

# 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。なおTSおよび報告書本文については現時点で最終ドラフトであり、修正を経て2014年1月に正式に報告書が採択される予定です。このため変更がある可能性についてご留意下さい。

また、AR5 WG1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。

2013年 環境省  
(2013年12月版)

# 目次

## 序章

. はじめに	2
. 概要	4
. 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)とは	5
. これまでの報告について	6
. AR5における「可能性」の定義	7
. 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

今後のスケジュール	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

---

# .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(WG1)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。

# .はじめに

- 第1作業部会 (WG1) 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。

# 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 WG1 SPM p.SPM-3, 4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 WG1 SPM p.SPM-12, 27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 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 WG1 SPM p.SPM-20, 13行目)

参考: IPCC AR5 WG1 SPM

# 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

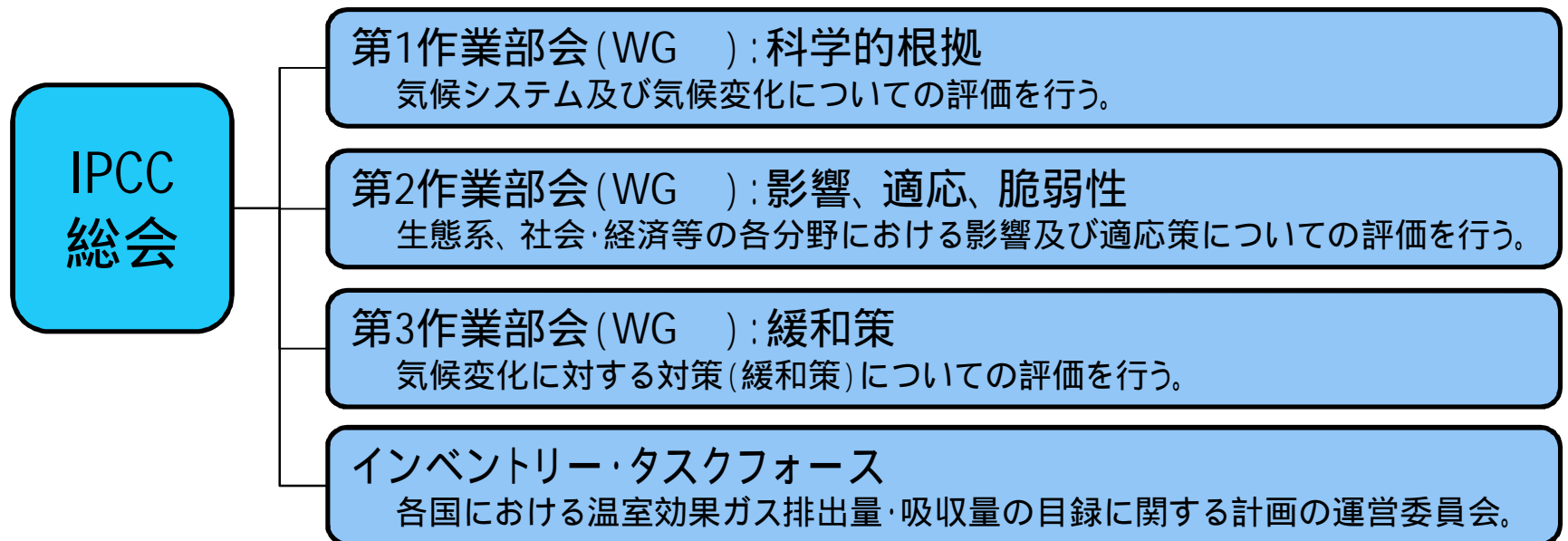


図.IPCCの組織

出典: 図 環境省資料

# これまでの報告について

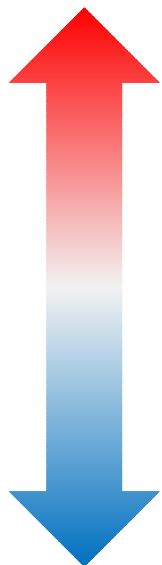
報告書		公表年	人間活動が及ぼす温暖化への影響についての評価
第1次報告書 First Assessment Report 1990(FAR)		1990年	「気温上昇を生じさせるだろう」 人為起源の温室効果ガスは気候変化を生じさせる恐れがある。
第2次報告書 Second Assessment Report: Climate Change 1995(SAR)		1995年	「影響が全地球の気候に表れている」 識別可能な人為的影響が全球の気候に表れている。
第3次報告書 Third Assessment Report: Climate Change 2001(TAR)		2001年	「可能性が高い」(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> 。



# AR5における「可能性」の定義

- 「可能性」とは、はっきり定義できる事象(例えば、日降水量100mm以上の頻度の変化)が起こった、あるいは将来起こることについての確率的評価を表す用語。

可能性が  
高い



可能性が  
低い

原語	和訳	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
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

# AR5における「確信度」の表現

- 「確信度」とはモデル、解析あるいはある意見の正しさについての、専門家の判断に基づく不確実性の程度を表す用語。



# 第1章 観測事実

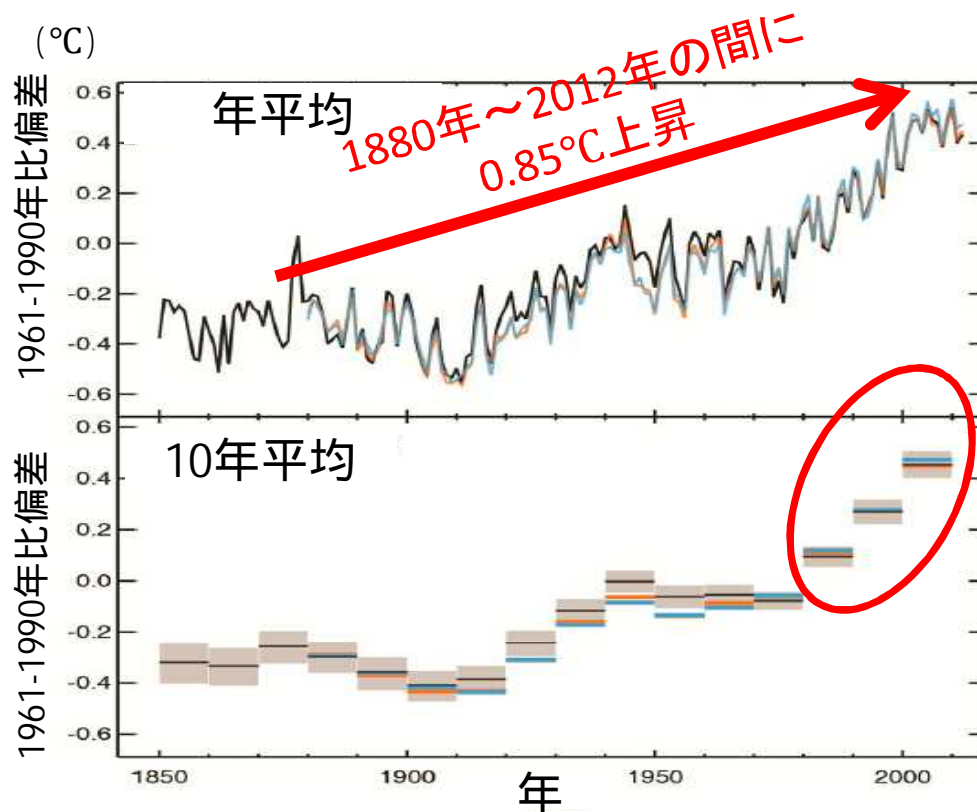
“気候システムの温暖化には疑う余地はない”

(IPCC AR5 WG1SPM p.SPM-3, 4行目)

# 世界の平均気温

- 陸域と海域を合わせた世界平均地上気温は複数のデータセットが存在する1880～2012年の間で0.85[0.65～1.06] の上昇を示している。 ( )角括弧は90%の信頼区間の範囲を示す。
- “地球の表面では、最近30年の各10年間は、いずれも各々に先立つ1850年以降の全ての10年を上回って高温であった。”

(IPCC AR5 WG1 SPM p.SPM-3, 10行目)



線の色の違いは、  
使用している観測データの違い。

1850年以降の  
どの10年平均よりも暑い

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 WG1 政策決定者向け要約 Fig SPM.1

# 近年の上昇が緩やかな点

- hiatus と呼ばれる1998～2012年の昇温傾向が1951-2012年より緩やかな要因について以下が指摘されている。

自然変動性(特に海洋深層の蓄熱)  
火山噴火、太陽活動の低下

( )ハイエイタス：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指す。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>)

ただし、"短期間の記録に基づく変化傾向は、自然変動のために、その期間の始めと終わりの選び方に非常に敏感であり、一般的には長期間の気候の変化傾向を反映しない"

(IPCC AR5 WG1 SPM p.SPM-3, 32行目)

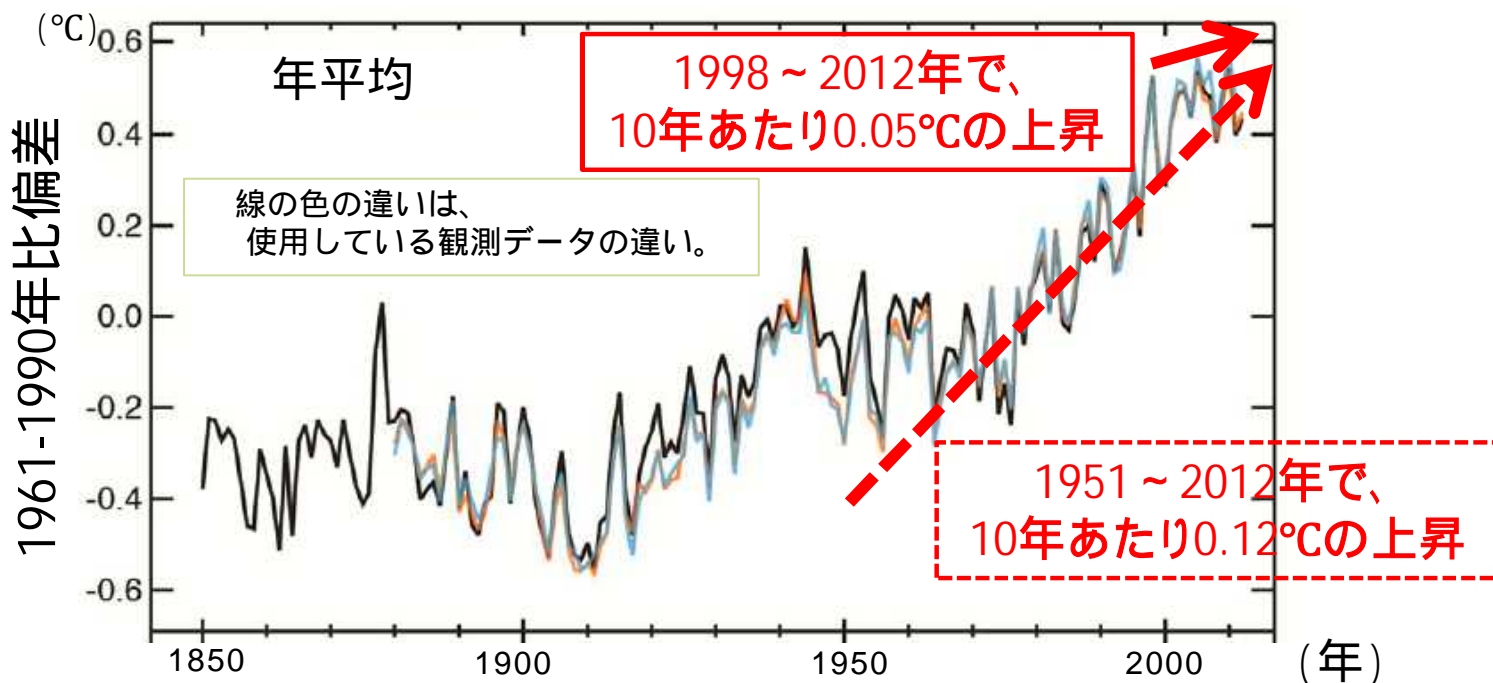


図. 観測された世界平均地上気温(陸域+海上)の偏差(1850～2012年)

出典：図. IPCC AR5 WG1 政策決定者向け要約 Fig SPM.1

# (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、1898～2012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)

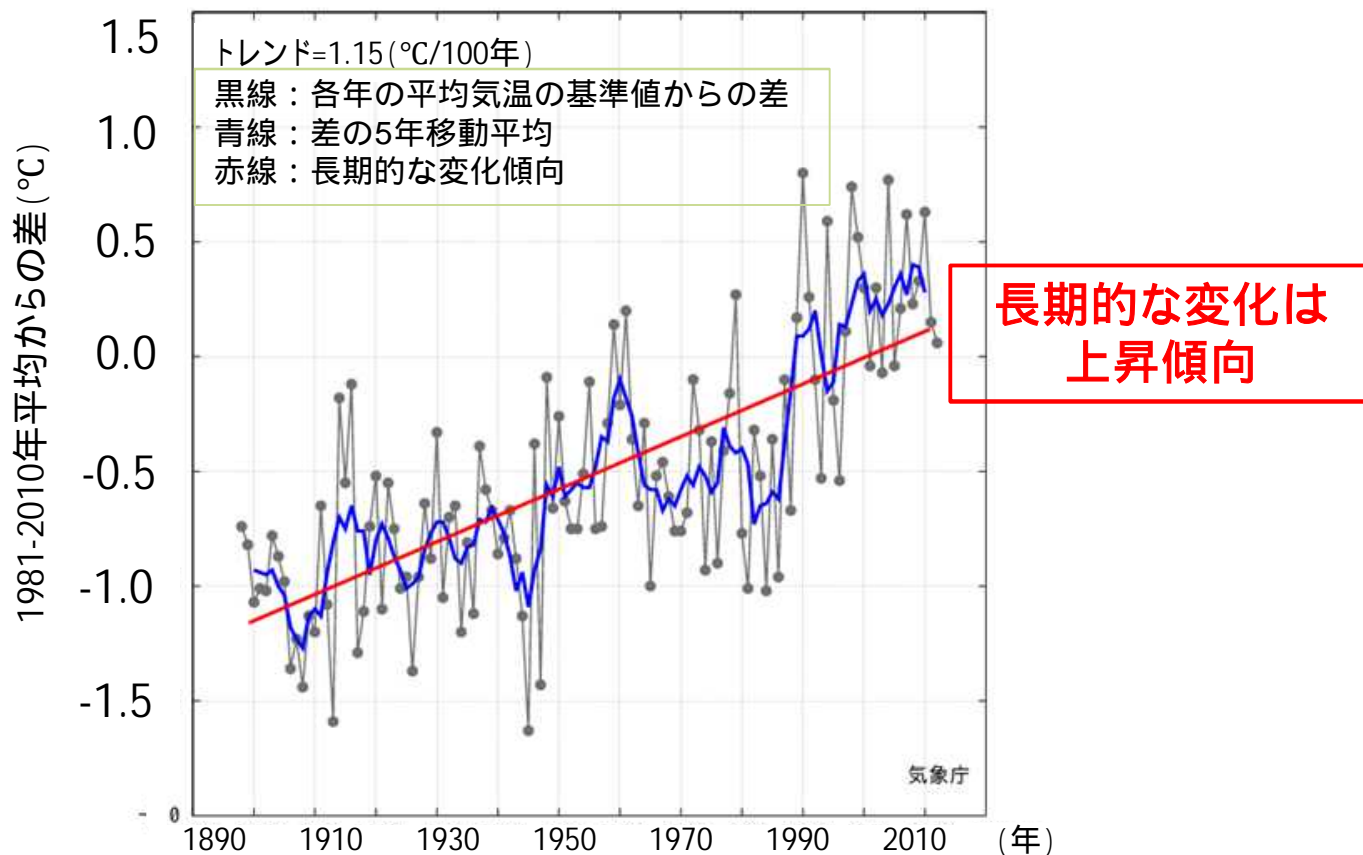
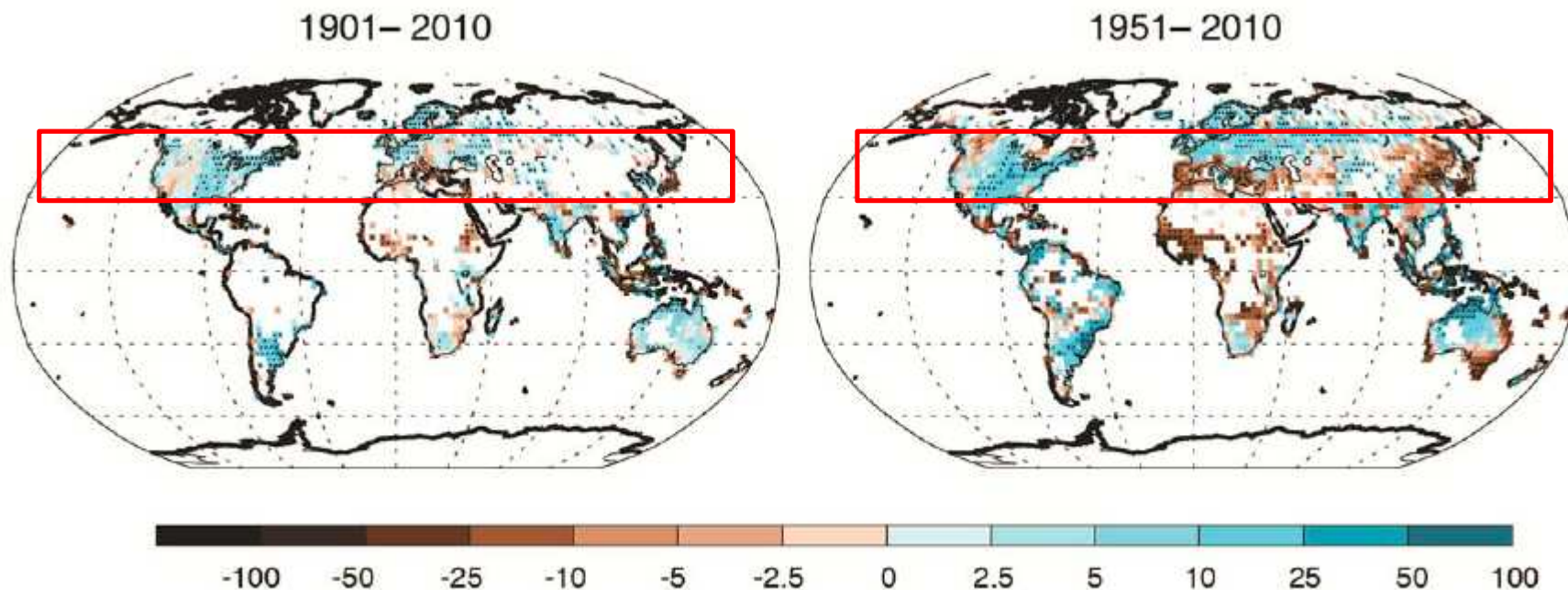


図.日本における年平均気温の1981～2010年平均からの差

出典: 図. 気象庁HP [http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/temp/an\\_jpn.html](http://www.data.kishou.go.jp/climate/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 WG1 SPM p.SPM-4, 10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年までは中程度の確信度、それ以降は高い確信度)”  
(IPCC AR5 WG1 SPM p.SPM-4, 11行目)



10年あたりの変化傾向(mm/年/10年)

図. 陸地における降水量の観測された変化

出典: 図. IPCC AR5 WG1 政策決定者向け要約 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)

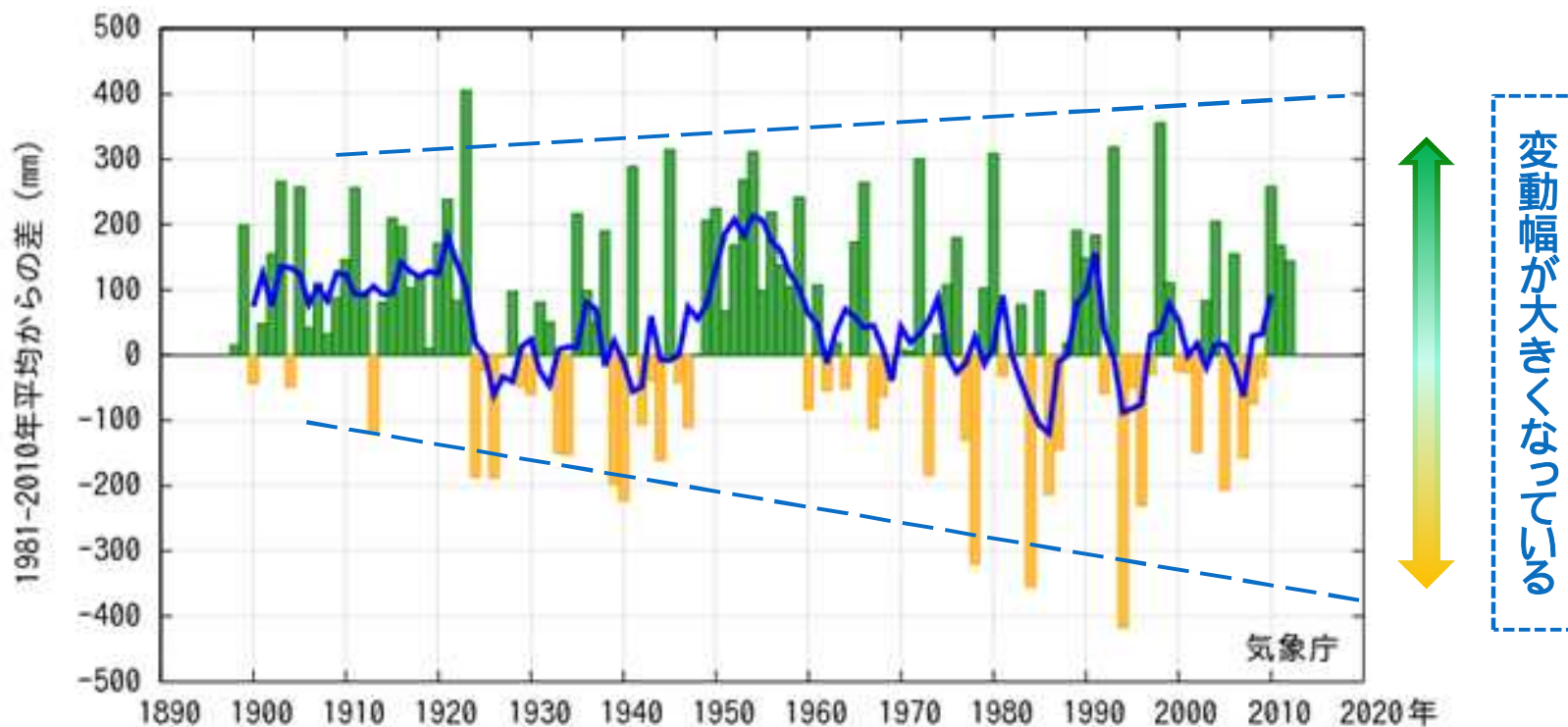


図. 日本の年降水量偏差

棒グラフ:国内51地点での年降水量偏差(基準値に対する偏差で、mmであらわす)を平均した値、太線(青):偏差の5年移動平均。基準値は1981~2010年の30年平均値。

出典:図. 気象庁HP  
[http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/temp/an\\_jpn\\_r.html](http://www.data.kishou.go.jp/climate/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、1971～2010年の間に蓄積されたエネルギーのうち90%以上を占める(高い確信度)。”

(IPCC AR5 WG1 SPM p.SPM-4, 37行目)

- “比較的よくデータが取得されている1971～2010年の40年間に於いて、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 WG1 SPM p.SPM-5, 6行目)

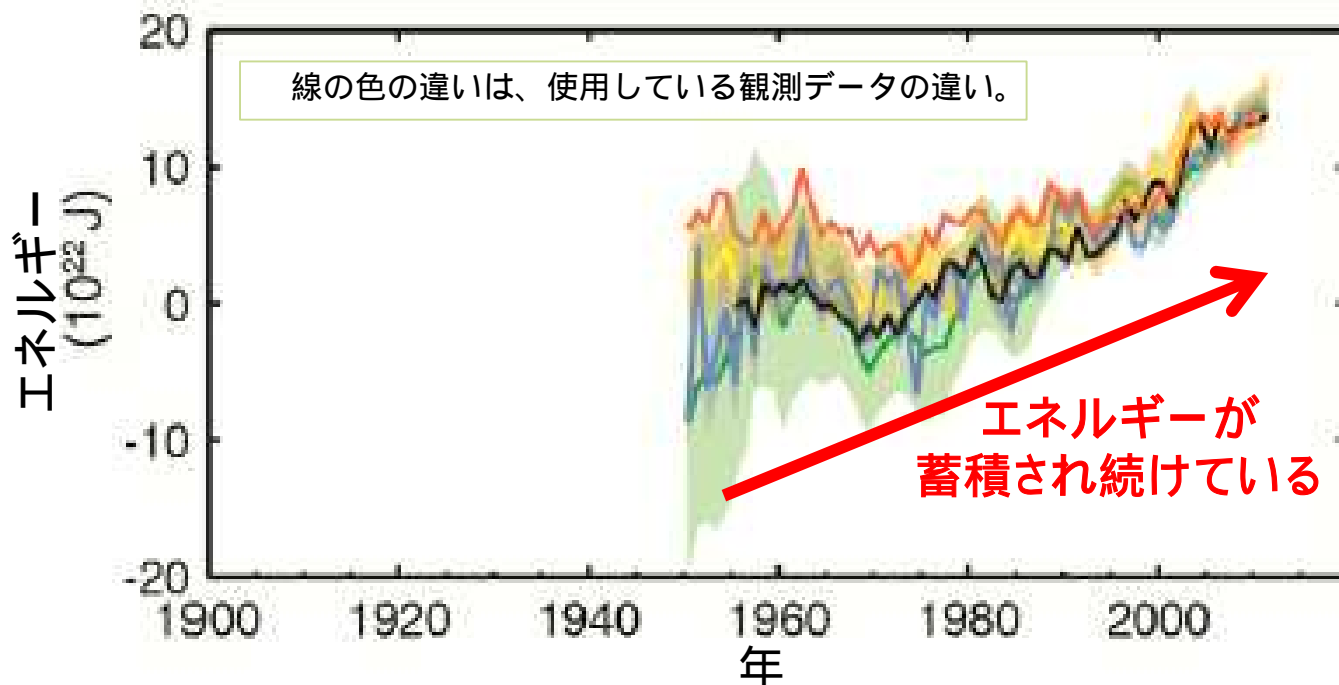


図. 世界平均上層(0-700m)海洋貯熱量  
(2006年-2010年で正規化)

出典: 図. IPCC AR5 WG1 政策決定者向け要約 Fig SPM.3(c)

# 海の上層で海水温が上昇

• “1971～2010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 WG1 SPM p.SPM-4, 38行目)

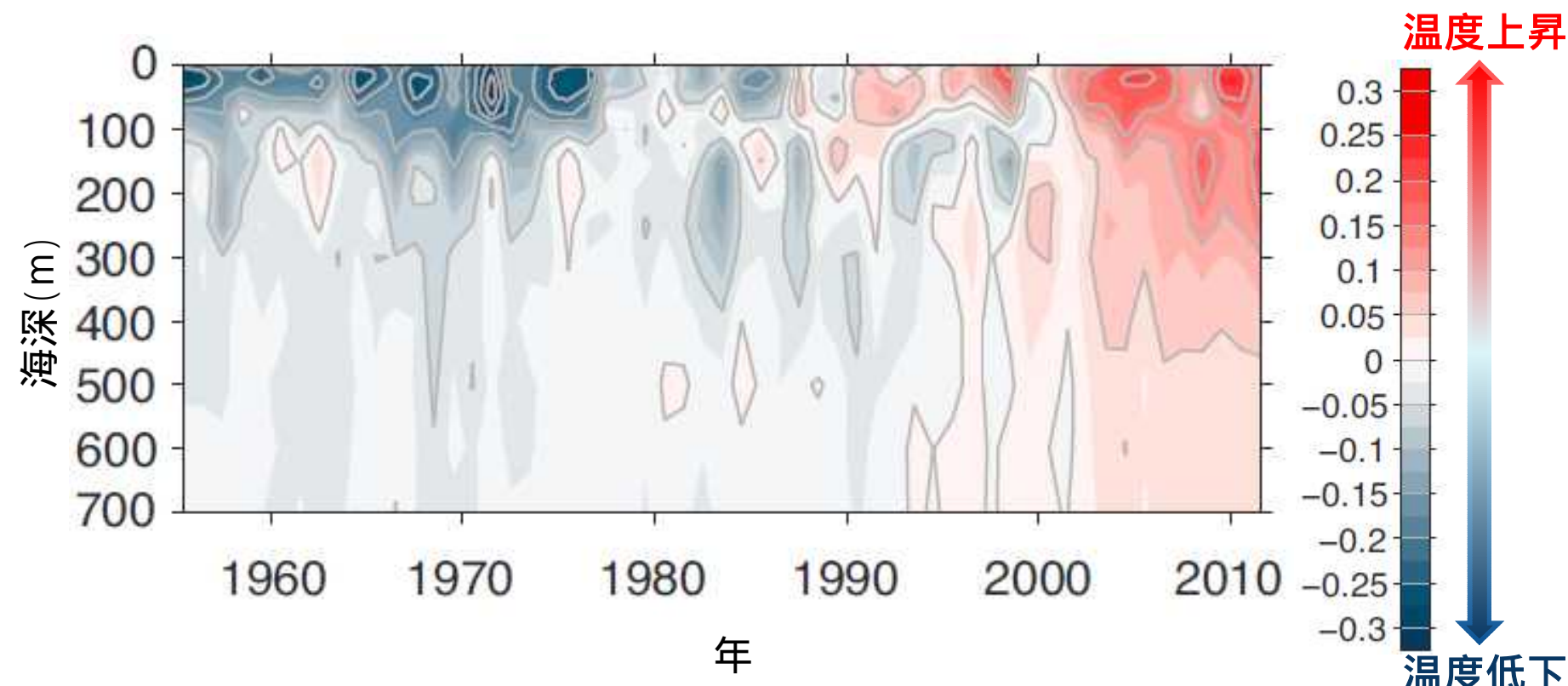


図. 全球平均海水温偏差  
(1971年-2010年平均からの差)

1971～2010年の  
平均からの偏差(°C)

出典: 図. IPCC AR5 WG1 本文 Final Draft Fig 3.1抜粋

# 深層でも海水温が上昇

- “1992年から2005年に、水深3000mから海底までの層で海洋は温暖化した可能性が高い。”【新見解】  
(IPCC AR5 WG1 本文 Final Draft p.3-11, 1行目)
- 南極周辺では多くの海域が1992年から2005年の間に温かくなった。

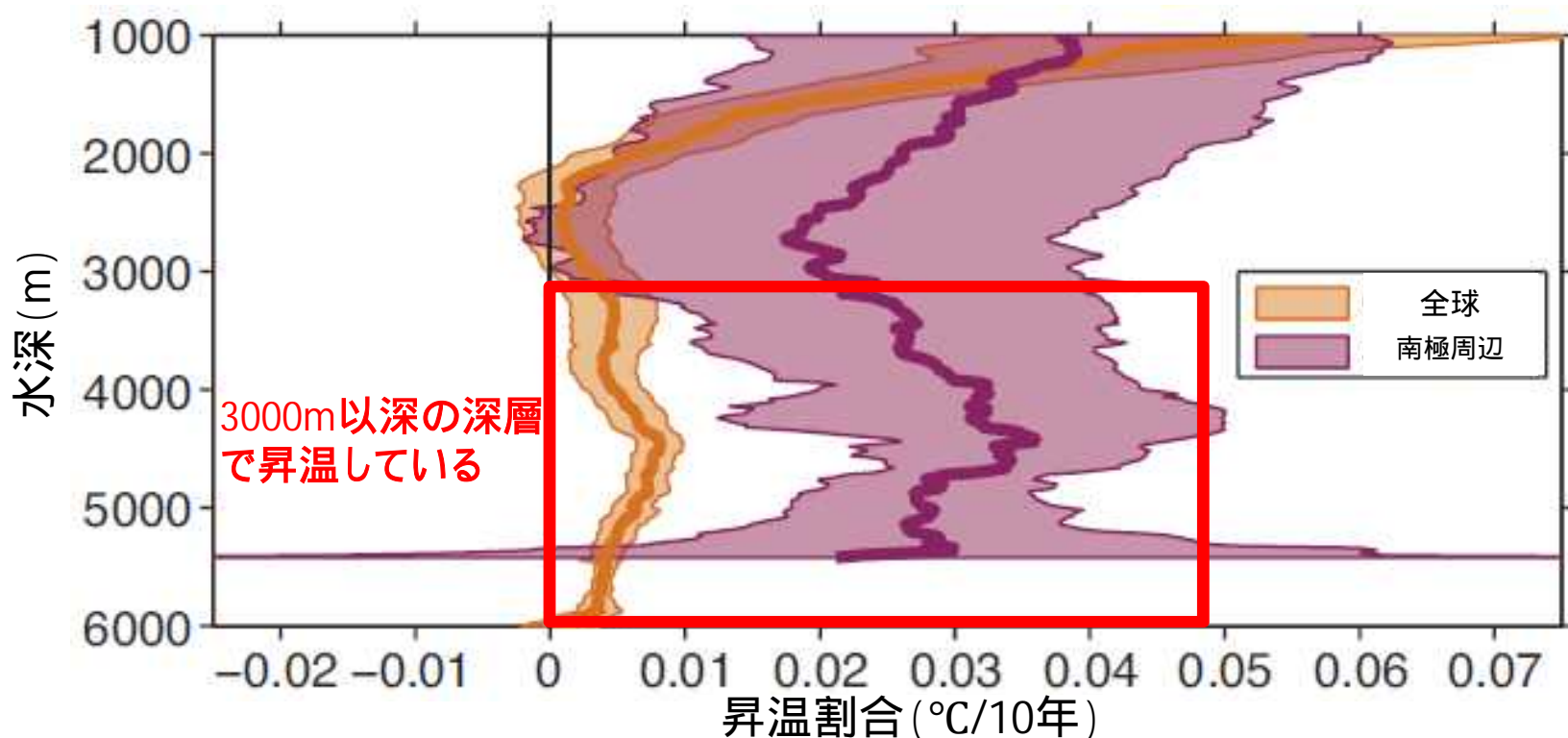


図.1992年から2005年における海深で空間平均した海水温の昇温割合  
陰影部は5～95%の確信度の範囲を表す。

出典: 図 IPCC AR5 WG1本文 Final Draft 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CO<sub>2</sub>の約30%を吸収し、海洋の酸性化を引き起こしている。”  
(IPCC AR5 WG1 SPM p.SPM-7, 21行目)

- “海面におけるpHは、工業化以降、0.1低下している(高い確信度)。”  
(IPCC AR5 WG1 SPM p.SPM-8, 5行目)

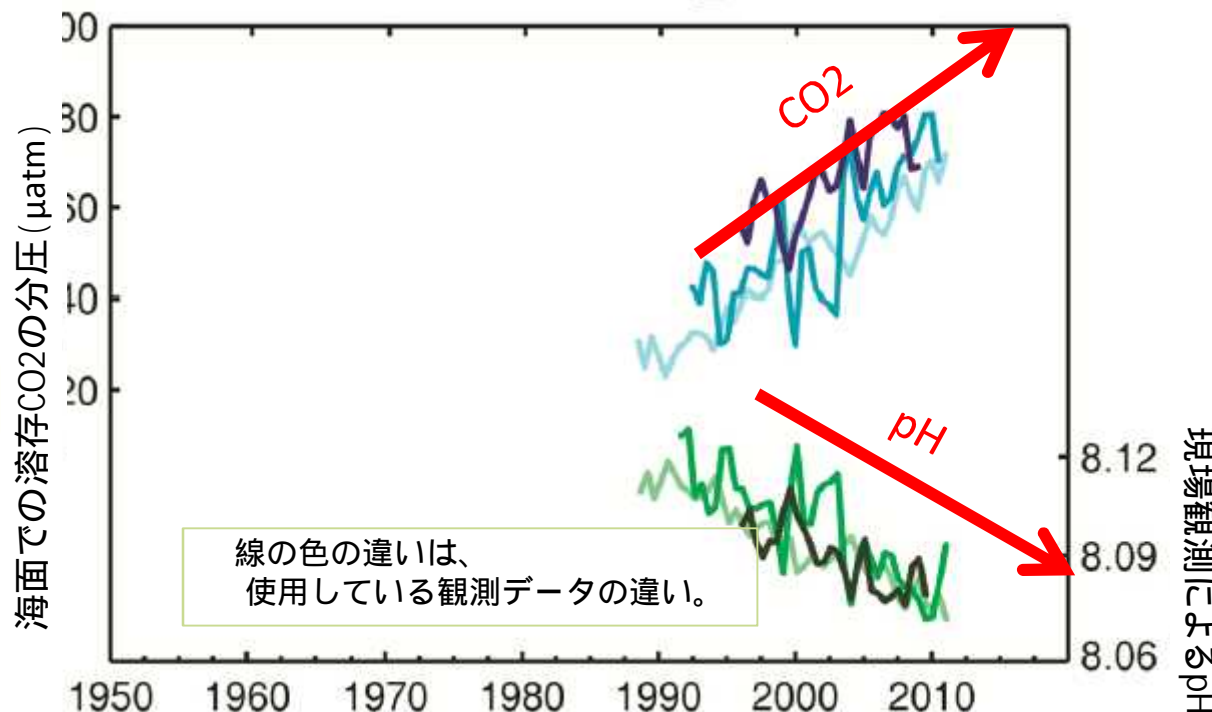


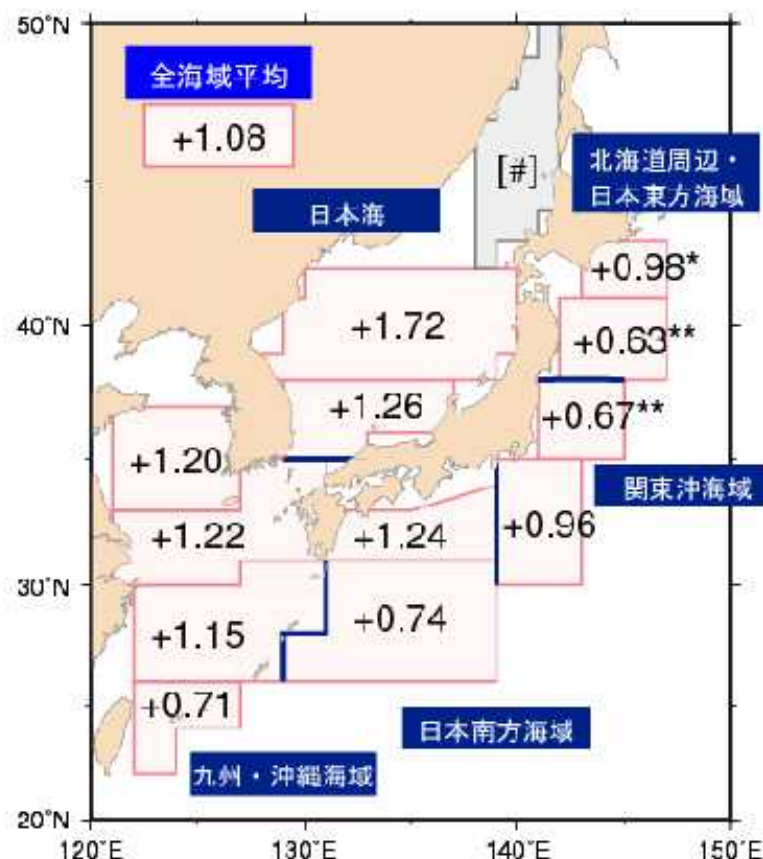
図. 海洋表層のCO<sub>2</sub>および酸性度の変化

( ) 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、μatm(100万分の1気圧)で表す。

出典: 図. IPCC AR5 WG1政策決定者向け要約 Fig SPM.14

# (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 /100年)は世界全体で平均した海面水温の上昇率(+0.51 /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.kishou.go.jp/kaiyou/shindan/a\\_1/japan\\_warm/japan\\_warm.html](http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/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。

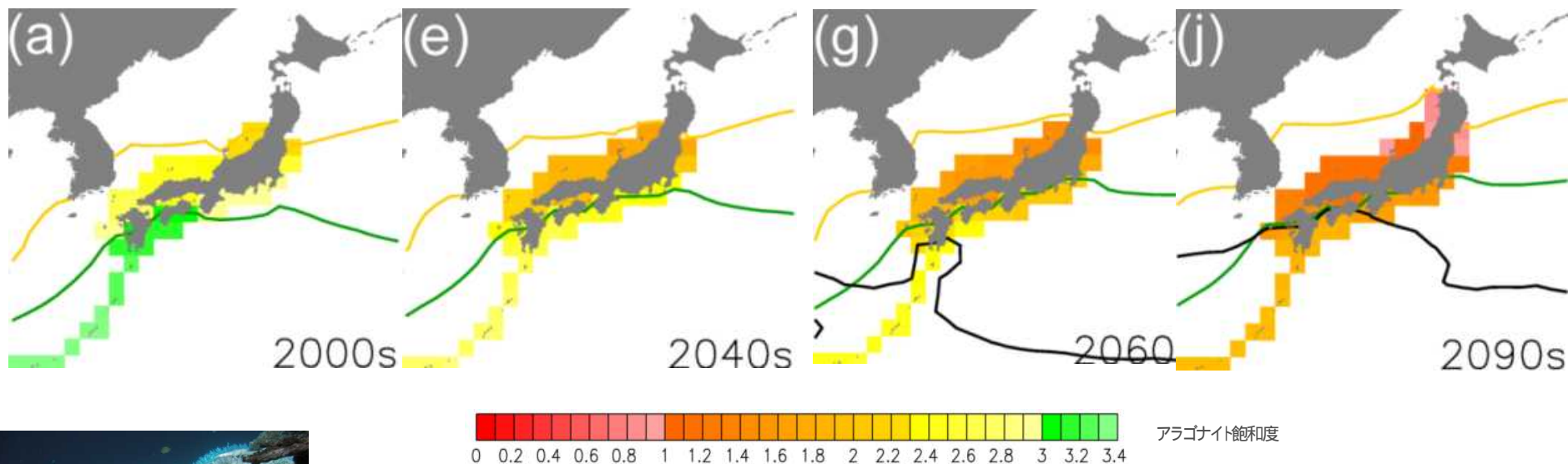


図. 現在 (2000年) と将来 (2040, 2060, 2090年代) のサンゴ礁の北限の変化

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、グリーンランドおよ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 WG1 SPM p.SPM-5, 23行目)

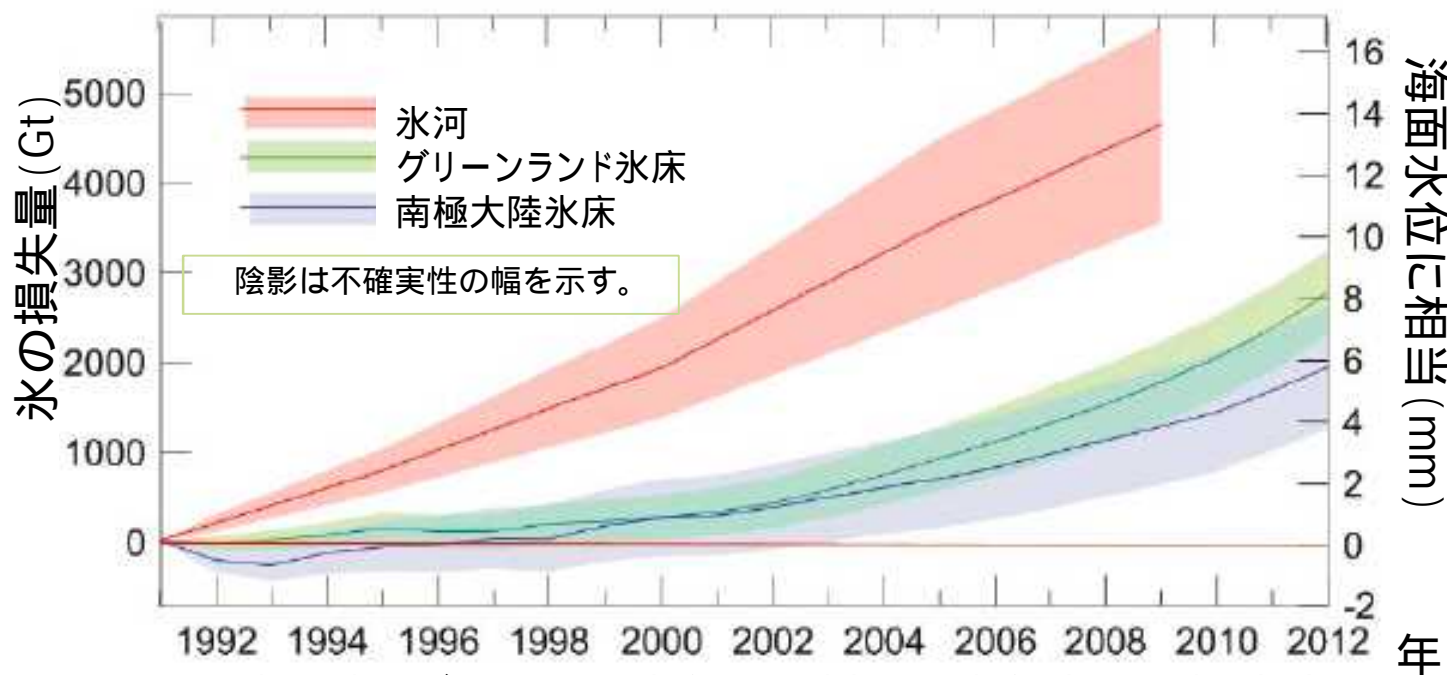


図. 氷河(赤)、グリーンランド氷床(緑)、南極大陸氷床(青)での氷の損失量

・氷の損失量は氷河、南極大陸氷床、グリーンランド氷床の全てで増加傾向にある

出典: 図. IPCC AR5 WG1 TS Final Draft Fig TS.3



# 北半球の雪・氷は減少し続けている

- “北極域の海氷およ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 WG1 SPM p.SPM-5, 24行目)

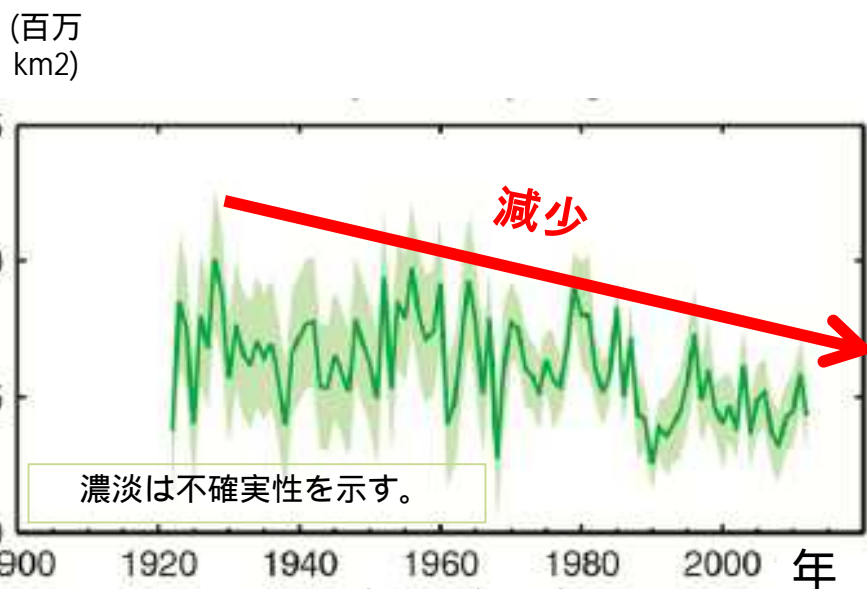


図1. 北半球の春季積雪

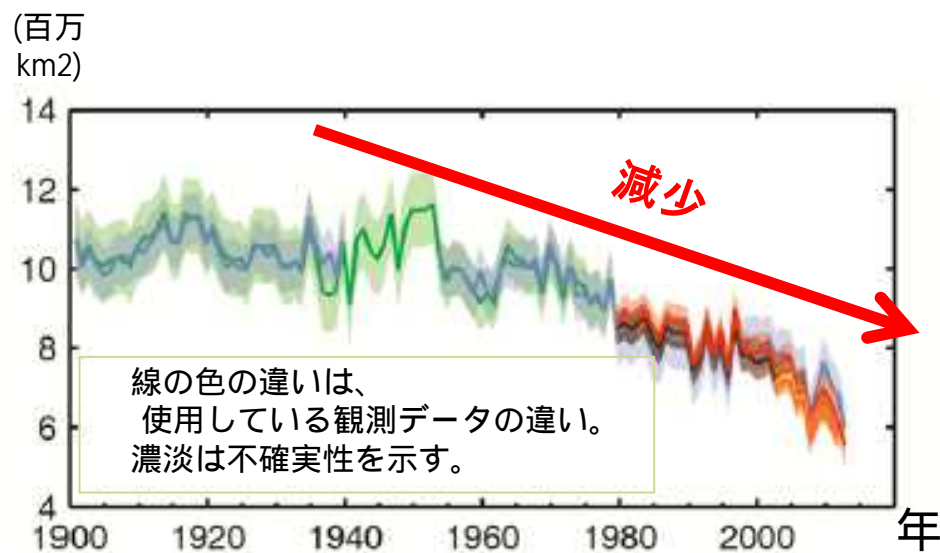


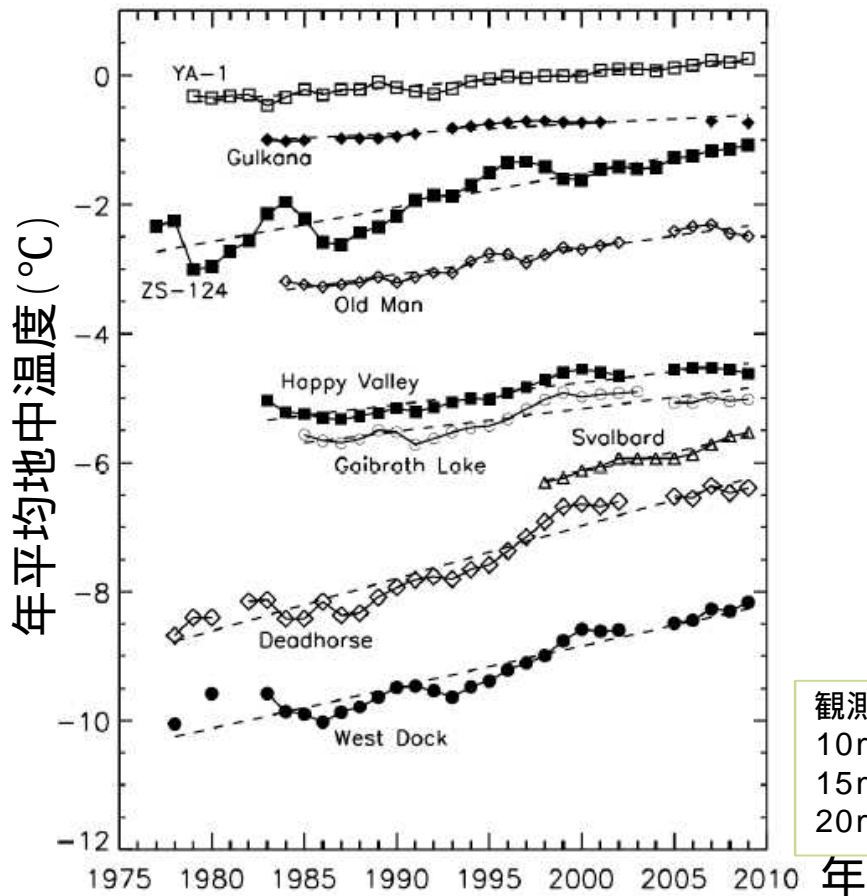
図2. 北極の夏季海氷面積

出典: 図1,2. IPCC AR5 WG1 政策決定者向け要約 Fig SPM.3(a),(b)

# 永久凍土の温度が上昇している

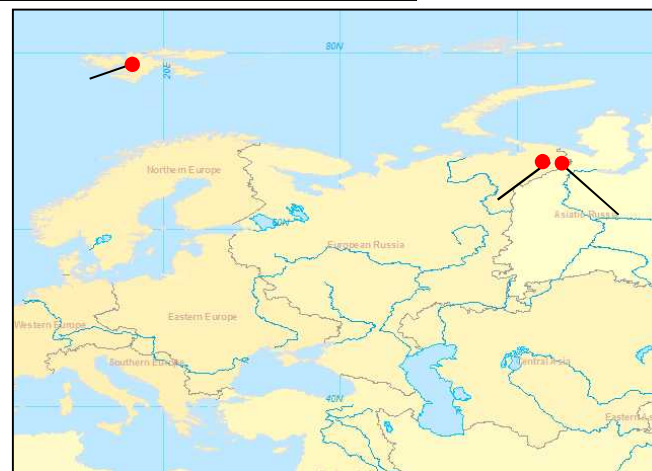
- “永久凍土の温度が1980年代初頭以降、ほとんどの地域で上昇していることの確信度は高い。”

(IPCC AR5 WG1 SPM p.SPM-6, 27行目)



観測深度  
 10m: ◻  
 15m: ◊  
 20m: 上記以外

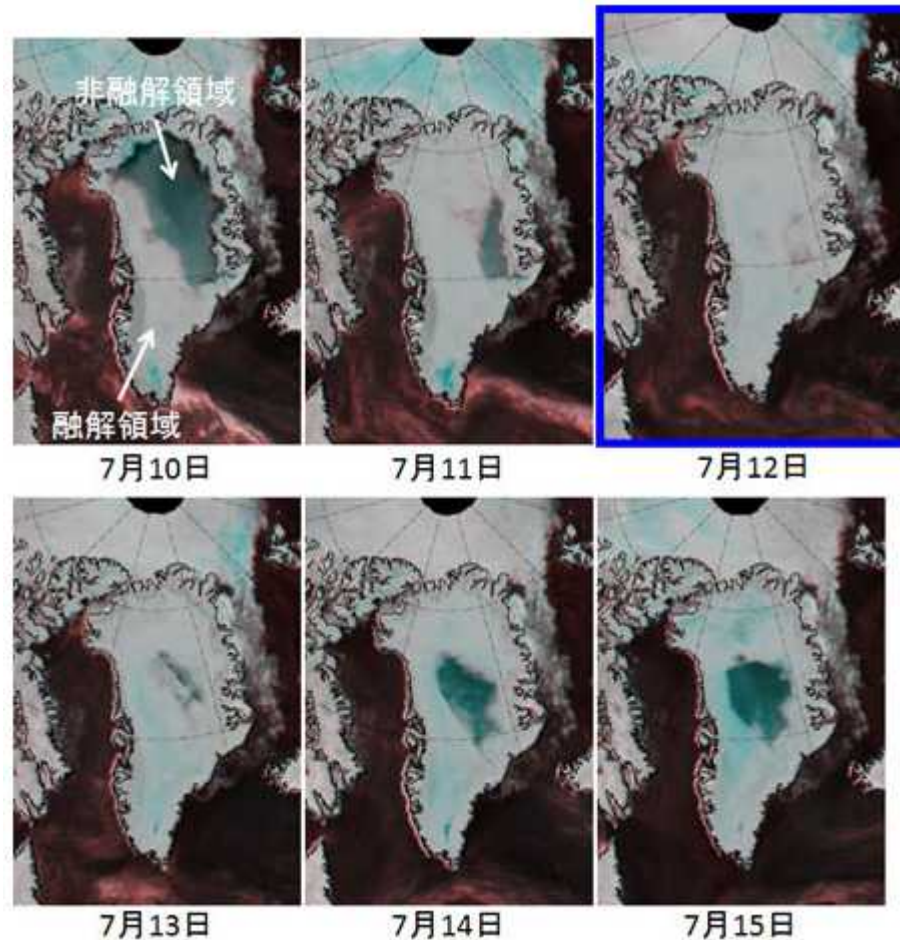
図. 世界各地の永久凍土の温度変化



出典: 図, IPCC AR5 WG1本文 Final Draft 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

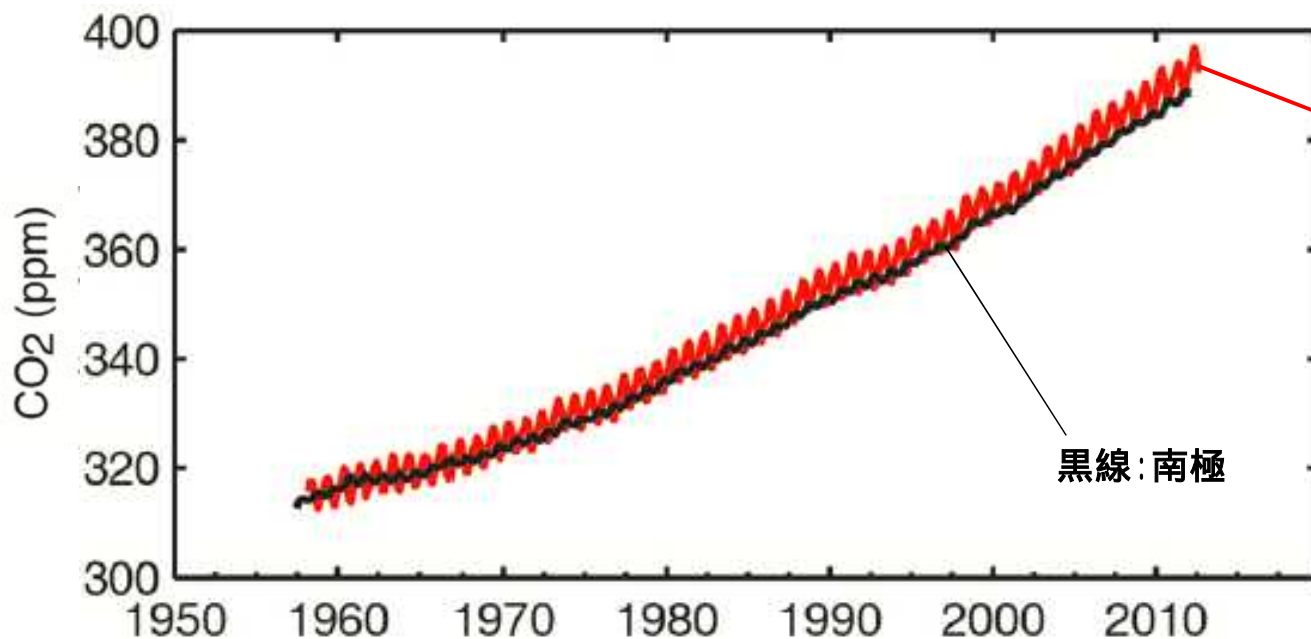
図. 2012年7月10日から15日までのグリーンランド氷床表面状態の変化  
灰色は融解領域を示しており、緑から黒色が乾いた表面状態(非融解領域)を示す。

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

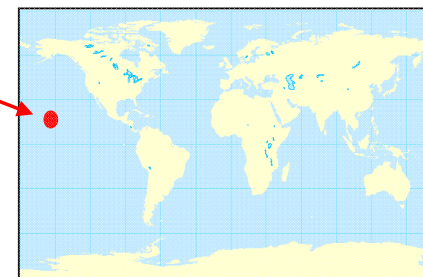
# 二酸化炭素濃度は増え続けている

- 大気中の二酸化炭素濃度は、化石燃料からの排出、土地利用の変化による排出によって工業化以前と比べ40%増加した。
- “人間の活動により、温室効果ガスであるCO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oの大気中濃度は1750年以降全て増加している。”

(IPCC AR5 WG1 SPM p.SPM-7, 24行目)



赤線: マウナロア (ハワイ州)



黒線: 南極

今回の報告書には記載されていないが、最新の観測データ(マウナロア)では2013年5月9日に日平均のCO<sub>2</sub>濃度が400ppmを突破した。

図. 大気中のCO<sub>2</sub>濃度変化

出典: 図 IPCC AR5 WG1 政策決定者向け要約 Fig SPM.4

# 極端現象 に変化が現れている

( ) 極端現象とは、一般的には過去に経験した気候状態から大きく外れた気象を意味し、大雨や強風などの短時間の激しい気象から、数か月も続く干ばつ、冷夏などの気候異常を含む

- “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、雪氷の縮小、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 WG1 SPM p.SPM-12, 24行目)

表. 気象および気候の極端現象

現象及び変化傾向	変化発生の評価 (特記ない限り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 WG1 政策決定者向け要約 Table SPM.1

# 極端現象に変化が現れている

表. 気象および気候の極端現象

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。幾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
極端な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。(日本の気候変動とその影響)

( ) 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)

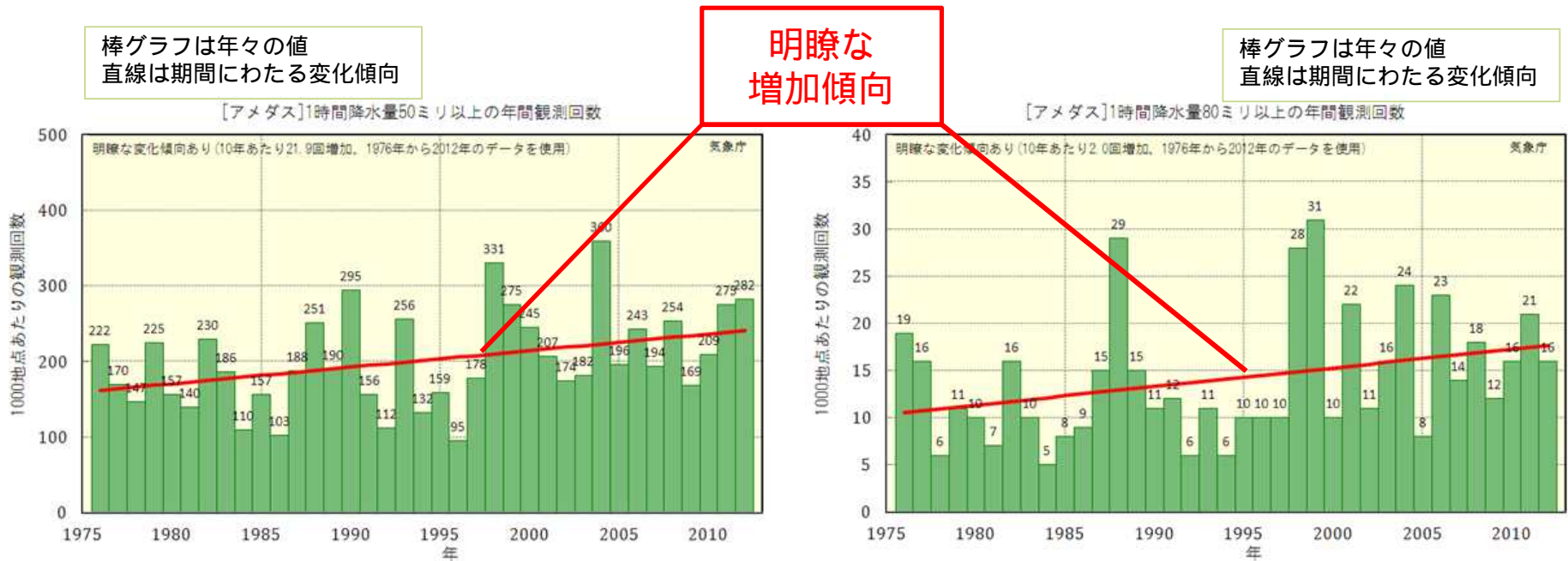


図. アメダス地点で1時間降水量が50mm, 80mm以上となった年間の回数(1,000地点当たりの回数に換算)

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明らかに増加する傾向にある。(気候変動監視レポート)

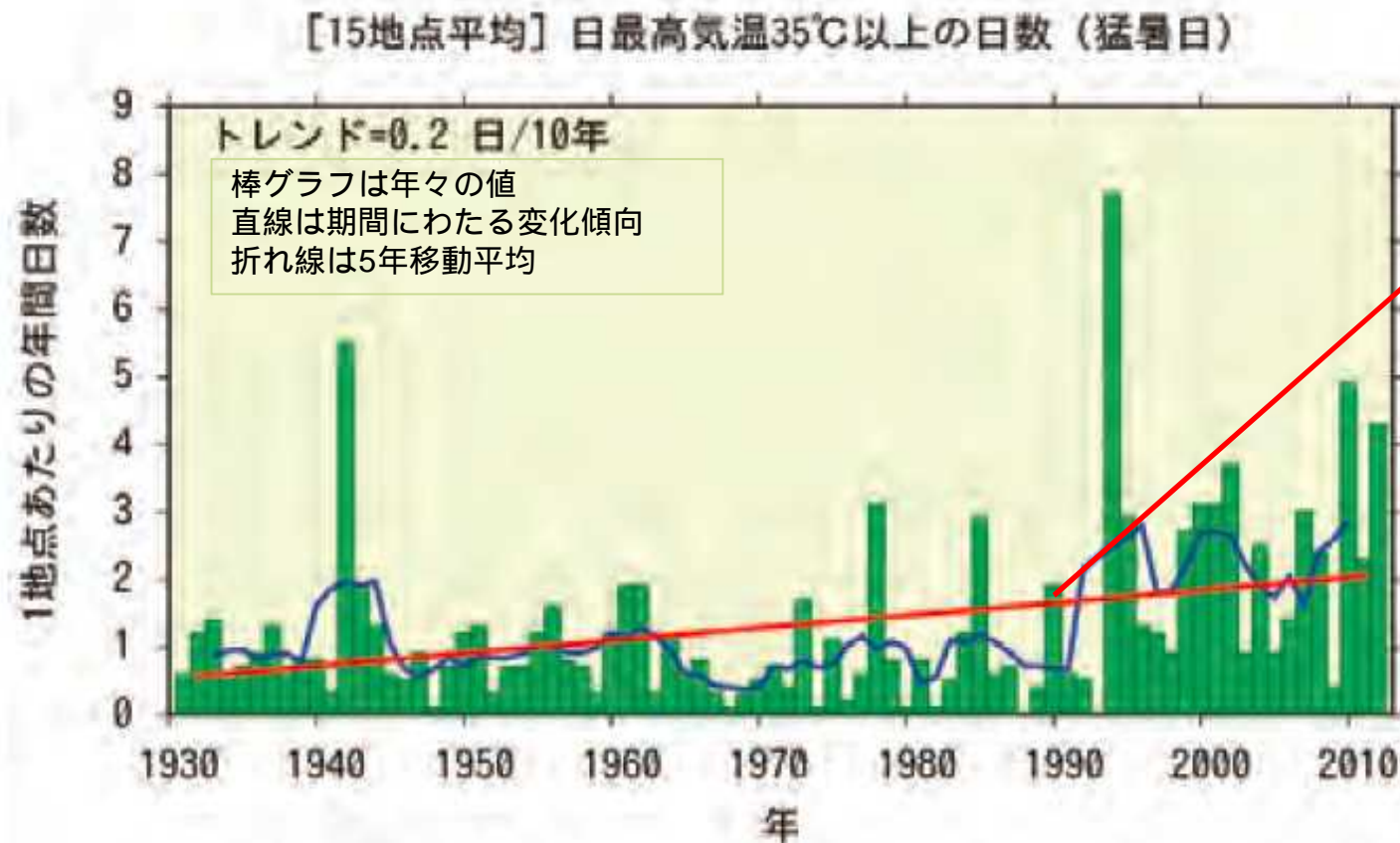


図. 最高気温35℃以上の猛暑日の年間日数  
(1地点あたりの年間日数)

出典: 図. 気候変動監視レポート2012 P.24 図2.1-5抜粋



## 第2章 温暖化の要因

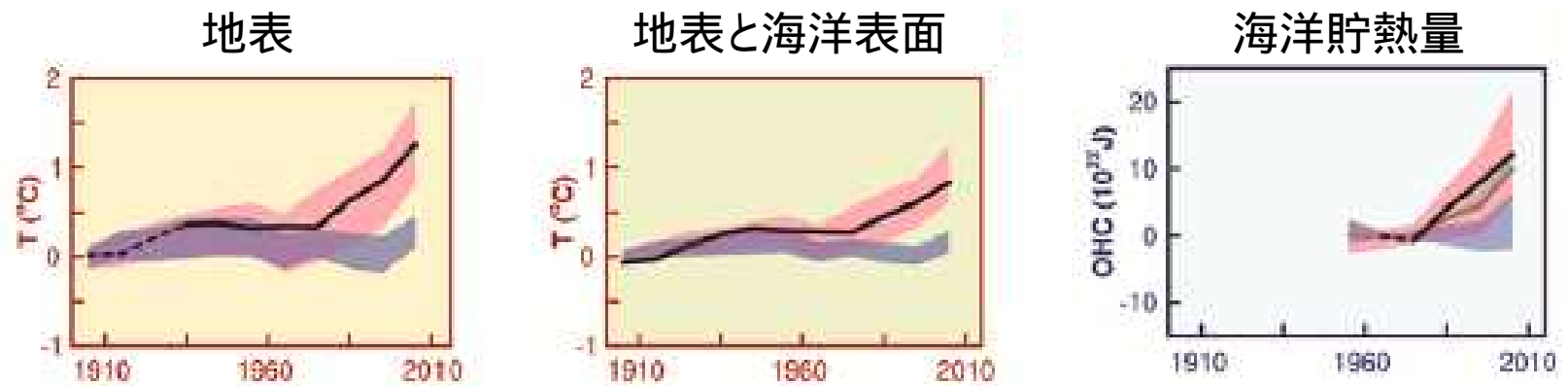
“人間の影響が20世紀半ば以降に  
観測された温暖化の支配的な（dominant）  
要因であった可能性が極めて高い”

(IPCC AR5 WG1 SPM p.SPM-12, 27行目)

# 温暖化は人間の影響の可能性が極めて高い

- “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要因であった可能性が極めて高い(95%以上)。”  
( ) 温室効果ガスの排出など (IPCC AR5 WG1 SPM p.SPM-12, 27行目)
- 太陽活動の変化はエネルギー収支にほとんど寄与していない。
- 火山のチリなどの影響は主要ではない。

人為起源の影響を加えないと、観測値(黒線)と合致しない



黒線：観測結果  
 青帯：太陽 + 火山の影響のみを考慮した複数のシミュレーション  
 赤帯：さらに人為要因（人為起源温室効果ガス等）を加えた場合の複数のシミュレーション

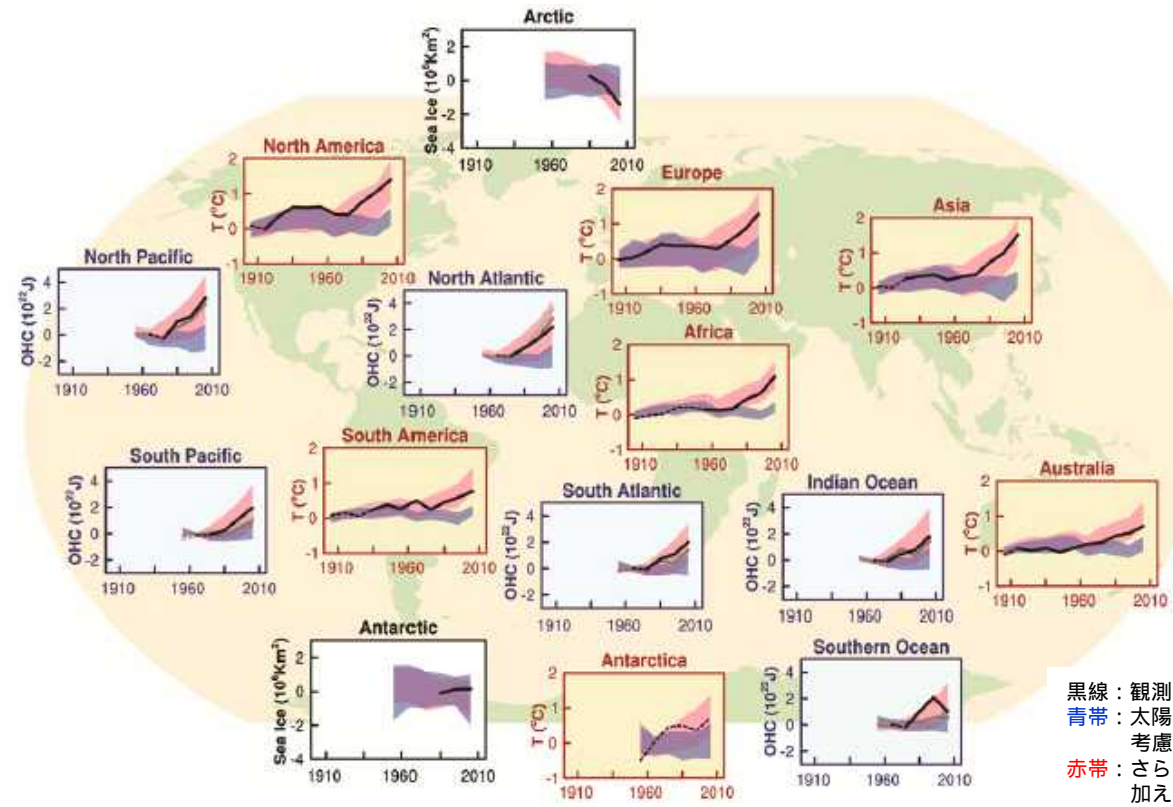
図.人為起源影響と自然起源影響のみの経年比較シミュレーション

出典：図. IPCC AR5 WG1 政策決定者向け要約 Fig SPM.6抜粋

# 世界各地の気温変化要因

“南極を除く全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 WG1 SPM p.SPM-13, 4行目)



「北極の海氷」、「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

黒線：観測結果  
 青帯：太陽+火山の影響のみを考慮した複数のシミュレーション  
 赤帯：さらに人為要因(人為起源温室効果ガス等)を加えた場合の複数のシミュレーション

図. 人為起源の影響と自然起源の影響のみの経年比較シミュレーション

出典：図.IPCC AR5 WG1 政策決定者向け要約 Fig SPM.6

# 何が温暖化の要因なのか(1)

- 気温に影響を及ぼす要因として、CO2や太陽光(暖める)、空中のチリ(冷やす)などがある。こうした影響力を放射強制力と呼ぶ。
- 全体として放射強制力はプラスとなっていて気候システムによるエネルギーの取り込み(大気や海を暖めている。)をもたらしている。



・CO2、CH4、N2O濃度は、すべて1750年以降増加している。

・2011年時点において、それぞれ工業化以前の約40%、150%、20%を超えている

図. 気温に影響を与える要因と、1750年と比較した放射強制力(図最下段)

出典: 図.IPCC AR5 WG1 政策決定者向け要約 Fig SPM.5

# 何が温暖化の要因なのか(2)

- 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(図の最上段)
- 空気中のすすは大気を暖め、チリは冷やす働きをする。( )すすは黒く、太陽光をよく吸収するため大気を暖め、チリは太陽光を反射させる効果があるため大気を冷やす
- 空気中のすすやチリ、空中を浮遊する粒子をエアロゾルというが、エアロゾル全体としては大気を冷やしている。



図. 気温に影響を与える要因と、1750年と比較した放射強制力(図最下段)

出典: 図.IPCC AR5 WG1 政策決定者向け要約 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

# 将来の世界平均気温は？ ～最大で4.8 の上昇も～

- 1986年から2005年の平均を基準とした2081～2100年の世界の平均地上気温は、可能な限りの温暖化対策を前提としたシナリオ(RCP2.6)では0.3～1.7、緩和策を実施しない前提のシナリオ(RCP8.5)では2.6～4.8 の範囲に入る可能性が高いと予測される。

( ) 気温上昇を2℃以内に抑えることが重要であると国際社会の共通認識となっている。

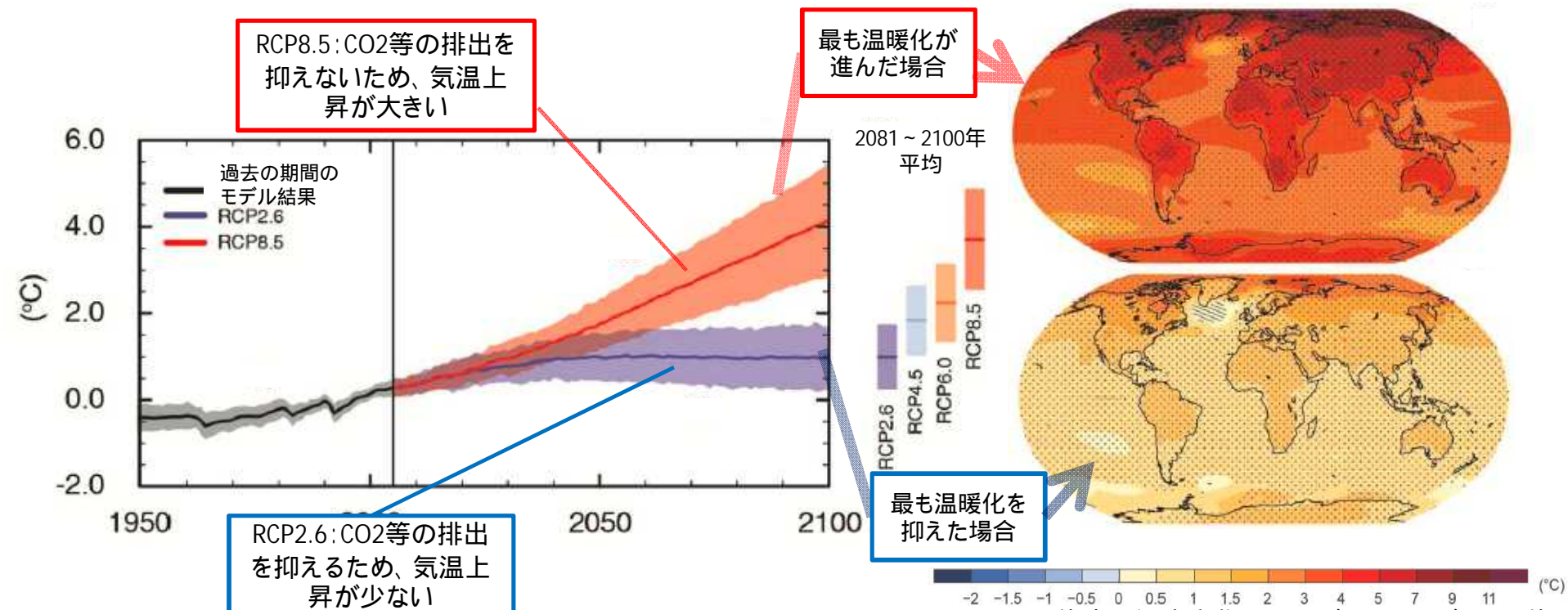


図1. 予測による世界平均地上気温変化

(1986年～2005年を基準とした世界の年平均地上気温の変化)

図2. 平均表面温度変化(2081年～2100年の平均)

(1986年～2005年を基準)

- ・気温上昇には地域差がみられ、北極、南極で高い気温上昇となる
- ・陸地は海よりも気温が上がりやすい

出典: 図1 IPCC AR5 WG1 政策決定者向け要約 Fig SPM.7, 図2 IPCC AR5 WG1 政策決定者向け要約 Fig SPM.8

# 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 WG1 政策決定者向け要約 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 W/m<sup>2</sup>、RCP4.5 シナリオでは約4.5 W/m<sup>2</sup>、RCP6.0 シナリオでは約6.0 W/m<sup>2</sup>、RCP8.5 シナリオでは約8.5 W/m<sup>2</sup>)
- 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

- “湿潤地域と乾燥地域、湿潤な季節と乾燥した季節の間での降水量の差異が増加するだろう。”

(IPCC AR5 WG1 SPM p.SPM-16, 3行目)

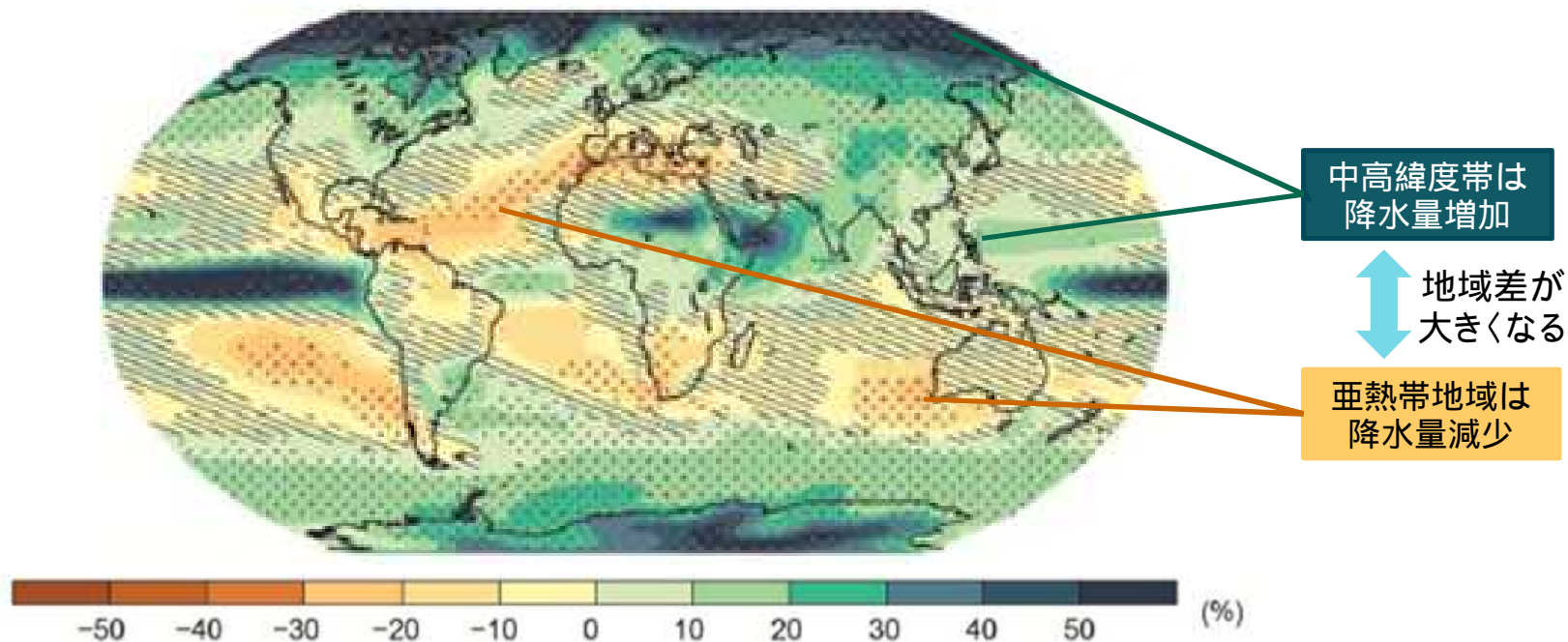


図. 最も温暖化が進んだ場合の予測(RCP8.5)の年平均降水量の変化(2081年~2100年平均)(1986年~2005年を基準)

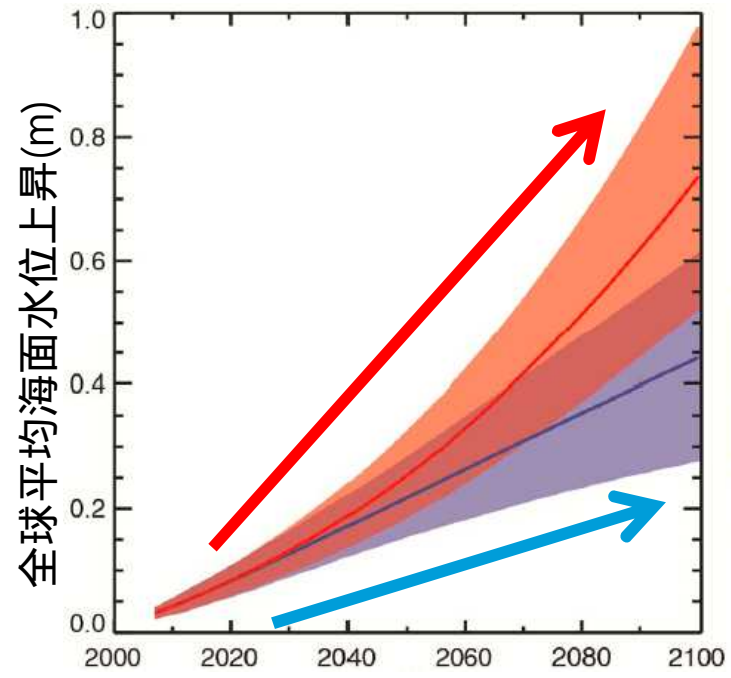
- ・温暖化が進んだ場合、降水量の差はより明瞭となる。
- ・降りやすいところはより多く降り、降りにくいところはより降らなくなる。

出典: 図 IPCC AR5 WG1 政策決定者向け要約 図SPM.8

# 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 WG1 SPM p.SPM-18, 6行目)
- これまで含まれていなかった氷床流動プロセス をモデルに新たに組み込んで海面水位予測を行ったことで、予測の確信度はAR4以降高まってきている。

( ) 温暖化により氷の表面が溶け、氷床上に湖などが形成される。湖の水が氷床内の割れ目を伝わり地表との隙間に流れ出す。結果、水が潤滑油の働きをし、上の氷が滑って動く（海へ流れ出る）



Mean over 2081-2100

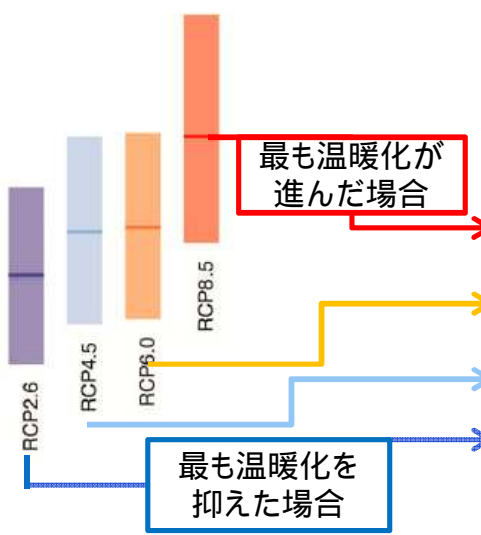


表. AR5の21世紀末における全球平均海面水位予測比較

シナリオ	予測上昇幅 (m)
RCP8.5	0.45 - 0.82
RCP6.0	0.33 - 0.63
RCP4.5	0.32 - 0.63
RCP2.6	0.26 - 0.55

図. 全球平均海面水位予測（1986年-2005年と比較して）

出典：図 IPCC AR5 WG1 政策決定者向け要約 Fig.SPM9、表 AR5 WG1 政策決定者向け要約

# 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、酸性化を進めるであろうことはほぼ確実である。”

(IPCC AR5 WG1 TS Final Draft p.TS57, 36行目)

将来、海はさらに酸性化する

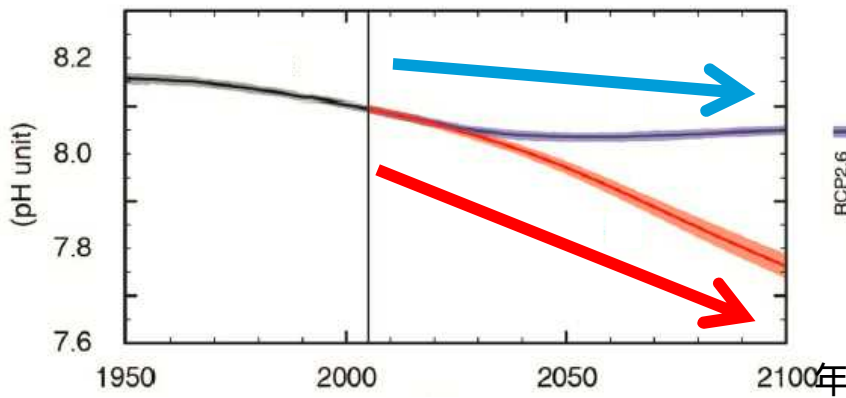


図1. 地球全体の海洋表層pH

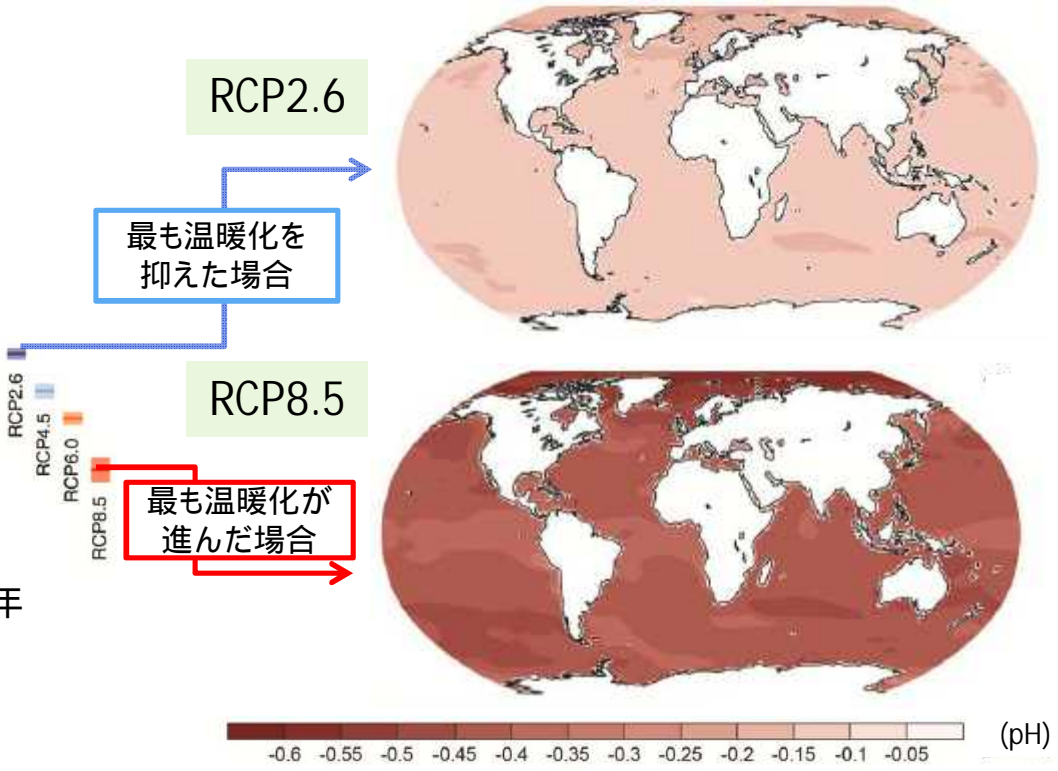


図2. 海洋表層pH変化 (2081年～2100年平均) (1986年～2005年を基準)

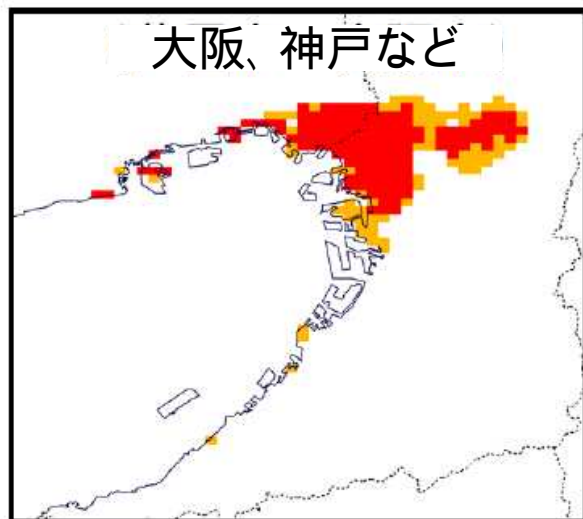
出典: 図1 IPCC AR5 WG1 政策決定者向け要約 Fig SPM.7、図2 AR5 WG1 政策決定者向け要約 Fig SPM.8

# (参考) 海面上昇で影響を受ける？

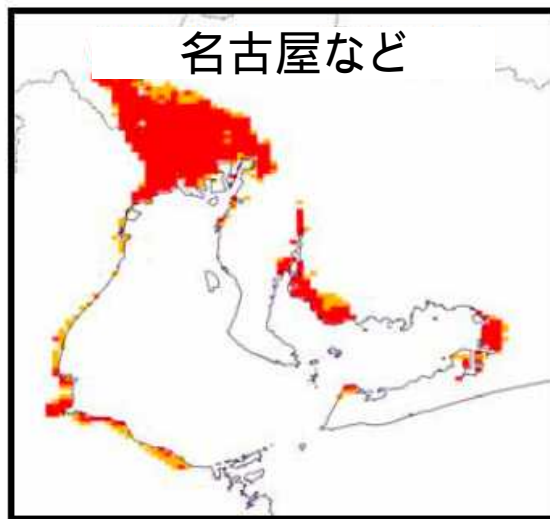
- 平均海面水位が59cm 上昇した場合、影響を受ける日本の三大湾のゼロメートル地帯の面積は5割増大すると予測される。(国交省 地球温暖化に伴う気候変動について)

( ) 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。

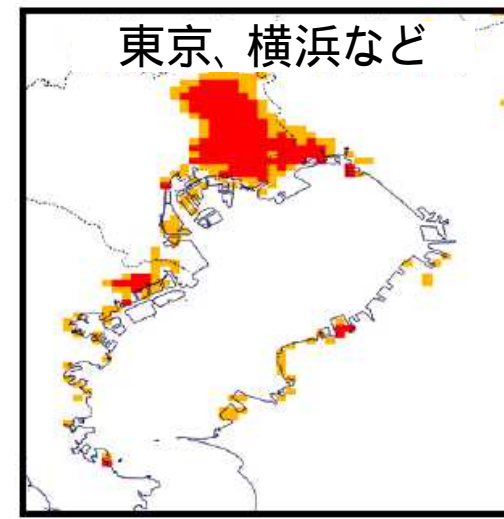
大阪湾



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世紀中に北極海の海氷は縮小かつ薄くなり続ける可能性が非常に高い。
- 21世紀中に北半球の春季の積雪域は減少する可能性が非常に高い。
- “RCP8.5シナリオにおいて21世紀半ばまでに9月の北極域で海氷がほぼ無くなる可能性が高い(中程度の確信度)。”

(IPCC AR5 WG1 SPM p.SPM-17, 27行目)

将来、海氷面積は  
現在よりも減少する

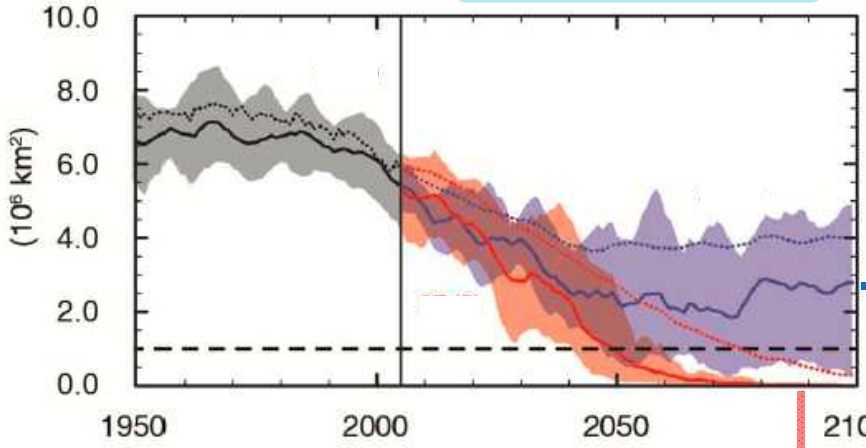


図1. 北半球9月海氷面積予測

RCP2.6: 最も温暖化を  
抑えた場合

RCP8.5: 最も温暖化が  
進んだ場合

2100  
RCP2.6  
RCP4.5  
RCP6.0  
RCP8.5

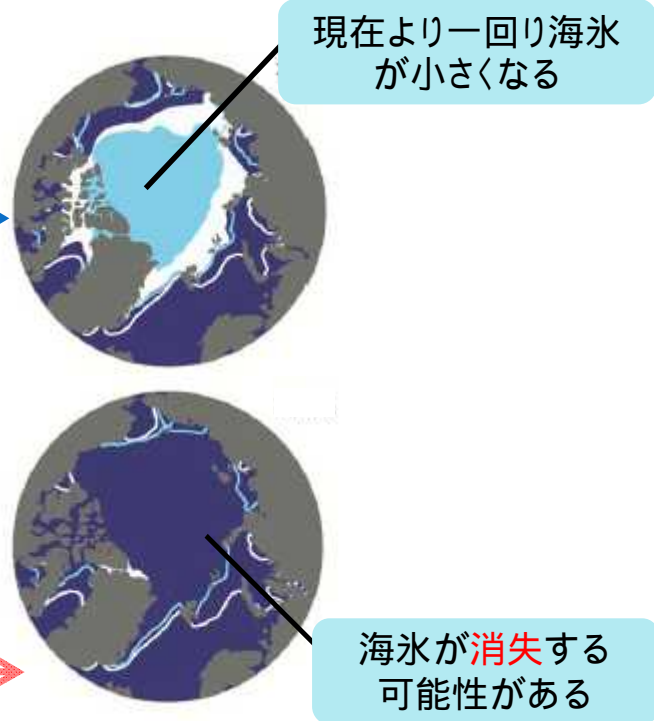


図2. 北半球9月の海氷分布予測  
(2081年-2100年平均)

出典: 図1, IPCC AR5 WG1 政策決定者向け要約 Fig SPM.7, 図2, AR5 WG1 政策決定者向け要約 Fig SPM.8

# 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 WG1 SPM p.SPM-17, 32行目)

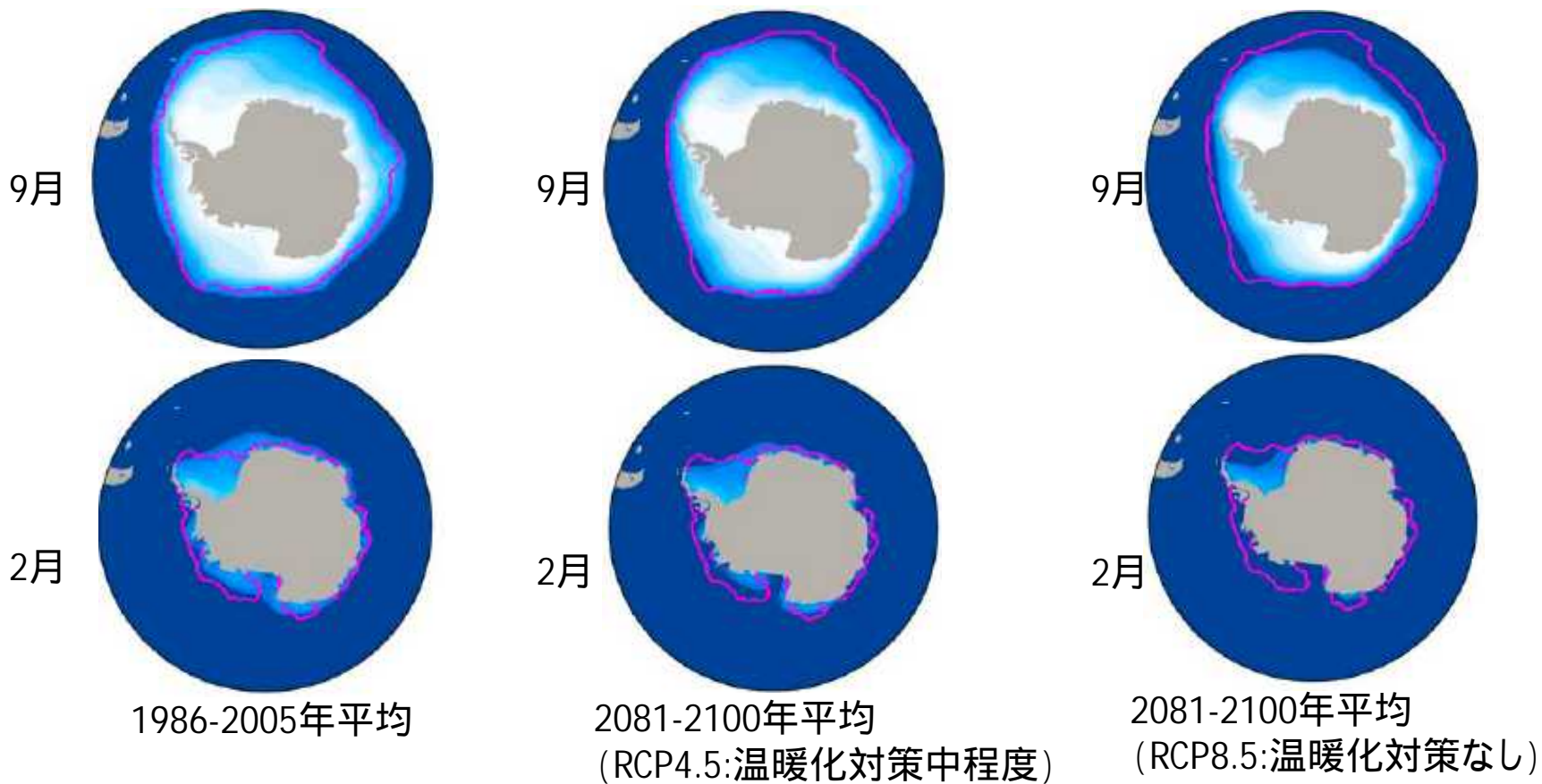


図. 2月(上)と9月(下)における南極の海氷密度

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。

出典: 図, IPCC AR5 WG1 本文 Final Draft Fig 12.29抜粋

# (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)

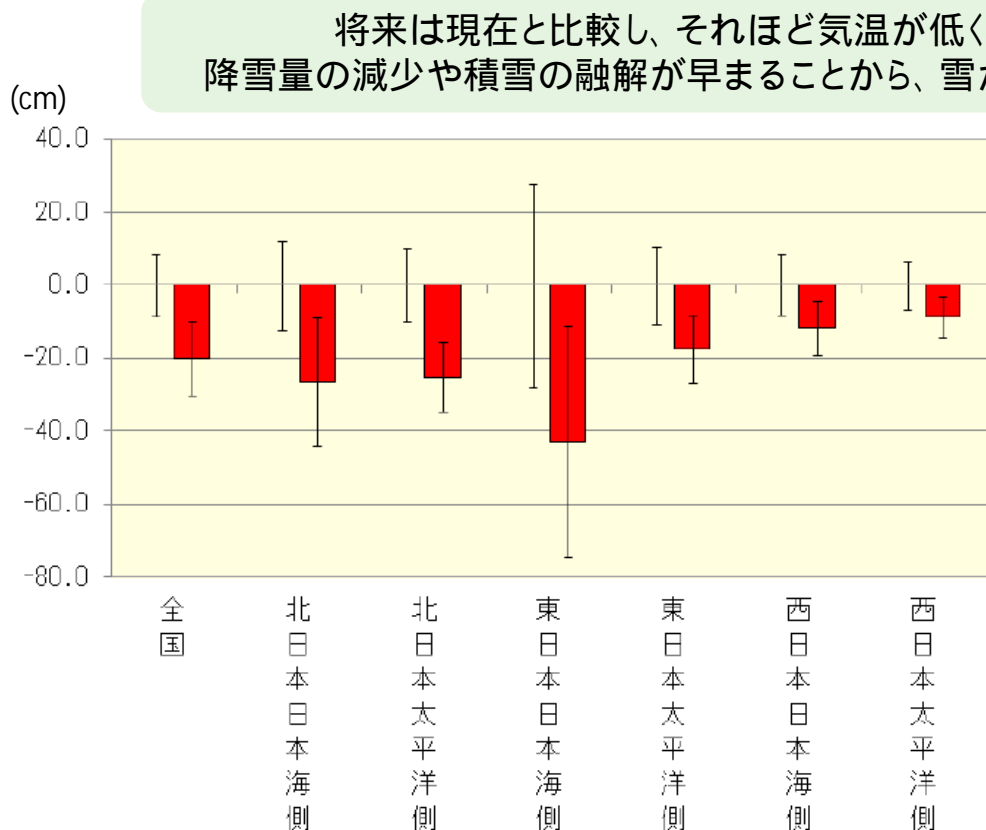


図. 年最深積雪の変化  
左：現在気候（1980～1999年）  
右：将来気候（2076～2095年）

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. 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 WG1 SPM p.SPM-15, 46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 WG1 SPM p.SPM-16, 14行目)

表. 極端な気象および気候現象（将来変化の可能性）

現象及び変化傾向	21世紀初期	21世紀末
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 WG1 政策決定者向け要約 Table SPM.1

# 12. 将来の極端現象の予測 極端現象予測(2)

表. 極端な気象および気候現象 (将来変化の可能性)

現象及び変化傾向	21世紀初期	21世紀末
干ばつの強度や持続期間の増加	確信度が低い	地域規模的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いえば
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 WG1 政策決定者向け要約 Table SPM.1

# (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)

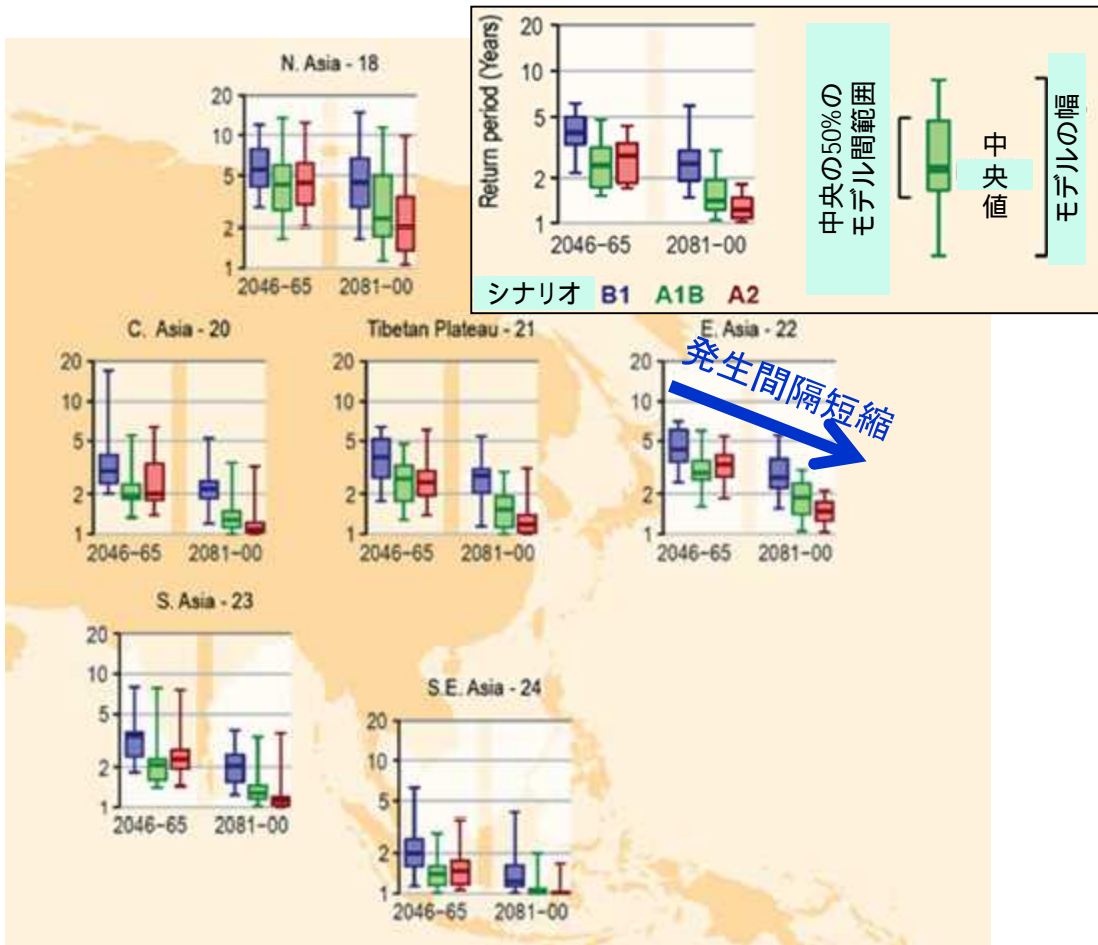


図. 日最高気温の20年再現値の再現期間の変化予測 (年)

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)

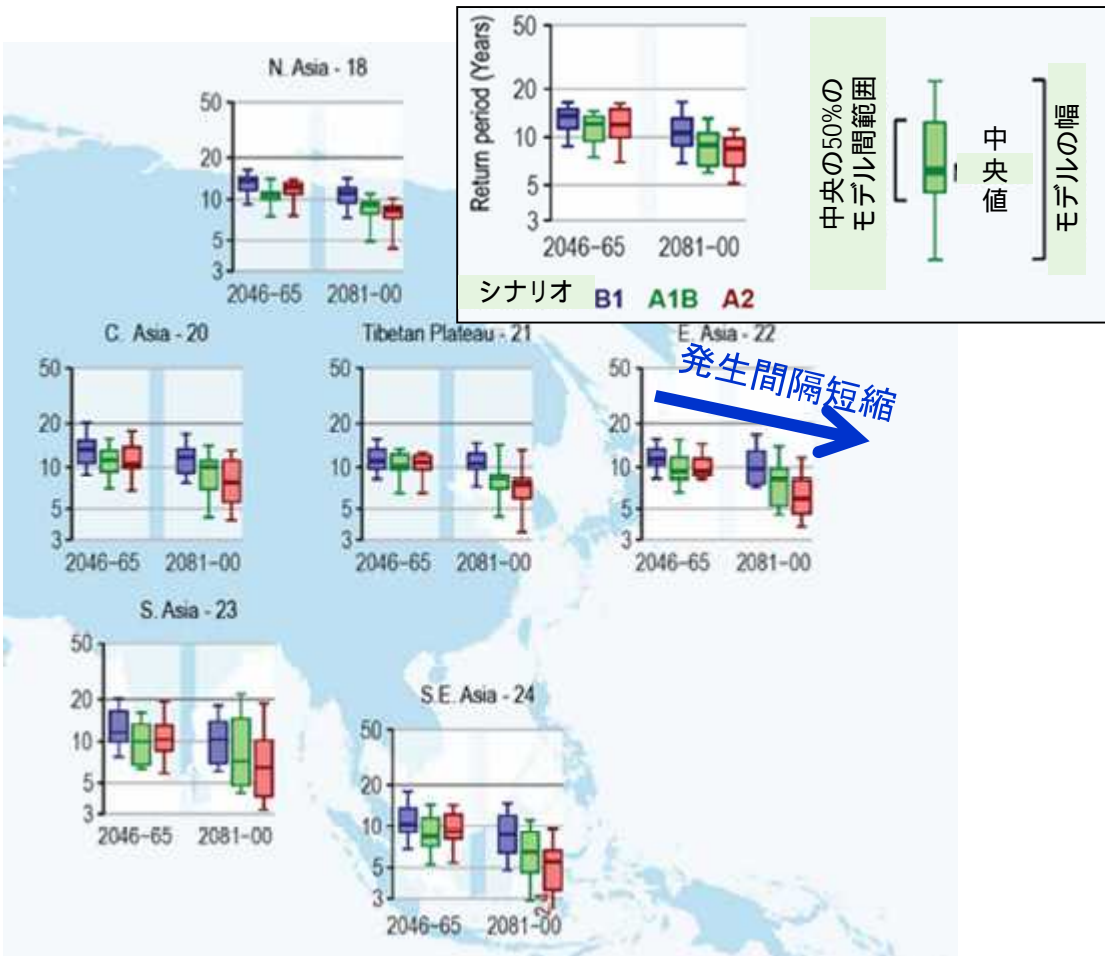


図. 日降水量の20年再現値の再現期間の変化予測(年)

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12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。

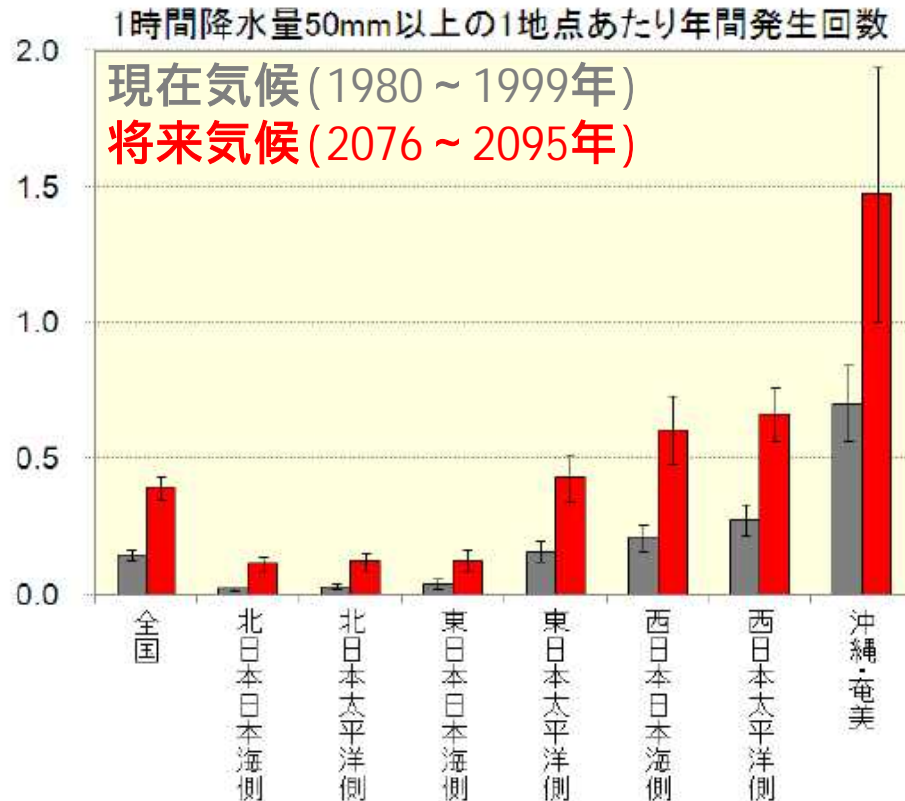
- B1: 環境保全と経済発展を両立する持続的発展型社会を想定。
- A1B: 各エネルギー源のバランスを重視した高成長型社会を想定。
- A2: 貿易・経済等のグローバル化の制限された多次元化社会を想定。

# (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)



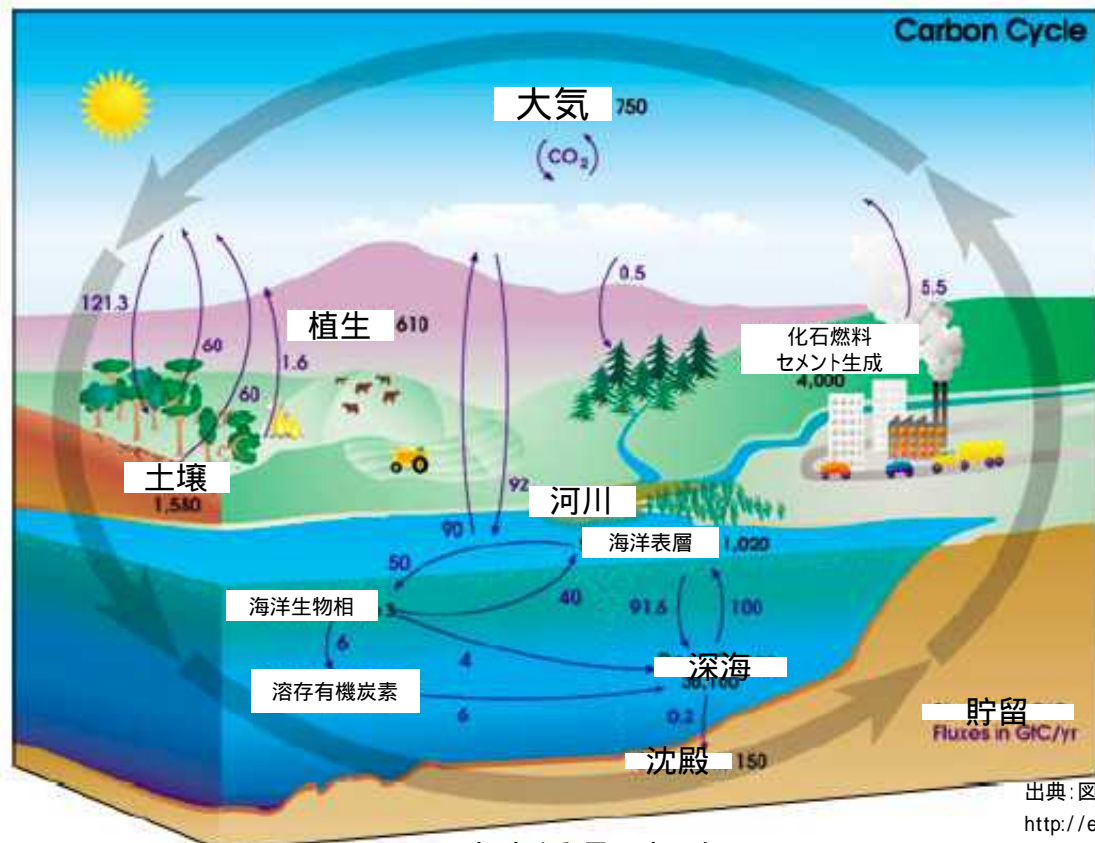
**赤い棒グラフ**：将来の発生回数  
**灰色棒グラフ**：現在の発生回数  
縦棒は年々変動の標準偏差

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CO<sub>2</sub>の増加をさら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 WG1 SPM p.SPM-19, 6行目)
- “海洋のさら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 WG1 SPM p.SPM-19, 7行目)



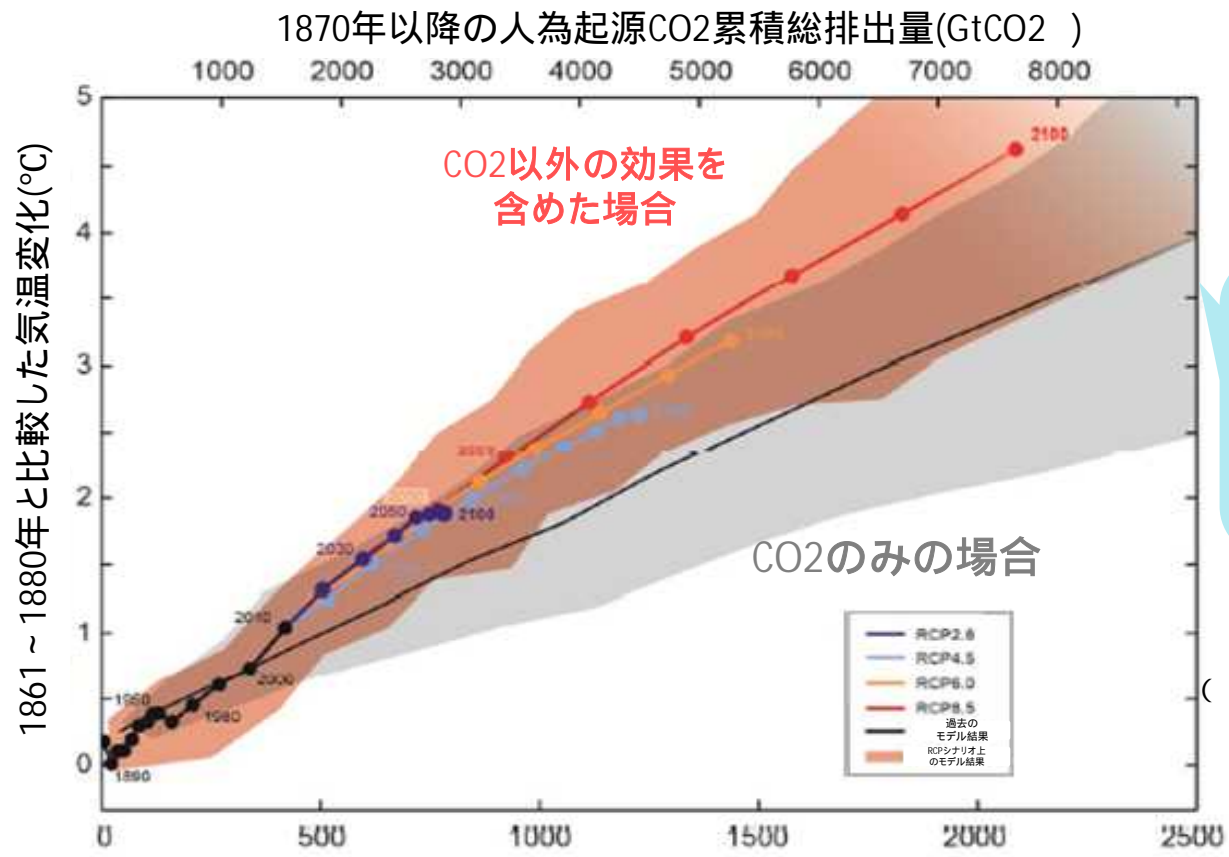
出典: 図. NASA HP  
[http://earthobservatory.nasa.gov/Features/carbon\\_cycle2001.pdf](http://earthobservatory.nasa.gov/Features/carbon_cycle2001.pdf)

図. 炭素循環の概略図

# 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。”【新見解】

(IPCC AR5 WG1 SPM p.SPM-20, 13行目)



この図より累積排出量と気温の関係を直接求めることができる。

より低い昇温目標を達成するためには累積排出量をより少なくすることが求められる。

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

1870年以降の人為起源CO<sub>2</sub>の累積総排出量(GtC )  
 図. 様々な種類の証拠から得られた世界のCO<sub>2</sub>排出累積総量の関数としての世界の平均気温上昇量

出典: 図. IPCC AR5 WG1 政策決定者向け要約 図SPM.10 一部改変

# 気温上昇を2℃未満に抑えるためには

- 人為起源温室効果ガスによる昇温を2℃未満(1861-1880年比)に制限するためには下表の累積排出量に抑える必要がある。

2℃未満となる確率	CO2の累積排出量
>33%	約900GtC
>50%	約820GtC
>66%	約790GtC

( ) RCP2.6における二酸化炭素以外の放射強制力を考慮に入れた場合の累積二酸化炭素排出量

- 2011年までのCO2累積排出量は515GtCとなっており、昇温を2℃未満に抑えるためには、人類が排出できるCO2は残り約275GtCとなる(66%以上の確率の場合)。
- また世界のCO2年間排出量は現状9～10GtC程度である。



# 参考情報

---

# 今後のスケジュール

## 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。

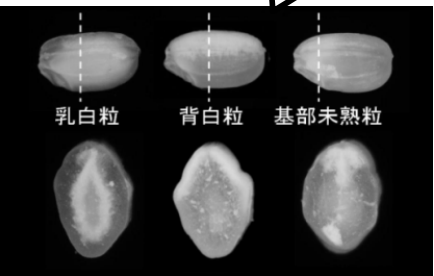


図1. 水稲の白未熟粒

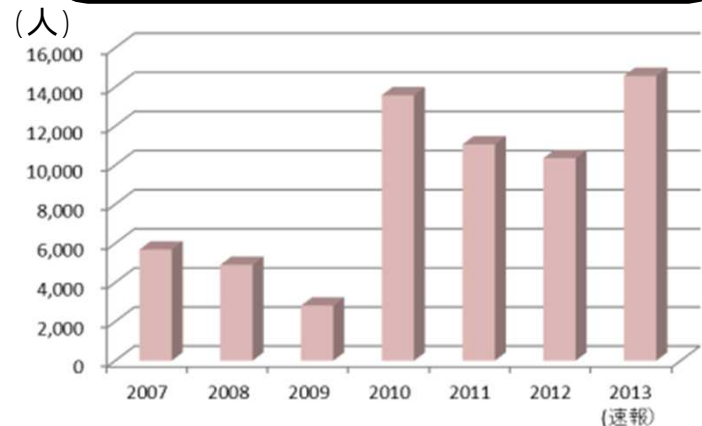
## 洪水



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

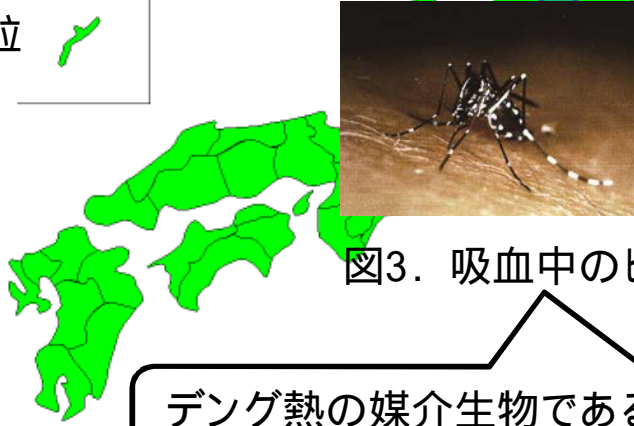


図3. 吸血中のヒトスジシマカ

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

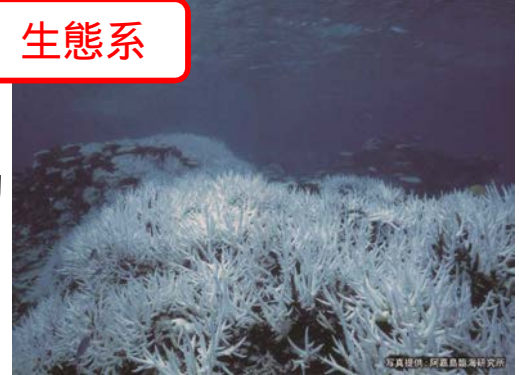


図4. サンゴの白化

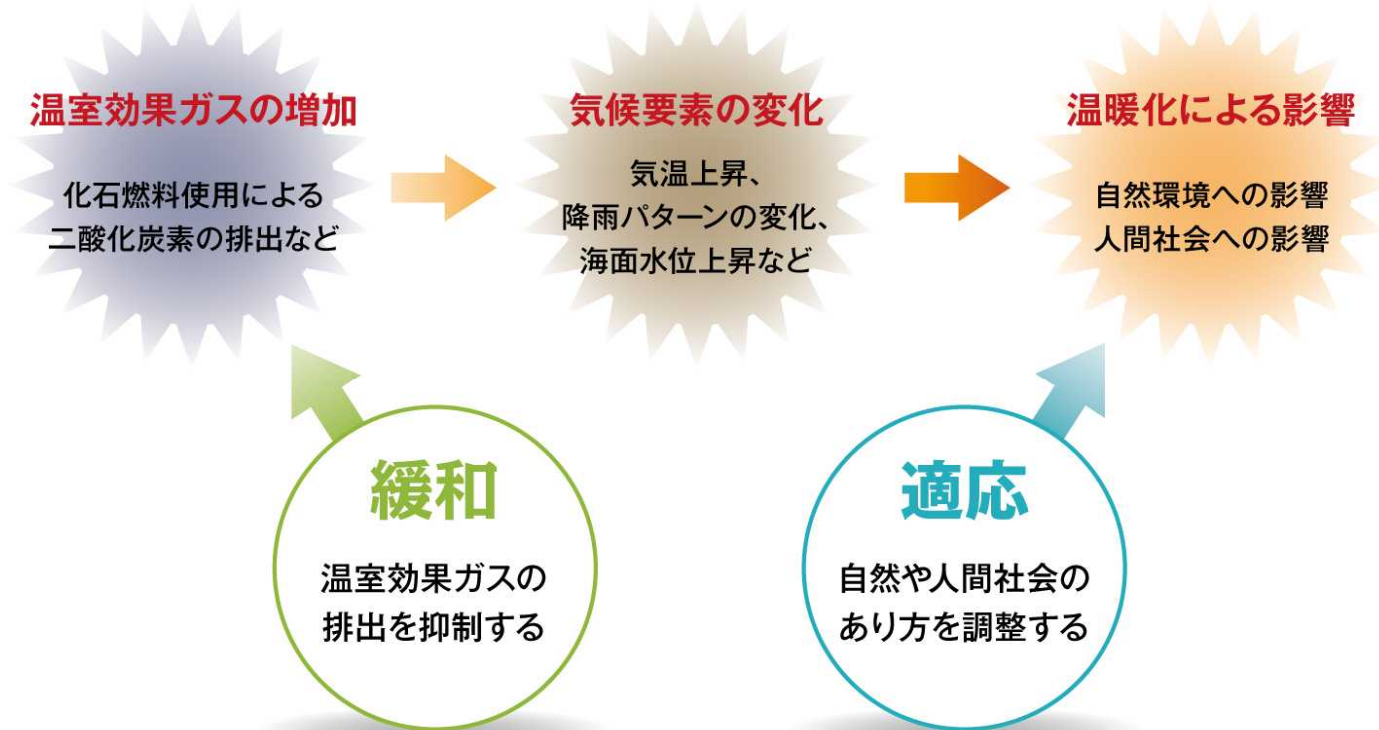
出典：図1.九州沖縄農業研究センター提供、図2.国土交通省中部地方整備局提供  
図3. 国立感染症研究所提供、図4.阿嘉島臨海研究所提供

# 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℃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 目標 産業革命以前と比べ世界平均気温上昇を2 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)