

# IPCC 第5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5次評価報告書のうち第1作業部会が作成した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。

また、AR5 WG I で新たに判明した内容については【新見解】として記載しています。

資料中では各情報の出典を明示しています。P.10以降のページでは、第5次評価報告書SPMからの引用を主体としているスライドのタイトルを青色 ■ で、それ以外の情報源からの参考情報を主体としているスライドは緑色 ■ としています。(1枚のスライドの中に両方の情報を組み合わせている場合もありますが、その都度出典を記載しています。)

なお、引用箇所については” ”にて表記しています。

# 目次

## 序章

i. はじめに	2
ii. 概要	4
iii. 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)とは	5
iv. これまでの報告について	6
v. AR5における「可能性」の表現	7
vi. AR5における「確信度」の表現	8

## 第1章 観測事実

1. 気温上昇の状況	10
2. 降水量の状況	13
3. 海の状況	15
4. 雪氷圏の状況	22
5. 二酸化炭素濃度の状況	26
6. 極端現象	27

## 第2章 温暖化の要因

7. 気候変動の要因	32
------------	----

## 第3章 将来予測

8. 将来の気温の予測	37
9. 将来の降水の予測	40
10. 将来の海の予測	41
11. 将来の雪氷圏の予測	44
12. 将来の極端現象の予測	47
13. 炭素循環の変化	52
14. 気候の安定化	53

## 参考情報

第5次評価報告書作成スケジュール	56
我が国における気候変動の影響	57
気候変動への適応の取組	58
適応計画策定に向けたステップ	59

# 序章

---

# i .はじめに

- 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)は気候変動に関して科学的および社会経済的な見地から包括的な評価を行い、5～6年ごとに評価報告書を公表している。
- このたび第36回総会及び第1作業部会第12回会合(平成25年9月23日～26日、スウェーデン・ストックホルム)において、第1作業部会(WG I)による第5次評価報告書(AR5)の政策決定者向け要約(SPM)が承認・公表されるとともに、第1作業部会報告書本体が受諾された。
- 今後報告書は、「気候変動に関する国際連合枠組条約(UNFCCC)」をはじめとする、地球温暖化に対する国際的な取り組みに科学的根拠を与える重要な資料となる。

# i .はじめに

- 第1作業部会(WG I)による第5次評価報告書(AR5)は、気候システムの観測から、古気候の記録、気候の諸過程に関する理論的研究、気候モデルを用いたシミュレーションにまで至る、様々な独立した多くの科学的分析に基づいた気候変動の新しい証拠を精査している。
- 2007年に公表された第4次評価報告書の第1作業部会報告書をふまえ、その後になされた研究による新しい知見が盛り込まれている。

## ii. 概要

第1作業部会報告書における主なポイントは以下のとおりである。

- “気候システムの温暖化には疑う余地はない” 気温、海水温、海水面水位、雪氷減少などの観測事実が強化され温暖化していることが再確認された。

(IPCC AR5 WG I SPM p.4, 27行目)

- “人間の影響が20世紀半ば以降に観測された温暖化の支配的な(dominant)要因であった可能性が極めて高い(95%以上)” 前回報告書(AR4)では「可能性が非常に高い(90%以上)」であったが、更に踏み込んだ表現となった。

(IPCC AR5 WG I SPM p.17, 14-15行目)

- 今世紀末までの世界平均気温の変化はRCPシナリオによれば0.3~4.8°Cの範囲に、海面水位の上昇は0.26~0.82mの範囲に入る可能性が高い。
- 気候変動を抑制するには、温室効果ガス排出量の抜本的かつ持続的な削減が必要である。
- “CO<sub>2</sub>の累積総排出量とそれに対する世界平均地上気温の応答は、ほぼ比例関係にある。” 最終的に気温が何度上昇するかは累積総排出量の幅に関係する。

(IPCC AR5 WG I SPM p.27, 17行目)

参考: IPCC AR5 WG I SPM

# iii. 気候変動に関する政府間パネル（IPCC）とは

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

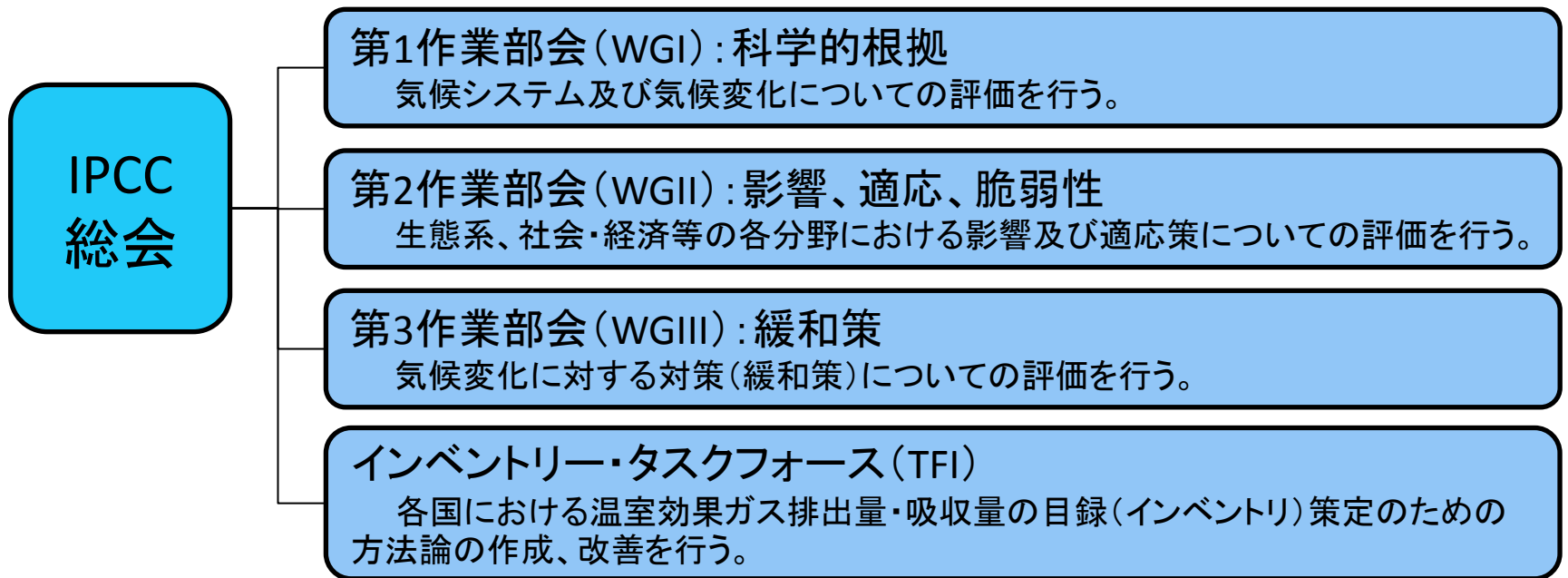


図.IPCCの組織

出典: 図 環境省資料

# iv. これまでの報告について (WGI)

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~ 14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な要因は、人間の影響の <u>可能性が極めて高い</u> 。

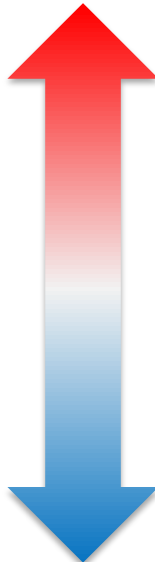


# V. AR5における「可能性」の表現

- 「可能性」とは、不確実性を定量的に表現する用語であり、観測、モデル結果の統計的解析や専門家の判断に基づいて確率的に表現される

(参考 IPCC AR5 WG1 TS Box TS.1)

可能性が  
高い



可能性が  
低い

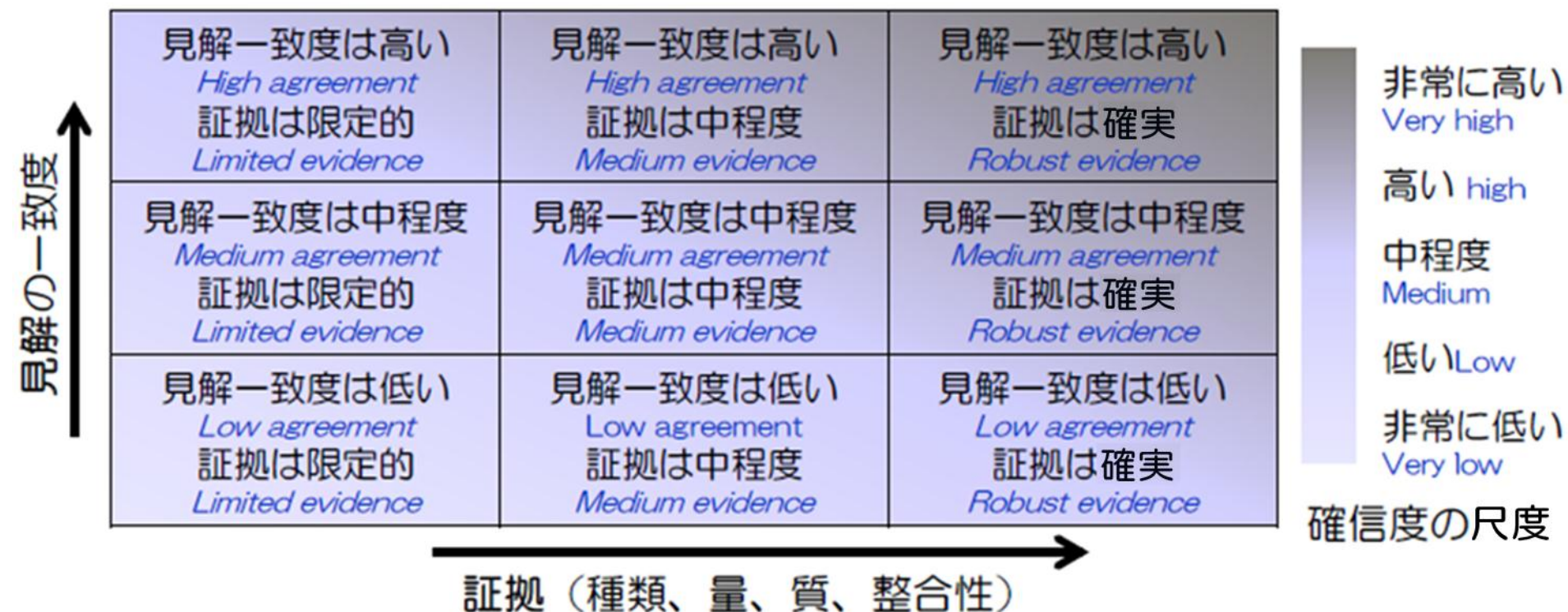
原語	和訳	発生確率
Virtually certain	ほぼ確実	99～100% の確率
Extremely likely	可能性が極めて高い	95～100% の確率
Very likely	可能性が非常に高い	90～100% の確率
Likely	可能性が高い	66～100% の確率
More likely than not	どちらかといえば	50～100% の確率
About as likely as not	どちらも同程度	33～66% の確率
Unlikely	可能性が低い	0～33% の確率
Very unlikely	可能性が非常に低い	0～10% の確率
Extremely unlikely	可能性が極めて低い	0～5% の確率
Exceptionally unlikely	ほぼあり得ない	0～1% の確率

IPCC AR5 WGI TS Box TS.1 から作成

# vi. AR5における「確信度」の表現

- 「確信度」とは、機構的理解、理論、データ、モデル、専門家の判断などの証拠の種類、量、質、整合性及び見解の一致度に基づいて、妥当性を定性的に表現する用語である

(参考 IPCC AR5 WG1 TS Box TS.1)



出典: 図. IPCC AR5 WG1 TS Box TS.1 Fig.1

# 第1章 観測事実

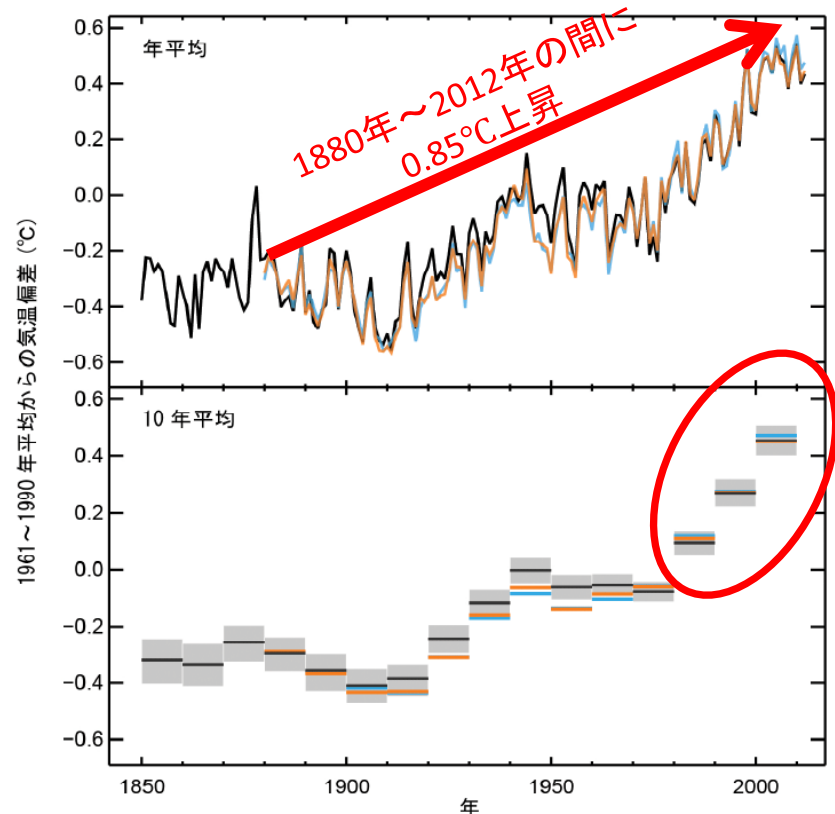
“気候システムの温暖化には疑う余地はない”

(IPCC AR5 WG I SPM p.4, 27行目)

# 世界の平均気温

- 陸域と海上を合わせた世界平均地上気温は、線形の変化傾向から計算すると、独立して作成された複数のデータセットが存在する1880年から2012年の期間に0.85[0.65～1.06]※ °C上昇している (IPCC AR5 WG I SPM p.5, 5-6行目)
- 地球の表面では、最近30年の各10年間はいずれも、1850年以降の各々に先立つどの10年間よりも高温でありつづけた (IPCC AR5 WG I SPM p.5, 2-3行目)

※90%の信頼区間の範囲は角括弧で示されており、推定すべき対象の真の値をその範囲に含んでいる可能性が90%であることを意味する (IPCC AR5 WG I SPM p.5, 脚注3)



**1850年以降の  
どの10年平均よりも暑い**

※ 線の色の違いは、  
使用している観測データの違い。

図. 観測された世界平均地上気温（陸域+海上）の偏差（1850～2012年）

出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.1(a)

# 近年の上昇が緩やかな点

- 1951年～2012年の期間に比べ、1998年～2012年の期間における地上気温の上昇の変化傾向は弱まっている※ (IPCC AR5 WG I SPM p.15, 18行目)
- これは、放射強制力の変化傾向の弱まりと、自然起源の内部変動性がもたらす寒冷化が概ね同程度に寄与しており、後者には熱が海洋中で再分配されている可能性も含まれる(中程度の確信度) (IPCC AR5 WG I SPM p.15, 19-20行目)
- 前者は主に火山噴火と、11年周期の太陽活動が下降位相の時期にあることによる (IPCC AR5 WG I SPM p.15, 20-22行目)

※全球平均地表気温の上昇率が横ばい、あるいは負になるような状態をハイエイタスと呼ぶ。この用語は、米国のG. Meehl博士のグループが最初に用いたもので、現在では地球温暖化の停滞状態を指すものとして広く使われている  
 (出典: 東大海洋研HP <http://www.aori.u-tokyo.ac.jp/research/news/2013/20130718.html>)

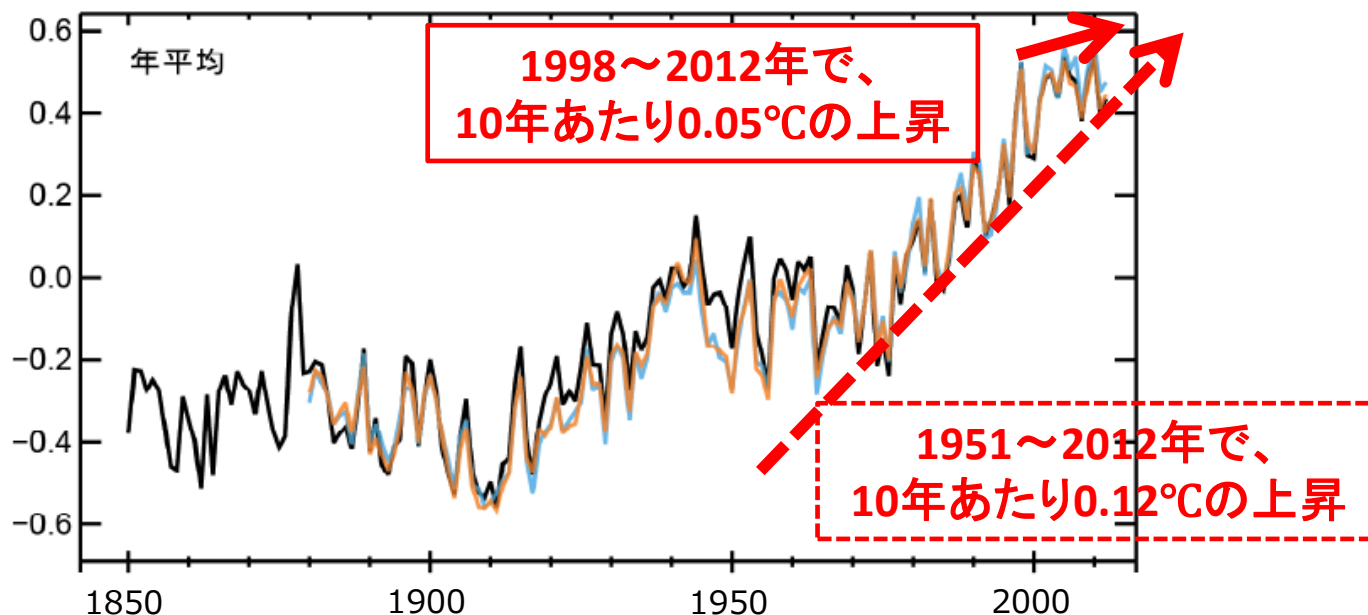


図. 観測された世界平均地上気温 (陸域+海上) の偏差 (1850～2012年)

出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.1(a) 抜粋

# (参考)日本の平均気温も上昇を続けている

- 日本の年平均気温も、1898～2014年で100年あたり約 $1.15^{\circ}\text{C}$ の割合で上昇している(気象庁HP)

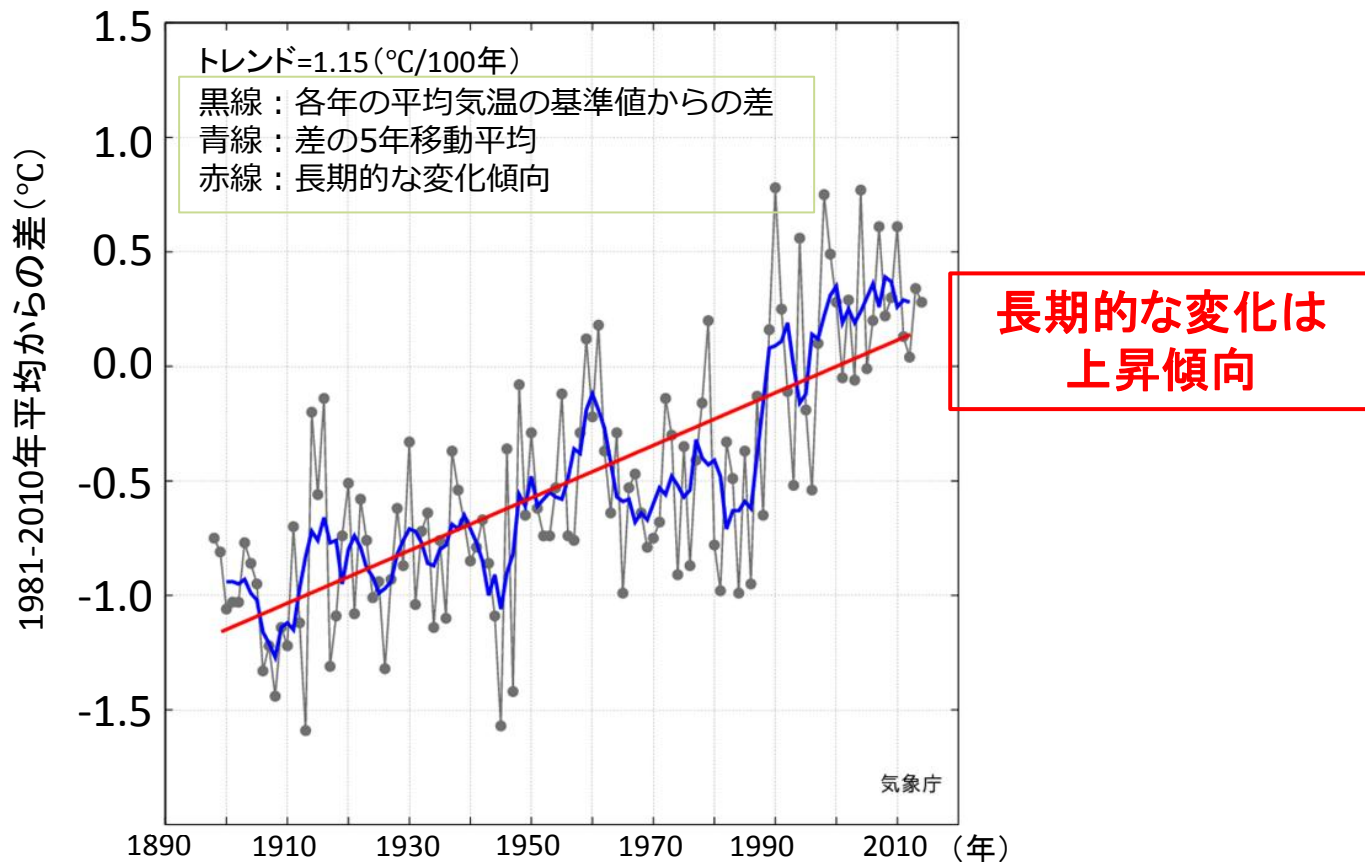


図.日本における年平均気温の1981～2010年平均からの差

出典: 図. 気象庁HP 日本の年平均気温の偏差の経年変化 (1898～2014年: 速報値)  
[http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an\\_jpn.html](http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn.html)

# 北半球中緯度の陸域平均で降水量は増加している

- 1901年以降の世界の陸域で平均した降水量の変化の確信度は、1951年まででは低く、それ以降は中程度である (IPCC AR5 WG I SPM p.5, 24-25行目)
- 北半球中緯度の陸域平均では、降水量が1901年以降増加している(1951年まででは中程度の確信度、それ以降は高い確信度) (IPCC AR5 WG I SPM p.5, 25-26行目)

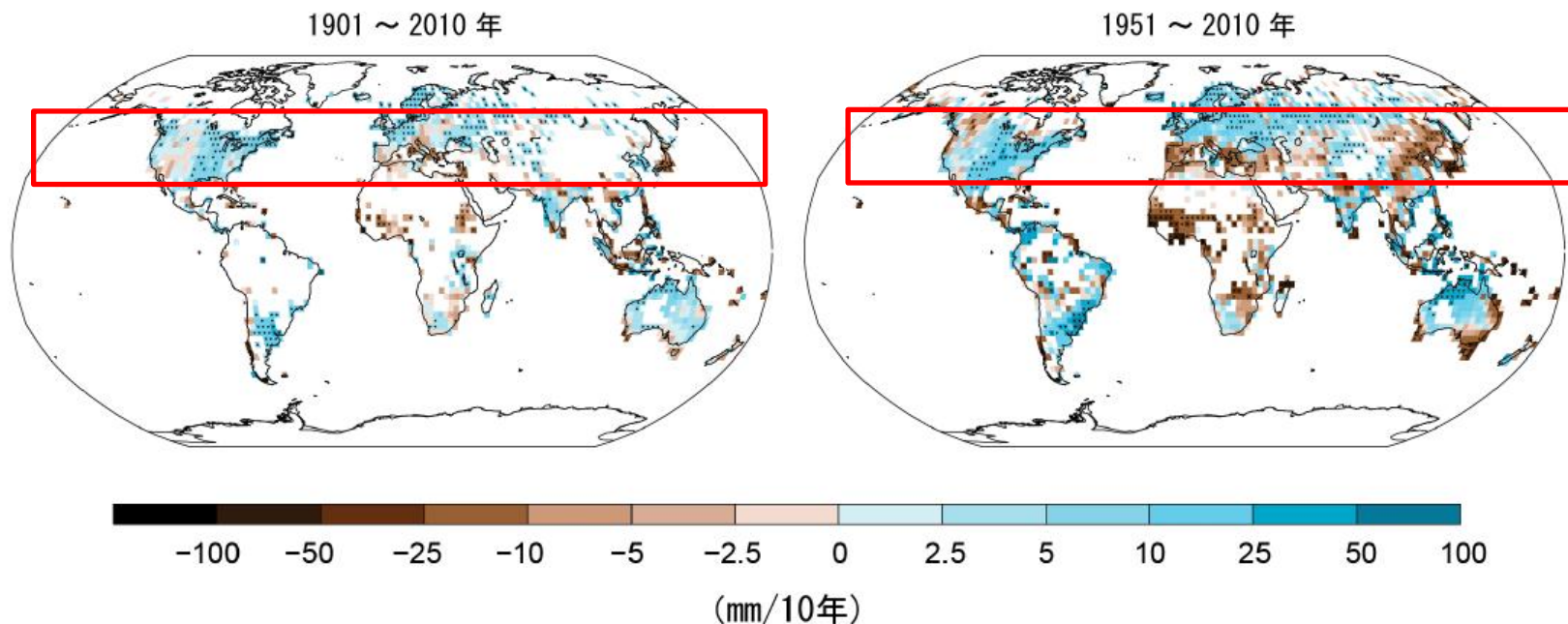
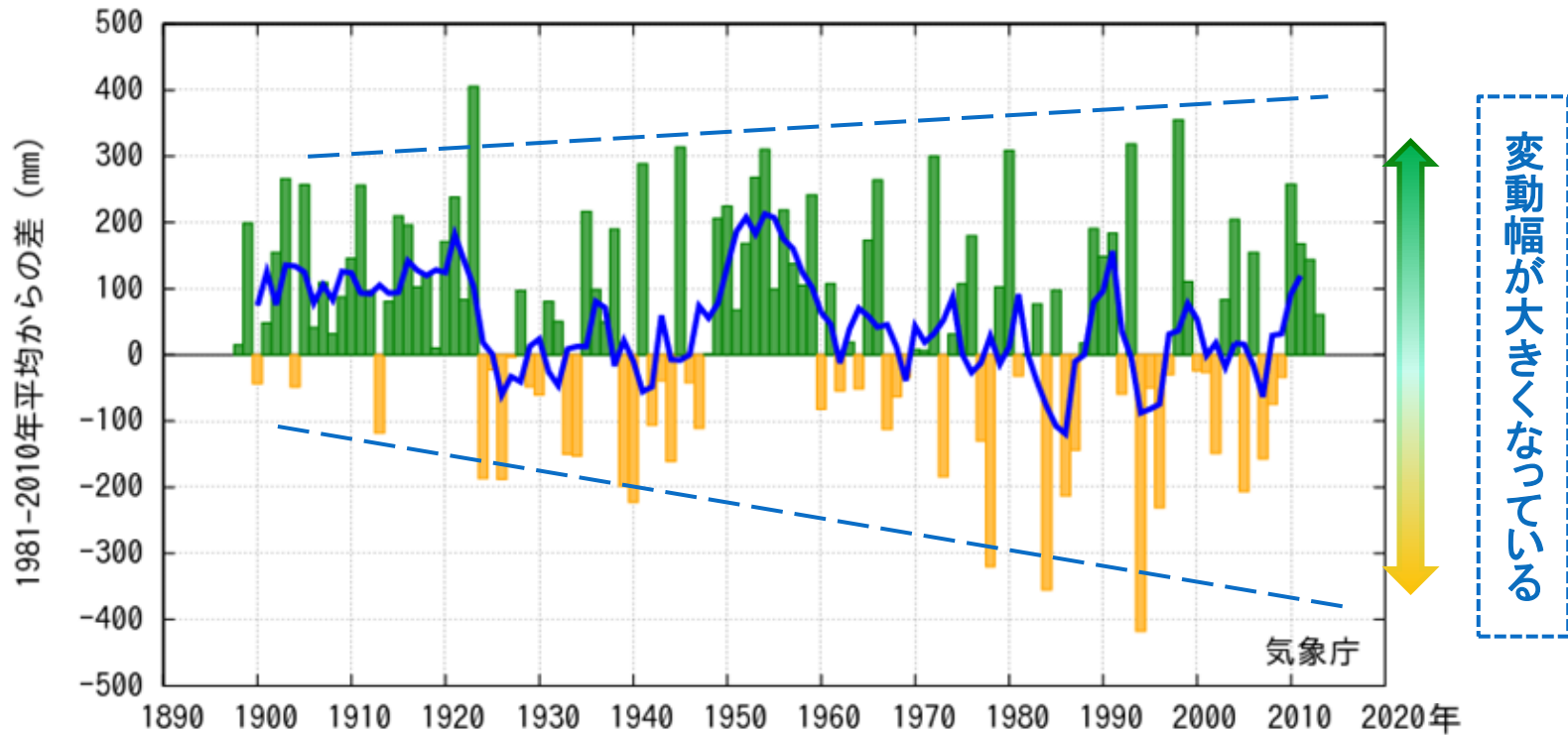


図. 1901 年から2010 年及び1951 年から2010 年の期間に観測された、降水量変化の分布図

出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.2

# (参考)日本の降水量は年ごとの変動が大きくなっている

- 1898年の統計開始以降、降水量の年ごとの変動が大きくなっている(気象庁HP)



出典: 図. 気象庁HP [http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an\\_jpn\\_r.html](http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn_r.html)



# 海にエネルギーが蓄積されている

- 海洋の温暖化は気候システムに蓄積されたエネルギーの増加量において卓越しており、1971年から2010年の間に蓄積されたエネルギーの90%以上を占める(高い確信度)  
(IPCC AR5 WG I SPM p.8, 2-3行目)
- 比較的良くデータが取得されている1971年から2010年の40年間において、気候システムにおける正味のエネルギー増加量の60%以上は海洋の表層(0~700m)に蓄積されており、約30%は海洋の700m以深に蓄積されている  
(IPCC AR5 WG I SPM p.8, 13-14行目)

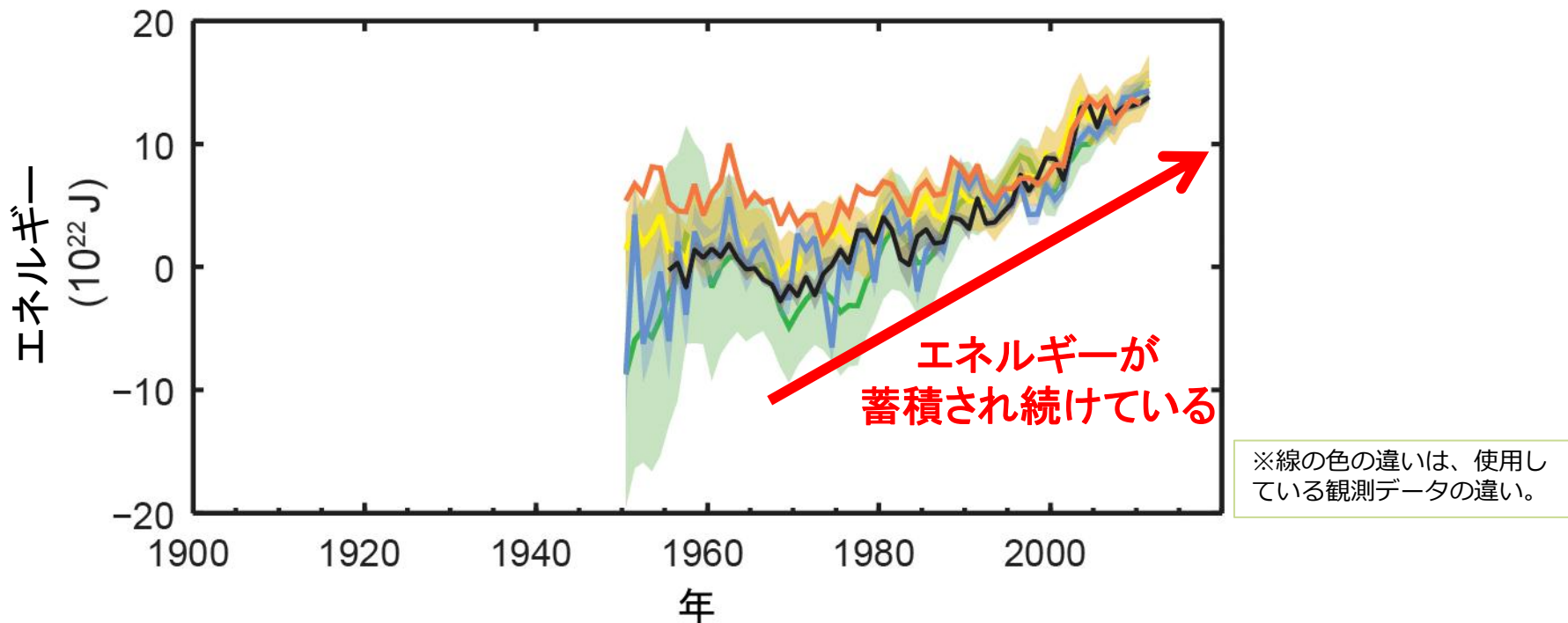


図. 1971年の全データセットの平均を基準とした世界平均海洋表層 (0~700m) の貯熱量の変化

出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.3(c)

# 海の上層で海水温が上昇

- 1971年から2010年において、海洋表層(0~700m)で水温が上昇したことはほぼ確実

(IPCC AR5 WG I SPM p.8, 4行目)

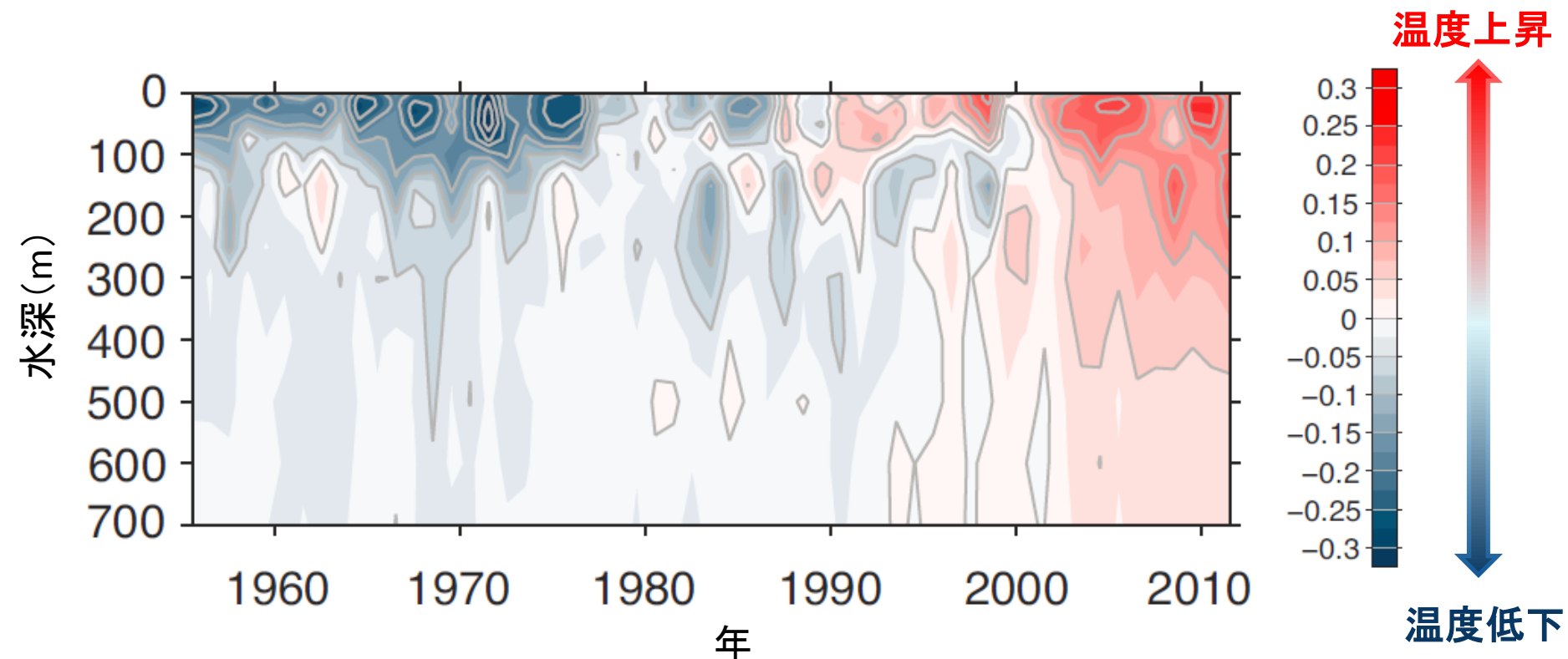


図. 世界平均海水温の偏差  
(1971年-2010年平均からの差)

1971~2010年の  
平均からの差(°C)

出典: 図, IPCC AR5 WG I Fig. 3.1(c)

# 深層でも海水温が上昇

- 1992年から2005年の期間において、3000mから海底までの層で海洋は温暖化した可能性が高く、最も大きな温暖化は南極海で観測されている

(IPCC AR5 WG I SPM p.8, 11-12行目)

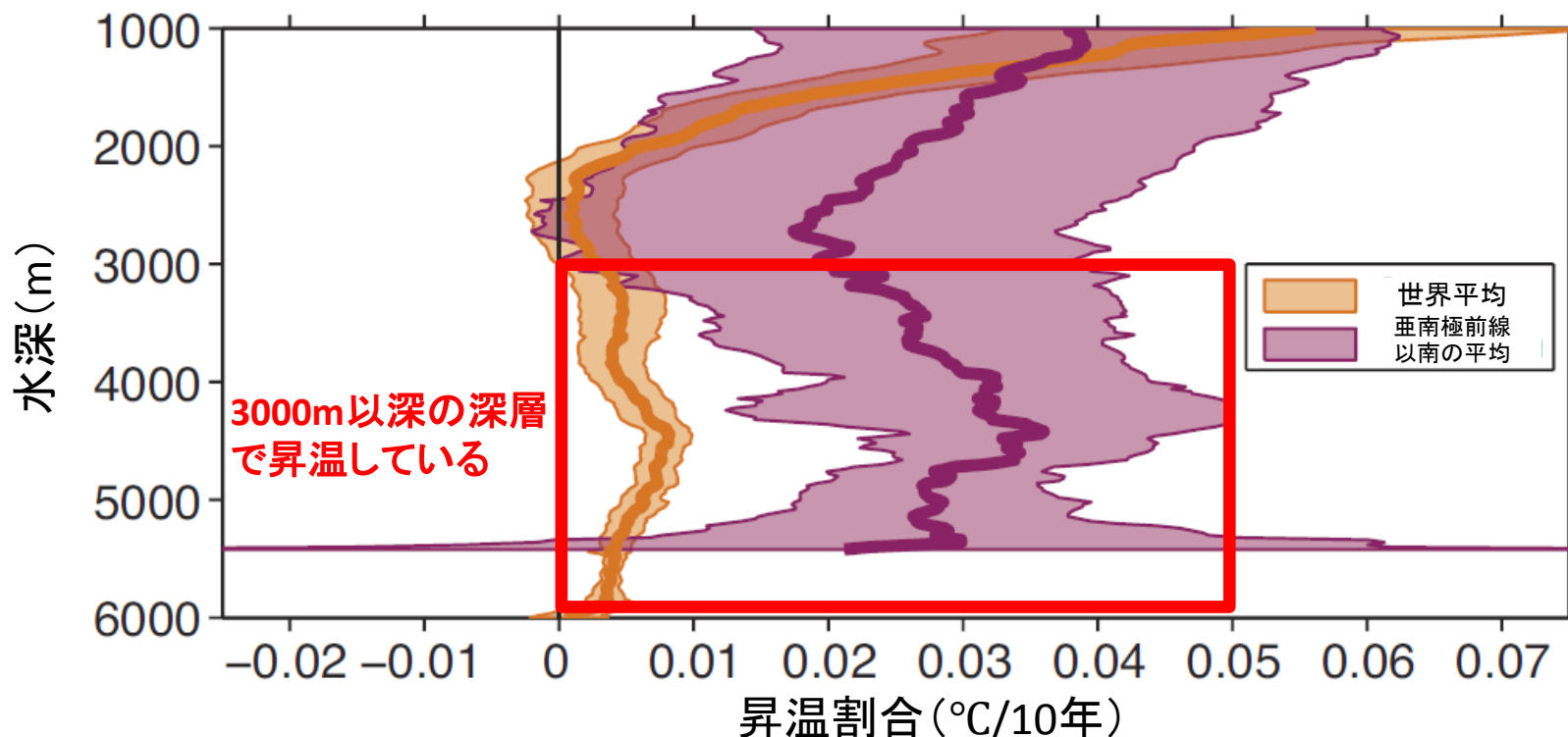


図.1992年から2005年における空間平均した海水温の昇温割合  
陰影部は信頼性が5~95%である範囲を表す。

出典: 図, IPCC AR5 WG I Fig. 3.3(a)

# 海は酸性化している

- 海洋は排出された人為起源の二酸化炭素の約30%を吸収し、海洋酸性化を引き起こしている  
(IPCC AR5 WG I SPM p.11, 28-29行目)
- 海面付近の海水のpHは工業化時代の始まり以降、0.1低下している(高い確信度)  
(IPCC AR5 WG I SPM p.12, 11-12行目)

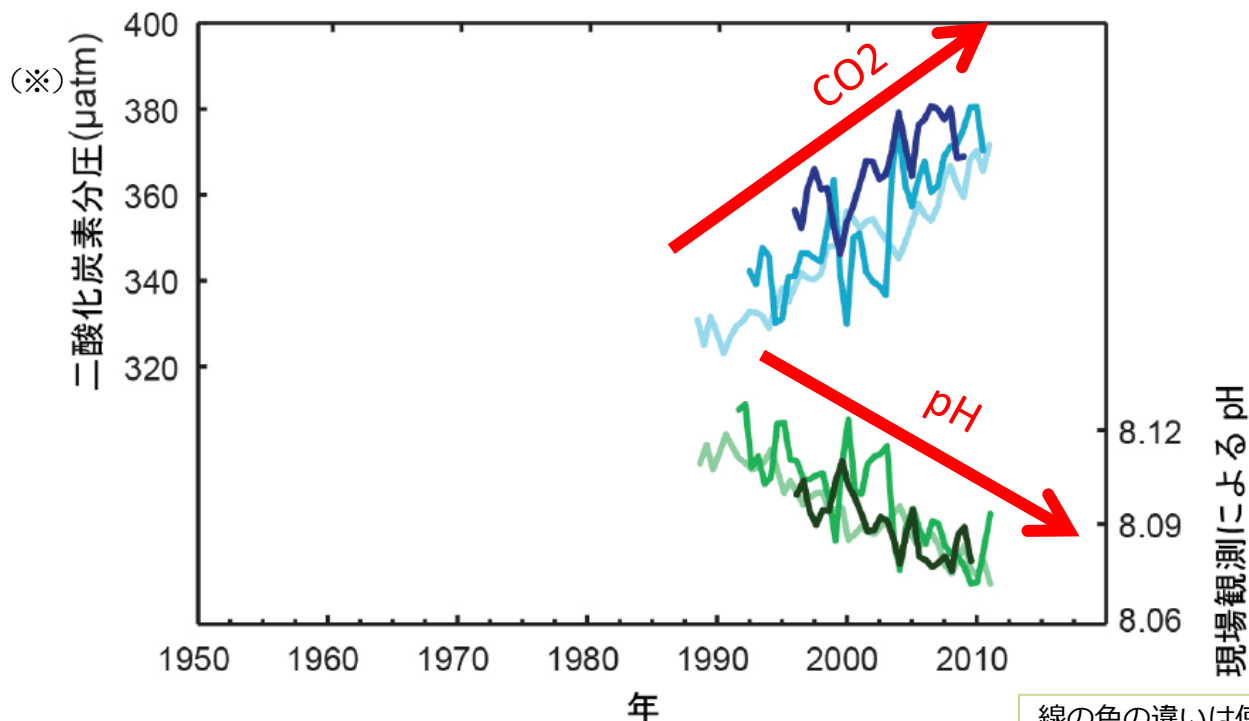


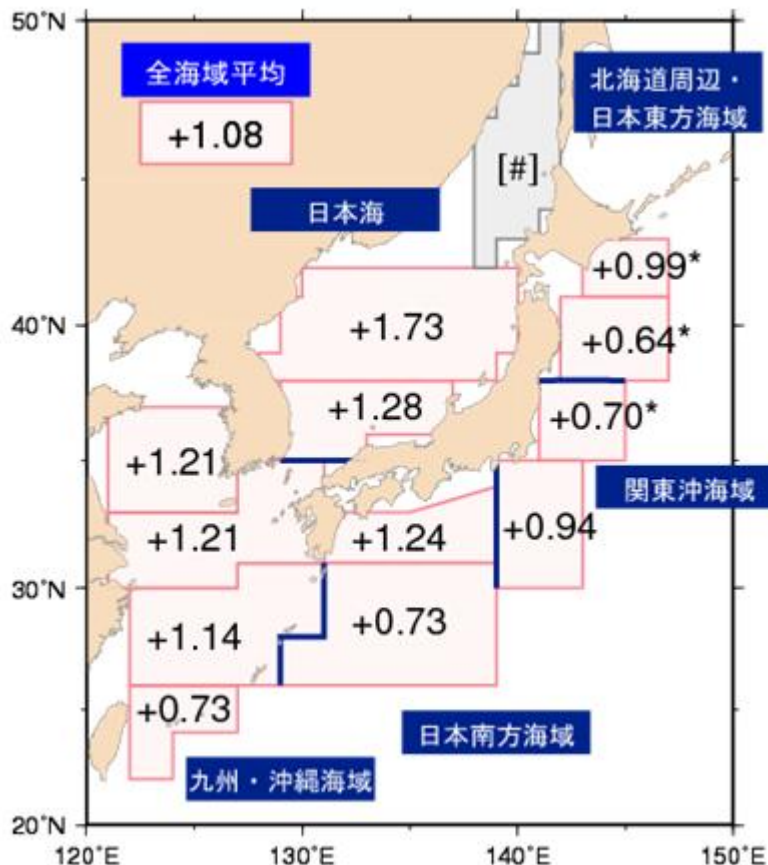
図. 海面の二酸化炭素とpH

(※) 大気と海洋の間でのやり取りされる二酸化炭素の量を定量的に扱う場合には、二酸化炭素濃度の単位を圧力の単位で示す。これを二酸化炭素分圧と呼び、 $\mu\text{atm}$ (100万分の1気圧)で表す。

出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.4(b)

# (参考)日本近海の海水温上昇率は高い

- 日本近海における、海面水温の上昇率(+1.08°C/100年)は世界全体で平均した海面水温の上昇率(+0.51°C/100年)よりも大きな値である



図中の無印の値は統計的に99%有意な値を、「\*」および「\*\*」を付加した値はそれぞれ95%、90%有意な値を示す。上昇率が[#]とあるものは、統計的に有意な長期変化傾向が見出せないことを示す。

図. 日本近海の海域平均海面水温（年平均）の長期変化傾向（°C/100年）

出典：図 気象庁HP  
[http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a\\_1/japan\\_warm/japan\\_warm.html](http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html)

# (参考)海洋の温度上昇の影響

- 海水温が高すぎると褐虫藻がサンゴから抜け出し、結果サンゴは死んでしまう。
- このときサンゴは骨格が白く透けて見え、白化する

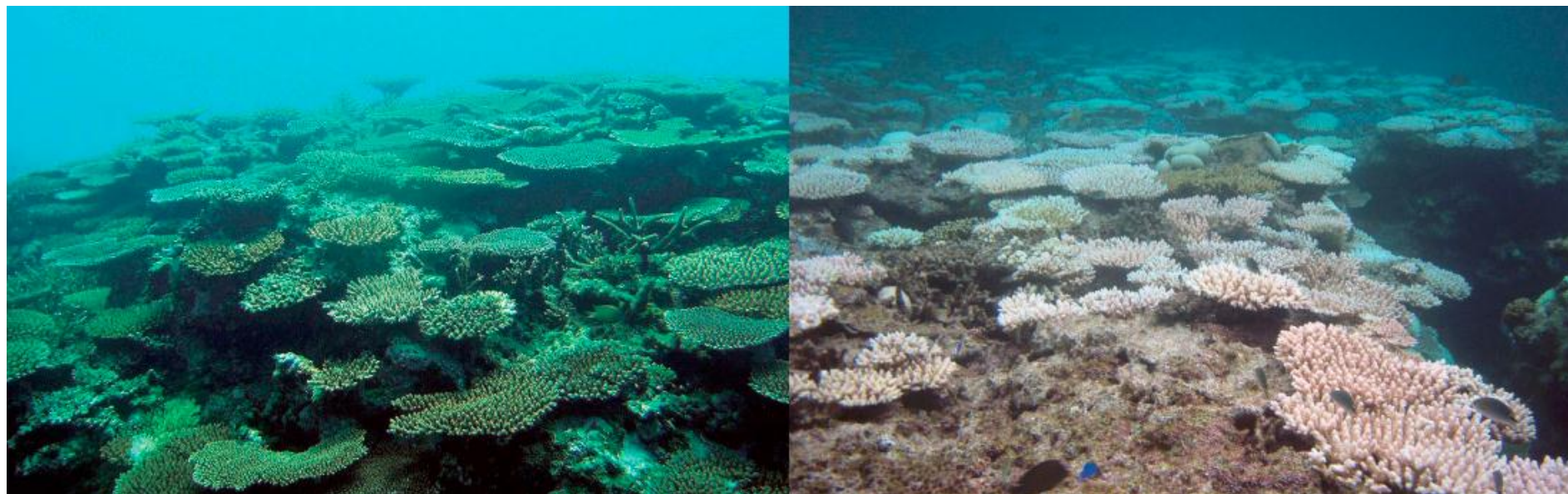


図. 左：白化前と右：白化後のサンゴ

出典：図. 海洋研究開発機構, Blue Earth 2008 5-6月号  
[http://www.godac.jamstec.go.jp/catalog/data/doc\\_catalog/media/be95\\_all.pdf](http://www.godac.jamstec.go.jp/catalog/data/doc_catalog/media/be95_all.pdf)

# (参考)北上する動植物の生息域

- 将来予測では、日本沿岸のサンゴの分布に適する水温の海域は北上するものの、白化現象の増加域と形成に適さない酸性化域に挟まれる形となる
- 日本沿岸の熱帯・亜熱帯サンゴ礁の分布に適する海域は2020年～30年代に半減、2030年～2040年代に消失と予測されている

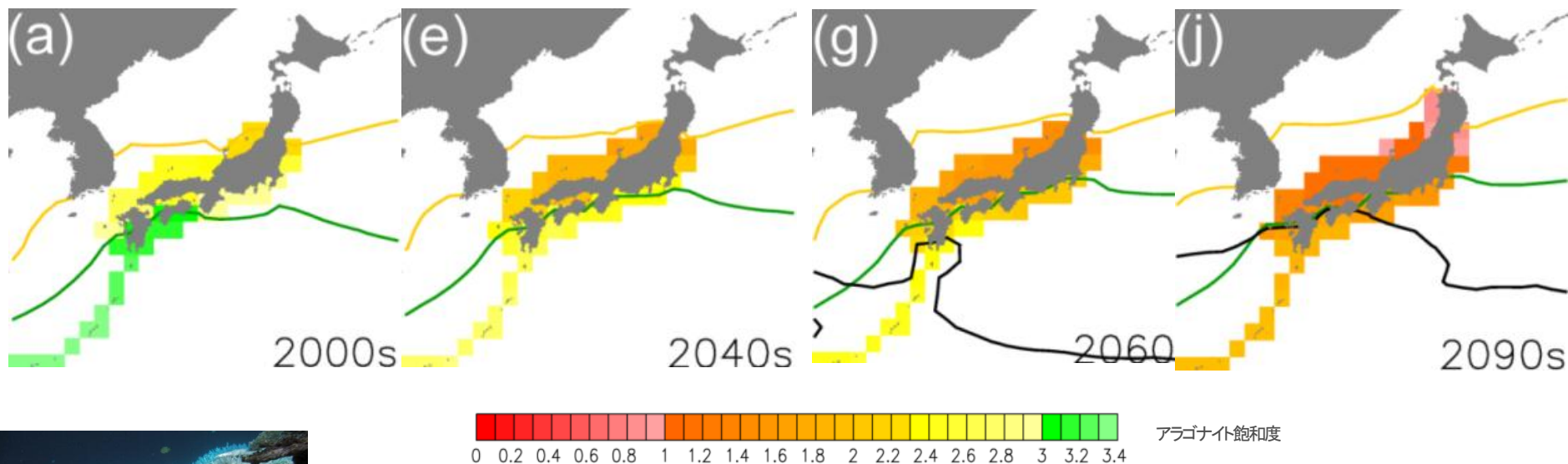


図. 現在 (2000年) と将来 (2040, 2060, 2090年代) のサンゴ礁の北限の変化

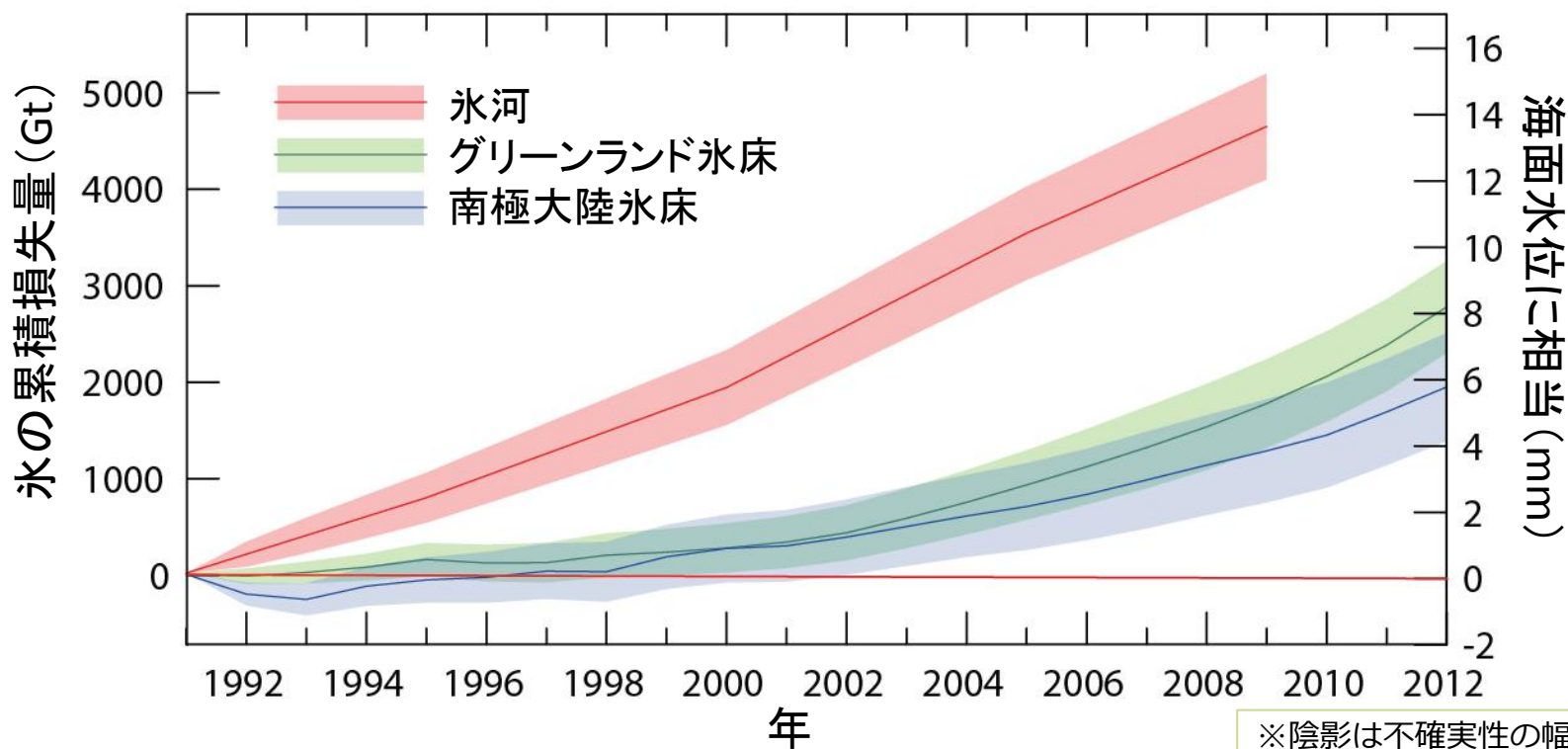
緑線: 熱帯/亜熱帯サンゴ礁の北限、黄色線: 温帯サンゴの北限。黒線: サンゴ生息に不適とされる海水温30°C。  
メッシュ: 酸性度の指標(アラゴナイト飽和度) アラゴナイト飽和度は二酸化炭素が海に溶け込むことで低下し、1を下回るとアラゴナイトは溶解する。

出典: 図 Yara, Y., M. Vogt, M. Fujii, H. Yamano, C. Hauri, M. Steinacher, N. Gruber and Y. Yamanaka, 2012: Ocean acidification limits temperature-induced poleward expansion of coral habitats around Japan, Biogeosciences, 9, 4955-4968.

# 各地の氷は減少し続けている

- 過去20年にわたり、グリーンランド及び南極の氷床の質量は減少しており、氷河はほぼ世界中で縮小し続けている(高い確信度)

(IPCC AR5 WG I SPM p.9, 2-3行目)



※陰影は不確実性の幅を示す。

図. 質量 (Gt) 及び海面水位相当 (mm) の観点からの氷河や氷床からの氷の総損失評価

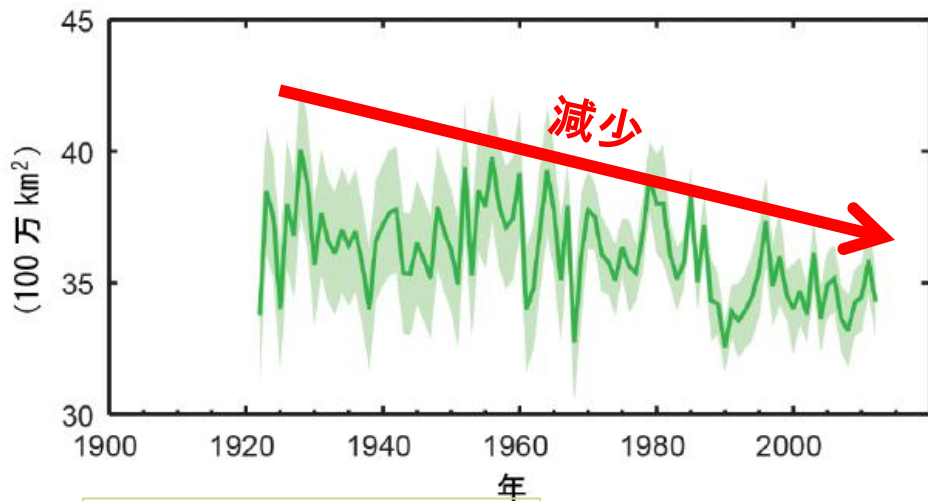
出典: 図, IPCC AR5 WG I TS Fig. TS.3\_errata



# 北半球の雪・氷は減少し続けている

- 北極域の海氷及び北半球の春季の積雪面積は減少し続けている(高い確信度)

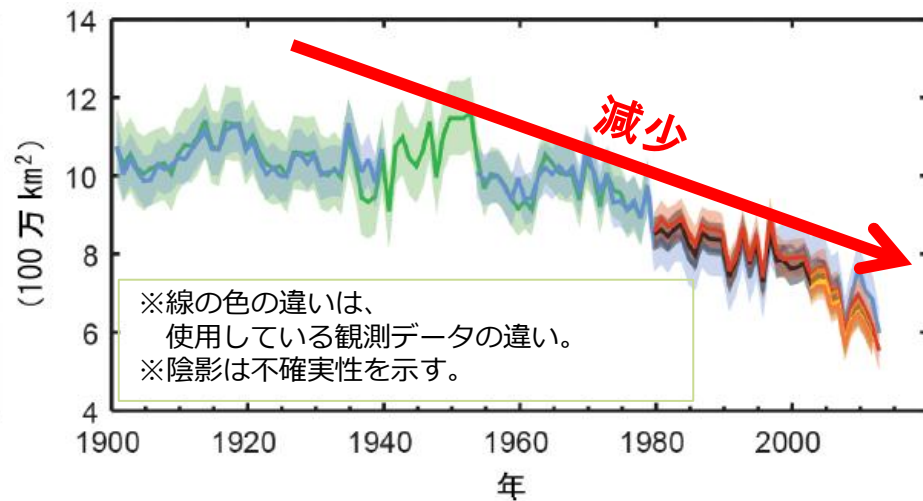
(IPCC AR5 WG I SPM p.9, 3-4行目)



※陰影は不確実性を示す。

図1.北半球における積雪面積の  
3~4月(春季)の平均値

出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.3(a)



※線の色の違いは、  
使用している観測データの違い。  
※陰影は不確実性を示す。

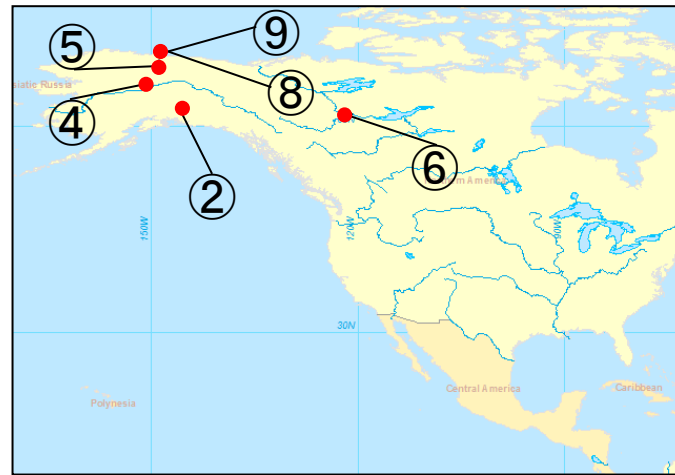
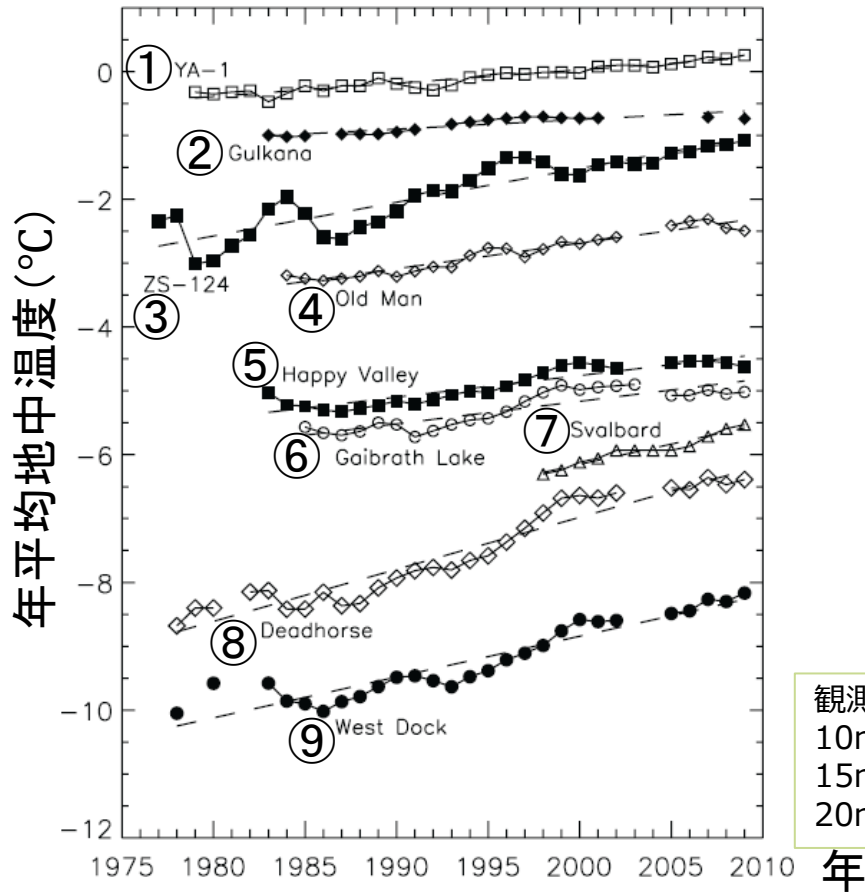
図2.北極域の海氷面積の  
7、8、9月(夏季)の平均値

出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.3(b)

# 永久凍土の温度が上昇している

- 永久凍土の温度が1980年代初頭以降、ほとんどの地域で上昇していることの確信度は高い

(IPCC AR5 WG I SPM p.9, 28行目)



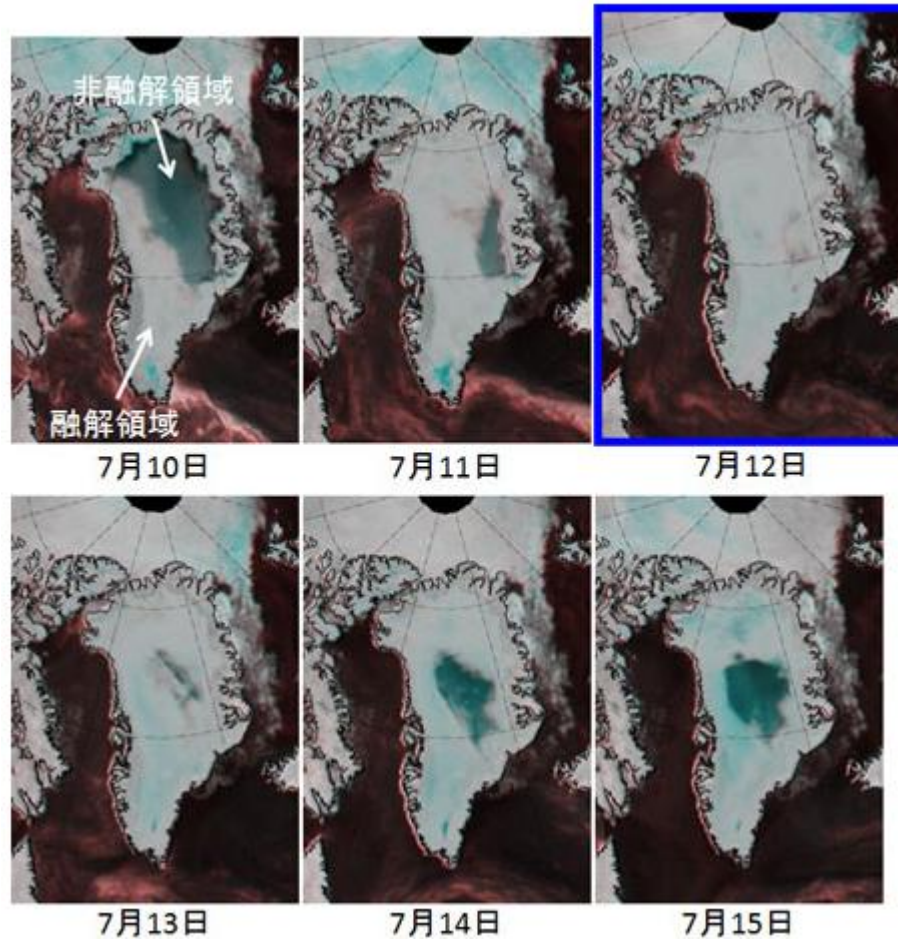
観測深度  
 10m: ①、③  
 15m: ②、④  
 20m: 上記以外

図. 世界各地の永久凍土の温度変化

出典: 図, IPCC AR5 WG I Fig. 4.22

# (参考)グリーンランドでの氷表面の全面融解

- 2012年7月にはグリーンランド氷床表面の全面融解が観測された。(JAXA HP)



グリーンランドほぼ  
全域が融解領域  
(氷床表面が湿って  
いる状態)となった

図. 2012年7月10日から15日までのグリーンランド氷床表面状態の変化  
灰色は融解領域を示しており、緑から黒色が乾いた表面状態(非融解領域)を示す。

出典: 図 JAXA HP <http://www.eorc.jaxa.jp/imgdata/topics/2012/tp120725.html>

# 二酸化炭素濃度は増え続けている

- 二酸化炭素濃度は、第一に化石燃料からの排出、第二に正味の土地利用変化による排出により、工業化以前より40%増加した (IPCC AR5 WG I SPM p.11, 26-28行目)
- 温室効果ガスである二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、メタン(CH<sub>4</sub>)、一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)の大気中濃度は、人間活動により1750年以降全て増加している (IPCC AR5 WG I SPM p.11, 31-32行目)

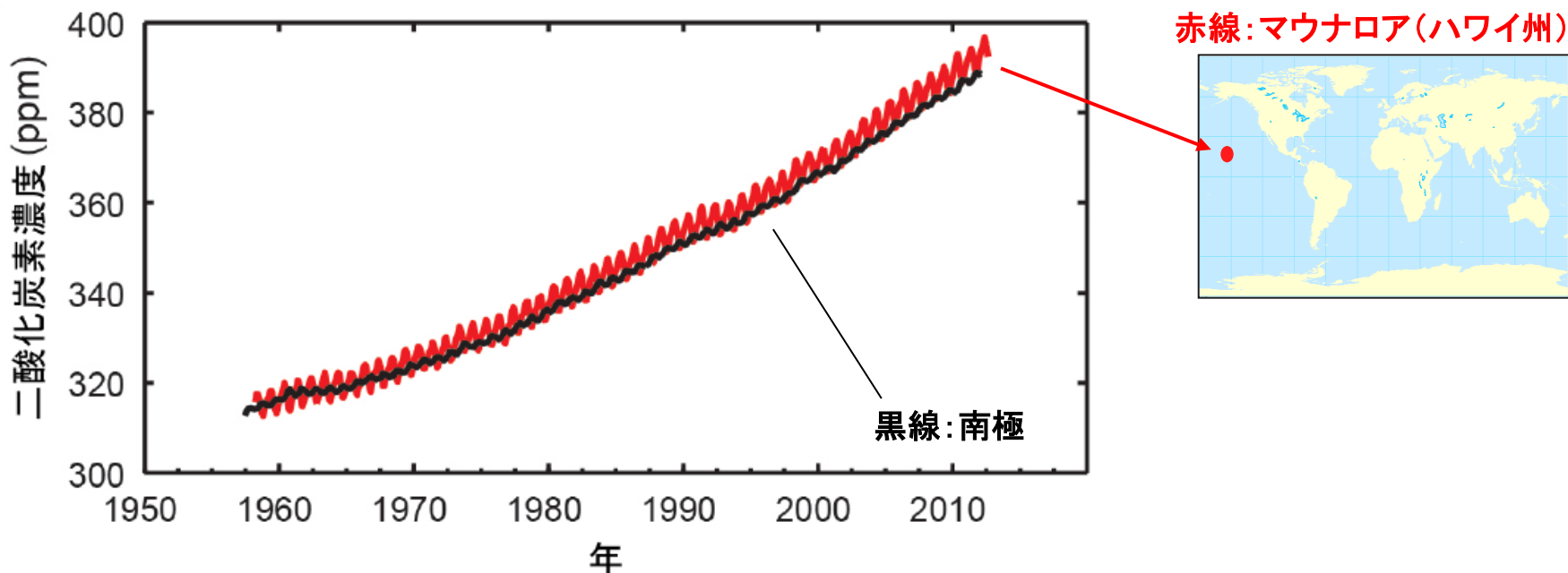


図. 1958年以降のマウナロアと南極点における大気中の二酸化炭素濃度

出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.4(a)

6. 極端現象

# 極端現象※に変化が現れている

(※) 特定の地点と時期においてまれにしか起こらない極端な気象の現象。「まれ」の定義は様々であるが、通常観測結果から求められる確率密度関数の10パーセンタイル以下あるいは90パーセンタイル以上の少ない頻度である  
 (IPCC AR5 WG I AnnexIII:Glossary p.1454)

- 気候に対する人為的影響は、大気と海洋の温暖化、世界の水循環の変化、雪氷の減少、世界平均海面水位の上昇、及びいくつかの気候の極端現象の変化において検出されている  
 (IPCC AR5 WG I SPM p.17, 11-13行目)

表. 気象及び気候の極端現象

現象及び変化傾向	変化発生の評価 (特に断らない限り1950年以降)	観測された変化に対する人間活動の寄与の評価
ほとんどの陸域で寒い日や寒い夜の頻度の減少や昇温	可能性が非常に高い	可能性が非常に高い
ほとんどの陸域で暑い日や暑い夜の頻度の増加や昇温	可能性が非常に高い	可能性が非常に高い
ほとんどの陸域で継続的な高温/熱波の頻度や持続期間の増加	世界規模で確信度が中程度。ヨーロッパ、アジア、オーストラリアの大部分で可能性が高い	可能性が高い
大雨の頻度、強度、大雨の降水量の増加	減少している陸域より増加している陸域のほうが多い可能性が高い	確信度が中程度

ほぼ確実:>99%,可能性が非常に高い:>90%,可能性が高い:>66%,どちらかといえば:>50%  
 確信度(証拠の量と一致度):非常に高い>高い>中程度>低い>非常に低い

出典:表, IPCC AR5 WG I SPM Table SPM.1一部抜粋

# 極端現象に変化が現れている

表. 気象及び気候の極端現象

現象及び傾向	生じた変化の評価 (特記ない限り1950年以降の典型)	人為的影響の可能性
干ばつの強度や持続期間の増加	世界規模で確信度が低い。いくつかの地域で変化した可能性が高い	確信度が低い
強い熱帯低気圧の活動度の増加	長期(百年規模)変化の確信度が低い。1970年以降北大西洋でほぼ確実	確信度が低い
極端に高い潮位の発生や高さの増加	可能性が高い(1970年以降)	可能性が高い

ほぼ確実:>99%,可能性が非常に高い:>90%,可能性が高い:>66%,どちらかといえば:>50%

確信度(証拠の量と一致度):非常に高い>高い>中程度>低い>非常に低い

# (参考)日本では短時間強雨が増えている

- アメダス※で観測された1時間降水量50mm及び80mm以上の「短時間強雨」は、増加傾向が明瞭に現れている。ただし、アメダスデータは観測期間が短いため、確実な傾向をとらえるにはさらにデータ蓄積が必要。(気象庁HP)

(※) アメダス (AMeDAS) とは「Automated Meteorological Data Acquisition System」の略で、「地域気象観測システム」という。雨、風、雪などの気象状況を時間的、地域的に細かく監視するために、降水量、風向・風速、気温、日照時間の観測を自動的におこない、気象災害の防止・軽減に重要な役割を果たしている。(気象庁HP)

気象庁HP <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/heavyraintrend.html>

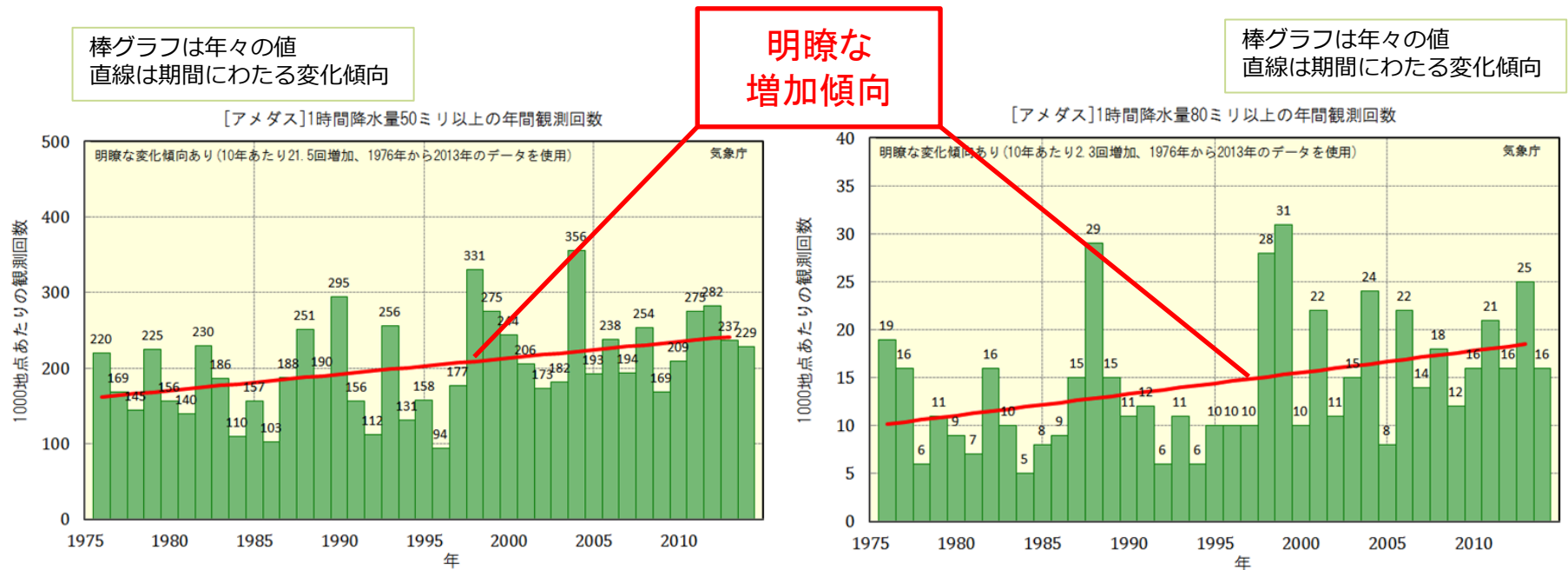


図. アメダス地点で1時間降水量が50mm, 80mm以上となった年間の回数 (1,000地点あたりの回数に換算)

出典: 図. 気象庁HP <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/heavyraintrend.html>

# (参考)日本では猛暑日は増えている

- 日最高気温が35℃以上の猛暑日の日数は1931年から2013年で、明瞭に増加傾向が現れている (気候変動監視レポート2013)

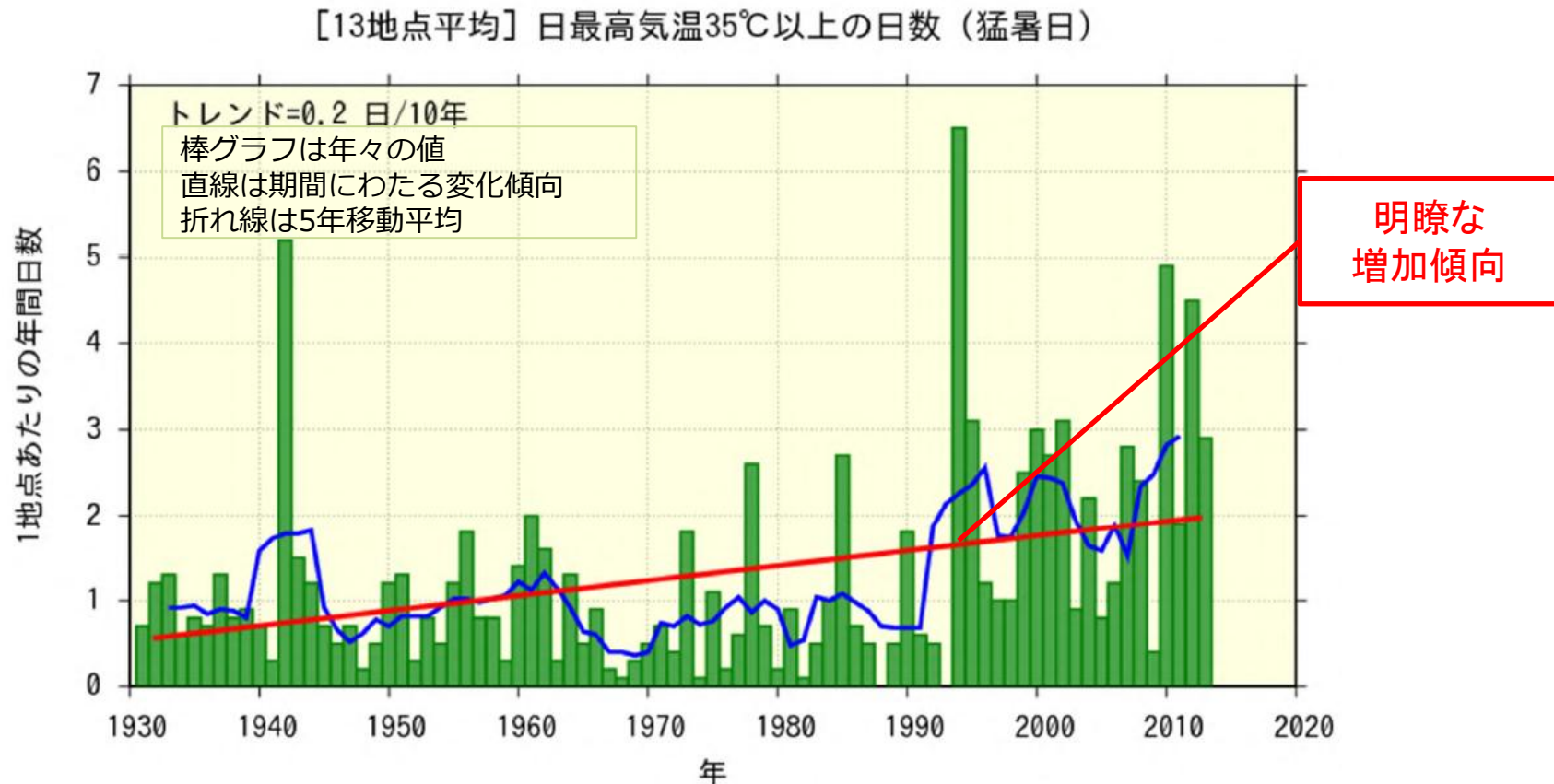


図. 最高気温35℃以上の猛暑日の年間日数  
(1地点あたりの年間日数)

出典: 図. 気候変動監視レポート2013 P.24 図2.1-6抜粋



## 第2章 温暖化の要因

“人間の影響が20世紀半ば以降に観測された温暖化の支配的な（dominant）要因であった可能性が極めて高い”

(IPCC AR5 WG I SPM p.17, 14-15行目)

# 温暖化は人間の影響の可能性が極めて高い

- 人間による影響が20世紀半ば以降に観測された温暖化の支配的な原因であった可能性が極めて高い  
(IPCC AR5 WG I SPM p.17, 14-15行目)
- 全太陽放射照度の衛星による直接測定結果に基づくと、1986年から2008年の期間の世界平均気温の上昇に、全太陽放射照度の変化が寄与していなかったことの高確信度は高い  
(IPCC AR5 WG I SPM p.19, 17-18行目)

人為起源の影響を加えないと、観測値(黒線)と合致しない

## 世界平均

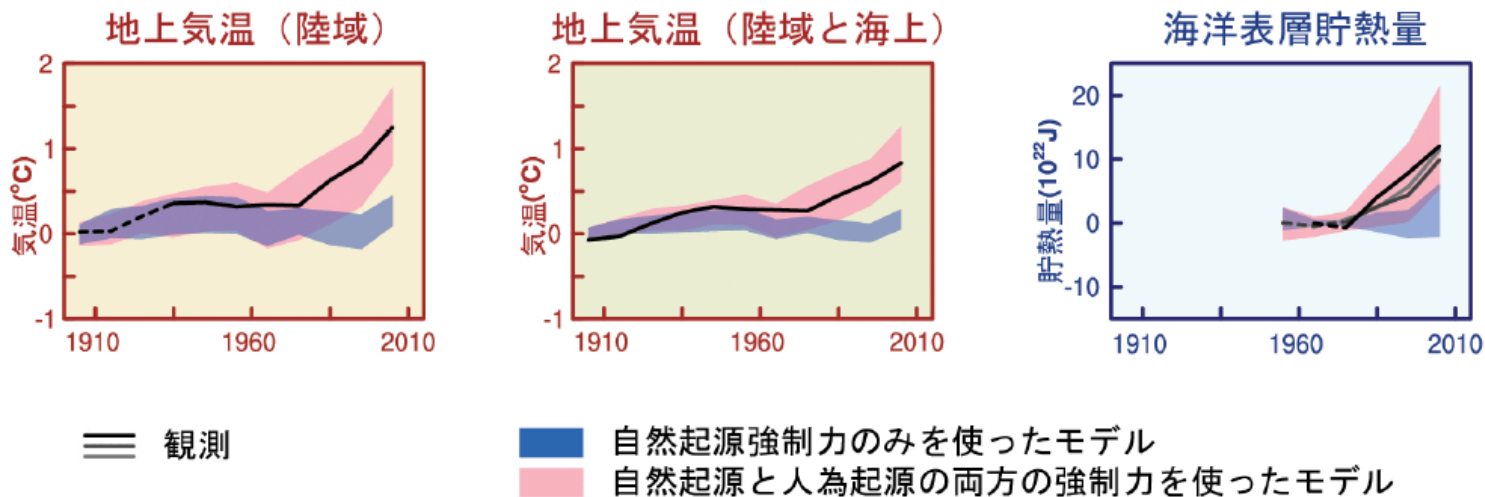
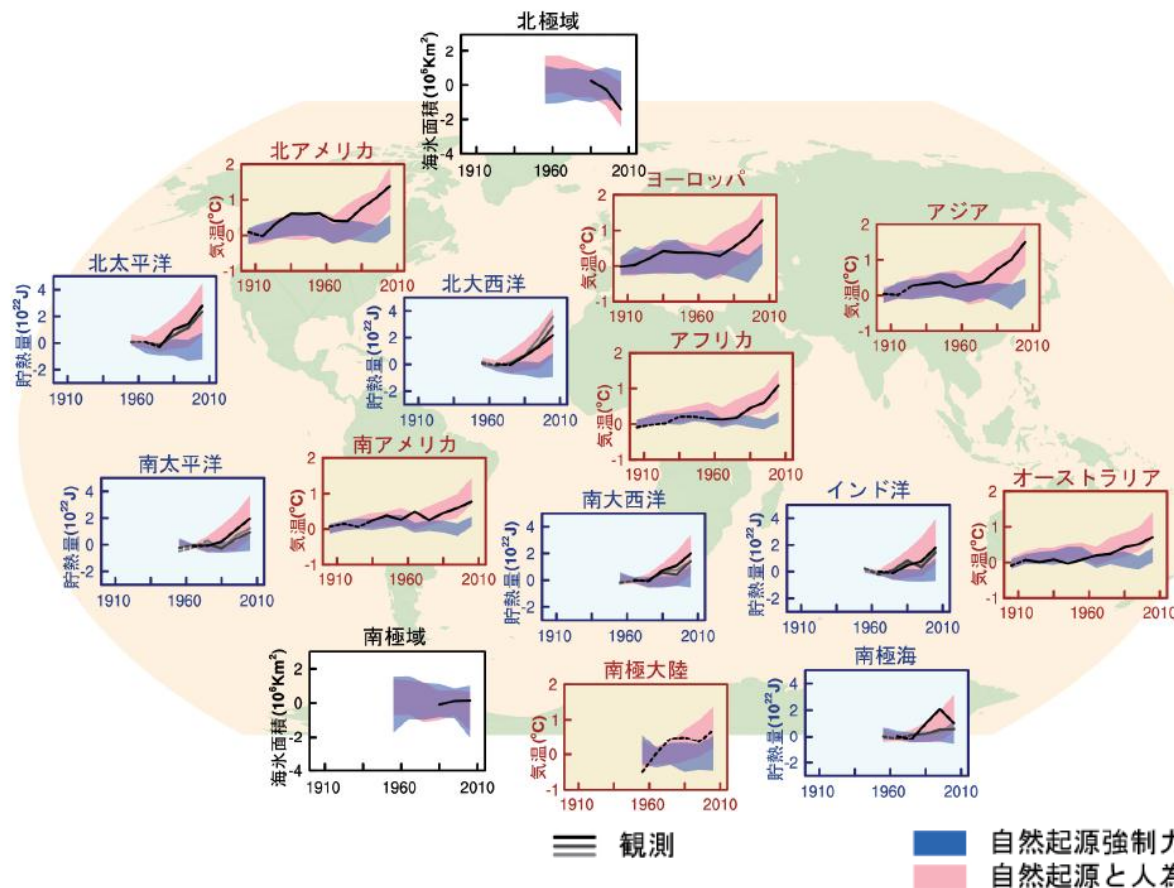


図. 観測及びシミュレーションにより再現された気候変動の比較

# 世界各地の気温変化要因

- 南極を除くすべての大陸域において、20世紀半ば以降の地上気温の上昇に人為起源強制力がかなり寄与していた可能性が高い

(IPCC AR5 WG I SPM p.17, 25-26行目)



「北極の海水」、「世界の気温」、「海洋の貯熱量」全てが、人為起源の影響を加えないと、観測値(黒線)と合致しない

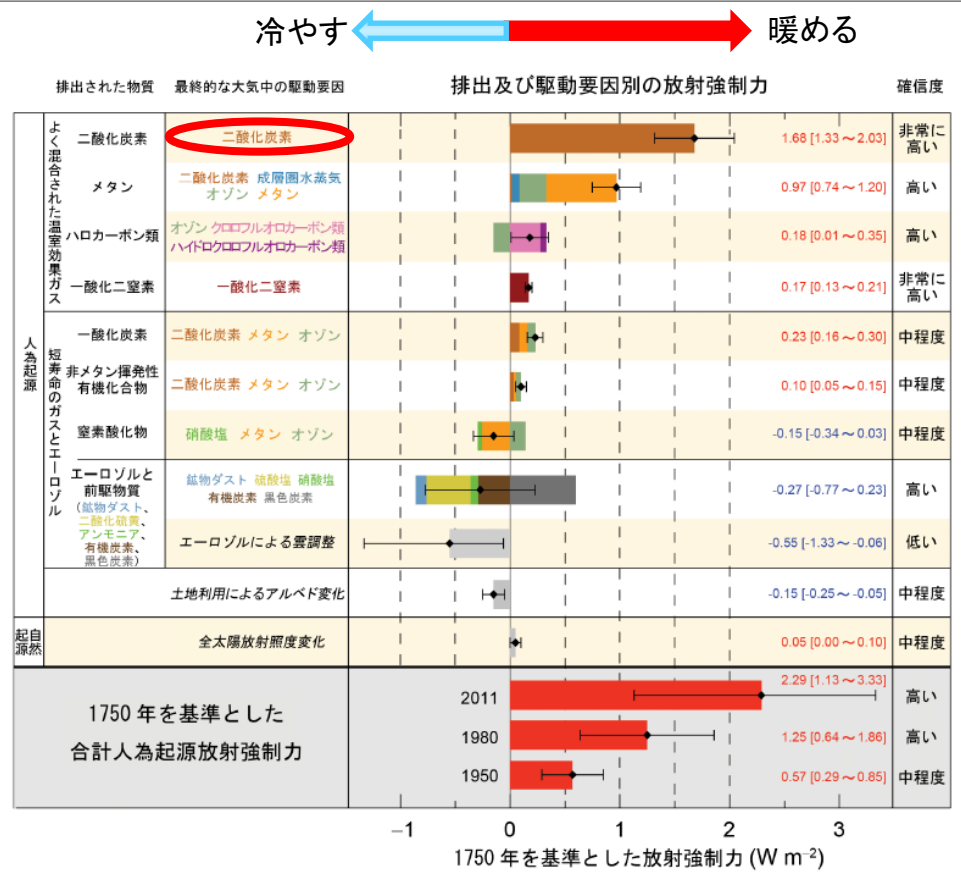
図. 観測及びシミュレーションにより再現された気候変動の比較

7. 気候変動の要因

# 何が温暖化の要因なのか (1)

- 放射強制力の合計は正であり、その結果、気候システムによるエネルギーの吸収をもたらしている。合計放射強制力に最大の寄与をしているのは、1750年以降の大気中の二酸化炭素濃度の増加である

(IPCC AR5 WG I SPM p.13, 11-13行目)



・CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oの大気中濃度は、人間活動により1750年以降全て増加している。  
 ・2011年の濃度は、工業化以前の水準よりそれぞれ約40%、150%、20%高い  
 (IPCC AR5 WG I SPM p.11, 25-28行目)

図. 気候変動をもたらす主な駆動要因の、1750年を基準とした2011年における放射強制力の推定値と要因ごとに集計された不確実性

出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.5

7. 気候変動の要因

# 何が温暖化の要因なのか (2)

- 大気中の全エアロゾル効果※による放射強制力は $-0.9\text{W}/\text{m}^2$ であり(中程度の確信度)、これは大半のエアロゾルによる負の強制力と、黒色炭素が太陽放射を吸収することによる正の強制力との結果である

※エアロゾルに起因した雲調整を含む (IPCC AR5 WG I SPM p.13, 35行目 - p.14, 1行目)

- 太陽放射照度の変化や成層圏の火山性エアロゾルによる自然起源放射強制力の合計は、大規模な火山噴火のあとの短い期間を除き、過去1世紀にわたる正味の放射強制力に対してほんのわずかな寄与しかしていない

(IPCC AR5 WG I SPM p.14, 11-12行目)

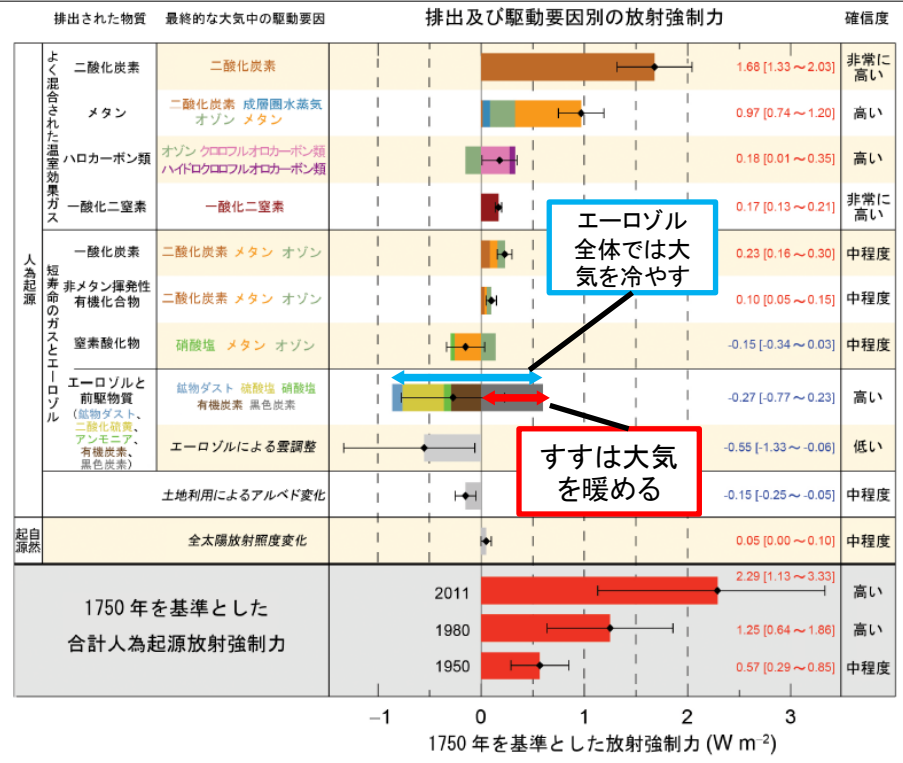


図. 気候変動をもたらす主な駆動要因の、1750年を基準とした2011年における放射強制力の推定値と要因ごとに集計された不確実性

出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.5

## 第3章 将来予測

今世紀末の世界平均気温変化はRCPシナリオによれば0.3~4.8℃の範囲、平均海面水位の上昇は0.26~0.82mの範囲となる可能性が高い

## 8. 将来の気温の予測

# 将来の世界平均気温は？～最大で4.8℃の上昇も～

- 2081～2100年の世界平均地上気温の1986～2005年平均に対する上昇量は、濃度で駆動されるCMIP5モデルシミュレーションから得られる幅によれば、RCP2.6シナリオでは0.3～1.7℃、RCP4.5シナリオでは1.1～2.6℃、RCP6.0シナリオでは1.4～3.1℃、RCP8.5シナリオでは2.6～4.8℃の範囲に入る可能性が高いと予測される

(IPCC AR5 WG I SPM p.20, 19-21行目)

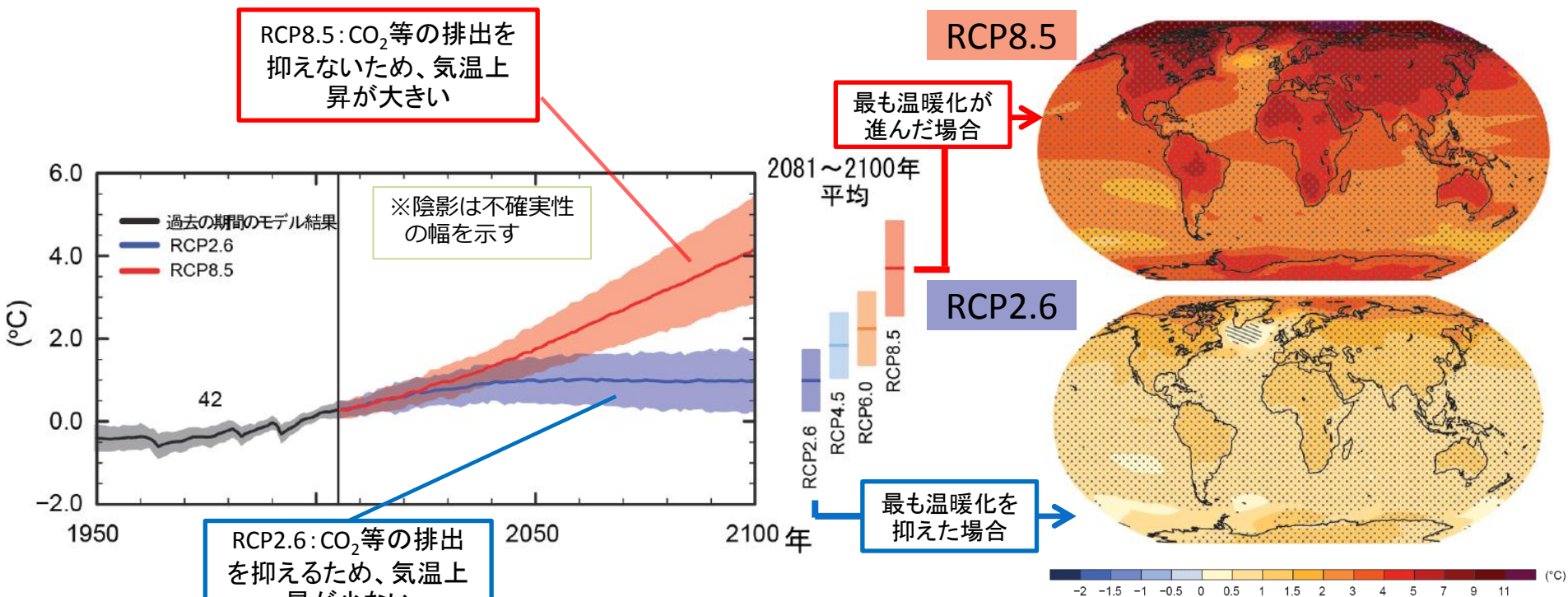


図. 1986-2005年平均に対する世界平均地上気温の変化  
CMIP5の複数モデルにより  
シミュレーションされた時系列(1950年から2100年)

出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.7(a)

図. 年平均地上気温の変化  
(1986-2005年平均からの偏差)  
2081～2100年におけるRCP2.6と  
RCP8.5のシナリオによるCMIP5複数モデル平均の分布図

北極域は世界平均より速く温暖化し、陸上における平均的な温暖化は海上よりも大きくなるだろう(非常に高い確信度)  
(IPCC AR5 WG I SPM p.20, 21-22行目)

出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.8(a)

# 将来の気温は現在よりも上昇する

- どのような仮定(シナリオ)を当てはめても、21世紀末(2081~2100年)の気温は、現在(1986~2005年)よりも上昇する。

表. 1986~2005年を基準とした21世紀末の世界平均地上気温の予測

シナリオ名称	温暖化対策	平均(°C)	「可能性が高い」予測幅 (°C)
RCP8.5	対策なし	+3.7	+2.6~+4.8
RCP6.0	少	+2.2	+1.4~+3.1
RCP4.5	中	+1.8	+1.1~+2.6
RCP2.6	最大	+1.0	+0.3~+1.7

出典:表 IPCC AR5 WG I SPM Table SPM.2およびIPCC専門家会合報告書『新シナリオに向けて』表1を参考に作成



# (参考) 将来の気温予測 (RCPシナリオ)

- RCPシナリオとは、AR5の気候モデル予測で用いられる温室効果ガスの代表的な濃度の仮定(シナリオ)を指す。
- RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5と4つのシナリオが用意されている。数値が大きくなるほど2100年時点での放射強制力が大きくなるようになっている。(RCP2.6シナリオでは約 $2.6 \text{ W/m}^2$ 、RCP4.5シナリオでは約 $4.5 \text{ W/m}^2$ 、RCP6.0シナリオでは約 $6.0 \text{ W/m}^2$ 、RCP8.5シナリオでは約 $8.5 \text{ W/m}^2$ )
- これらの4つのRCPシナリオには、非常に低い強制力レベルにつながる緩和型シナリオが一つ(RCP2.6シナリオ)、安定化シナリオが二つ(RCP4.5シナリオとRCP6.0シナリオ)、非常に高い温室効果ガス排出量となるシナリオが一つ(RCP8.5シナリオ)含まれる。こうしてRCPシナリオは、第3次評価報告書と第4次評価報告書で使用されてきた「排出シナリオに関する特別報告書(SRES)」の「気候政策なし」シナリオと比べて、21世紀の気候政策の範囲を表現できるものとなっている。

# 降水量は地域によって差が激しくなる

- 地域的な例外はあるかもしれないが、湿潤地域と乾燥地域、湿潤な季節と乾燥した季節の間の降水量の差が増加するだろう (IPCC AR5 WG I SPM p.20, 34-35行目)
- 世界平均地上気温が上昇するにつれて、中緯度の陸域のほとんどと湿潤な熱帯域において、今世紀末までに極端な降水がより強く、より頻繁となる可能性が非常に高い

(IPCC AR5 WG I SPM p.23, 5-6行目)

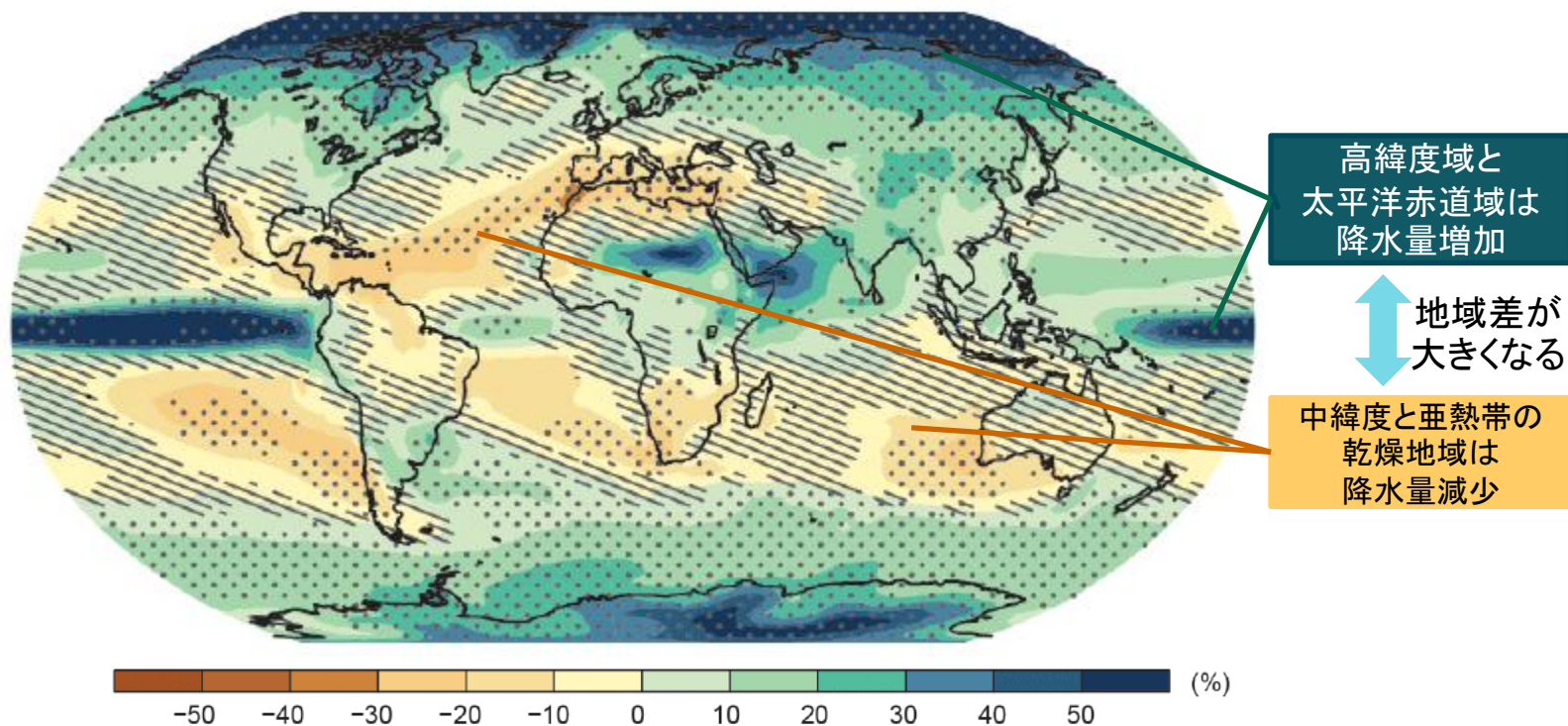


図. 年平均降水量の平均変化率 (RCP8.5)  
(1986-2005年平均からの偏差)  
2081~2100年におけるRCP2.6と  
RCP8.5のシナリオによるCMIP5複数モデル平均の分布図

# 世界の海面水位は上昇を続けるだろう

- 21世紀の間、世界平均海面水位は上昇を続けるだろう (IPCC AR5 WG I SPM p.25, 15行目)
- 世界平均海面水位の上昇予測についての確信度は、海面水位変化の要因に関する物理的理解の進展、諸過程に基づくモデル\*と観測の整合性の改善、氷床の力学的変化を考慮したことによって、第4次評価報告書以降高まってきている (IPCC AR5 WG I SPM p.25, 19-21行目)

※海面水位について、さまざまな要素の物理的、力学的な相互作用を規定する方程式を計算機によるシミュレーションで数値的に解くことでそれらの要素の時間発展を予測するモデル。半経験的モデルと異なり、氷床の融解や流出のプロセスについても世界平均地上気温や放射強制力などの予測値を与えて直接計算し、将来の海面水位変化にどの程度寄与するか予測する (IPCC AR5 WG I SPM 気象庁訳p.28 訳注J)

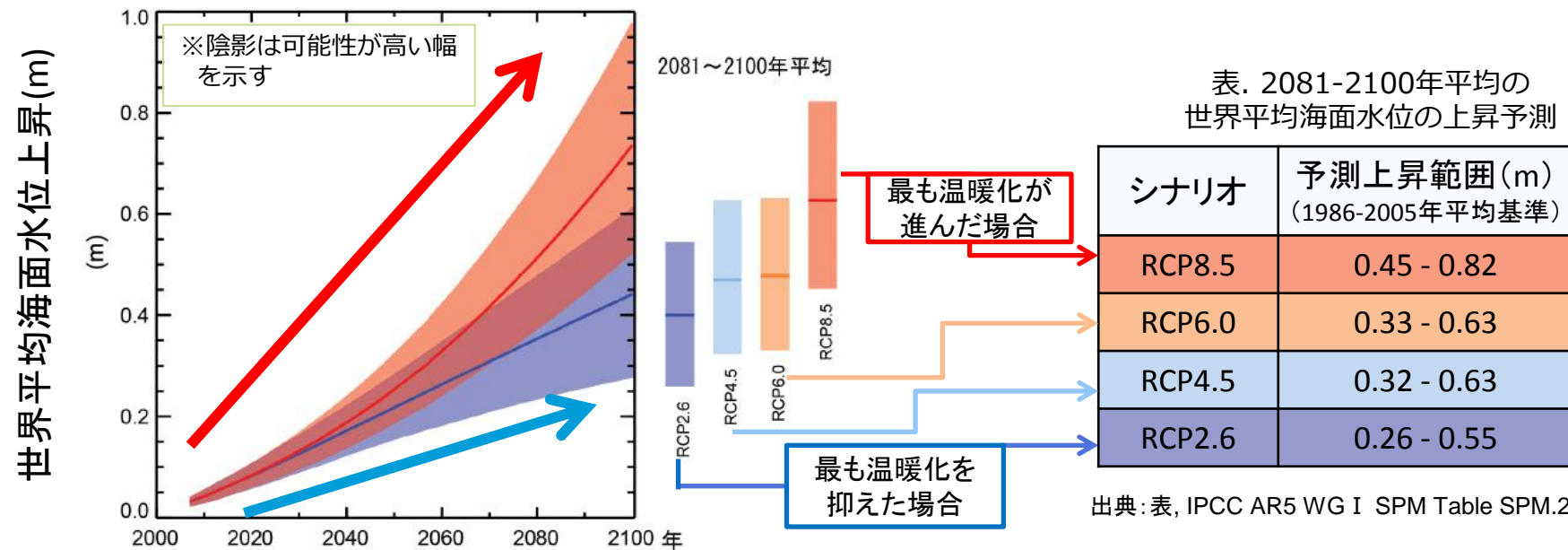


図. 21世紀にわたる世界平均海面水位の上昇予測 (1986-2005年平均との比較)

出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.9

# 海の酸性化はさらに進行する

- 海洋による炭素貯留の増加が、将来において、酸性化を進めるであろうことはほぼ確実である

(IPCC AR5 WG I TS p.94, 1-2行目)

将来、海はさらに酸性化する

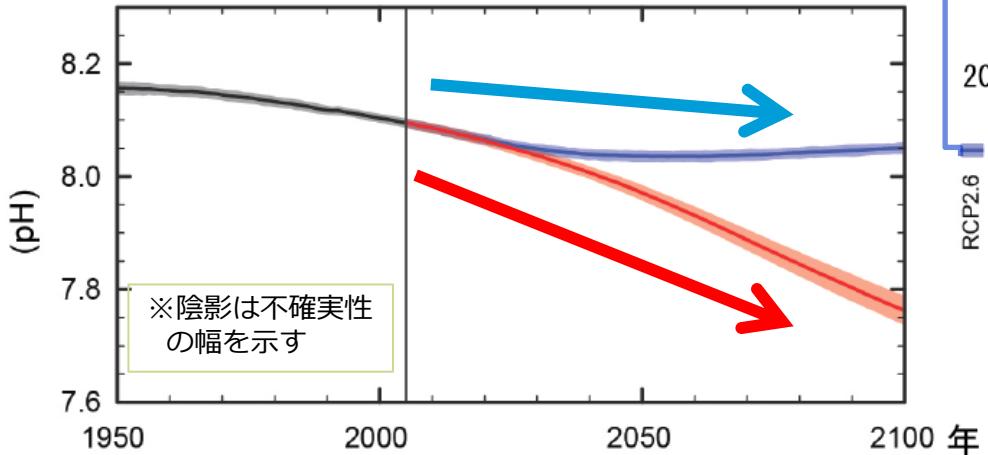


図. 世界平均の海面におけるpH  
CMIP5の複数モデルにより  
シミュレーションされた時系列(1950年から2100年)

黒線：過去の期間のモデル結果  
青線：RCP2.6  
赤線：RCP8.5

出典：図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.7(c)

RCP2.6

最も温暖化を抑えた場合

2081~2100年  
平均

RCP8.5

最も温暖化が進んだ場合

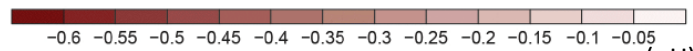
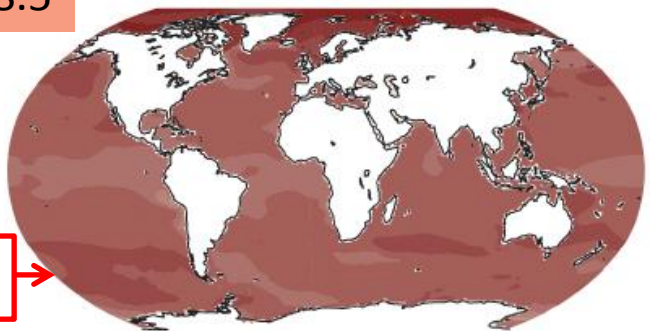
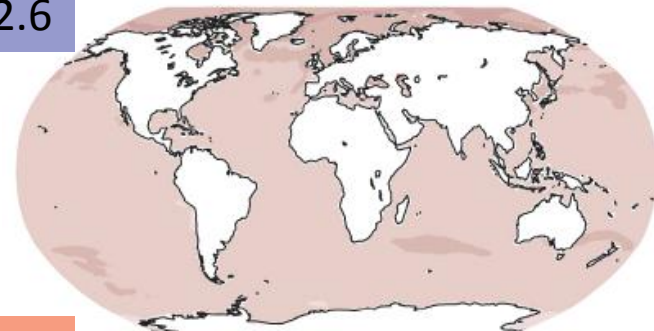


図. 海面におけるpHの変化  
(1986-2005年平均からの偏差)  
2081~2100年におけるRCP2.6と  
RCP8.5のシナリオによるCMIP5複数モデル平均の分布図

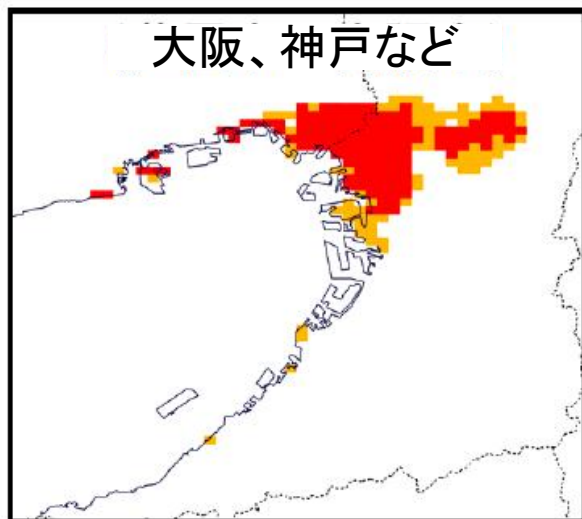
出典：図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.8(d)

# (参考) 海面上昇で影響を受ける？

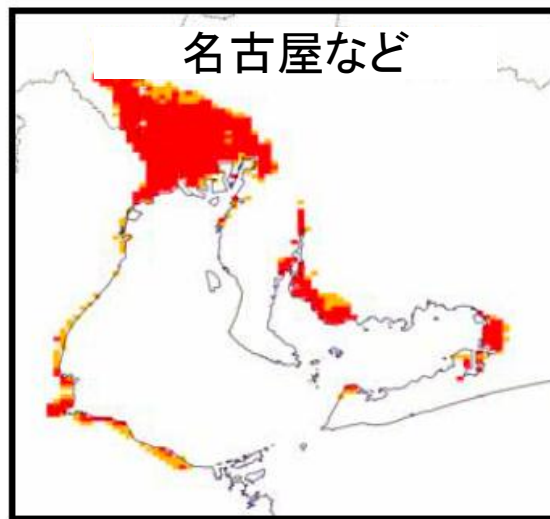
- 平均海面水位が59cm※上昇した場合、影響を受ける日本の三大湾のゼロメートル地帯の面積は5割増大すると予測される。(国交省 地球温暖化に伴う気候変動について)

(※) 59cmはAR4で21世紀末(2090~2099年)に予測される世界平均海面上昇量の予測の上限を想定。

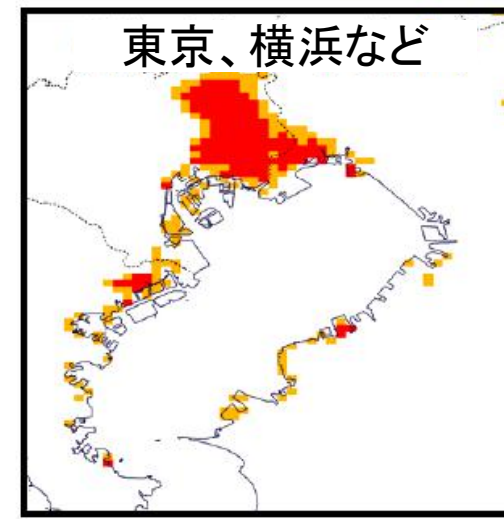
大阪湾



伊勢湾



東京湾



	現状	海面上昇後	倍率
面積(km <sup>2</sup> )	577	879	1.5

出典：国土交通省(2007) 第7回大規模水害対策に関する専門調査会「地球温暖化に伴う気候変動について」

# 北極海や北半球の氷や雪は減少する

- 21世紀の間、世界平均地上気温の上昇とともに、北極域の海水面積が縮小し、厚さが薄くなり続けること、また北半球の春季の積雪面積が減少することの可能性は非常に高い  
(IPCC AR5 WG I SPM p.24, 27-29行目)
- RCP8.5シナリオにおいて今世紀半ばまでに9月の北極海で海水がほとんど存在しない※状態となる可能性が高い(中程度の確信度)  
(IPCC AR5 WG I SPM p.25, 2-3行目)

※北極海の状態は、海水面積が少なくとも5年連続で10<sup>6</sup>km<sup>2</sup>未満である場合に、海水がほとんど存在しない状態とする  
(IPCC AR5 WG I SPM p.25脚注19)

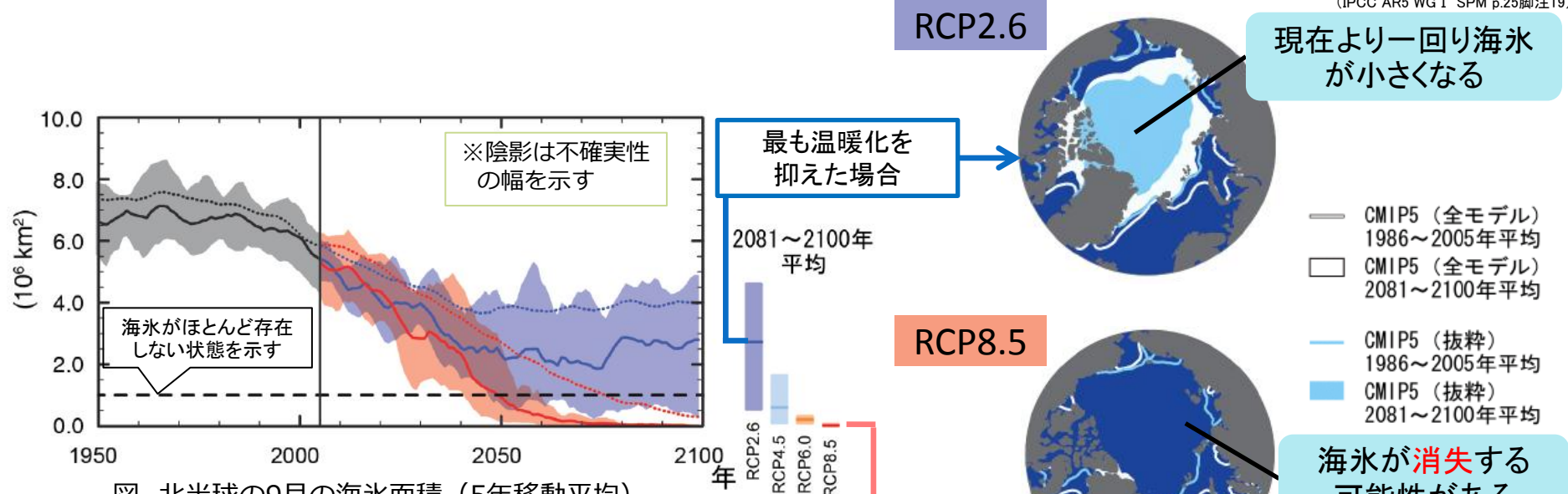


図. 北半球の9月の海氷面積 (5年移動平均)  
CMIP5の複数モデルにより  
シミュレーションされた時系列(1950年から2100年)  
黒線: 過去の期間のモデル結果  
青線: RCP2.6  
赤線: RCP8.5

図. 9月の北半球の海氷面積  
2081~2100年におけるRCP2.6と  
RCP8.5のシナリオによるCMIP5 複数モデル平均の分布図  
線で囲んだ部分がモデルによる1986~2005年の平均を、塗りつぶし部分が21世紀末の平均を示す。白色はCMIP5 複数モデル平均、明るい青色は北極域の海水面積の気候値と1979年から2012年における傾向を現実にかなり近く再現したモデルのみによる結果の平均である  
出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.8(c)

出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.7(b)

# 南極の海氷の減少が予測されるが確信度は低い

• 南極域においては、世界平均地上気温の上昇に伴い、21世紀末に海氷面積と体積の減少が予測されているが、その確信度は低い

(IPCC AR5 WG I SPM p.25, 5-6行目)

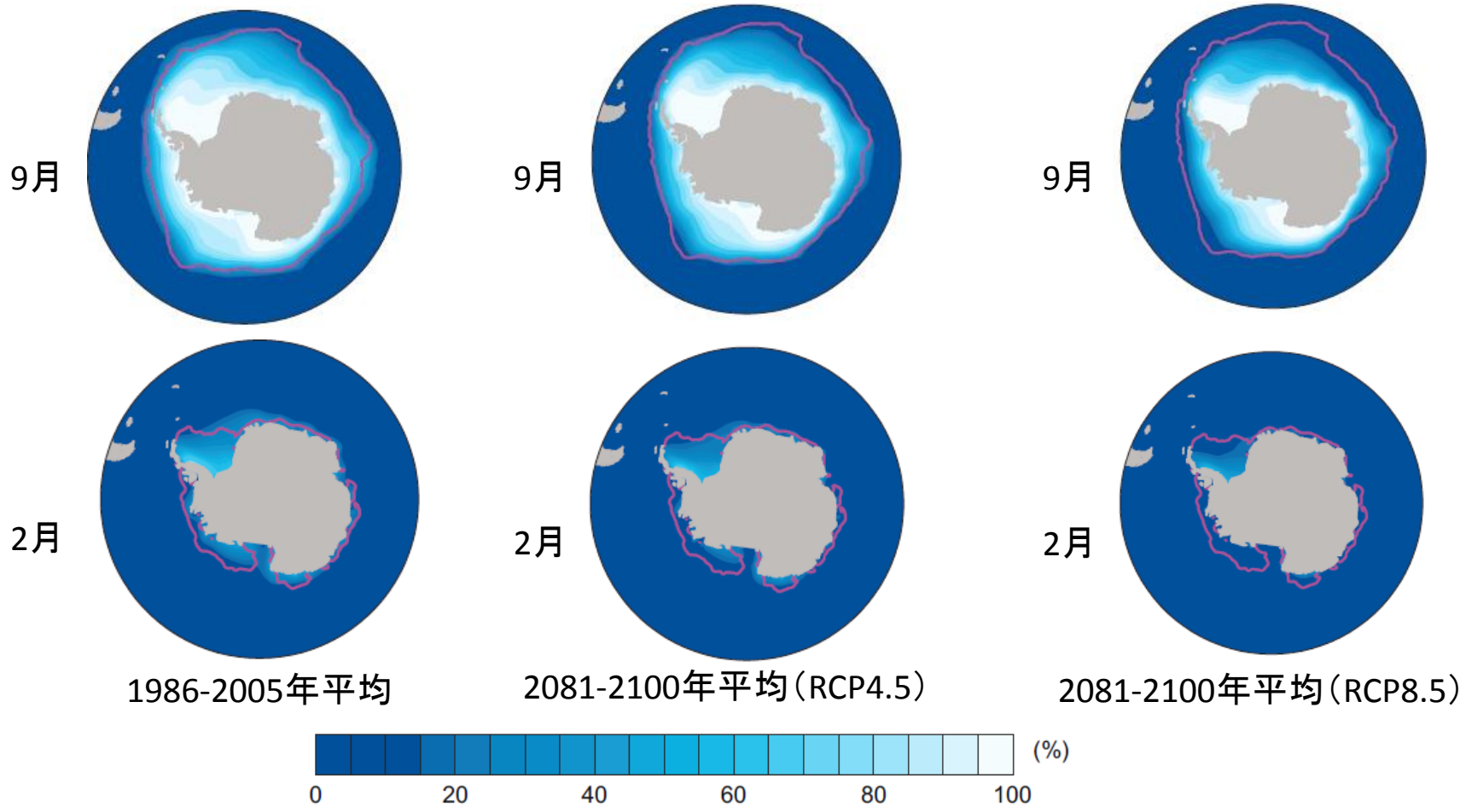


図. 9月(上)と2月(下)における南極の海氷密度  
 左：1986-2005年平均、中央：2081-2100年平均 (RCP4.5)、右：2081-2100年平均 (RCP8.5)  
 ピンクの線は1986-2005年平均における海氷密度15%を示す。

# (参考)日本の積雪は全国的に減少する

- 年最深積雪は21世紀末(2076~2095年)には20世紀末(1980~1999年)と比較してほとんどの地域で減少すると予測されている。

(地球温暖化予測情報 第8巻)

将来は現在と比較し、それほど気温が低くないため降雪量の減少や積雪の融解が早まることから、雪が積もる量が減る

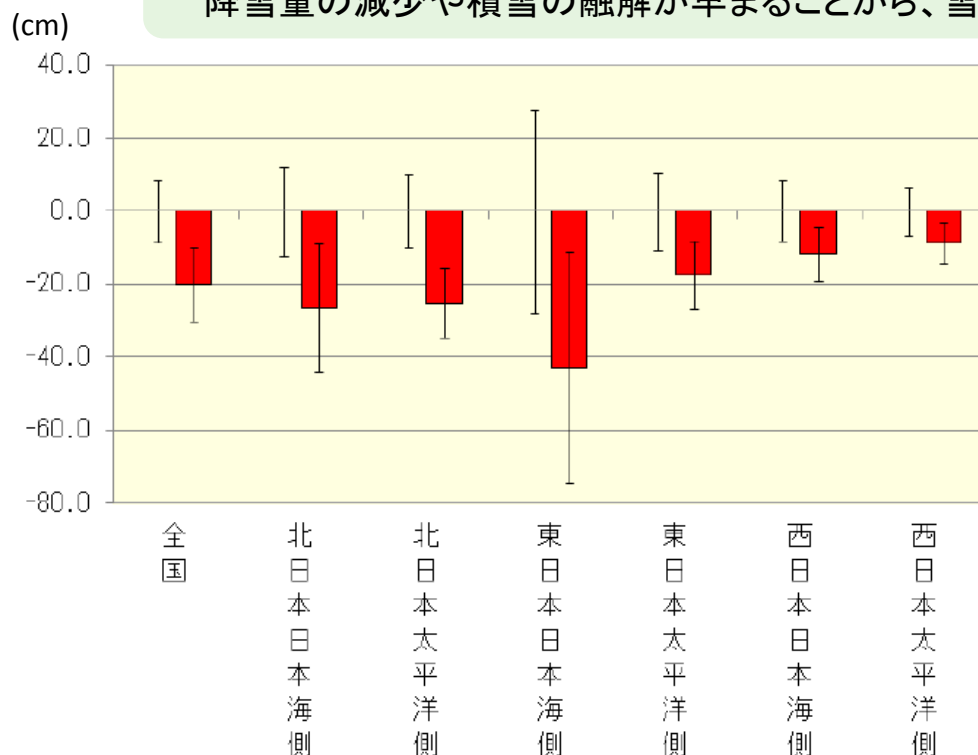


図. 年最深積雪の変化  
左：現在気候（1980～1999年）  
右：将来気候（2076～2095年）

赤い棒グラフが現在気候との差  
縦棒は年々変動の標準偏差

(※) 「積雪深」とは、実際に地面に降り積もっている雪の深さを指す。

出典：図 地球温暖化予測情報 第8巻 P.VI 図S6



# 極端現象予測(1)

- 世界平均気温が上昇するにつれて、ほとんどの陸域で日々及び季節の時間スケールで、極端な高温がより頻繁になり、極端な低温が減少することはほぼ確実である  
(IPCC AR5 WG I SPM p.20, 29-30行目)
- 世界平均地上気温が上昇するにつれて、中緯度の陸域のほとんどと湿潤な熱帯域において、今世紀末までに極端な降水がより強く、より頻繁となる可能性が非常に高い  
(IPCC AR5 WG I SPM p.23, 5-6行目)

表. 気象及び気候の極端現象 (将来変化の可能性)

現象及び変化傾向	21世紀初頭 (2016-2035年)	21世紀末 (2081-2100年)
ほとんどの陸域で寒い日や寒い夜の頻度の減少や昇温	可能性が高い	ほぼ確実
ほとんどの陸域で暑い日や暑い夜の頻度の増加や昇温	可能性が高い	ほぼ確実
ほとんどの陸域で継続的な高温/熱波の頻度や持続期間の増加	正式に評価されていない	可能性が非常に高い
大雨の頻度、強度、大雨の降水量の増加	多くの陸域で可能性が高い	中緯度の大陸のほとんどと湿潤な熱帯地域で可能性が非常に高い

ほぼ確実:>99%,可能性が非常に高い:>90%,可能性が高い:>66%,どちらかと言えば:>50%

確信度(証拠の量と一致度):非常に高い>高い>中程度>低い>非常に低い

出典:表, IPCC AR5 WG I SPM Table SPM.1一部抜粋

# 極端現象予測(2)

表. 気象及び気候の極端現象 (将来変化の可能性)

現象及び変化傾向	21世紀初頭 (2016-2035年)	21世紀末 (2081-2100年)
干ばつの強度や 持続期間の増加	確信度が低い	地域規模から世界規模で可能性が高い(確信度は中程度)
強い熱帯低気圧の 活動度の増加	確信度が低い	北西太平洋と北大西洋でどちらかと言えば
極端な高い潮位の発生や 高さの増加	可能性が高い	可能性が非常に高い

ほぼ確実:>99%,可能性が非常に高い:>90%,可能性が高い:>66%,どちらかと言えば:>50%  
 確信度(証拠の量と一致度):非常に高い>高い>中程度>低い>非常に低い

# (参考) 極端に暑い日が増加する可能性がある

- 気候モデルによる将来予測では、極端に暑い日が増加する。(SREX)

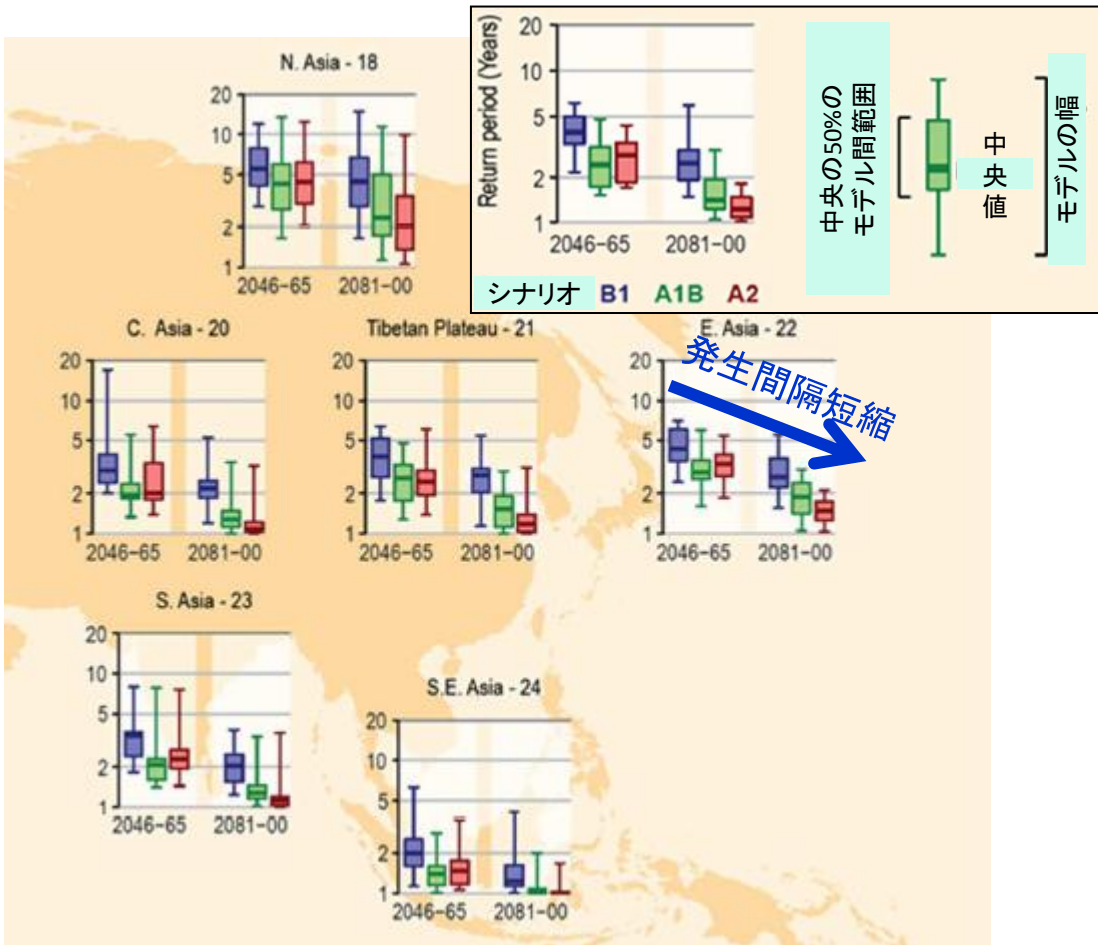


図. 日最高気温の20年再現値の再現期間の変化予測 (年)

出典: 図. IPCC特別報告書SREX(2012) Fig SPM.4A

- 東アジア(E. Asia)においては20世紀末に20年に一度の頻度でしか上回らない日最高気温が、A1Bシナリオ(緑)で“2046-2065年に約3年に一度”、“21世紀末には約2年に一度”の頻度で発生すると予測されている。(SREX)

- この傾向はアジア全体(図)のみならず全球的な傾向である。(SREX)

## 【シナリオの解説】

第3次及び第4次評価報告書における将来社会像は「排出シナリオに関する特別報告書(SRES)」に基づいている。そこでは、世界の発展の形態として人口、経済活動、技術の発展、エネルギーなどについて複数の異なる社会経済シナリオを想定している。温室効果ガス濃度レベルの代表として(低い方から順に)B1(青), A1B(緑), A2(赤)の各シナリオが主に用いられる。

B1: 環境保全と経済発展を両立する持続的発展型社会を想定。

A1B: 各エネルギー源のバランスを重視した高成長型社会を想定。

A2: 貿易・経済等のグローバル化の制限された多次元化社会を想定。

# (参考) 大雨の頻度が増加する可能性がある

- 気候モデルによる予測では、大雨の頻度が増加する。(SREX)

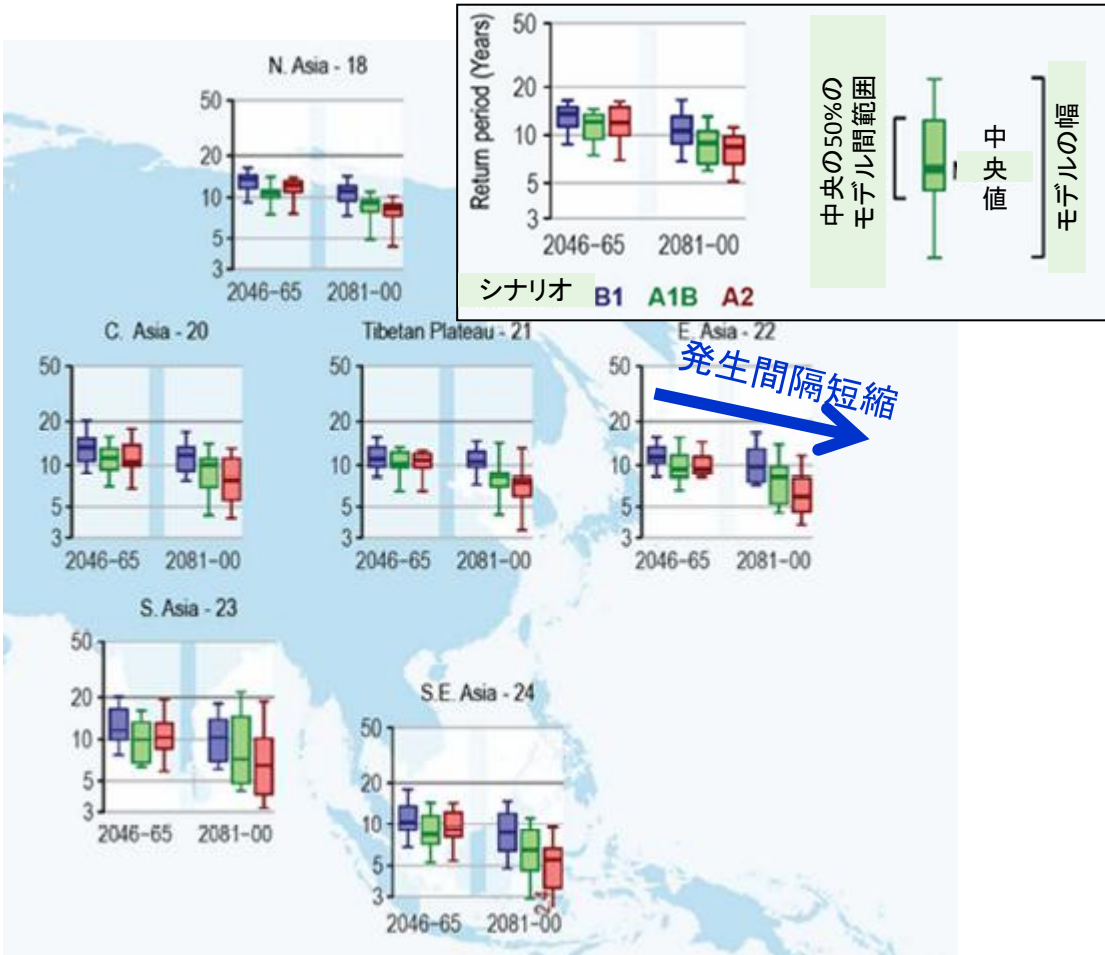


図. 日降水量の20年再現値の再現期間の変化予測 (年)

出典: 図. IPCC特別報告書SREX(2012) Fig SPM.4B

- 東アジア (E. Asia) においては20世紀末に20年に一度の頻度でしか上回らない日降水量が、A1Bシナリオ (緑) で“2046-2065年に約10年に一度”、“21世紀末には約8年に一度”の頻度で発生すると予測されている。(SREX)

- この傾向はアジア全体 (図) のみならず全球的な傾向である。(SREX)

## 【シナリオの解説】

第3次及び第4次評価報告書における将来社会像は「排出シナリオに関する特別報告書(SRES)」に基づいている。そこでは、世界の発展の形態として人口、経済活動、技術の発展、エネルギーなどについて複数の異なる社会経済シナリオを想定している。温室効果ガス濃度レベルの代表として(低い方から順に) B1 (青), A1B (緑), A2 (赤) の各シナリオが主に用いられる。

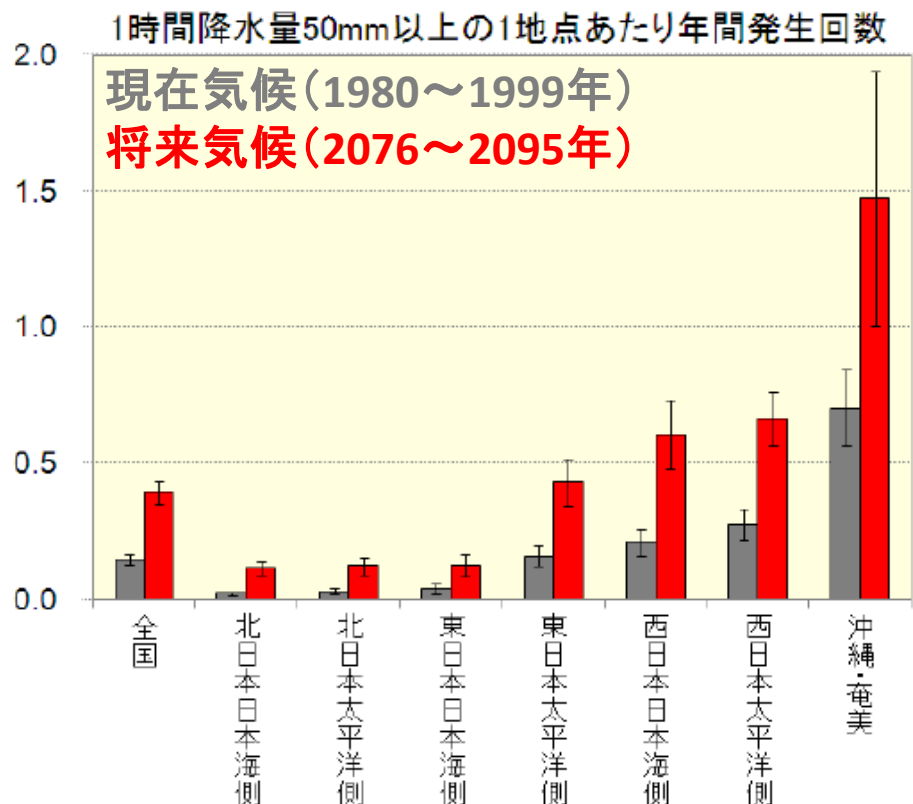
- B1: 環境保全と経済発展を両立する持続的発展型社会を想定。
- A1B: 各エネルギー源のバランスを重視した高成長型社会を想定。
- A2: 貿易・経済等のグローバル化の制限された多次元化社会を想定。

# (参考)短時間強雨が増える

- 日本全域で現在と比較し、21世紀末には1時間降水量50mm以上※の年平均発生回数が増加する。

(地球温暖化予測情報 第8巻)

(※) 気象庁予報用語では非常に激しい雨(50mm~80mm/h)、猛烈な雨(80mm/h以上)と表現され、災害発生状況として、都市部では地下室や地下街に雨水が流れ込む場合がある、マンホールから水が噴出する、土石流が起こりやすい、多くの災害が発生するとされている。(気象庁HP)



**赤い棒グラフ** : 将来の発生回数  
**灰色棒グラフ** : 現在の発生回数  
縦棒は年々変動の標準偏差

図. 地域別の短時間強雨の発生頻度の変化

出典: 図. 地球温暖化予測情報 第8巻 P.V 図S5

# 排出したCO<sub>2</sub>を地球は吸収し切れなくなる

- 気候変動は、大気中の二酸化炭素の増加を更に促進するような形で、炭素循環過程に影響を与えるであろう(高い確信度) (IPCC AR5 WG I SPM p.26, 10-11行目)
- 海洋の更なる炭素吸収により、海洋酸性化が進行するであろう (IPCC AR5 WG I SPM p.26, 11-12行目)

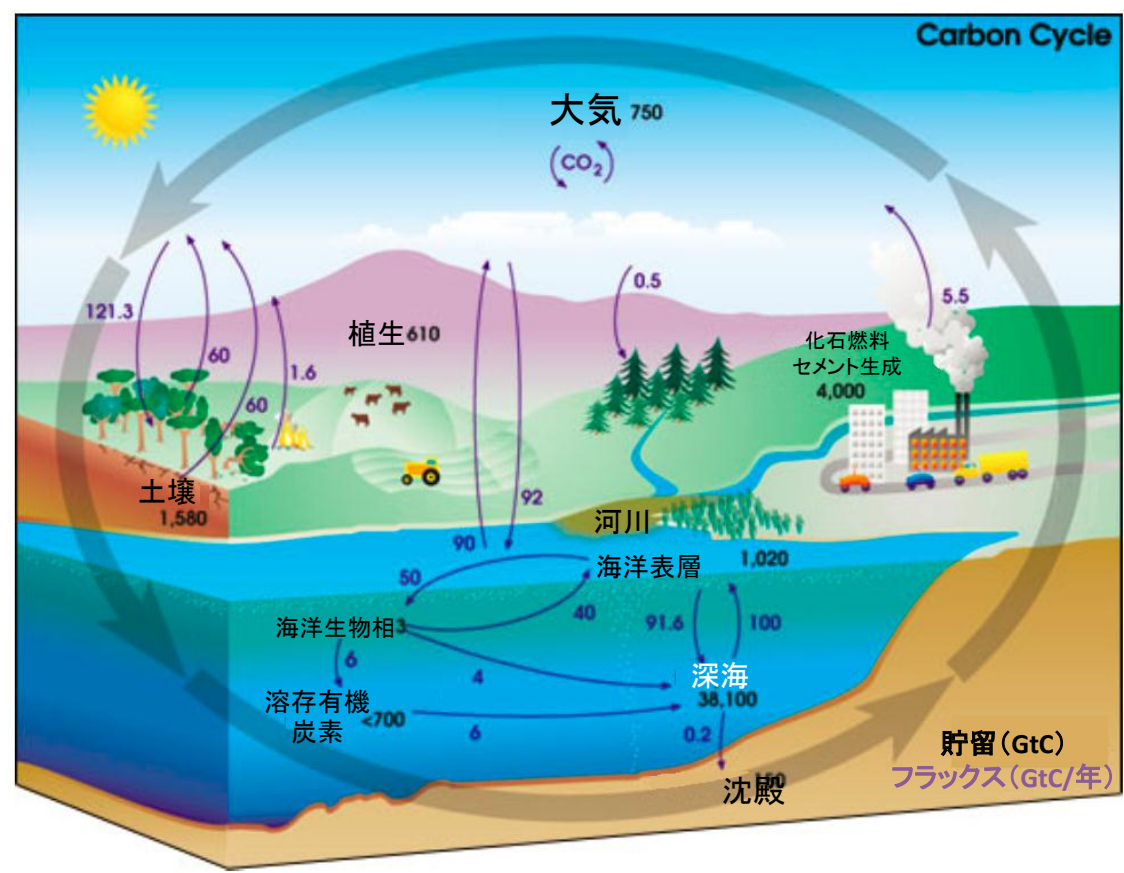


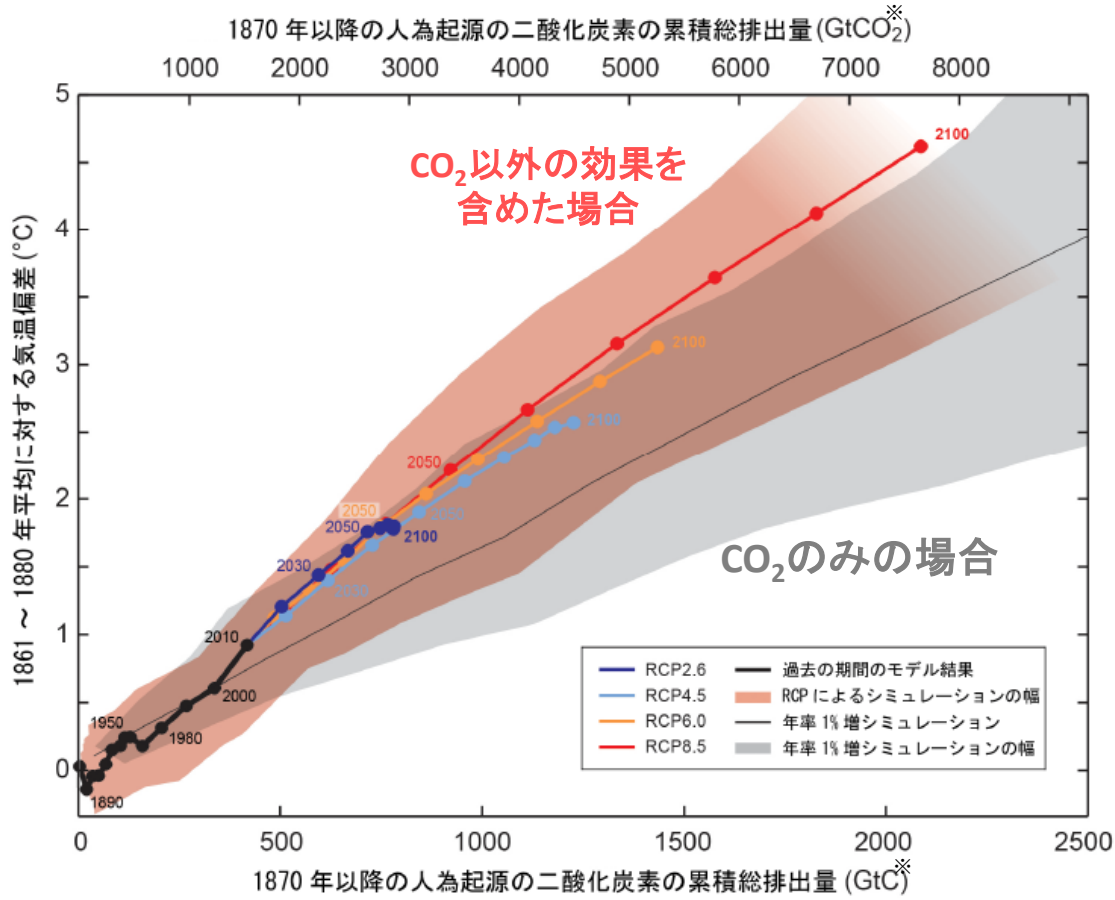
図. 炭素循環の概略図

: 図. NASA HP  
[http://earthobservatory.nasa.gov/Features/CarbonCycle/carbon\\_cycle2001.pdf](http://earthobservatory.nasa.gov/Features/CarbonCycle/carbon_cycle2001.pdf)

# 気候安定化のために何が必要か

- 二酸化炭素の累積総排出量と世界平均地上気温の応答は、ほぼ比例関係にある【新見解】

(IPCC AR5 WG I SPM p.27, 17行目)



(※) Gt : 10億トン  
 tCO<sub>2</sub> : 二酸化炭素の重量に換算したもの  
 tC : 炭素の重量に換算したもの  
 1\*tCO<sub>2</sub>=3.67\*tC

図. 世界全体の二酸化炭素の累積総排出量の関数として示した、様々な一連の証拠による世界平均地上気温の上昇量

# 気温上昇を2°Cに抑えるためには

- 人為的な二酸化炭素排出のみによる温暖化を、ある確率で1861-1880年の平均から2°C未満に抑えるには、同期間以降の全ての人為的発生源からの累積二酸化炭素排出量を下表の範囲に制限する必要があるだろう  
(IPCC AR5 WG I SPM p.27, 20-21行目)
- 2011年までに515GtCの二酸化炭素がすでに排出された  
(IPCC AR5 WG I SPM p.27, 24-25行目)

2°C未満に抑える 確率	累積二酸化炭素排出量	
	二酸化炭素排出のみ の強制力を考慮	二酸化炭素以外の 強制力も考慮※
33%超	0～約1570GtC	約900GtC
50%超	0～約1210GtC	約820GtC
66%超	0～約1000GtC	約790GtC

(※) 二酸化炭素以外の強制力をRCP2.6シナリオと同等として考慮

出典: IPCC AR5 WG I SPM p.27,20-24行目



# 参考情報

---

# 第5次評価報告書作成スケジュール

第1作業部会(科学的根拠)報告書(2013年9月、第36回総会(ストックホルム))



第2作業部会(影響・適応・脆弱性)報告書(2014年3月末、第38回総会(横浜開催))



第3作業部会(緩和策)報告書(2014年4月、第39回総会(ドイツ))



統合報告書(2014年10月、第40回総会(デンマーク))

# 我が国における気候変動の影響

## 農作物

米が白濁するなど品質の低下が頻発。

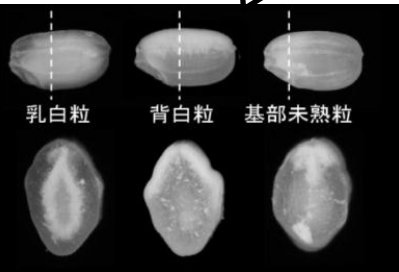


図1. 水稻の白未熟粒

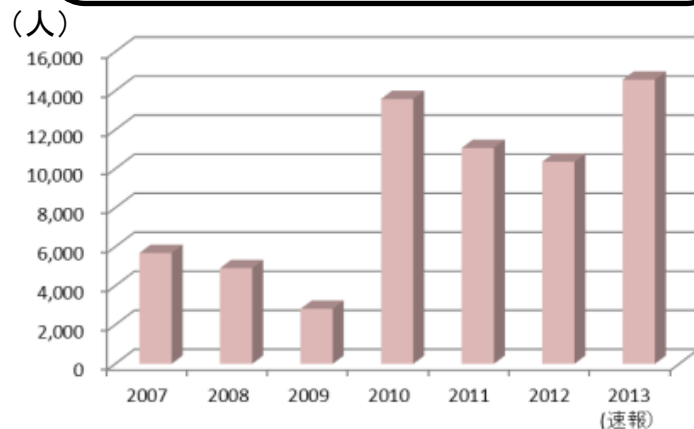
## 洪水



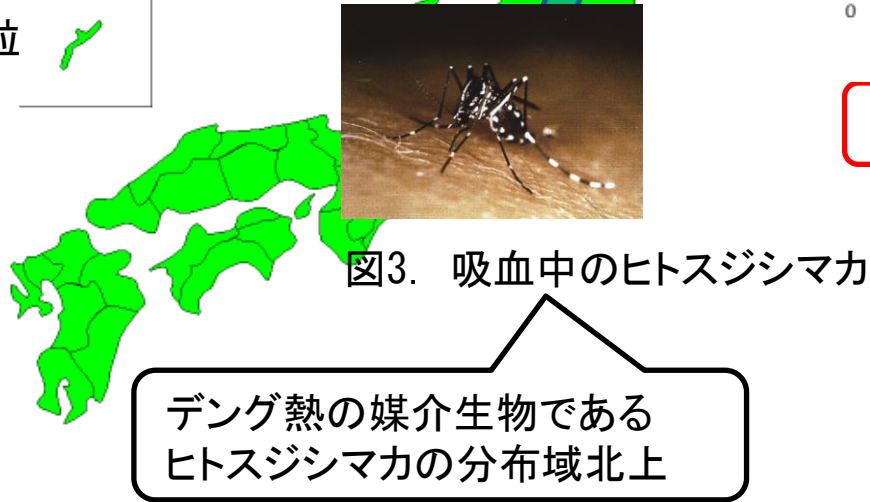
図2. 洪水被害の事例

## 熱中症・感染症

2013年夏、20都市・地区計で14,375人の熱中症患者が救急車で病院に運ばれた。(速報)  
(国立環境研究所 熱中症患者速報より)



## 異常気象の頻発



デング熱の媒介生物であるヒトスジシマカの分布域北上

## 生態系

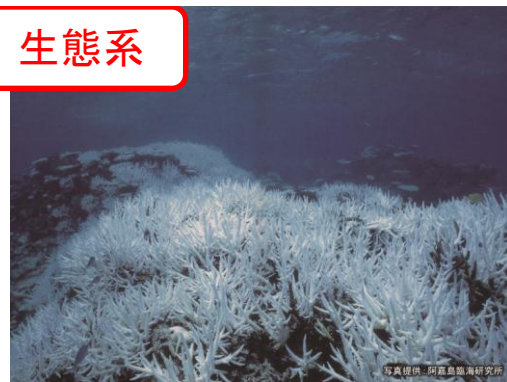


図4. サンゴの白化

出典: 図1.九州沖縄農業研究センター提供、図2.国土交通省中部地方整備局提供  
図3. 国立感染症研究所提供、図4.阿嘉島臨海研究所提供

# 気候変動への適応の取組

- 緩和とは: 地球温暖化の原因となる温室効果ガスの排出を抑制
- 適応とは: 既に起こりつつある、あるいは起こりうる温暖化の影響に  
対して、自然や社会のあり方を調整

※IPCCのAR4では、「適応策と緩和策のどちらも、その一方だけではすべての気候変動の影響を防ぐことができないが、両者は互いに補完しあい、気候変動のリスクを大きく低減することが可能であることは、確信度が高い」とされている。




出典: 図. 温暖化から日本を守る 適応への挑戦 p.8

# 適応計画策定に向けたステップ


2°C目標※を達成したとしても、我が国において気温の上昇、降水量の変化、極端な現象の変化など様々な気候の変化、海洋の酸性化などの影響が生ずる恐れがあり、その影響への適応を計画的に進めることが必要とされている。

(※) 2°C目標 産業革命以前と比べ世界平均気温上昇を2°C以内にとどめるため、温室効果ガスの濃度を安定させるという、気候変動枠組条約に基づき各国が合意した目標

第114回中央環境審議会地球環境部会にて気候変動影響評価等小委員会を設置(平成25年7月2日)

- 
- 極端現象を見るためのより詳細な日本の気候変動の予測
  - 気候変動が日本にあたる影響の評価
  - それらの結果を踏まえたリスク情報の分析 等

気候変動の影響及びリスク評価と今後の課題を整理し、意見具申として取りまとめ(平成27年1月頃)

- 
- 政府全体で、短期的(~10年)、中期的(10~30年)、長期的(30年~100年)に適応策を重点的に講ずべき分野・課題を抽出
  - 各省における検討

**政府全体の総合的、計画的な取組として、適応計画を策定(平成27年夏目途)**  
※定期的な見直し(5年程度を目処)