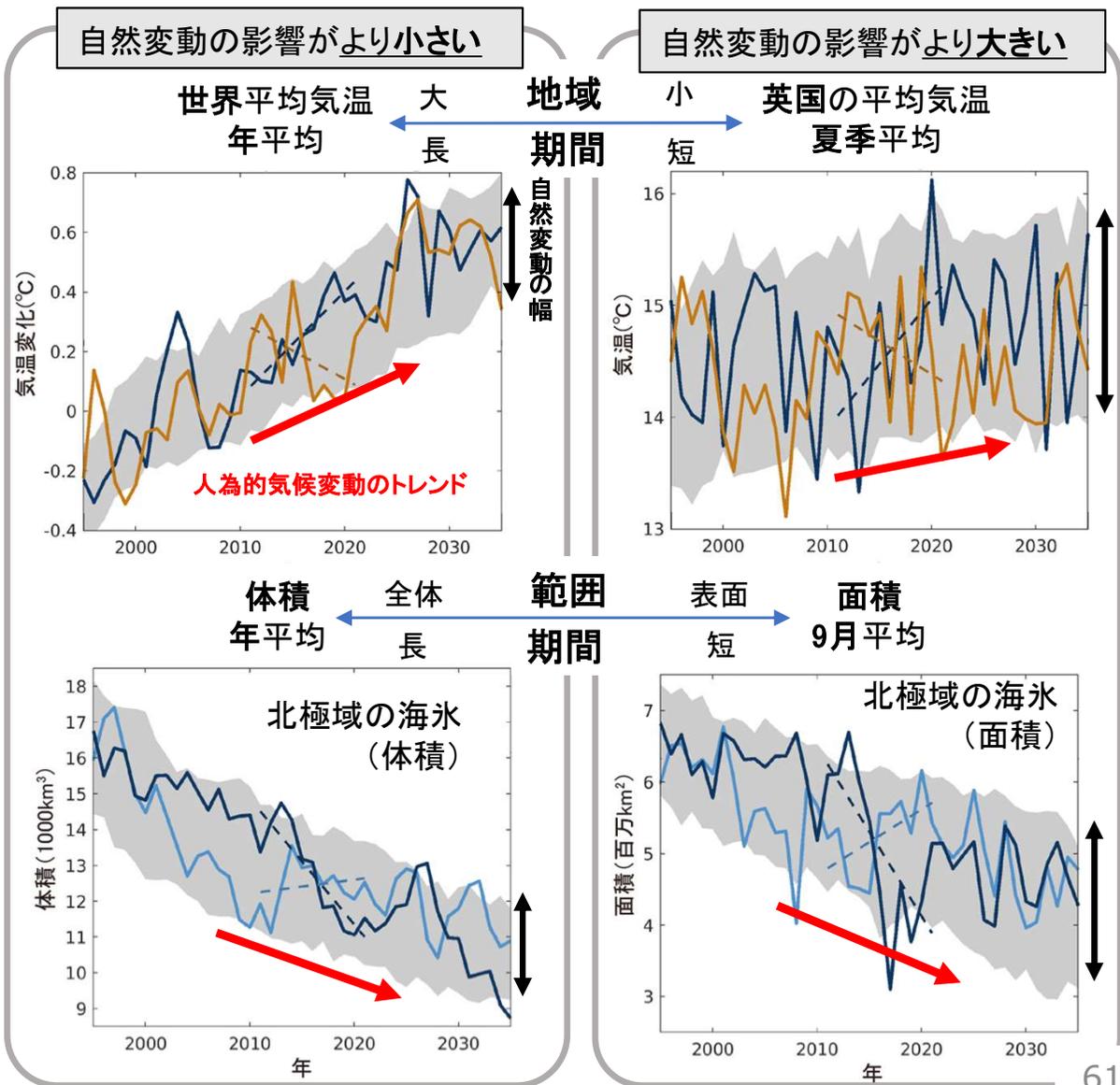
**人為的变化**

人為的な気候変動は自然変動により短期的に強められたり隠されたりする。  
 → 自然変動の変化傾向が一様でないことを理解した上で適応策を考えることが重要。



短期トレンドは必ずしも長期トレンドと一致しない。  
 メンバ1、メンバ2、メンバ3  
 アンサンブルのばらつき(5~95%)  
 ----- 線形トレンド(2011~2021年)

図 様々な気候の軌跡のシミュレーション結果。内部変動の位相のみが異なる単一の気候モデルによるアンサンブル計算の結果  
 出典: AR6 WG1 図 1.13



# 自然起源の変動により長期変化が増幅または緩和されている

■ 過去の世界平均気温の記録から、人為的な長期変化が十年規模変動によって強められたり隠されたりしていることが明らかになっており、この変動は将来にわたって続く(確信度が非常に高い)。  
(AR6 WG1 SPM C.1.1)

- 例えば、十年規模の内部変動及び太陽活動と火山活動に関する駆動要因の変動によって1998~2012年の地表付近の人為的な温暖化の一部が隠され、顕著な地域的及び季節的特徴が現れた(確信度が高い)。
- それでもなお、世界の海洋の温暖化(確信度が非常に高い)と陸域における極端な高温の継続的な増加(確信度が中程度)の両方に反映されたように、気候システムの加熱がこの期間中継続した。  
(AR6 WG1 SPM C.1.1)

1998-2012年: 人為的温暖化が隠されていた内部変動(特に太平洋10年規模変動)及び太陽活動と火山活動の変動が影響

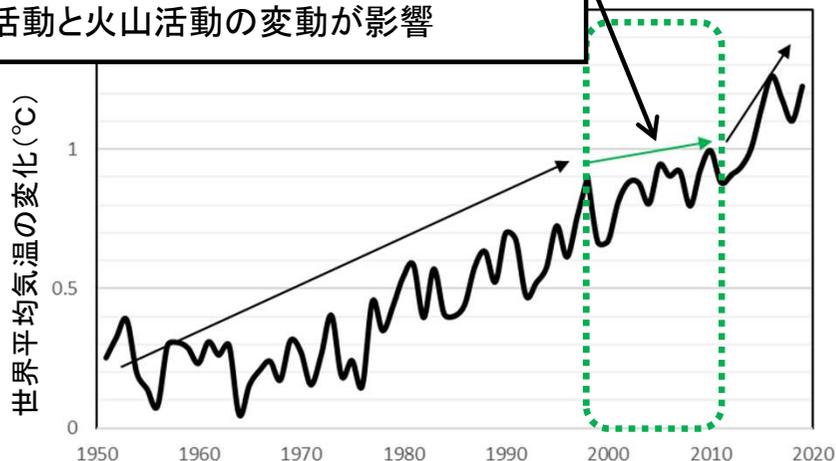


図 1850~1900年を基準とした世界平均気温(観測)の変化(°C)

出典: AR6 WG1 図SPM.1 (観測値のみをプロットしたもの)

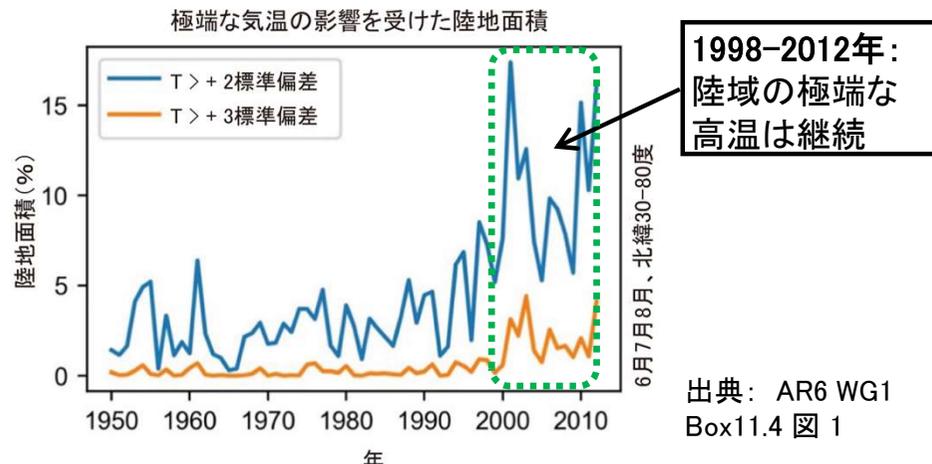


図 極端な気温(>2σ、>3σ)の影響を受けた陸地面積

出典: AR6 WG1 Box11.4 図1

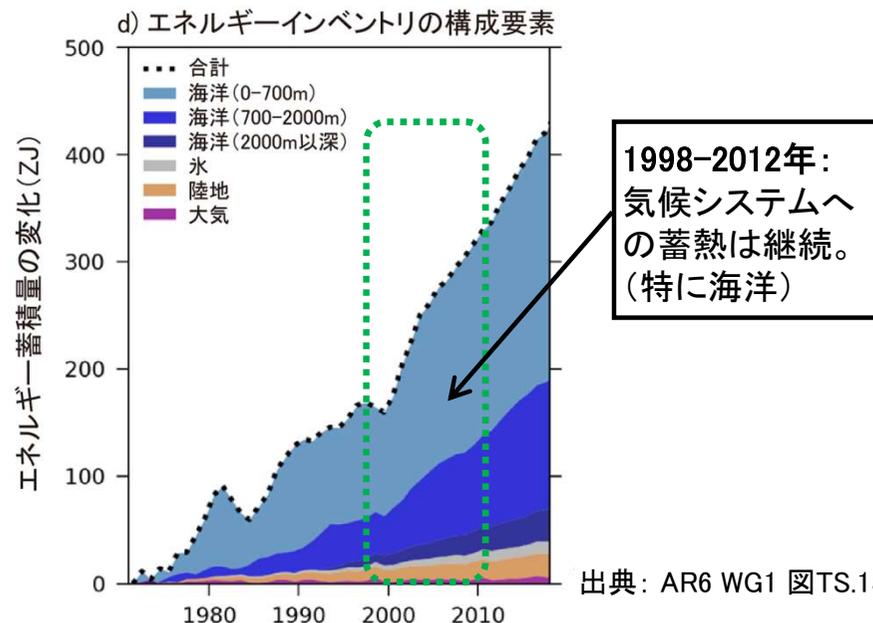


図 人間の影響による正味のエネルギー蓄積量の推計値

出典: AR6 WG1 図TS.13d

# 人為的な変化は内部変動によって増幅/減衰される

- 平均的な気候や極端現象を含む気候影響駆動要因(CIDs)に予測される人為的な変化は、内部変動\*によって増幅又は減衰される(確信度が高い)。
- 現在気候に対する短期的な降温は、いかなる場所でも発生しうるだろうが、人間の影響による世界平均気温の上昇と整合するだろう(確信度が高い)。

(AR6 WG1 SPM C.1.2)

\*主な内部変動現象には、エルニーニョ・南方振動(ENSO)、太平洋十年規模変動(PDV)、大西洋数十年規模変動(AMV)が地域に与える影響などがある。

表 内部変動モードに関連する各地域の気候要素の偏差。表面気温と降水量の分散のうち、年々のタイムスケールにおいて各内部変動モードで説明される割合。評価期間は、NAMとENSO:1959-2019年、SAM:1979-2019年、IOB、IOD、AZM、及びAMM:1958-2019年、PDVとAMV:1900-2019年。

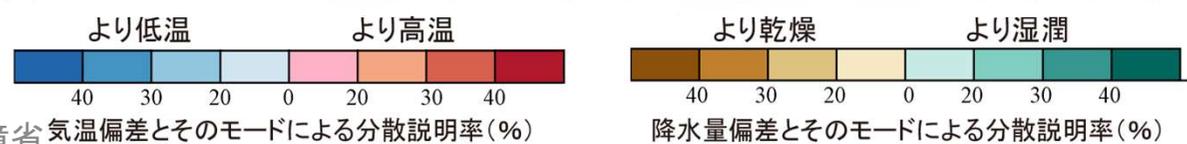
内部変動モード	NAM		SAM		ENSO		IOB		IOD		AZM		AMM		PDV		AMV	
季節	12-1-2月		12-1-2月		12-1-2月		3-4-5月		9-10-11月		7-8-9月		7-8-9月		年		年	
変数(気候要素)	気温	降水量	気温	降水量	気温	降水量	気温	降水量	気温	降水量	気温	降水量	気温	降水量	気温	降水量	気温	降水量
アフリカ	サハラ	58					14				10	19		12		9	12	25
	西アフリカ	25				15	45				21		10			6	6	23
	中央アフリカ	19	8		10	14	50				13					10	14	11
	東アフリカ北部	19	7			14	36				32				7		7	
	東アフリカ南部					14	22	36			57			10		4	9	
	南アフリカ西部					49	26	27	16	8					4	12	5	
	南アフリカ東部				13	75	34	35	7						4	6		
	マダガスカル					24		24	7	11	10			9				5
アジア	西シベリア	45				7						9						11
	東シベリア	52													3			11
	極東ロシア	8	10			11		6									5	5
	中央アジア西部							15		21						4		
	中央アジア東部							38										
	チベット高原		15						15	7		11			6	5	9	
	東アジア					7	20		23			9				9	13	
	南アジア	9						12			8		8				5	
	東南アジア					39	31	73	6		48				5	12		7
	アラビア半島	32						10	24	20						5	13	7

略称	内部変動
NAM	北半球環状モード
SAM	南半球環状モード
ENSO	エルニーニョ・南方振動
IOB	インド洋海盆モード
IOD	インド洋ダイポールモード
AZM	大西洋東西モード
AMM	大西洋南北モード
PDV	太平洋十年規模変動
AMV	大西洋数十年規模変動

出典: AR6 WG1 Annex IVより作成

観測されたENSOによる影響(冬季)

- 東アジア: 高温・湿潤傾向
- 東南アジア: 高温・乾燥傾向



利用可能なデータセットの50%超において有意でない

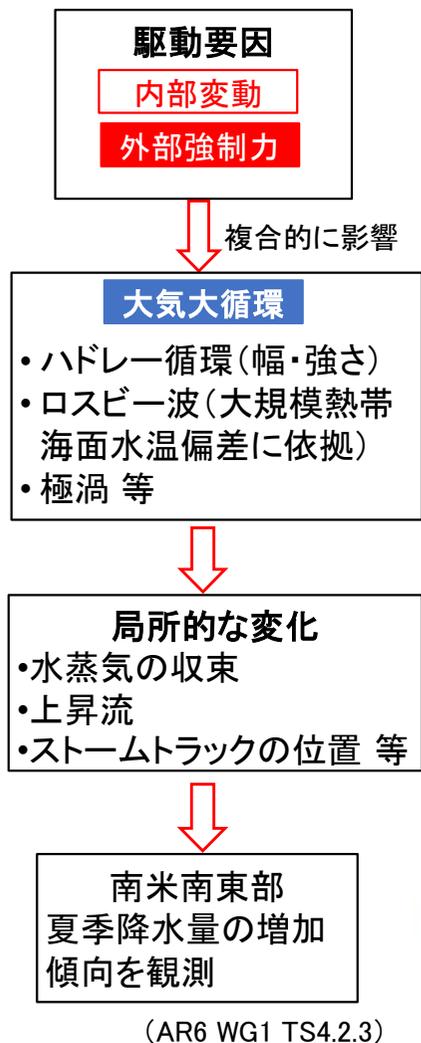
データセットの50%超においてデータが利用できない

出典: AR6 WG1 表TS.4より抜粋

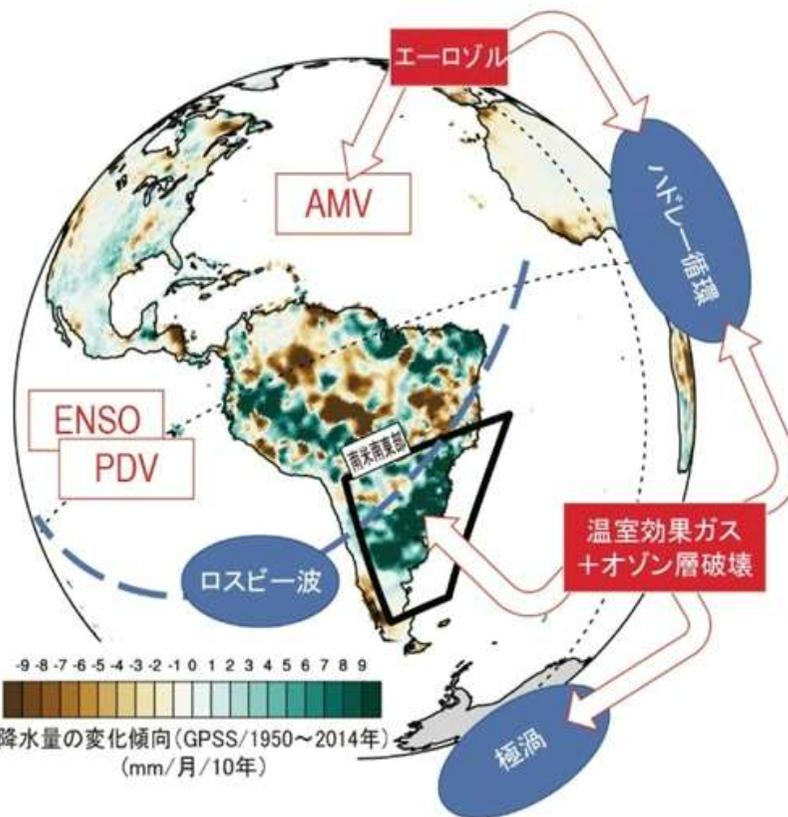
# 内部変動が地域的な降水量に与える影響

■ 内部変動は陸域の多くの地域で、観測された人為的な十年ないし数十年平均の降水量の変化の増幅又は減衰の主な原因である(確信度が高い)。 (AR6 WG1 SPM C.1.3)

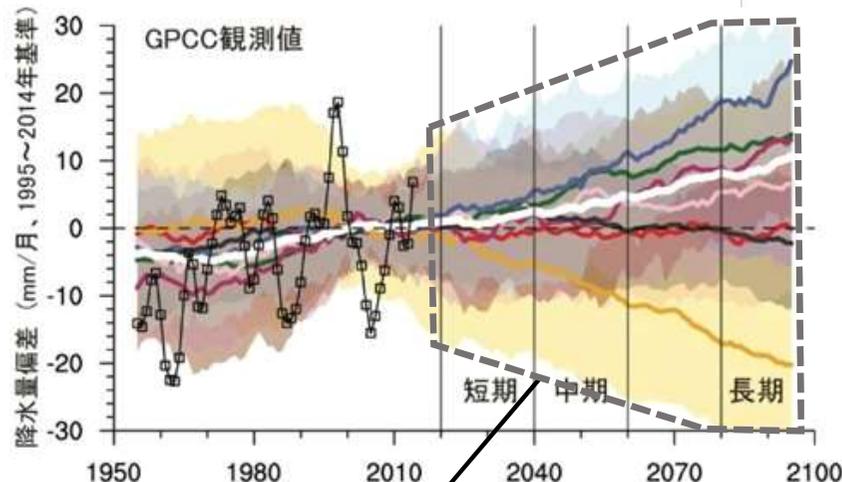
## 地域的な降水量変化に内部変動が果たす役割: 南米南東部の夏季降水量の例



(a) 南半球夏季(12~2月)に南米南東部(SES)で観測された降水量の変化傾向と変動性を解釈するための気候駆動要因と現象の特定



(b) 7つの大規模アンサンブルに基づく過去の期間及び21世紀の南米南東部(SES)の夏季(12~2月)の降水量のモデルシミュレーション/評価



### 将来予測の不確実性の要因:

- 内部変動
- モデル
- 自然起源及び人為起源のエーロゾル強制力

(AR6 WG1 SPM C.1.3)

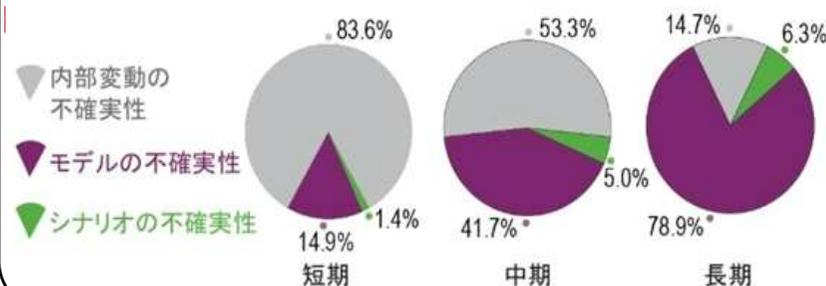


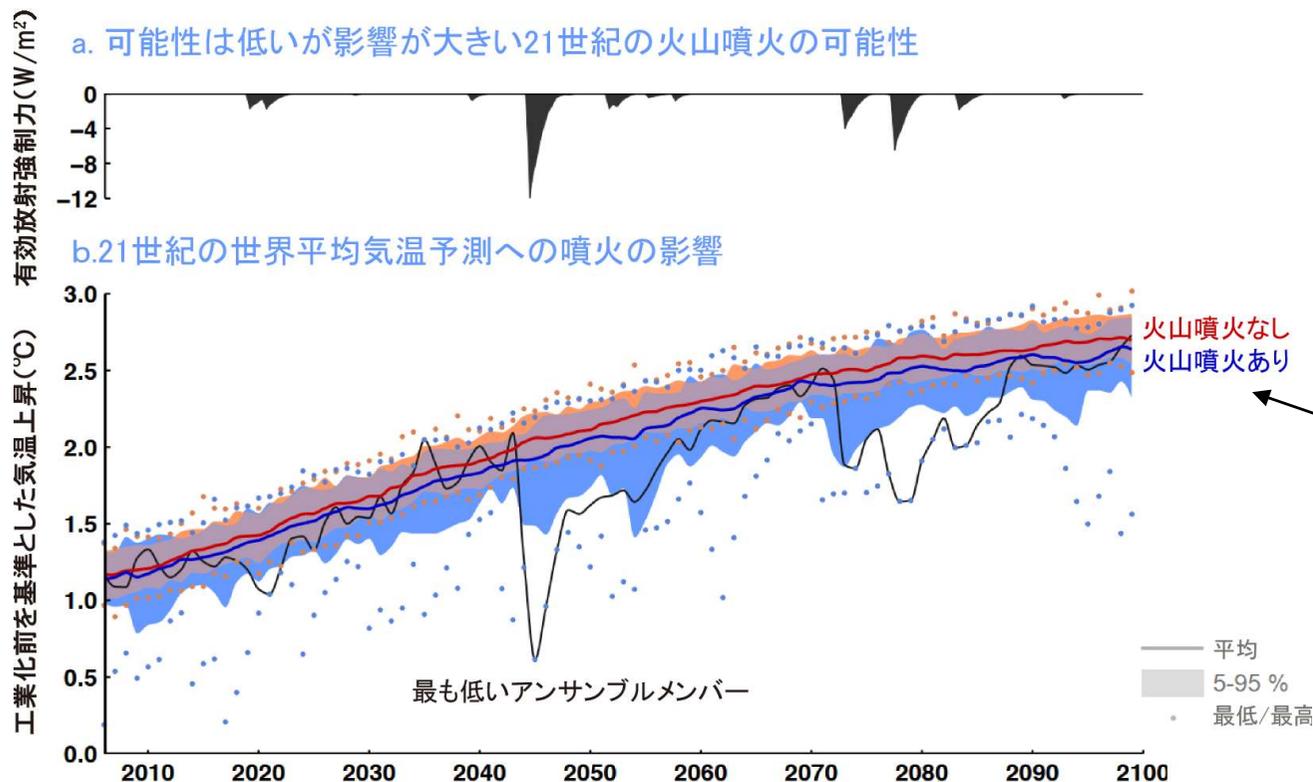
図 南米南東部の夏季降水量において観測された変化(aのマップ)と予測される変化(b)における、気候の変動性と気候変動の駆動要因の相互作用による影響、及び(c)不確実性の割合

# 内部変動以外の自然変動の影響

■ 古気候と過去の証拠に基づくと、21世紀中に少なくとも1回の大規模な爆発的な火山噴火が発生するであろう**可能性が高い\***。  
 (AR6 WG1 SPM C.1.4)

\*過去2500年の復元によると、 $-1 \text{ W/m}^2$  より大きい負の強制力をもたらす噴火は、平均して百年に2回発生する。

- 予測不可能で稀な、気候への人間の影響とは関係ない自然現象は、可能性が低くとも影響が大きい結果をもたらすかもしれない。例えば、過去に数十年以内に大規模な爆発的な一連の火山噴火が発生し、数十年にわたってかなりの世界的及び地域的な気候の摂動を引き起こした。そのような現象は将来において排除できないが、本来予測不可能であるため、本報告書で参照されている一連の例示的なシナリオには含まれていない。  
 (AR6 WG1 SPM C.3.5)



**大規模な火山噴火**

- 特に陸域で世界平均気温と降水量が1~3年間低下
- 地球規模のモンスーン循環の変化
- 極端な降水の変化
- 多くのCIDsの変化

⇒ 一時的かつ部分的に人為的な気候変動を覆い隠す  
 (AR6 WG1 SPM C.1.4)

図 火山噴火が将来の世界平均気温に与え得る影響

- a. 火山活動が最も活発なアンサンプルメンバーの火山活動による有効放射強制力(成層圏エアロゾルの光学的厚さから推定)
- b. RCP4.5の下で、火山噴火有りと無しの場合の世界平均地上気温の予測

# (参考) 気候変動のモード (内部変動) について

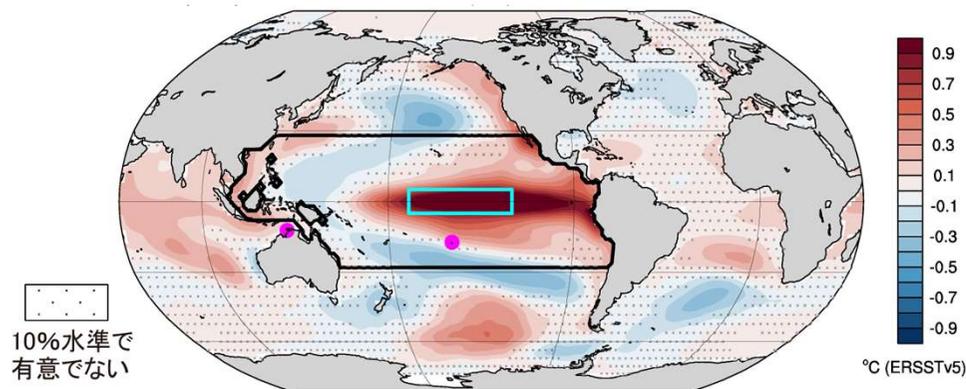
**用語解説** 気候変動のモード (modes of climate variability) とは？

固有の空間パターンや季節性、時間スケールを伴った、気候システムに内在する自然の変動現象の総称。このようなモードは、大気循環の力学的特性によって生じるが、海洋と大気の結合や、時には陸面や海水との相互作用によっても生じる。変動モードの多くは、気候内部のプロセスによって駆動され、季節内から10年単位の時間スケールでの気候予測を可能にする重要な要素である。エルニーニョ・南方振動(ENSO)、太平洋十年規模変動(PDV)等が知られている。

(AR6 WG1 Glossary)

## 気候変動のモードの例: エルニーニョ・南方振動(ENSO)

a. ENSOの海面水温(SST)の空間パターン(12-2月)



b. 様々な指標による12-2月のENSOの時間変化

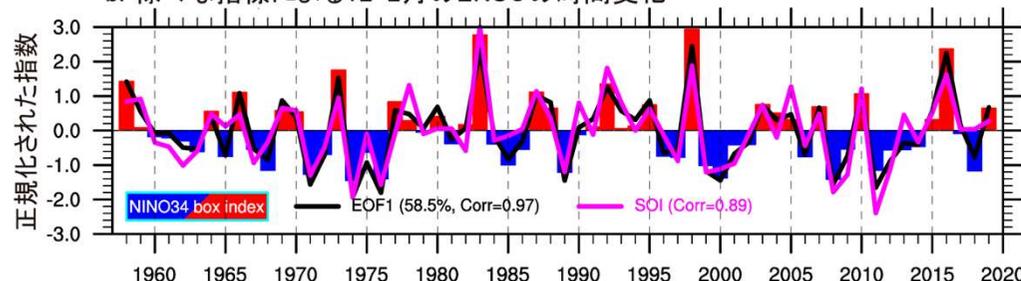


図 北半球冬季のENSOモード(1958~2019年のNINO34領域(地図中の水色のボックス)で平均した12, 1, 2月の海面水温偏差で定義、もしくは熱帯太平洋(地図中の黒色の領域)上の主要なEOFモードとして抽出)。(a) NINO3.4の時系列(図bの赤色と青色の棒グラフ)に回帰させた海面水温偏差。(b)の黒色曲線は標準化された主要な第一成分を、ピンク色曲線はSOI指標を示す。

## エルニーニョ・南方振動(ENSO)とは？

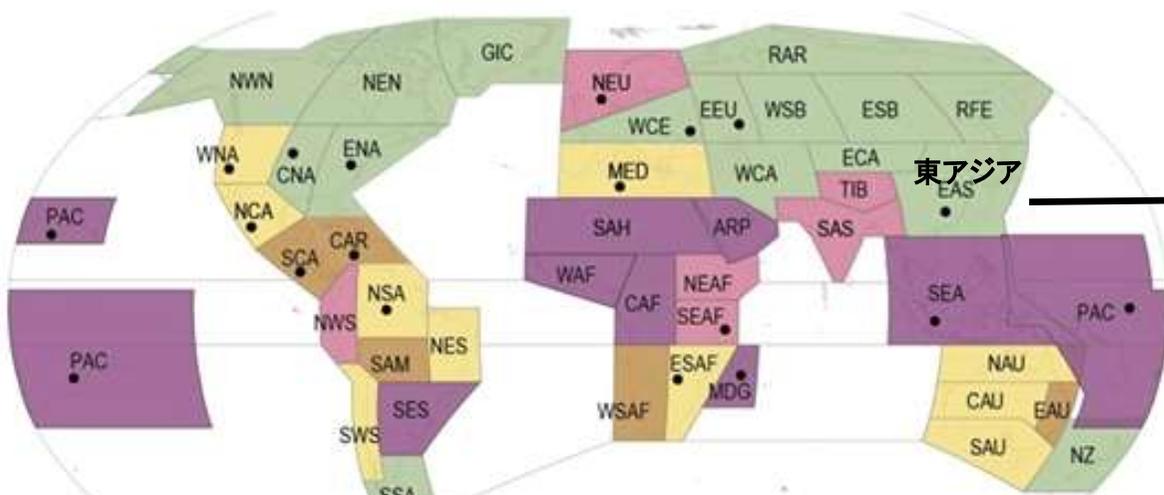
エルニーニョという言葉はもともと、エクアドルやペルーの沿岸を周期的に流れ、地元の漁業を妨害する暖流を表すものだった。その後、日付変更線の東の太平洋熱帯域の昇温と同定されるようになった。この海洋現象は、南方振動と呼ばれる地球規模の熱帯及び亜熱帯の表面気圧パターンの変動に関連している。この大気海洋結合現象は、二年から七年程度の時間スケールを持ち、エルニーニョ・南方振動(ENSO)として知られる。ENSOの温暖期と寒冷期は、それぞれエルニーニョ、ラニーニャと呼ばれる。この現象は、太平洋熱帯域の風、海面水温、降水パターンに多大な影響をもたらす。この現象は太平洋地域全体に、更に地球規模のテレコネクションを通じて世界の多くの地域に気候的な影響を及ぼす。

(AR6 WG1 Glossary)

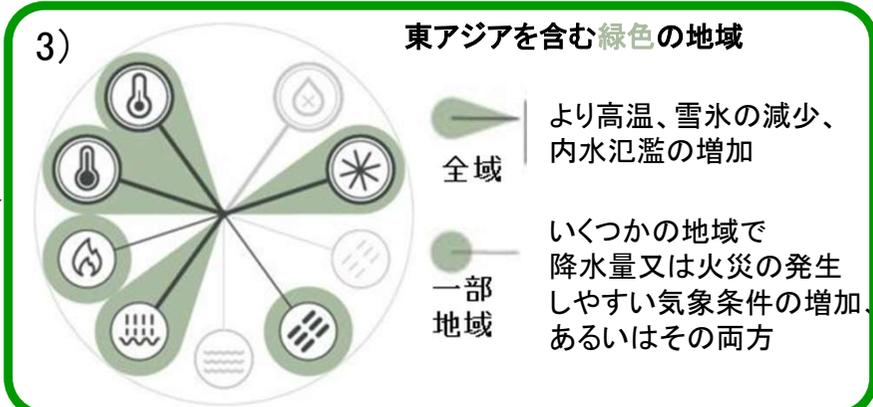
# 社会や生態系に影響を与えうる要因が益々顕著になる

■ 一層の地球温暖化に伴い、全ての地域において気候影響駆動要因(CIDs)の同時多発的な変化がますます経験されると予測される。1.5°Cの地球温暖化と比べて2°Cの場合には、いくつかのCIDsの変化がより広範になるが、この変化は、温暖化の程度が大きくなるとますます広範かつ/又は顕著になるだろう。  
(AR6 WG1 SPM C.2)

- 多くの地域において、地球温暖化の水準が高くなるにつれて複合的な現象が発生する確率が高まると予測される(確信度が高い)。特に、熱波と干ばつの同時発生がより頻発になる可能性が高い。1.5°Cの地球温暖化と比べて2°C以上の場合には、作物生産地域を含む複数の場所で、極端現象が同時に発生する頻度が増加する(確信度が高い)。  
(AR6 WG1 SPM C.2.7)

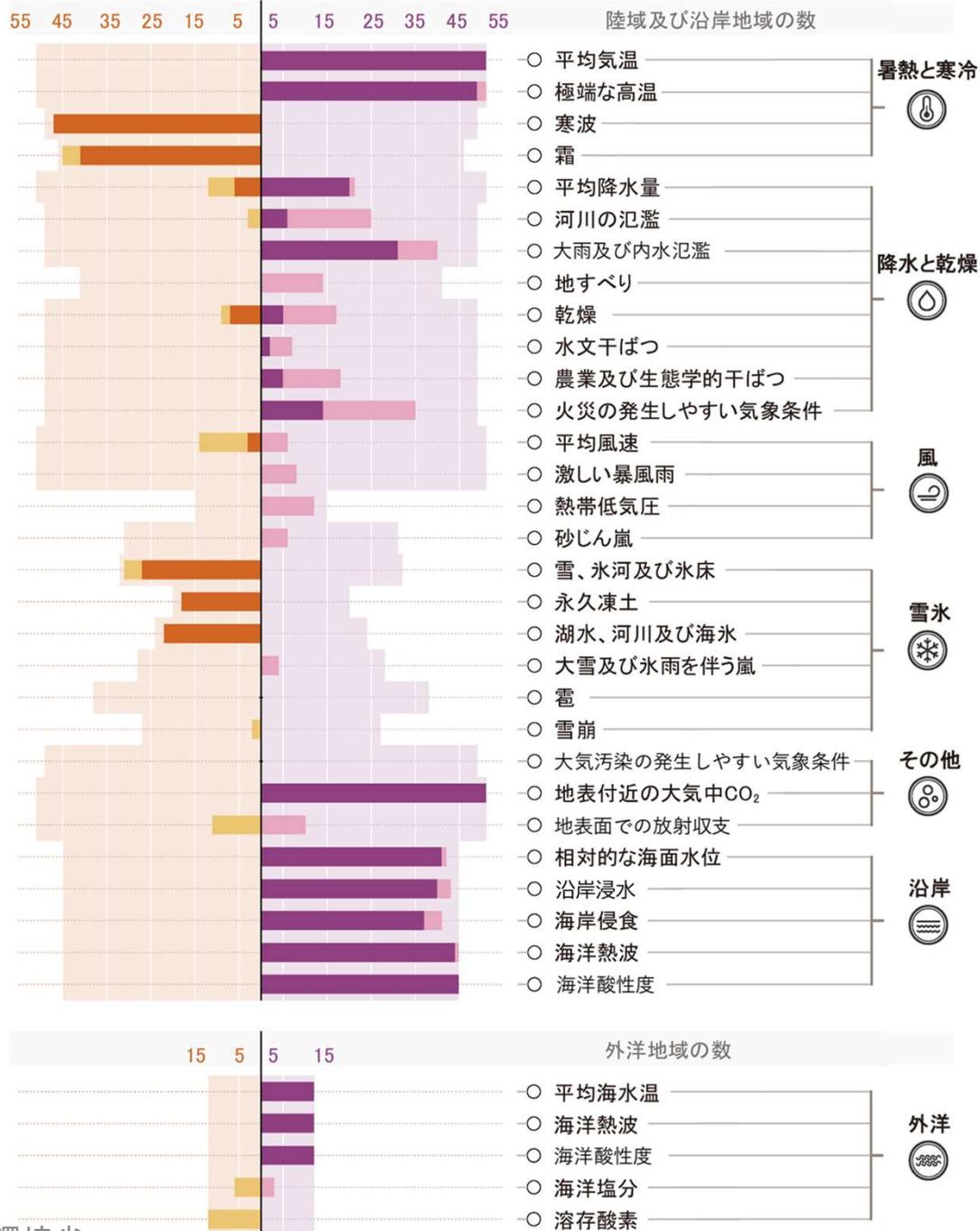


北米北東部(NEN)とグリーンランド/アイスランド(GIC)を除く全ての沿岸地域は相対的海面水位の上昇、沿岸浸水の増加、沿岸侵食の増加のうち少なくとも2つ以上の影響を受ける。



- 1) より高温かつ乾燥
- 2) より高温かつ乾燥、いくつかの地域でより極端な湿潤
- 3) より極端な高温と湿潤、いくつかの地域で降水量又は火災が発生しやすい気象条件の増加
- 4) より高温かつ湿潤、いくつかの地域で洪水の増加
- 5) より高温、いくつかの地域でより極端な湿潤又は降水量の増加
- 6) 熱帯低気圧の強度又は暴風の増加

# 社会や生態系に影響を与えうる要因が益々顕著になる (続き)



全ての地域\*において、更なる暑いCIDsの増加と寒いCIDsの減少を経験すると予測される(確信度が高い)。(AR6 WG1 C.2.1)

\*ここで、「地域」とはAR6 WG1で評価対象としているAR6 WG1参照地域を指す。

**用語解説 「気候影響駆動要因(CIDs)」とは?**  
 CIDs: Climatic Impact-Drivers  
 社会や生態系の要素に影響する物理学的な気候システムの状態(例えば平均、現象、極端現象)である。CIDsとその変化は、システムの許容範囲に応じて、相互に作用するシステムの構成要素と地域にわたり、有害にも有益にも中立にも、それらが混合した状態にもなりうる。(AR6 WG1 図SPM.9解説)

**棒グラフの凡例**

- 増加で確信度が高い地域 (濃い紫)
- 増加で確信度が中程度の地域 (薄い紫)
- 減少で確信度が高い地域 (濃いオレンジ)
- 減少で確信度が中程度の地域 (薄いオレンジ)

**背後の薄い色について**  
 グラフの棒の背後の薄い色は各CIDが関連する地域の最大数を表す。

図 気候影響駆動要因(CIDs)が変化すると予測されるAR6 WG1参照地域数  
 変化は2050年頃を中心とする及び/又は2°Cの地球温暖化に整合する20~30年の期間を、1960~2014年 又は1850~1900年の同様の期間と比較したものである。

# 大雨、干ばつ、平均降水量の地域的な予測

- 2°C以上の地球温暖化では、1.5°Cの場合比べて干ばつと大雨及び平均降水量の変化の確信度と規模が増大する。

(AR6 WG1 SPM C.2.3)

表 1.5°Cと2°Cの地球温暖化における、大雨と洪水、干ばつ、及び平均降水量の地域的な変化の予測の概要

地球温暖化の水準	 大雨と洪水	 干ばつ	 平均降水量
1.5°C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• アフリカとアジア(確信度が高い)、北米(確信度が中程度～高い)及び欧州(確信度が中程度)のほとんどの地域で、大雨及び関連する洪水の強度が増加し、より頻繁になると予測される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• アジアを除く人間が居住する全ての大陸の少数の地域で、より頻繁かつ/又は深刻な農業及び生態学的干ばつが予測される(確信度が中程度)。</li> <li>• いくつかの地域では気象干ばつも予測される(確信度が中程度)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 少数の地域で、平均降水量の増加や減少が起こると予測される(確信度が中程度)。</li> </ul>
2°C以上	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 太平洋諸島や北米及び欧州の多くの地域で大雨及び関連する洪水が激化し、より頻繁になると予測される(確信度が中程度～高い)。</li> <li>• これらの変化は、オーストラレーシア*及び中南米のいくつかの地域においてもみられる(確信度が中程度)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• アフリカ、南米、及び欧州のいくつかの地域においては、農業及び生態学的干ばつの頻度及び/又は強度の増加を経験すると予測される(確信度が中程度～高い)。そのような増加はオーストラレーシア、北中米、及びカリブ地域でも予測される(確信度が中程度)。</li> <li>• アフリカ、オーストラレーシア、欧州、及び北米の少数の地域では、水文干ばつの増加の影響を受け、いくつかの地域では気象干ばつの増加又は減少(より多くの地域で増加を示す)の影響を受けると予測される(確信度が中程度)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 両極、欧州北部及び北米北部の全ての地域、アジアのほとんどの地域、並びに南米の2つの地域において、平均降水量の増加が予測される(確信度が高い)。</li> </ul>

\*オーストラレーシア：豪州、ニュージーランド、及びメラネシアの一部の島嶼を含む地域。

出典：AR6 WG1 SPM C2.2及びC2.3より作成

# 温暖化の進行で影響要因が同時多発的に変化

■ 2°C以上の地球温暖化では、1.5°Cの地球温暖化と比べて、より多くの地域でより多くのCIDsの変化が予測される(確信度が高い)。(AR6 WG1 SPM C.2.4)

- 地域固有の変化は、熱帯低気圧の強度及び/又は温帯低気圧の強化(確信度が中程度)、河川の氾濫の増加(確信度が中程度~高い)、平均降水量の減少と乾燥度の増加(確信度が中程度~高い)、火災の発生しやすい気象条件の増加(確信度が中程度~高い)を含む。
- 雹、氷雨を伴う嵐、暴風嵐、砂じん嵐、大雪、地すべりなどの、潜在的な将来変化は確信度が低い。(AR6 WG1 SPM C.2.4)

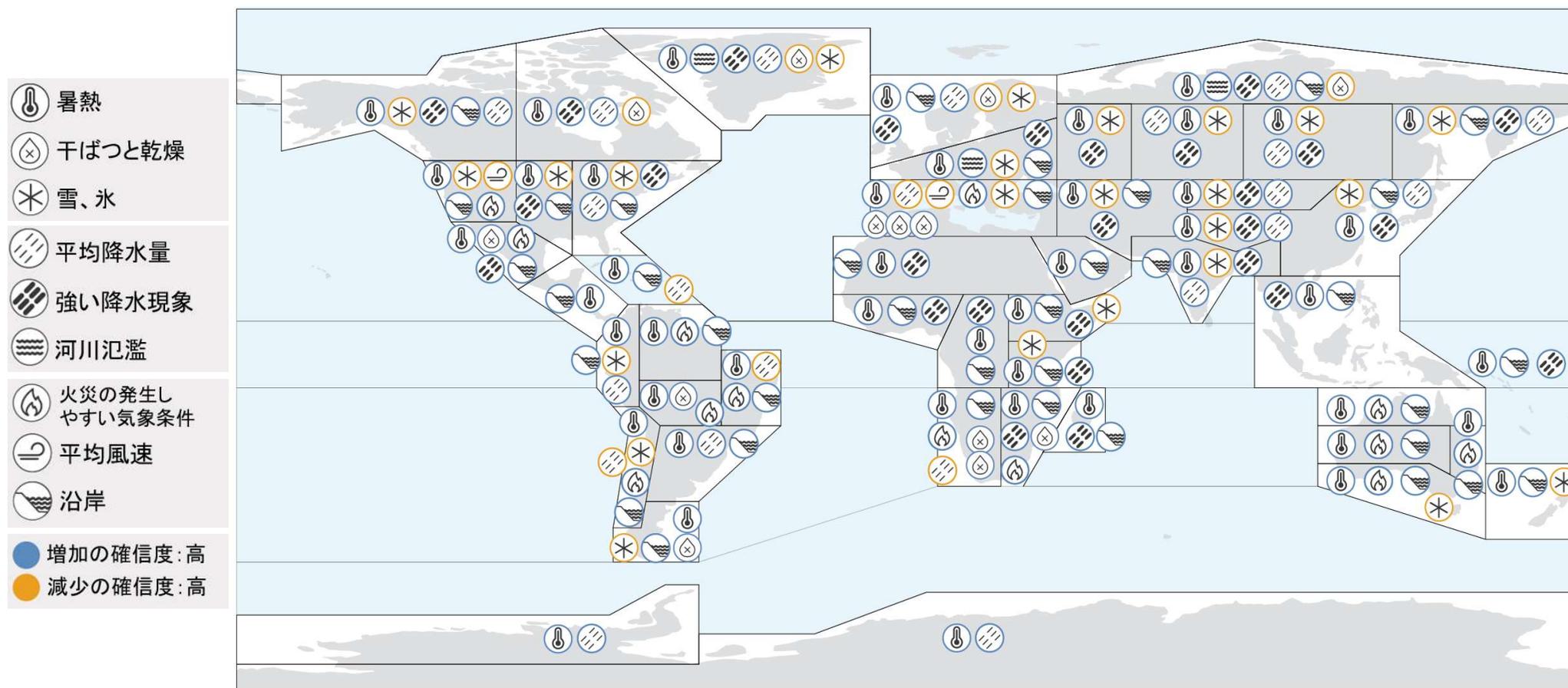


図 1995-2014年を基準として、2050年(2041-2060年)までに高い確信度で予測されるCIDの変化の概要(丸印の色は増加又は減少を意味)。「沿岸」は、相対的海面水位、沿岸浸水、沿岸侵食を含む。「平均風速」は平均風速と輸送パターン、及びそれらの日周期・季節周期を指す(AR6 WG1 表12.1参照)。

# 相対的海面水位は21世紀を通して上昇し続ける

■ 地質学的に土地の隆起速度が大きい少数の地域を除き、地域平均の相対的海面水位の上昇は21世紀を通して続く**可能性が非常に高い**ないし**ほぼ確実**である。(AR6 WG1 SPM C.2.5)

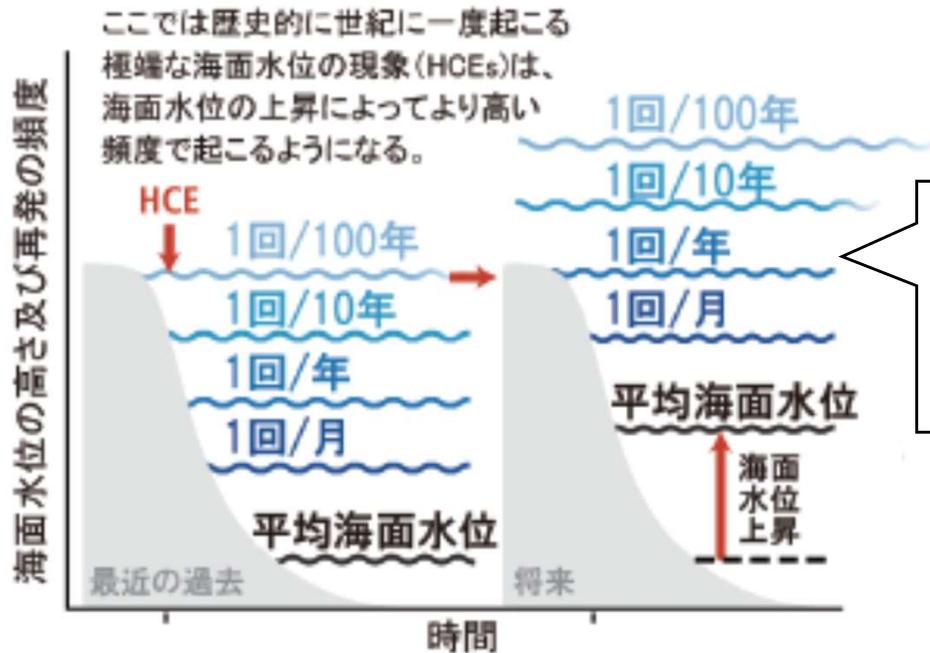


図 地域的な海面水位の上昇が予測される極端な海面水位の上昇の現象に与える影響の図解(原寸に比例しない)

出典: SROCC 図 SPM.4

相対的海面水位の上昇は、低地における沿岸浸水の頻度と深刻度の増大及びほとんどの砂地の海岸における海岸侵食に寄与する(確信度が高い)。

(AR6 WG1 SPM C.2.5)

世界の海岸線の約3分の2で、地域の相対的海面水位の上昇量は世界平均上昇量の±20%以内と予測される(確信度が中程度)。(AR6 WG1 SPM C.2.5)

相対的海面水位の上昇により、近年に100年に1度の頻度で発生した極端な海面水位が、2100年までには全潮位計設置場所の半数以上で少なくとも毎年発生すると予測される。

(AR6 WG1 SPM C.2.5)

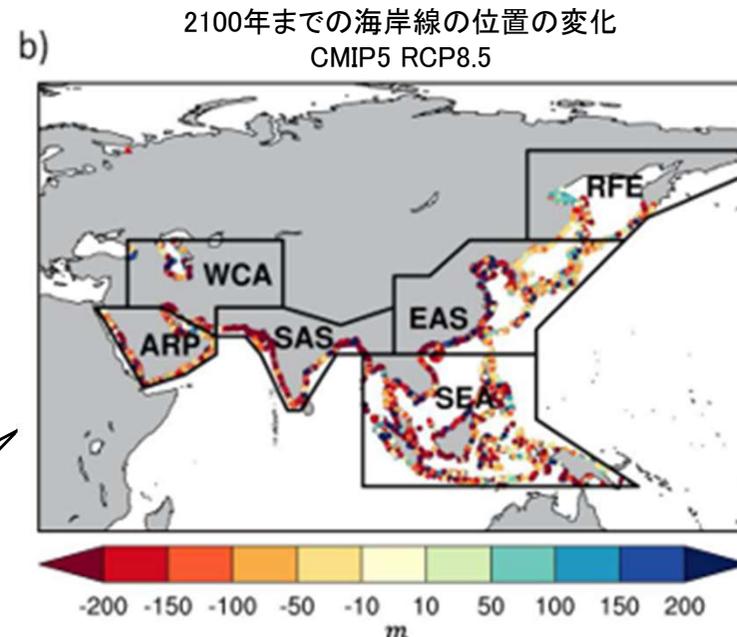


図 2010年を基準とした2100年の砂浜海岸線の位置の変化(CMIP5に基づくデータセットによる)。負の値は海岸線の後退を意味する。

出典: AR6 WG1 図12.6(b)

# 都市化は熱波の深刻度や洪水強度を増大させる

■ 都市は人為的な温暖化を局所的に強め、より頻度の高い極端な高温を伴って更なる都市化が進むと、熱波の深刻度が更に増大する(確信度が非常に高い)。(AR6 WG1 SPM C.2.6)

都市には、**熱を閉じ込めて放出する要因**が存在する一方で、水や植物などの**自然の降温の影響**が不足しているため、都市の気温は通常周辺地域よりも高い。(AR6 WG1 FAQ 10.2)

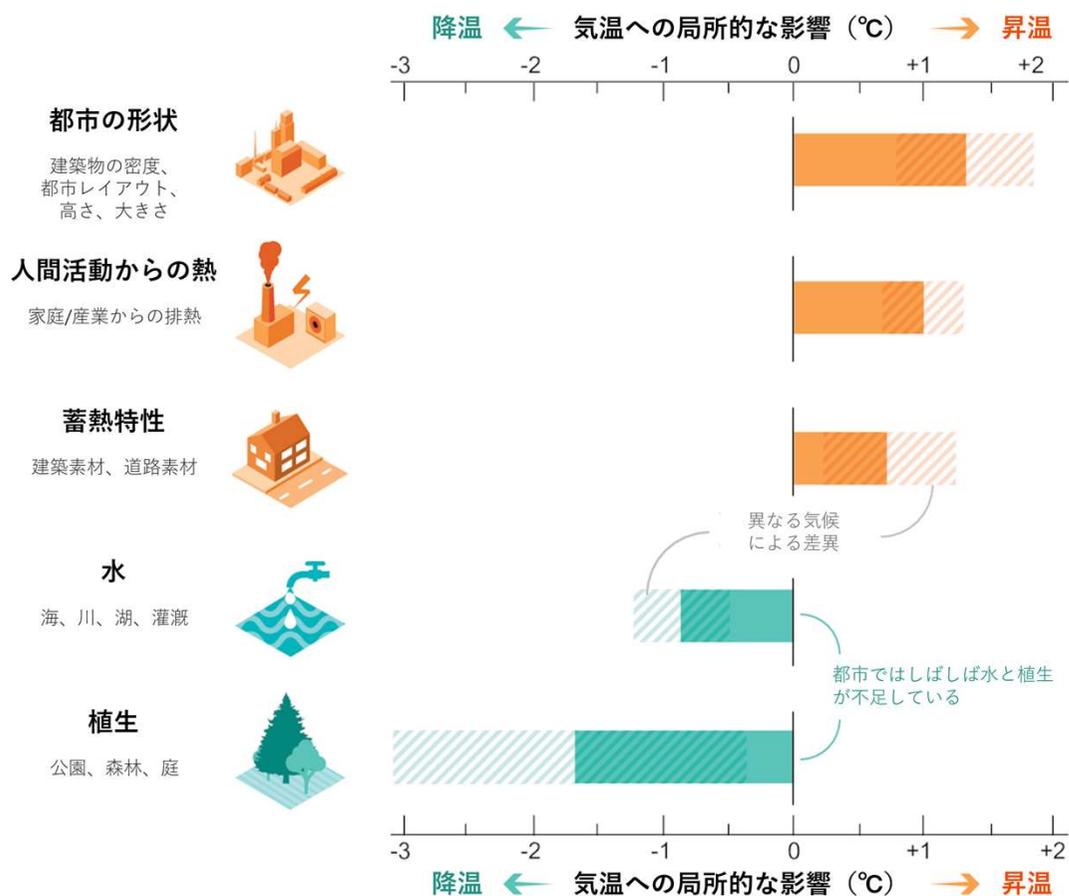


図 都市域周辺の気温を上げるもしくは下げる要因とその効率  
斜線領域は、局所的な気候が各要素の昇温効果と降温効果に与える影響の範囲を示す。  
出典: AR6 WG1 FAQ10.2 図1

## 都市域における影響

- 都市化は局所的な気温上昇を増幅し(確信度が非常に高い)、特に最低気温に強い影響(地球温暖化による影響と同等程度の影響)を与える(確信度が高い)。
- 温暖化による極端現象の頻発化と組み合わせ、暑い日や暑い夜が増加(確信度が非常に高い)。
- 都市域及び/又はその風下側で、特に午後や夕方の時間帯において、平均降水量と大雨に伴う降水量が増加(確信度が中程度)。その結果生じる流出強度が増加(確信度が高い)。
- 沿岸域の都市では、(海面水位上昇と高潮による)極端な海面水位及び極端な降雨や河川流量がより頻繁に起こることで、洪水が発生する確率が高まる(確信度が高い)。

(AR6 WG1 SPM C.2.6 及び Box TS.14)

# 農業や人体に関連する極端な高温の閾値

■ CIDsの変化は、 $2^{\circ}\text{C}$ 以上の地球温暖化では $1.5^{\circ}\text{C}$ の場合よりも大きいだろう(確信度が高い)。農業や健康に関連する極端な高温の閾値は、地球温暖化の水準が高いほど頻繁に超えられると予測される。  
(AR6 WG1 SPM C.2.1)

気候の閾値とは、社会や生態系の許容範囲を示すもので、多くのシステムには、気候条件がその値を超えると急激に変化する閾値が存在する。  
(AR6 WG1 FAQ 12..2)

気温が①の閾値(臨界)を超えると熱ストレスを受け始め生育が低下。結果的に収量減少につながり得る。

さらに高温の②の閾値(限界)に達すると、花粉不稔、組織障害等の影響を受け、結果的に凶作の可能性も。

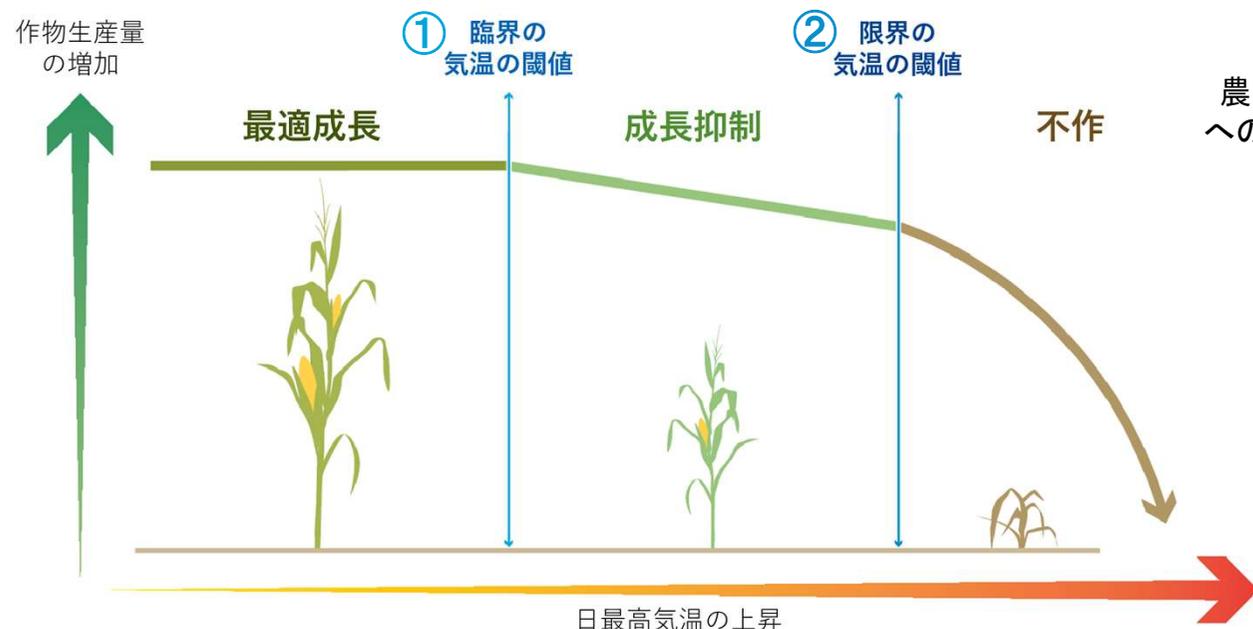
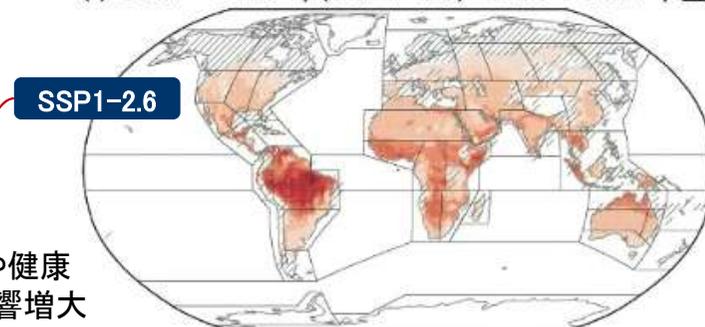


図 最高気温の閾値に対する作物の反応。他の環境要因( $\text{CO}_2$ や水等)の変化により、植物の温度上昇に対する耐性が高まる可能性があることにも留意が必要。

出典: AR6 WG1 FAQ12..2 図1

例えば、**日最高気温 $35^{\circ}\text{C}$ 超**は、トウモロコシの授粉や生産にとっての閾値とされている。(AR6 WG1 12.1)

(f) 2081~2100年(SSP1-2.6) 1995~2014年基準



(h) 2081~2100年(SSP5-8.5) 1995~2014年基準

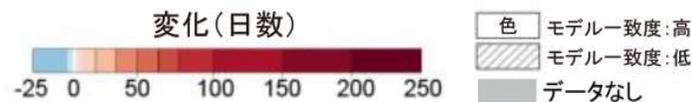
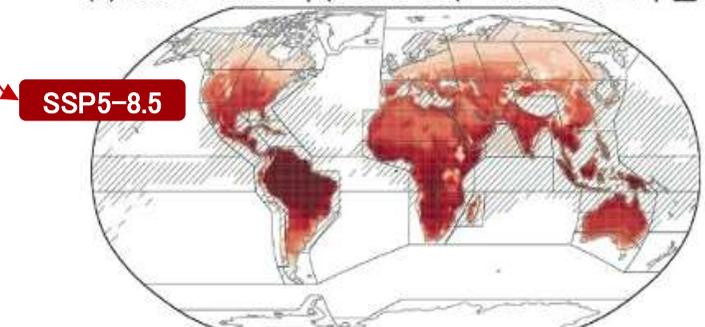


図 第6期結合モデル相互比較プロジェクト(CMIP6)のアンサンブルによる**日最高気温が $35^{\circ}\text{C}$ を超える年間平均日数の変化予測**

出典: AR6 WG1 図TS.24より抜粋、加筆。

# 可能性は低いが発生すれば影響が甚大な現象

■ 氷床の崩壊、急激な海洋循環の変化、いくつかの複合的な極端現象、及び将来の温暖化として可能性が非常に高いと評価された範囲を大幅に超えるような温暖化などの可能性の低い結果は排除できず、リスク評価に関係する。  
(AR6 WG1 SPM C.3)

## 「可能性が低くとも影響が大きい」結果とは？

- 発生する確率が低い又は(不確実性が大きいという意味で)不明であるものの、それによる社会や生態系への潜在的な影響が大きくなりうるであろうものこと  
(AR6 WG1 SPM 脚注34)
- 最も可能性が高い結果が、最も大きいリスクと関連しているとは限らない。  
(AR6 WG1 1.4.4.1)

- 可能性が低くとも影響が大きい結果は、所与のGHG排出シナリオにおいて可能性が非常に高い範囲の地球温暖化の場合でさえも、地球規模及び地域規模で発生しうるだろう。
- 可能性が低くとも影響が大きい結果の発生確率は、地球温暖化の水準が高くなるにつれて増加する(確信度が高い)。
- 南極氷床の融解の大幅な増加や森林枯死などの気候システムの突然の応答や臨界点(ティッピングポイント)は排除できない(確信度が高い)。  
(AR6 WG1 SPM C.3.2)

## アマゾンの森林伐採と乾燥化に起因する、可能性が低くとも影響が大きい結果

アマゾンで森林伐採と乾燥化が継続  
⇒ 2050年までに森林面積が最大で50% (最も悪いシナリオ) 消失し、2100年まで乾燥化が進行; 壊滅的な森林火災発生

森林伐採、乾燥化、森林火災の増加が重なり、熱帯雨林の生態系がティッピングポイントを超える  
⇒ ・地表面の急速な劣化  
・大気中水分再循環の急激な減少  
・降水量の流出割合の増加  
・さらなる乾燥気候へのシフト

熱帯雨林の立ち枯れ  
⇒ 水循環の急激な変化

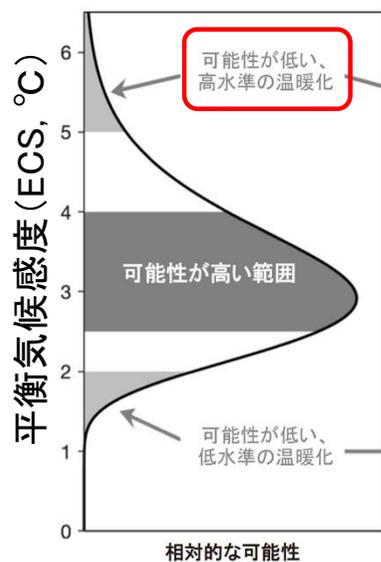
出典: AR6 WG1 8.6.2.1より作成

アマゾンの乾燥化と森林伐採が地域的な水循環に急激な変化をもたらすという強い理論的な予測がある一方で、現在のところ、この応答を検証するモデルの証拠は限定的であり、2100年までにこのような変化が起こると確信度は低い。

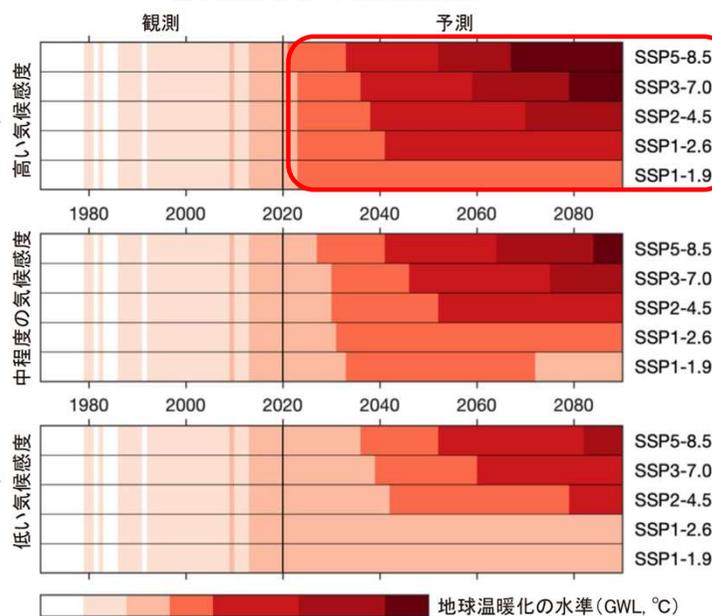
# 可能性は低いが大規模な温暖化になった場合の影響

■ 地球温暖化が、GHG排出が少ないシナリオを含む所与のGHG排出シナリオにおいて**可能性が非常に高い**と評価された範囲を超える場合、地域降水量やその他のCIDsなど気候システムの多くの側面における世界的及び地域的な変化もまた、それらの**可能性が非常に高い**と評価された範囲を超えるだろう(確信度が高い)。 (AR6 WG1 SPM C.3.1)

平衡気候感度がとらえる範囲と可能性(起こりやすさ)の模式図



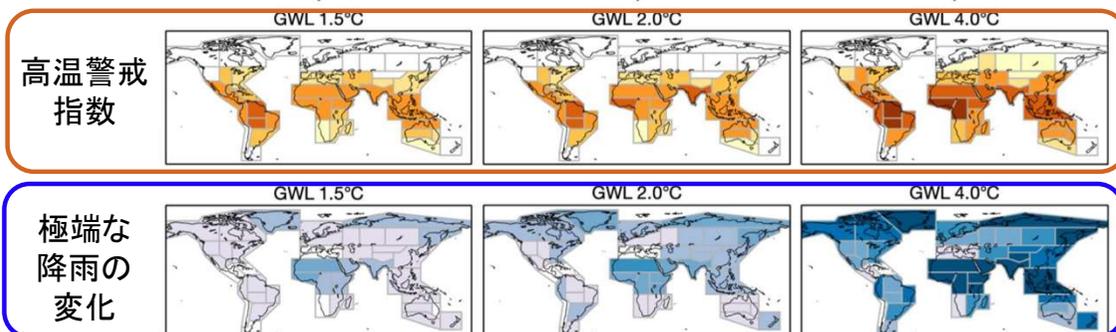
評価された世界平均気温の変化



可能性の低い大規模な温暖化:  
例えば、SSP1-2.6で、地球温暖化の水準が2°Cを大幅に超える場合。 (AR6 WG1 第4章ES)

可能性の低い大規模な温暖化の結果は、潜在的に非常に大きな影響(より強くより頻繁な**熱波**や**大雨**を通じた影響)及び人間システムと生態系における高いリスクと関連しており、特にGHG排出の多いシナリオにおいて顕著である。 (AR6 WG1 SPM C.3.1)

図 可能性が非常に高いと評価された範囲を大幅に超える温暖化では、気候システムの変化も「可能性が非常に高い」と評価された範囲を超えることを示す図。



# 観測史上例のない程の複合的な極端現象

■ 地球温暖化が進行すると、過去及び現在の気候においては可能性が低かったいくつかの複合的な極端現象がより頻繁になり、強度、継続期間、及び/又は空間的広がりが観測史上例のないほど増大した現象が発生する可能性が高まる(確信度が高い)。(AR6 WG1 SPM C.3.3)

- 気候の極端現象に関連した可能性が低くとも影響が大きい事象の将来的な発生は低い確信度を伴うが、特に4°Cを超える地球温暖化の水準において、排除することはできない。複合的な極端現象を含む複合的な事象は、可能性が低くとも影響が大きい事象の発生確率を高める要因である(確信度が高い)。
- 但し、現在の気候においても発生確率が特に低くはない極端現象でも、地球温暖化の速度のため予期せぬ結果として認識されうる。  
(AR6 WG1 第11章 ES)

表 可能性が低くとも影響が大きい極端な状況(単独の極端現象、複合現象)の、異なる地球温暖化水準における変化の例

現象	+1°C(現在)	+1.5°C	+2°C	+3°C以上
現在の発生確率が1%の最も暑い年間日最高気温のリスク比率(risk ratio)* : 全球の陸域	1	3.3 (つまり、発生確率が230%増加)	8.2 (つまり、発生確率が720%増加)	評価なし
現在の発生確率が1%の強い降水現象のリスク比率(risk ratio)* : 全球の陸域	1	1.2 (つまり、発生確率が20%増加)	1.5 (つまり、発生確率が50%増加)	評価なし
20世紀末時点での発生確率が1/1000の暑い日(「極端な極端現象」)の発生確率: 全球の陸域	ほぼ全ての場所で、20年間に約20日	ほぼ全ての場所で、20年間に約50日	ほぼ全ての場所で、20年間に約150日	ほぼ全ての場所で、20年間に約500日(3°C)
20世紀末時点での発生確率が1/1000の暑い日が、発生確率が1/1000の乾燥した日と同じ週に発生する確率: アマゾン	確率0%	20年間に約1週間	20年間に約4~5週間	20年間に9週間以上(3°C)
火災の季節の地域平均期間の増加: 全球の陸域	評価なし、基準期間 1981-2000年	6.2日間	9.5日間	約50日間(4°C)

\*「リスク比率(risk ratio)」とは、所与の極端現象の発生確率を、異なる地球温暖化の水準における相対的な比率として示したものである。地球温暖化の水準が特定の気候の極端現象の発生確率に与える影響を説明するために利用される。[脆弱性や曝露も考慮した]包括的な意味での相対的なリスクを説明するものではない。(Kharin et al., 2018)

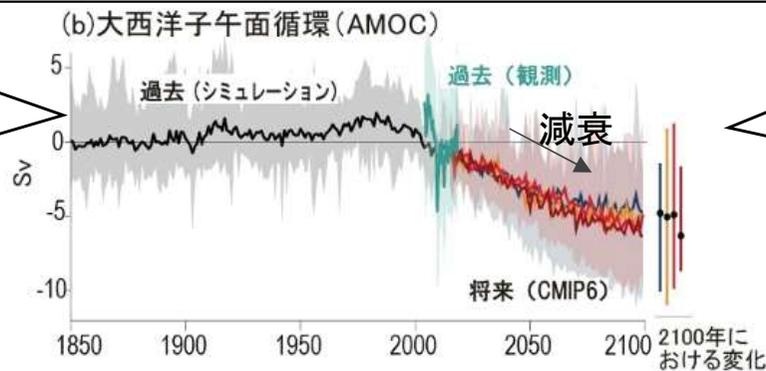
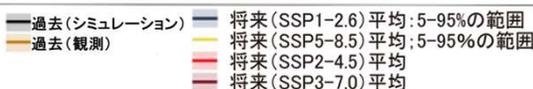
出典: AR6 WG1 Box 11.2 表1より抜粋

# AMOCが2100年までに突然停止しないことの確信度は中程度

■ 大西洋子午面循環 (AMOC) は、全ての排出シナリオで21世紀を通して衰える可能性が非常に高い。21世紀中の衰退については確信度が高い一方、傾向の大きさについては低い確信度しかない。2100年までに突然停止しないことは確信度が中程度である。(AR6 WG1 SPM C.3.4)

## AMOCのこれまでの変化

- ✓ 過去8,000年間には比較的安定していた(確信度が中程度)。
- ✓ 20世紀中のAMOCの変化の定量化については、確信度が低い。(AR6 WG1 TS.2.4)



## AMOCの将来予測

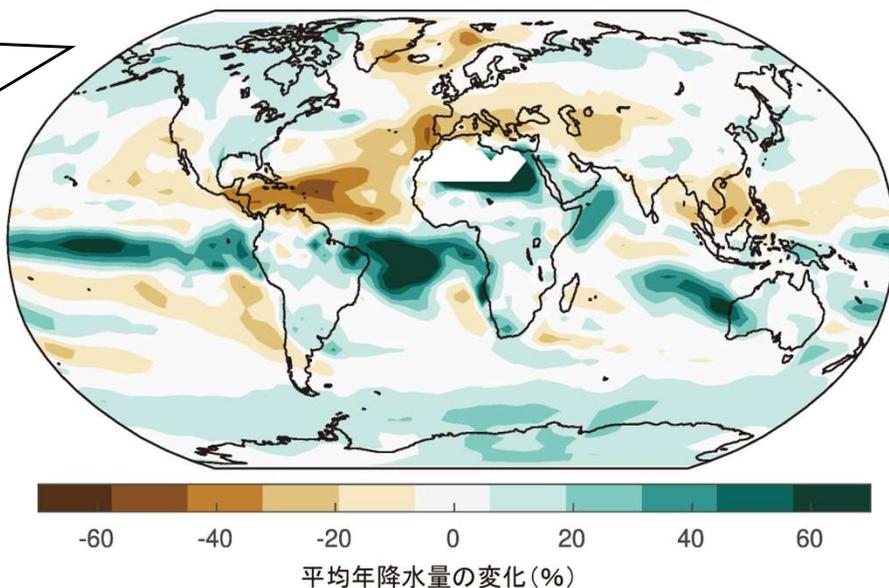
- ✓ 全てのシナリオで21世紀を通して衰える(可能性が非常に高い)。
- ✓ 2100年までに突然停止しない(確信度が中程度)。(AR6 WG1 SPM C.3.4)

図 1995-2014年を基準としたAMOCの移動量変化  
出典: AR6 WG1 図TS.11(b)

可能性は低いが、  
もしもAMOCが突然停止したら...

## (b) CO<sub>2</sub>が2倍の状態AMOCが突然停止した場合

AMOCの突然停止による影響は、大西洋周辺だけでなく、世界の広範囲に及ぶ。



地域的な気象パターンと水循環に急激な変化を引き起こす可能性が非常に高い。

- ✓ 熱帯降水帯の南方シフト
- ✓ アフリカやアジアのモンスーンの弱体化
- ✓ 南半球のモンスーンの強化
- ✓ 欧州における乾燥 など

出典: AR6 WG1 SPM C.3.4

図 CO<sub>2</sub>濃度が1900年の2倍の状況下で、AMOCが突然停止した場合の降水量の応答の予測。年降水量が20mm未満の地域はマスクされている。

# 第4章 将来の気候変動の抑制

## <評価の概要>

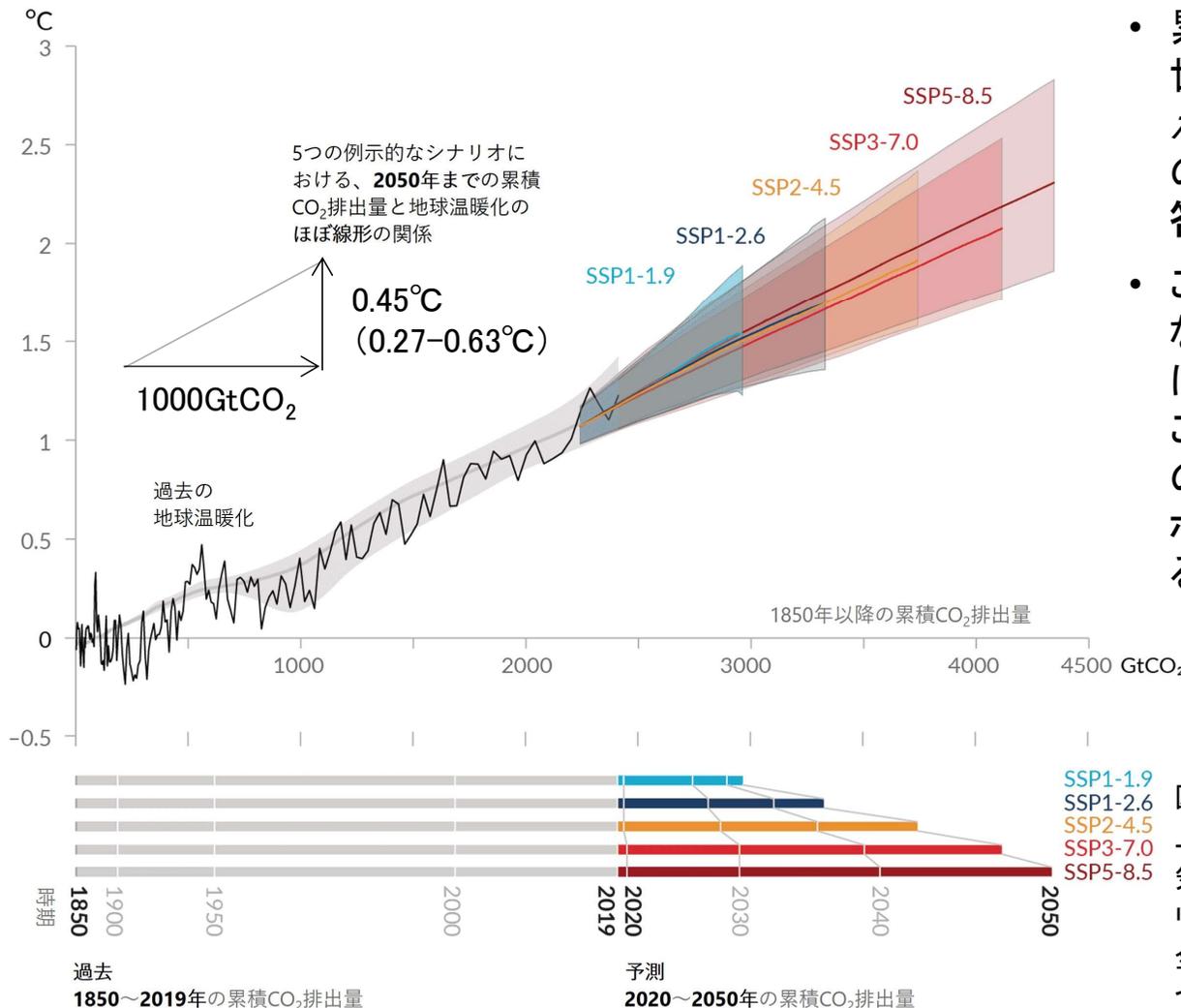
- 人為的な地球温暖化を特定の水準に制限するには、CO<sub>2</sub>の累積排出量を制限し、少なくとも正味ゼロのCO<sub>2</sub>排出を達成し、他の温室効果ガスの排出も大幅に削減する必要がある。
- GHG 排出が非常に少ない又は少ないシナリオは、GHG 排出が多い又は非常に多いシナリオと比べて、温室効果ガスとエアロゾルの濃度及び大気質に、数年以内に識別可能な効果をもたらす。これらの対照的なシナリオ間の識別可能な差異は、世界平均気温の変化傾向については約20年以内に、他の多くの気候影響駆動要因についてはより長い期間の後に、自然変動の幅を超え始めるだろう。

# 地球温暖化を抑えるにはCO<sub>2</sub>正味ゼロ排出達成が必要

■ 自然科学的見地から、人為的な地球温暖化を特定の水準に制限するには、CO<sub>2</sub>の累積排出量を制限し、少なくとも正味ゼロのCO<sub>2</sub>排出を達成し、他の温室効果ガスの排出も大幅に削減する必要がある。

( AR6 WG1 SPM D.1)

累積CO<sub>2</sub>排出量 (GtCO<sub>2</sub>) の関数としての1850~1900年以降の世界平均気温の上昇 (°C)



- 累積CO<sub>2</sub>排出量が1000 GtCO<sub>2</sub>増加するごとに、世界平均気温が0.27~0.63°C上昇する可能性が高く、最良推定値は0.45°Cと評価される。この量は累積CO<sub>2</sub>排出量に対する過渡的気候応答(TCRE)と呼ばれる。
- この関係が示唆するところは、世界の人為的な気温上昇をいかなる水準でも安定させるには、正味ゼロの人為的なCO<sub>2</sub>排出を達成することが必要であるが、世界の気温上昇を特定の水準に抑えるには、累積CO<sub>2</sub>排出量をカーボンバジェットの範囲内に抑えることを意味するだろうということである。

(AR6 WG1 SPM D.1.1)

\*カーボンバジェットの詳細は次頁参照。

図 累積CO<sub>2</sub>排出量と世界平均気温上昇とのほぼ線形の関係  
上: 累積CO<sub>2</sub>排出量の関数としての1850~1900年以降の世界平均気温の上昇。着色域は可能性が非常に高い範囲。予測には、シナリオに応じた累積CO<sub>2</sub>排出量を用い、予測される地球温暖化には、全ての人為的な強制因子からの寄与が含まれる。1850~2050年について描かれている。下: それぞれのシナリオにおける過去と予測される累積CO<sub>2</sub>排出量(GtCO<sub>2</sub>)。

# 特定の気温水準に抑えるための残余カーボンバジェット

■ 残余カーボンバジェットの推定値を決定するいくつかの要因が再評価されたが、SR1.5以降のこれらの要因の更新の程度は小さい。したがって、残余カーボンバジェットの推定値は過去の報告書以降の排出量について調整するとSR1.5と比べて同程度であるが、方法論の改善のためAR5と比べて大きい。

(AR6 WG1 SPM D.1.3)

表 過去の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量及び残余カーボンバジェット推定値。  
残余カーボンバジェットの推定値は、2020年の初めから計算され、世界全体でCO<sub>2</sub>排出量が正味ゼロに到達する時点まで及ぶ。これらはCO<sub>2</sub>排出量を指すが、非CO<sub>2</sub>排出による地球温暖化の効果も考慮している。本表における地球温暖化とは、人為的な世界平均気温の上昇を示しており、個々の年における世界全体の気温に対する自然変動の影響は含まれていない。

1850~1900年から2010~2019年にかけての地球温暖化(°C)		1850~2019年にかけての過去の累積CO <sub>2</sub> 排出量(GtCO <sub>2</sub> )					
1.07 (0.8~1.3; 可能性が高い範囲)		2390 (± 240; 可能性が高い範囲)					
1850~1900年を基準とした気温上限までのおおよその地球温暖化(°C) <sup>a</sup>	2010~2019年を基準とした気温上限までの追加的な地球温暖化(°C)	2020年の初めからの残余カーボンバジェット推定値(GtCO <sub>2</sub> )					非CO <sub>2</sub> 排出削減量のばらつき <sup>c</sup>
		気温上限までで地球温暖化を抑制できる可能性 <sup>b</sup>					
		17%	33%	50%	67%	83%	
1.5	0.43	900	650	500	400	300	付随する非CO <sub>2</sub> 排出削減の程度により、左記の値は220 GtCO <sub>2</sub> 以上増減しうる
1.7	0.63	1450	1050	850	700	550	
2.0	0.93	2300	1700	1350	1150	900	

• 残余カーボンバジェットの推定は、TCREの推定値とその不確実性、過去の昇温の推定値、非CO<sub>2</sub>排出量から予測される昇温のばらつき、永久凍土の融解に起因する排出量などの気候システムのフィードバック、及び世界全体の正味ゼロの人為的なCO<sub>2</sub>排出量が達成された後の世界平均気温の変化に基づく。

(AR6 WG1 SPM D.1.2)

**用語解説**

**カーボンバジェット**

他の人為的な気候強制力の影響を考慮した上で、地球温暖化を所与の確率で所与の水準に抑えることにつながる、世界全体の正味の人為的累積CO<sub>2</sub>排出量の最大値。最近の特定の時期を起点とした場合は「残余カーボンバジェット」と呼ばれる。

過去の累積CO<sub>2</sub>排出量は、これまでの温暖化を大部分決定するが、将来の排出は将来の追加的な温暖化を引き起こす。温暖化を特定の気温水準以下に抑えるにあたり、まだ排出しうるCO<sub>2</sub>の量を示す。

(AR6 WG1 SPM 脚注43)

\*ここに記載した可能性は、累積CO<sub>2</sub>排出量に対する過渡的気候応答(TCRE)と地球システムの追加的なフィードバックの不確実性に基づいており、地球温暖化が左記の2列に示された気温水準を超えない確率を示す。過去の昇温に関する不確実性(± 550 GtCO<sub>2</sub>)と非CO<sub>2</sub>の強制力とそれに伴う応答に関する不確実性(± 220 GtCO<sub>2</sub>)は、TCREの不確実性の評価で一部扱われているが、2015年以降の最近の排出量の不確実性(± 20 GtCO<sub>2</sub>)と正味ゼロのCO<sub>2</sub>排出量を達成した後の気候応答の不確実性(± 420 GtCO<sub>2</sub>)は別扱いとなる。

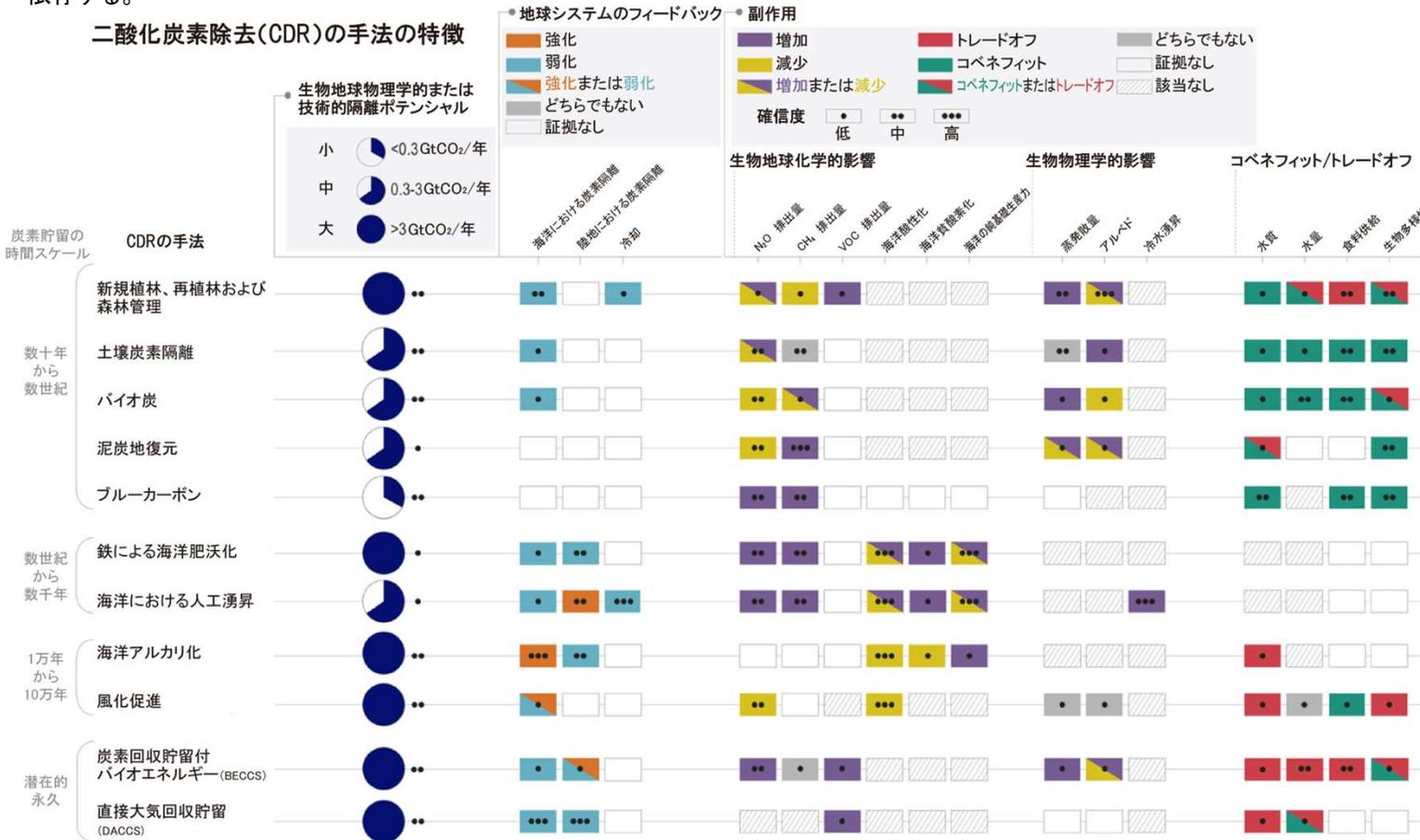
\*\*残余カーボンバジェットの推定値は、SR1.5で評価されたシナリオで示唆される非CO<sub>2</sub>駆動要因による温暖化を考慮している。

出典: AR6 WG1 表 SPM.2

# 人為的なCO<sub>2</sub> 除去 (CDR) で想定される効果と影響

- 人為的なCO<sub>2</sub>除去(CDR)は、大気中からCO<sub>2</sub>を除去し、貯留先に永続的に貯蔵する潜在的可能性がある(確信度が高い)。
  - 生物地球化学的循環や気候に潜在的に広範囲にわたる影響を及ぼしうるが、このことがCO<sub>2</sub>を除去し温暖化を抑制するこれらの技術の潜在的可能性を弱めることも強めることもありうるほか、水の利用可能性や水質、食料生産、及び生物多様性にも影響を及ぼしうる(確信度が高い)。
- (AR6 WG1 SPM D.1.4)

\* CDR が生物多様性、水及び食料生産に対して潜在的に正に影響するか負に影響するかは技術によって異なり、多くの場合、局所的な状況、管理、以前の土地利用及び実施規模に大きく依存する。(AR6 WG1 SPM脚注45)



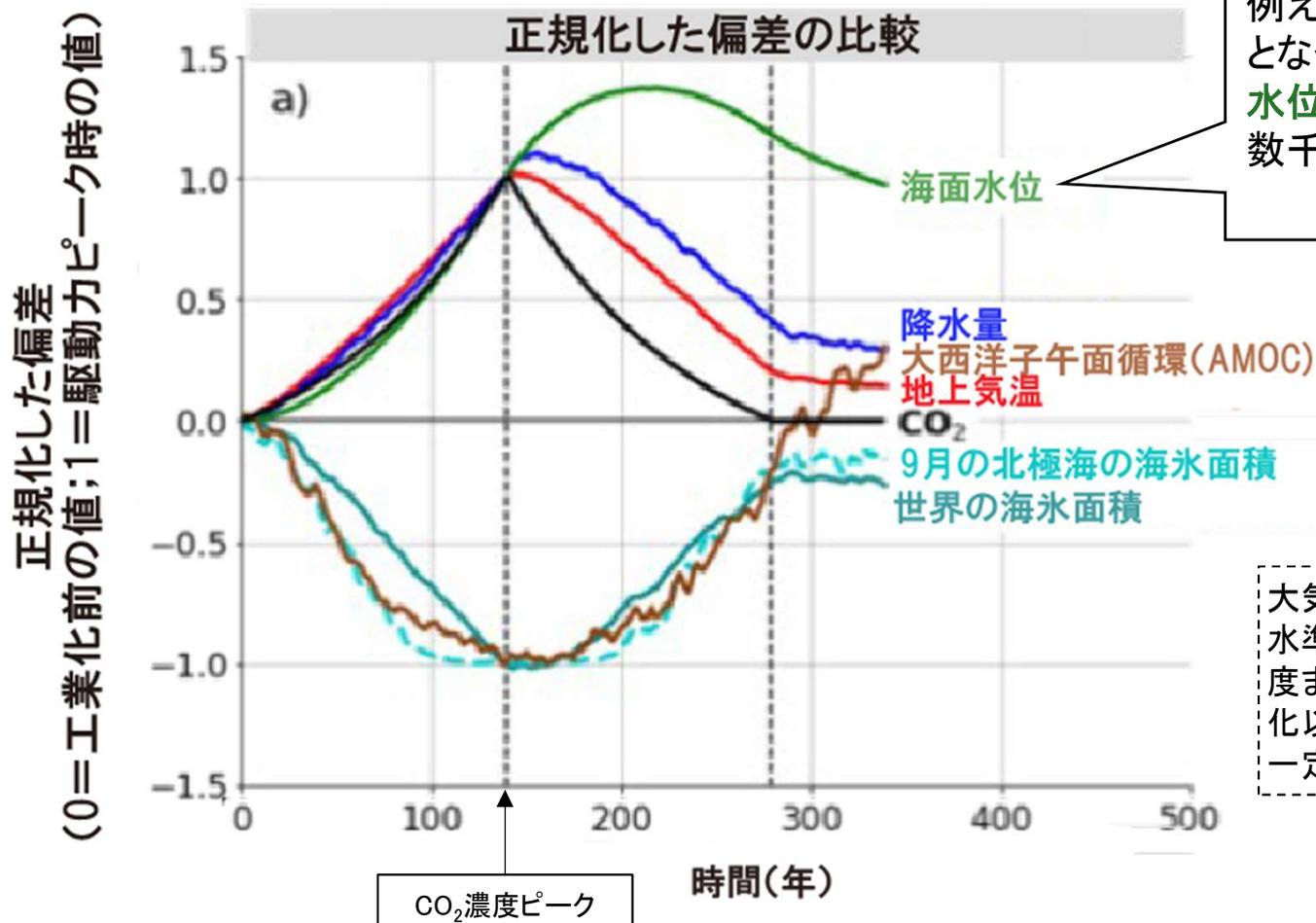
- 人為的なCO<sub>2</sub>除去(CDR)が世界全体の正味負の排出をもたらすと、大気中のCO<sub>2</sub>濃度が低下し、海洋表層での酸性化が逆転するだろう(確信度が高い)。
- 人為的なCO<sub>2</sub>の除去及び排出は、陸域と海洋の炭素プールがCO<sub>2</sub>をそれぞれ放出及び吸収することにより部分的に相殺される(確信度が非常に高い)。

(AR6 WG1 SPM D.1.5)

図 二酸化炭素除去(CDR)の手法の特徴 炭素貯留の時間スケール順

# 正味負のCO<sub>2</sub>排出量が持続した場合の気候変動の継続性

■ 世界全体で正味負のCO<sub>2</sub>排出が達成され持続した場合、CO<sub>2</sub>による世界平均気温の上昇は徐々に下降に向かうだろうが、他の気候の変化は数十年から数千年の間、現在の方  
向性を継続するだろう(確信度が高い)。  
( AR6 WG1 SPM D.1.6)



例えば、CO<sub>2</sub>排出量が大幅に正味負となった場合でさえも、**世界平均海面水位**が下降に転じるには数百年から数千年かかるだろう(確信度が高い)。  
(AR6 WG1 D.1.6)

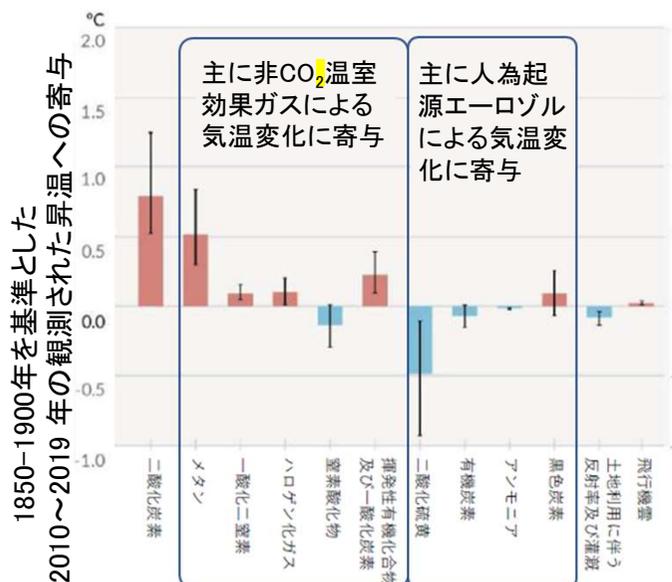
大気中のCO<sub>2</sub>濃度を工業化以前の水準から毎年1%の割合で4倍の濃度まで増加、その後同じ割合で工業化以前の水準まで減少させ、その後一定としている。

図 二酸化炭素除去(CDR)による正味負のCO<sub>2</sub>排出に対する気候応答の遅れ

出典: AR6 WG1 図4.37(a)に加筆

# CH<sub>4</sub>の排出削減は温暖化の抑制と大気質改善の両方に寄与

■ CH<sub>4</sub>排出の大幅、迅速、かつ持続的な削減は、エアロゾルによる汚染の減少に伴う昇温効果を抑制し、大気質を改善させるだろう。  
 (AR6 WG1 SPM D.1)



- 5つの例示的なシナリオでは、大気汚染にも寄与するCH<sub>4</sub>、エアロゾル及びオゾン前駆物質の排出量の同時的な変化は短期的及び長期的に正味の世界平均気温上昇をもたらす(確信度が高い)。長期的には、大気汚染対策と強力かつ持続的なCH<sub>4</sub>排出量削減の組み合わせを想定したシナリオでは、この正味の昇温はより小さくなる(確信度が高い)。
- GHG排出が少ない及び非常に少ないシナリオでは、想定される人為的なエアロゾル排出の削減が正味の昇温をもたらす一方、CH<sub>4</sub>及び他のオゾン前駆物質の排出の削減は正味の降温につながる。CH<sub>4</sub>とエアロゾルはともに短寿命のため、これらの気候影響は部分的に相殺され、CH<sub>4</sub>排出の削減は世界全体の地上オゾンを減少させることで大気質の改善にも寄与する(確信度が高い)。

(AR6 WG1 SPM D.1.7)

図 人間の影響の個々の構成要素による気温変化

出典: AR6 WG1 図SPM2より抜粋

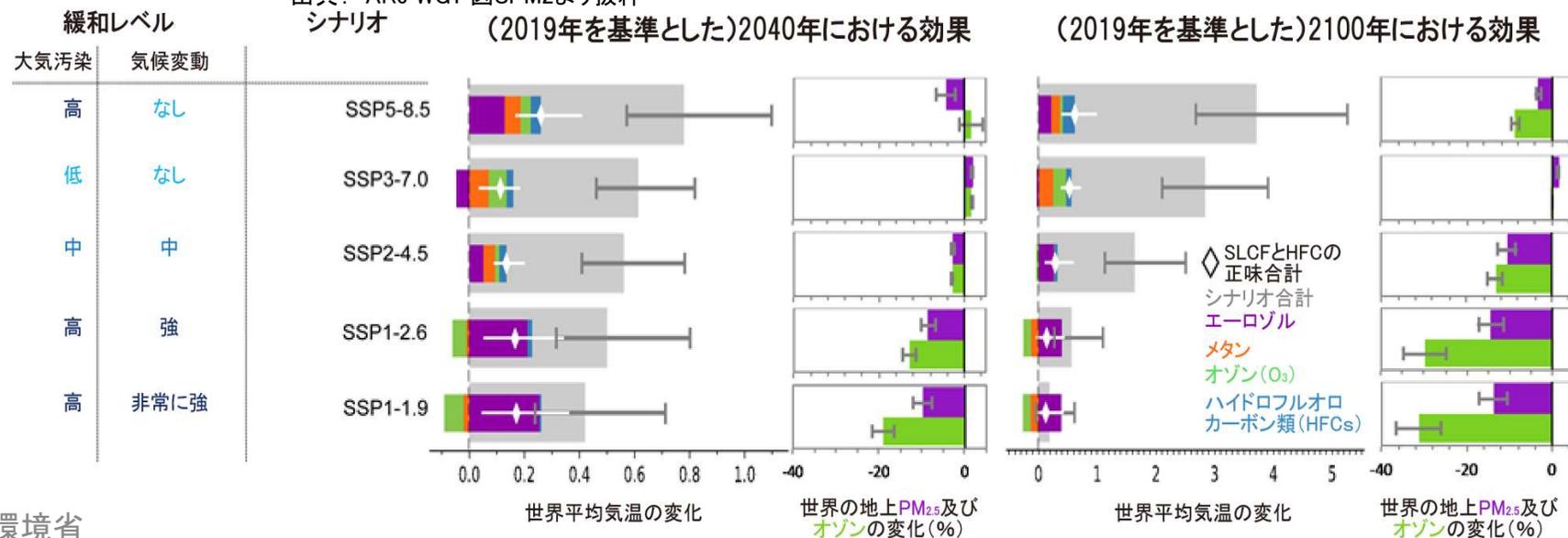
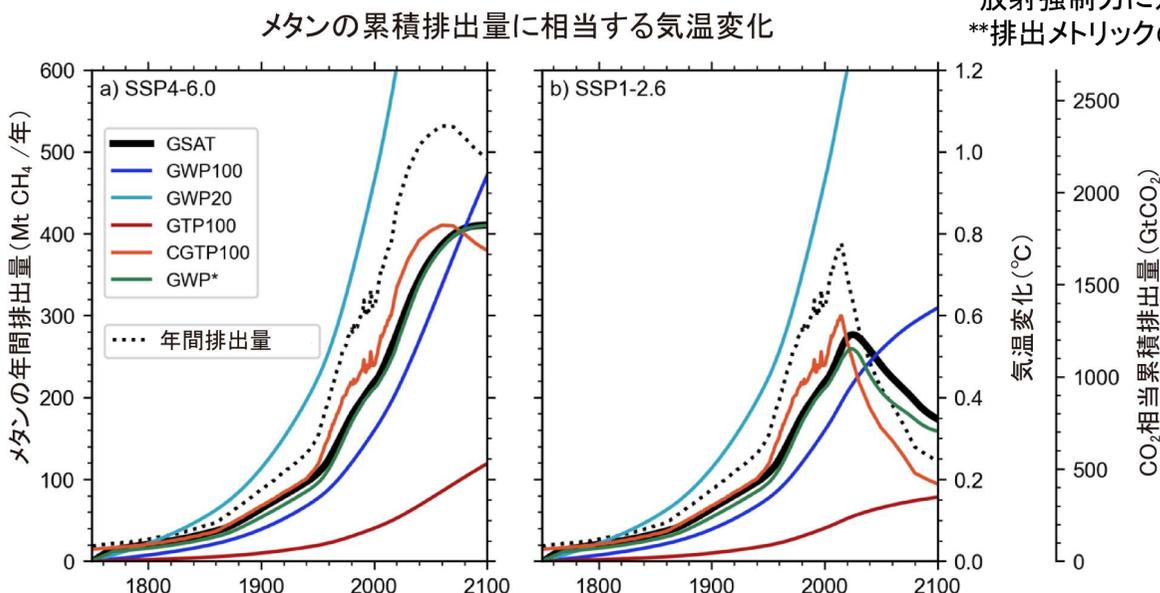


図 短寿命気候強制因子(SLCF)が各シナリオで世界平均気温と大気汚染に及ぼす影響

出典: AR6 WG1 Box TS.7 図1より抜粋

# GHG排出量正味ゼロと排出指標の選択の関係

- 人為的なCO<sub>2</sub>排出量と人為的なCO<sub>2</sub>除去量が均衡することで、世界全体で正味ゼロのCO<sub>2</sub>排出を達成することは、CO<sub>2</sub>に起因する世界平均気温上昇を安定化させるための必要条件である。これは、メトリックで加重した人為的なGHG排出量とメトリックで加重した人為的なGHG除去量が等しくなる、正味ゼロのGHG排出の達成とは異なる。
  - 所与のGHG排出経路について、個々のGHGの経路がその結果もたらされる気候応答\*を決定するが、異なるGHGの排出量と除去量を集約するためにどの排出メトリック\*\*を選択するかによって、集約されたGHG排出がどの時点で正味ゼロになるかに影響する。地球温暖化係数100年値で定義されたGHG排出量が正味ゼロに達した後それが持続する排出経路では、気温がより早期にピークに達した後低下する結果が予測される(確信度が高い)。
- ( AR6 WG1 SPM D.1.8)



\*放射強制力に対して気候システムがどのように応答するかを示す一般的な用語。  
 \*\*排出メトリックの選択は、どのガス又は強制因子を比較するかという目的に依存する。

【AR5の評価】地球温暖化係数(GWP)や世界気温変化係数(GTP)などの排出指標は、様々な物質の排出や、様々な地域/国あるいは発生源/部門からの排出が気候変動に相対的及び絶対的にどう寄与しているのかを定量化して伝えるために利用できる。政策に用いられてきた指標はGWPで、これはCO<sub>2</sub>の放射強制力を基準として、一定の対象期間について、ある物質の放射強制力を積算した値である。GTPは、対象となる物質がある時点の世界平均地上気温に与える変化とCO<sub>2</sub>の場合との比である。(AR5 WG1 第8章エグゼクティブサマリー)

図 メタン排出量から換算した累積CO<sub>2</sub>排出量の排出メトリックの選択による差異と、累積排出量から推定されるGSAT(global surface air temperature)の変化と二層エミュレータで計算した気温の応答(黒の実線)との比較

# GHG排出削減の効果が識別可能になる時期

- GHG排出が非常に少ない又は少ないシナリオ (SSP1-1.9及びSSP1-2.6)は、GHG排出が多い又は非常に多いシナリオ (SSP3-7.0又はSSP5-8.5)と比べて、温室効果ガスとエアロゾルの濃度及び大気質に、数年以内に識別可能な効果をもたらす。これらの対照的なシナリオ間の識別可能な差異は、世界平均気温の変化傾向については約20年以内に、他の多くの気候影響駆動要因についてはより長い期間の後に、自然変動の幅を超え始めるだろう(確信度が高い)。(AR6 WG1 SPM D.2)

- SSP1-1.9 及びSSP1-2.6では、SSP3-7.0 又はSSP5-8.5と比べて、人為的な気候変動を抑制する効果は急速かつ持続的だろうが、初期においては気候システムの応答は自然変動により隠されうる。
- 世界平均気温については、SSP1-1.9の下では、SSP3-7.0又はSSP5-8.5と比べて、短期のうちに20年平均の変化傾向に差異が現れる可能性が高いだろう。他の多くの気候要素の応答については、21世紀後半の異なる時期に自然変動の幅を超えて現れるだろう(確信度が高い)。(AR6 WG1 SPM D.2.3)

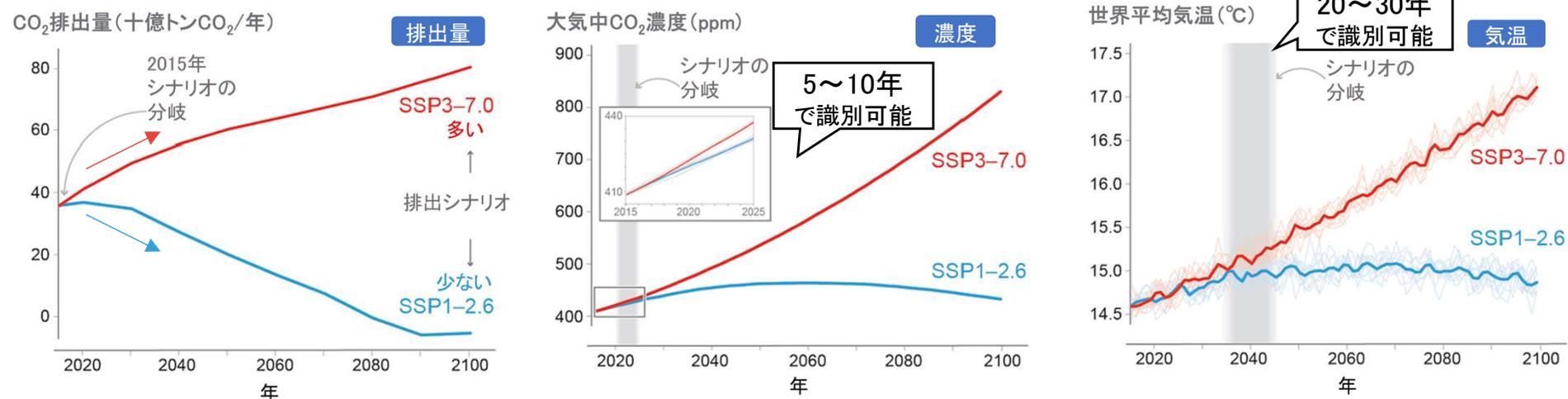


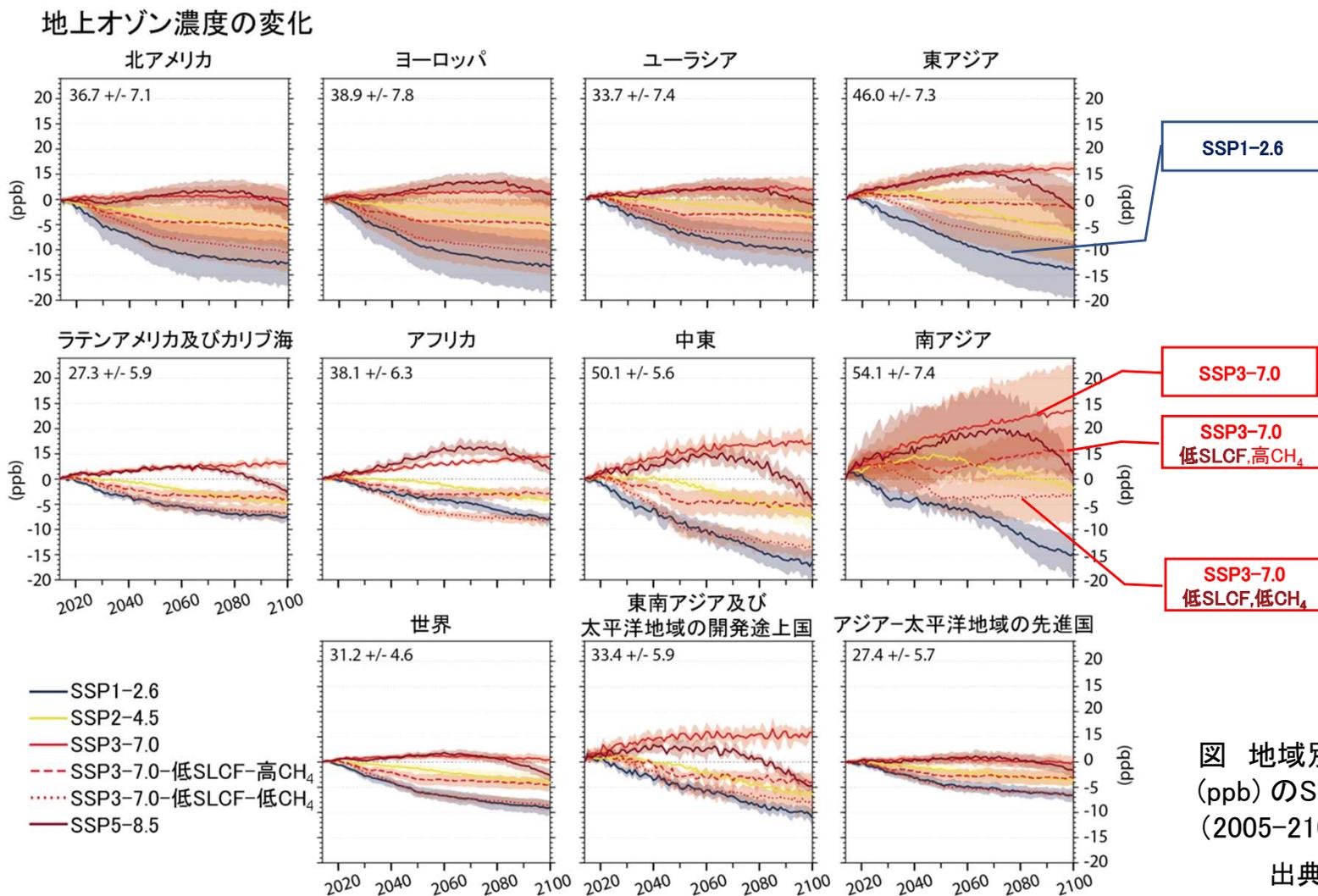
図 排出削減による便益の識別。太い線は個々のモデル(細い線)の平均。個々のシミュレーション間の差異は内部変動を反映している。

出典: AR6 WG1 FAQ 4.2図1に加筆。

- その他多くの気候要素では識別可能になるまでにより長期間かかる。
- 例えば、地域的な降水量に識別可能な変化が訪れるのは、排出が少ないシナリオでさえも21世紀末以降。(AR6 WG1 FAQ 4.2)

# GHG排出削減は大気質の改善ももたらす

■ 大気汚染物質の排出量の削減目標を含むシナリオでは、GHG排出のみを削減する場合と比べ、大気質の改善が数年以内の範囲で更に早期化するが、2040年以降は大気汚染物質及びGHGの排出を削減する努力を組み合わせたシナリオで更なる改善が予測され、その便益の大きさは地域によって異なる(確信度が高い)。(AR6 WG1 SPM D.2.2)



短期的には、GHG排出が少ない及び非常に少ないシナリオのようにGHGを強力に削減するシナリオでさえも、これらの大気質の改善は、多くの汚染地域において世界保健機関が規定した大気質ガイドラインを達成するには十分でない(確信度が高い)。(AR6 WG1 SPM D.2.2)

大気汚染物質削減を含むシナリオでは、大気質改善が早期化。

GHGと大気汚染物質削減を含むシナリオでは、より一層の大気質改善

図 地域別年平均地上オゾン濃度 (ppb) のSSPシナリオ別将来予測 (2005-2100年)

出典: AR6 WG1 図6.20に加筆。

# GHG排出が少ないシナリオの方が気候影響駆動要因の変化が小さい

■ GHG排出が非常に少ない及び少ないシナリオ (SSP1-1.9及びSSP1-2.6) では、GHG排出が多い及び非常に多いシナリオ (SSP3-7.0及びSSP5-8.5) の下でよりも、2040年の様々な気候影響駆動要因の変化がかなり小さいだろう。 (AR6 WG1 SPM D.2.4)

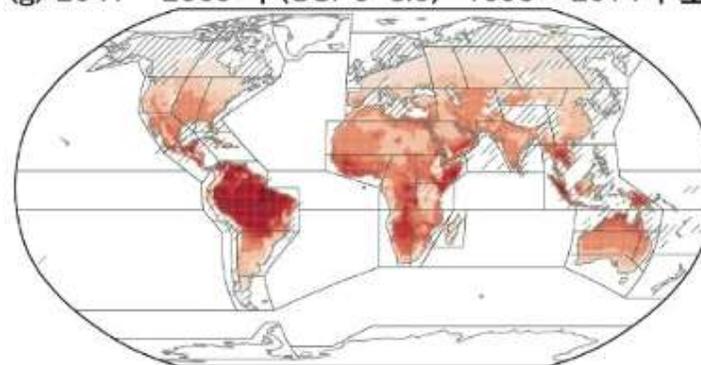
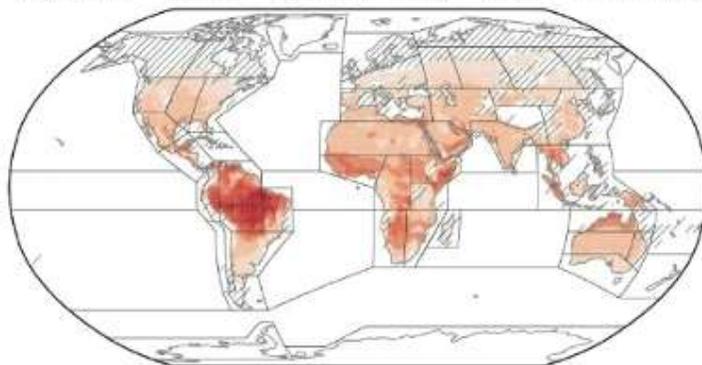
SSP1-2.6  
GHG排出が少ない

SSP5-8.5  
GHG排出が非常に多い

(e) 2041~2060年(SSP1-2.6) 1995~2014年基準

(g) 2041~2060年(SSP5-8.5) 1995~2014年基準

2041-2060



(f) 2081~2100年(SSP1-2.6) 1995~2014年基準

(h) 2081~2100年(SSP5-8.5) 1995~2014年基準

2081-2100

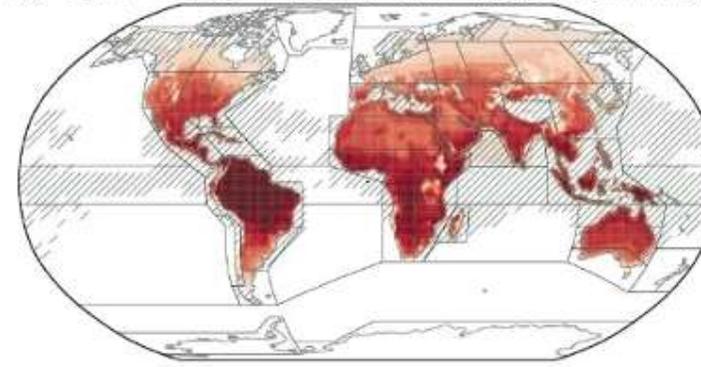
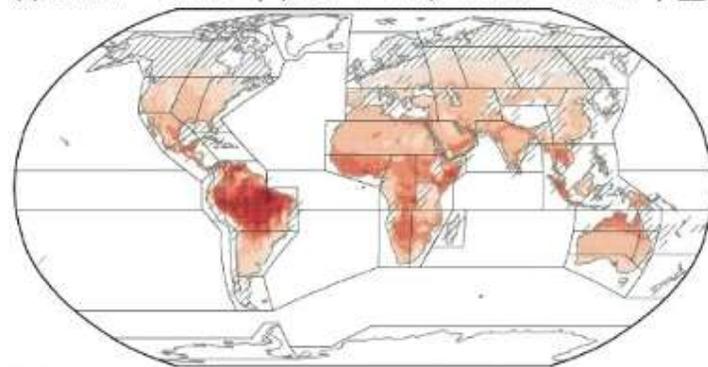


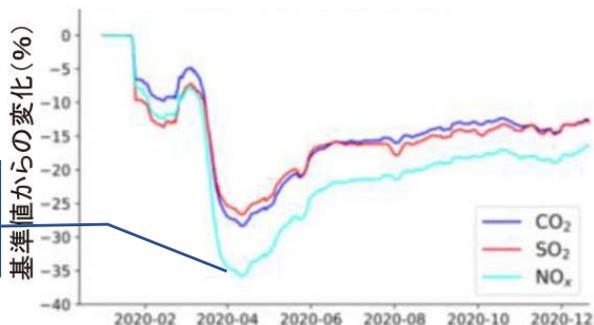
図 第6期結合モデル相互比較プロジェクト(CMIP6)のアンサンブルによる日最高気温が35°Cを超える年間平均日数の変化予測 出典: AR6 WG1 図TS.24より抜粋、加筆

# COVID-19流行抑制対策に伴う排出削減に対する気候応答は検出できず

- COVID-19流行抑制対策に伴う2020年の排出削減は、大気汚染に対して一時的ではあるが検出可能な影響をもたらした(確信度が高い)。
  - 大気中のCO<sub>2</sub>濃度は2020年も上昇を続けており、観測されたCO<sub>2</sub>増加率に検出可能な減少はみられない(確信度が中程度)。
- ( AR6 WG1 SPM D.2.1 )

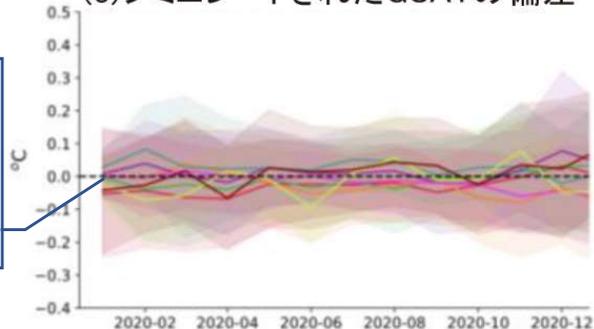
2020年の化石燃料起源CO<sub>2</sub>排出量は2019年比7%減

(a)排出量の変化



人為起源のNO<sub>x</sub>排出量は最大約35%減

(c)シミュレートされたGSATの偏差



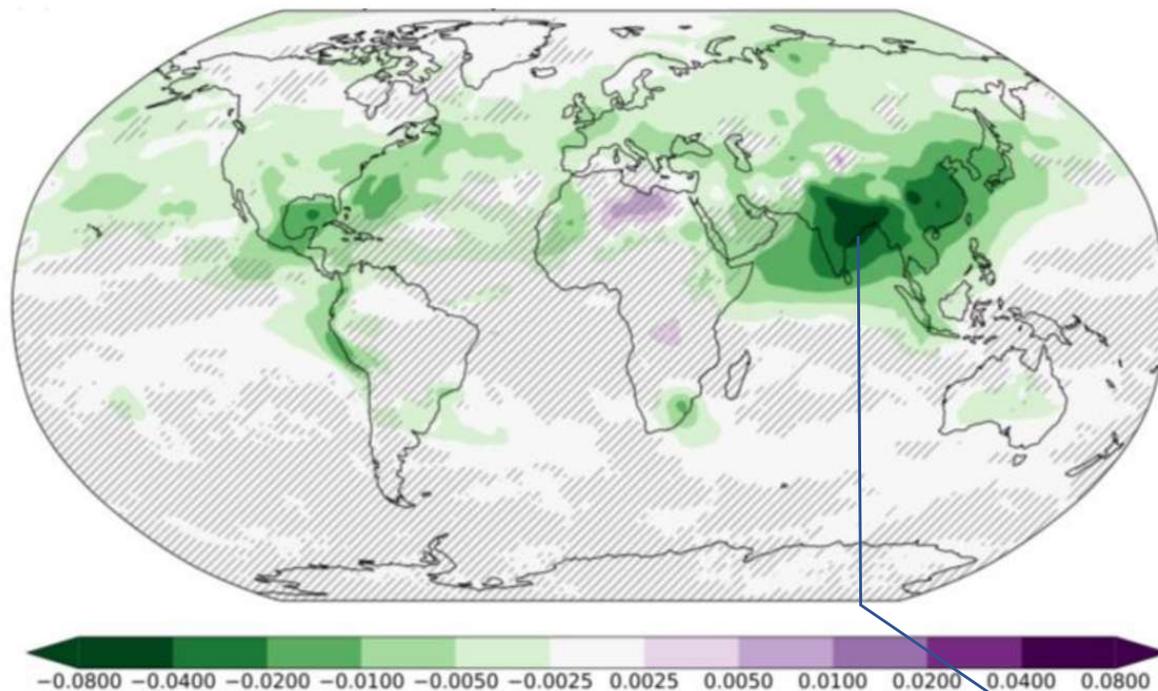
正味の放射強制力がわずかに増加※したが、気温や降水量に検出可能な影響は現れていない

※COVID-19 流行抑制対策により、CO<sub>2</sub>やNO<sub>x</sub>及び飛行機雲の減少による効果をエアロゾル減少による効果が上回り、正味の実効放射強制力がわずかに増加(+0.2W/m<sup>2</sup>未満)

AOD (エアロゾル光学的厚さ)

大気路程が1のとき、地上の直達日射量が大气上端での日射量の1/e (eは自然対数の底)に減衰する場合が「光学的厚さ=1」。減衰が大きいほど値が大きい。

(b)シミュレートされたエアロゾル光学的厚さ(AOD)の偏差



波長550nmにおけるエアロゾル光学的厚さ(AOD)

- 色 モデル一致度が高い(≥80%)
- 斜線 モデル一致度が低い(<80%)

エアロゾルの減少により光学的厚さが大幅に減少(汚染が改善)

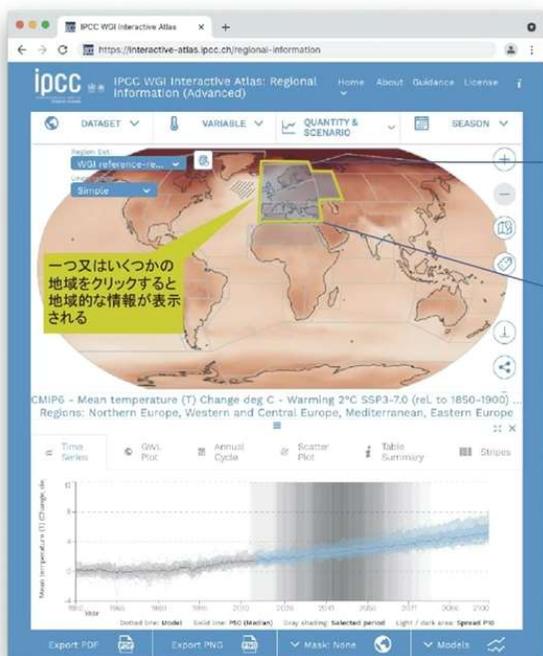
# 付録 インタラクティブアトラス

---

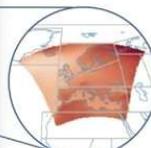
# インタラクティブアトラスと地域のファクトシート

## インタラクティブアトラス

## 地域のファクトシート



インタラクティブアトラスは、複数系統の証拠を含む必須気候変数、極端現象の指標、及び気候影響駆動要因の柔軟な空間的及び時間的解析を可能にし、地域規模の気候変動の評価を支援する。



- 観測
- CMIP5
- CMIP6
- CORDEX

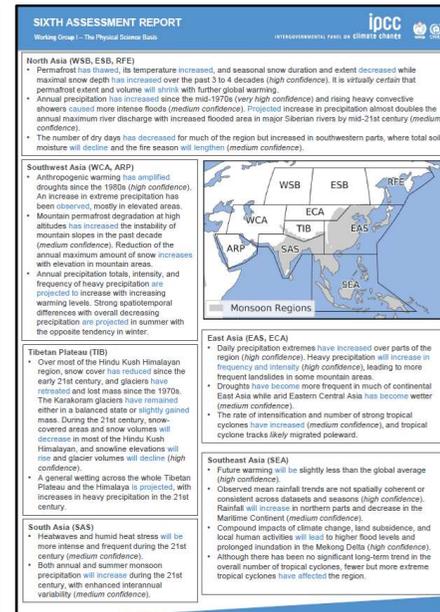
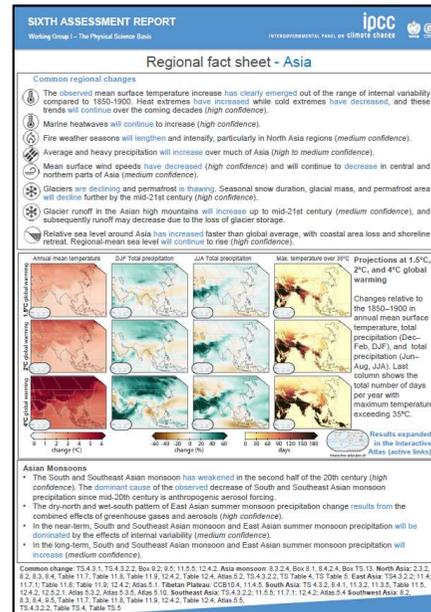
CORDEXは12の大陸規模の領域について利用可能

参照地域及び類型地域の地域的な(集約された)情報

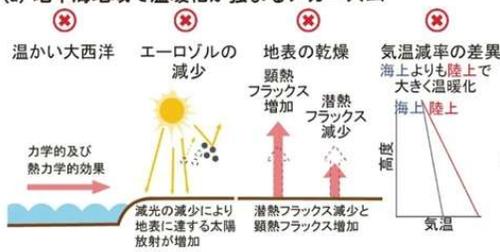
- 時系列
- ストラップ
- 年周期プロット
- 情報の要約表
- 散布図(例えば、降水量 vs 気温)

解析の設定は、シナリオごとの期間及び地球温暖化の水準(1°C、2°C、3°C、4°C)を含む。

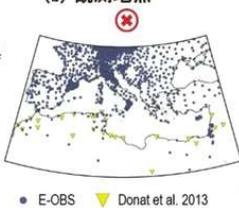
- ✔ インタラクティブアトラスで利用可能
- ✘ インタラクティブアトラスで利用不可能



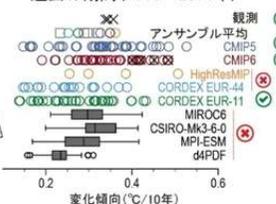
(a) 地中海地域で温暖化が強まるメカニズム



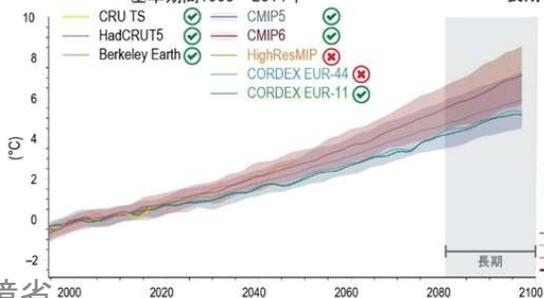
(b) 観測地点



(c) 気温の変化傾向の分布 過去の期間(1960~2014年)



(d) 地中海地域の気温偏差 基準期間1995~2014年



(e) 地中海地域の夏季 vs 世界平均 長期の気温の変化

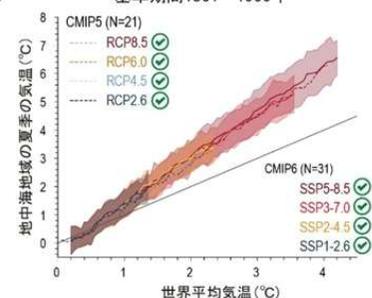


図 地域のファクトシートの例(アジア地域)  
地域のファクトシート: 世界の11地域について、AR6 WG1報告書の情報を簡潔にまとめた資料(各2ページ)。

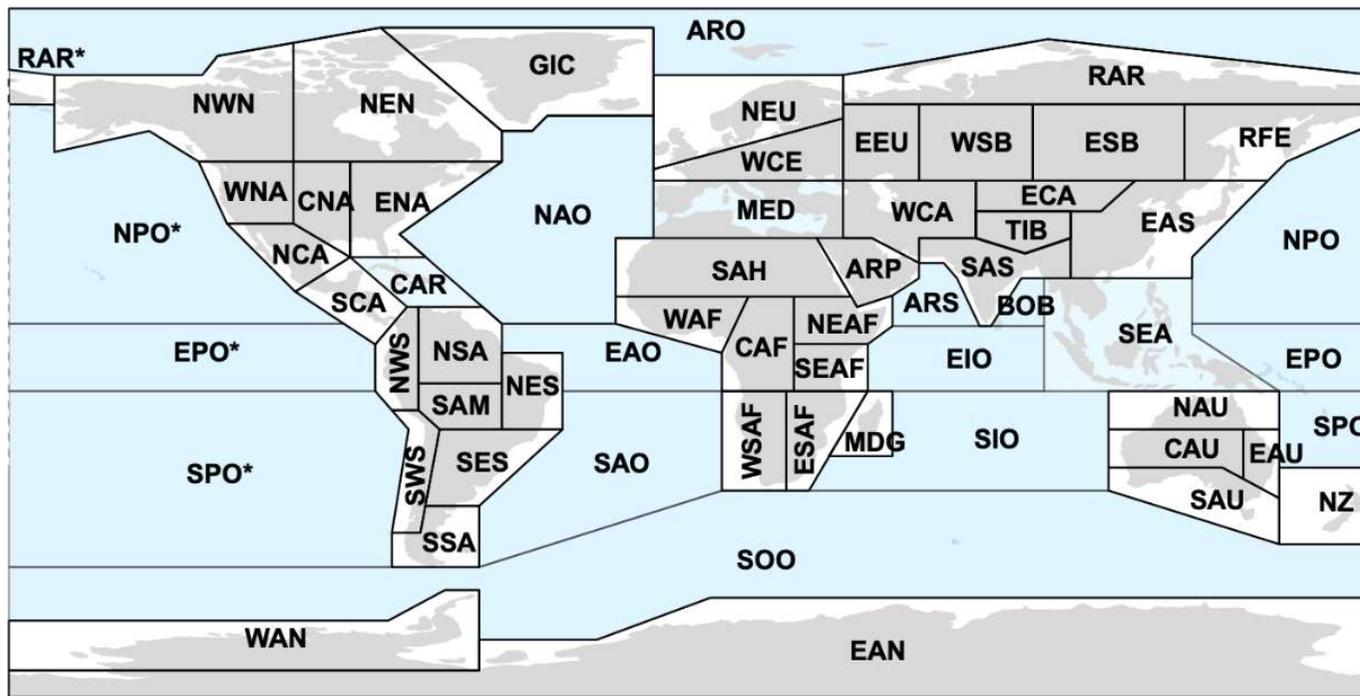
出典: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#Regional>

インタラクティブアトラスのURL  
<http://interactive-atlas.ipcc.ch>

AR5のアトラスの経験を踏まえ、対話型の方法で生成されるマップ、グラフ、表を通して、全章で評価された主要な変数/指標とデータセットをフレキシブルに探索できるツールを実現。

図 インタラクティブアトラスからのスクリーンショット

# AR6の参照地域と類型地域

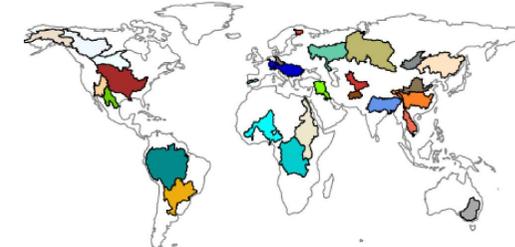


1	GIC	Greenland/Iceland	23	SAH	Sahara	43	NAU	N.Australia
2	NWN	N.W.North-America	24	WAF	Western-Africa	44	CAU	C.Australia
3	NEN	N.E.North-America	25	CAF	Central-Africa	45	EAU	E.Australia
4	WNA	W.North-America	26	NEAF	N.Eastern-Africa	46	SAU	S.Australia
5	CNA	C.North-America	27	SEAF	S.Eastern-Africa	47	NZ	New-Zealand
6	ENA	E.North-America	28	WSAF	W.Southern-Africa	48	EAN	E.Antarctica
7	NCA	N.Central-America	29	ESAF	E.Southern-Africa	49	WAN	W.Antarctica
8	SCA	S.Central-America	30	MDG	Madagascar	50	ARO	Arctic-Ocean
9-10	CAR	Caribbean	31	RAR	Russian-Arctic	51	NPO	N.Pacific-Ocean
11	NWS	N.W.South-America	32	WSB	W.Siberia	52	EPO	Equatorial.Pacific-Ocean
12	NSA	N.South-America	33	ESB	E.Siberia	53	SPO	S.Pacific-Ocean
13	NES	N.E.South-America	34	RFE	Russian-Far-East	54	NAO	N.Atlantic-Ocean
14	SAM	South-American-Monsoon	35	WCA	W.C.Asia	55	EAO	Equatorial.Atlantic-Ocean
15	SWS	S.W.South-America	36	ECA	E.C.Asia	56	SAO	S.Atlantic-Ocean
16	SES	S.E.South-America	37	TIB	Tibetan-Plateau	57	ARS	Arabian-Sea
17	SSA	S.South-America	38	EAS	E.Asia	58	BOB	Bay-of-Bengal
18	NEU	N.Europe	39	ARP	Arabian-Peninsula	59	EIO	Equatorial.Indic-Ocean
19	WCE	Western&Central-Europe	40	SAS	S.Asia	60	SIO	S.Indic-Ocean
20	EEU	E.Europe	41-42	SEA	S.E.Asia	61	SOO	Southern-Ocean
21-22	MED	Mediterranean						

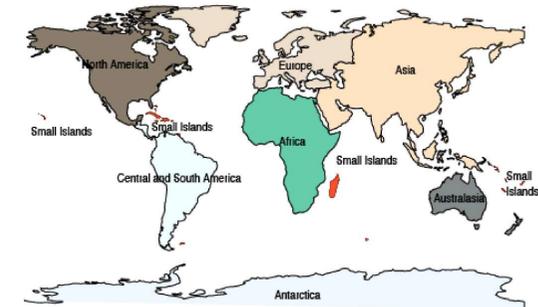
小島嶼



大河川の流域



WG2の大陸地域



モンスーン地域

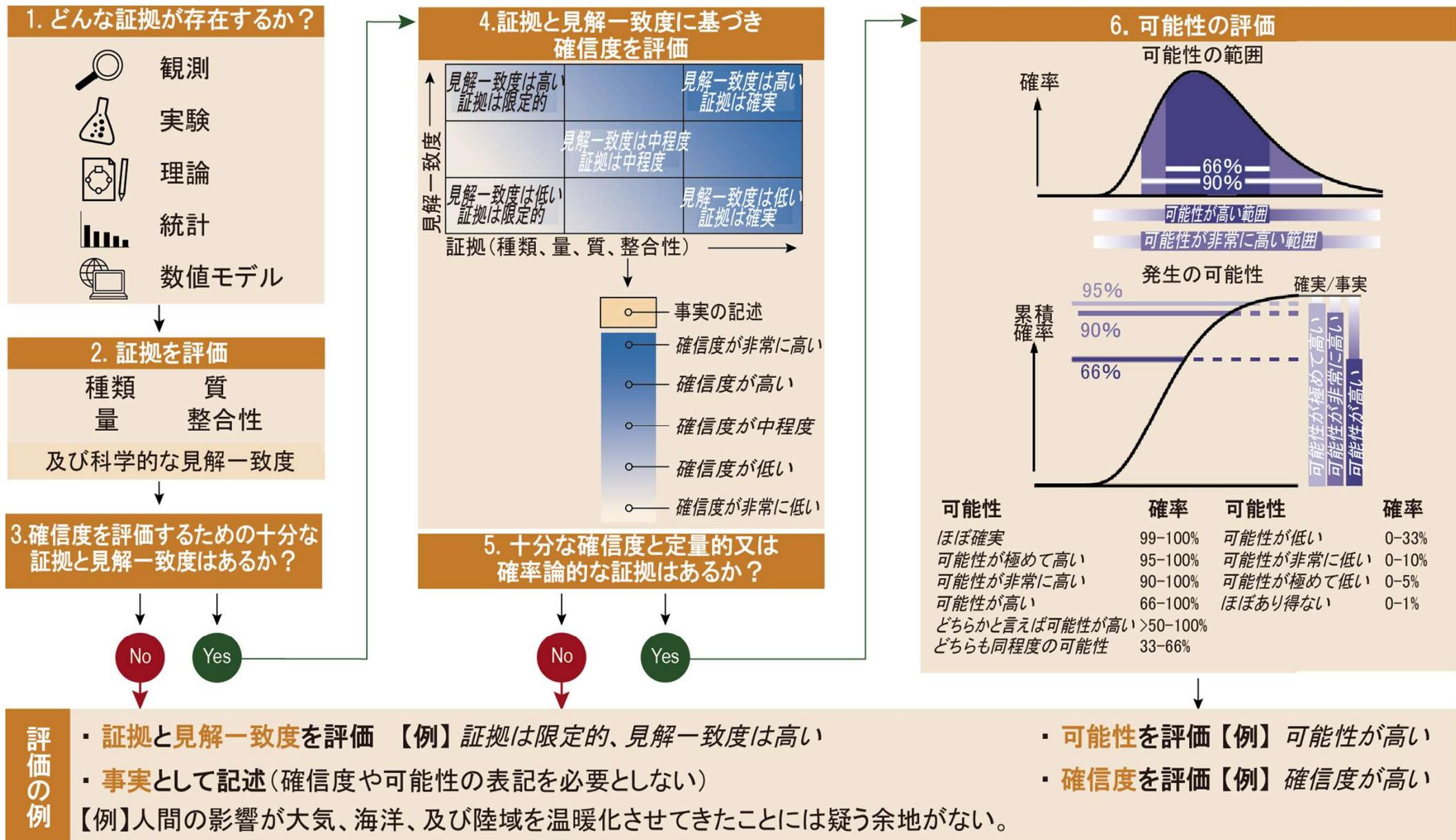


出典: AR6 WG1 図Atlas.2及び 図Atlas.4より

# 参考

---

# AR6における知見の確信度と可能性の評価の方法



# 気候モデルによる結果の表現

## ■ マルチモデルアンサンブル

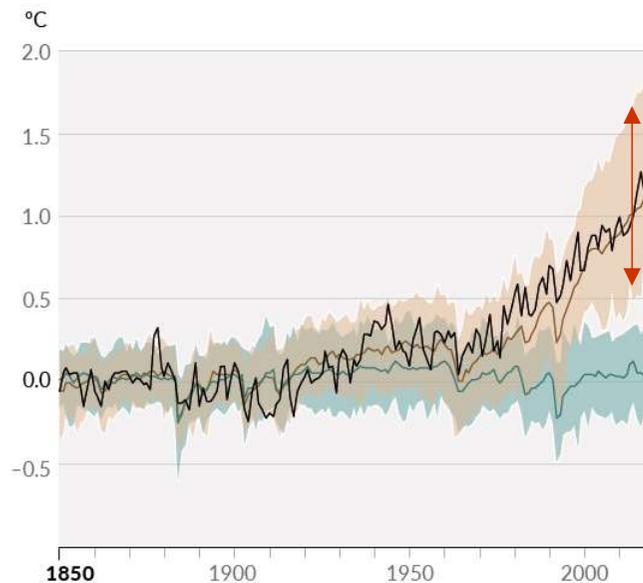
過去の気候条件や気候の将来予測を特徴づけるため複数のモデルで並列でシミュレーションを行う。アンサンブルメンバー間の結果のばらつきから、モデリングに基づく不確実性を推定することができる。

(AR6 WG1 Glossary “Climate simulation ensemble”)

## ■ 気候モデルによる結果の不確実性の表現

AR6 WG1では、特に断りのない限り、不確実性は90%区間で定量化されている。90%の不確実性区間は、角括弧で  $[x \sim y]$  のように示され、この範囲をカバーする可能性が90%であることを意味している。範囲は中央値を含み、値が範囲の下限(x)を下回り、上限(y)を上回る可能性は合わせて10%である。多くの場合、分布は対応する最良推定値(中央値など)に対して対称であると考えられるが、常にそうであるとは限らない。本報告書では、90%の不確実性区間を「可能性が非常に高い範囲」、66%の不確実性区間を「可能性が高い範囲」としている。(AR6 WG1 Box 1.1)

## ■ 気候モデルの結果のグラフ上の表現の例



実線: 最良推定値

マルチモデルアンサンブルシミュレーションの結果の  
平均値もしくは中央値

陰影部: 可能性が非常に高い範囲

マルチモデルアンサンブルシミュレーションの結果の  
90% (5～95パーセンタイル) の範囲

(例) 2011～2020年の世界平均気温は、1850～1900年の  
気温よりも1.09 [0.95～1.20]°C高く、...

出典: AR6 WG1図 SPM.1(b)