

第4回「スクール・リマ2014」講演(2014.10.10)

IPCC/AR5の知見と注目点 -統合報告書の発表に向けて-

(一般財団法人)リモート・センシング技術センター(RESTEC)
ソリューション事業部 特任首席研究員
近藤洋輝

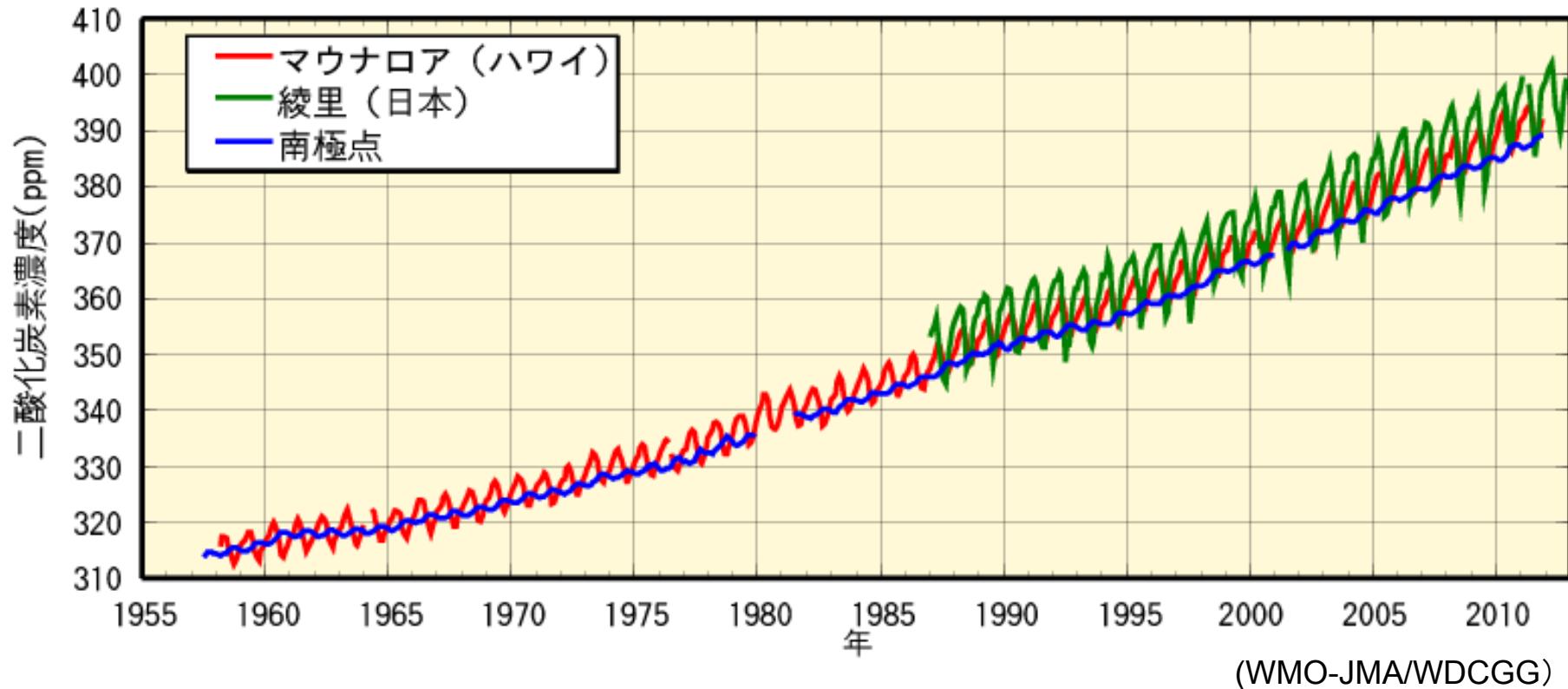
1. 現在の状況

二酸化炭素(CO₂)の全球平均大気中濃度の経年変化

1750年: 278 ppm (IPCC/AR5)



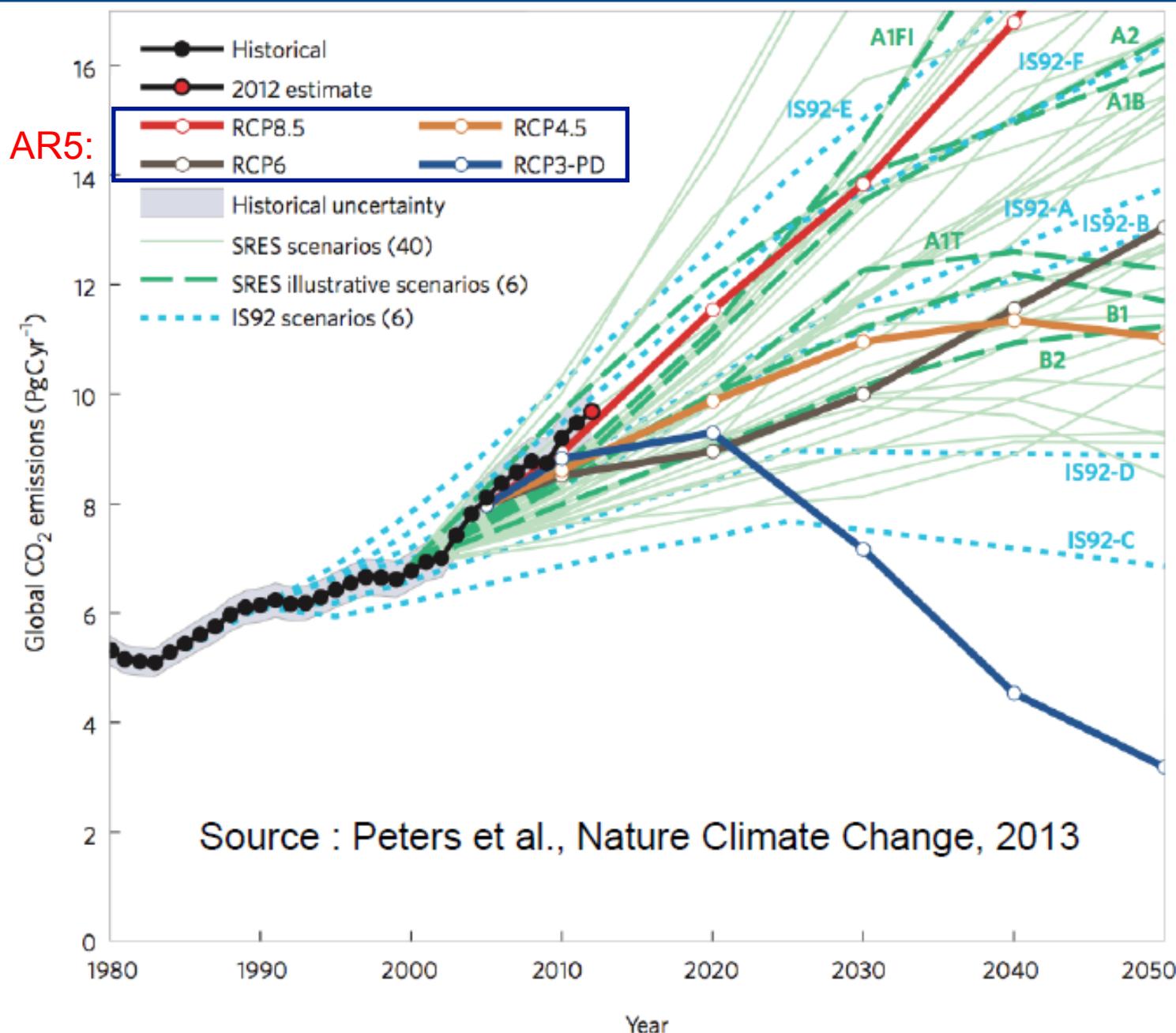
2012年: 393.1 ppm (+41%)



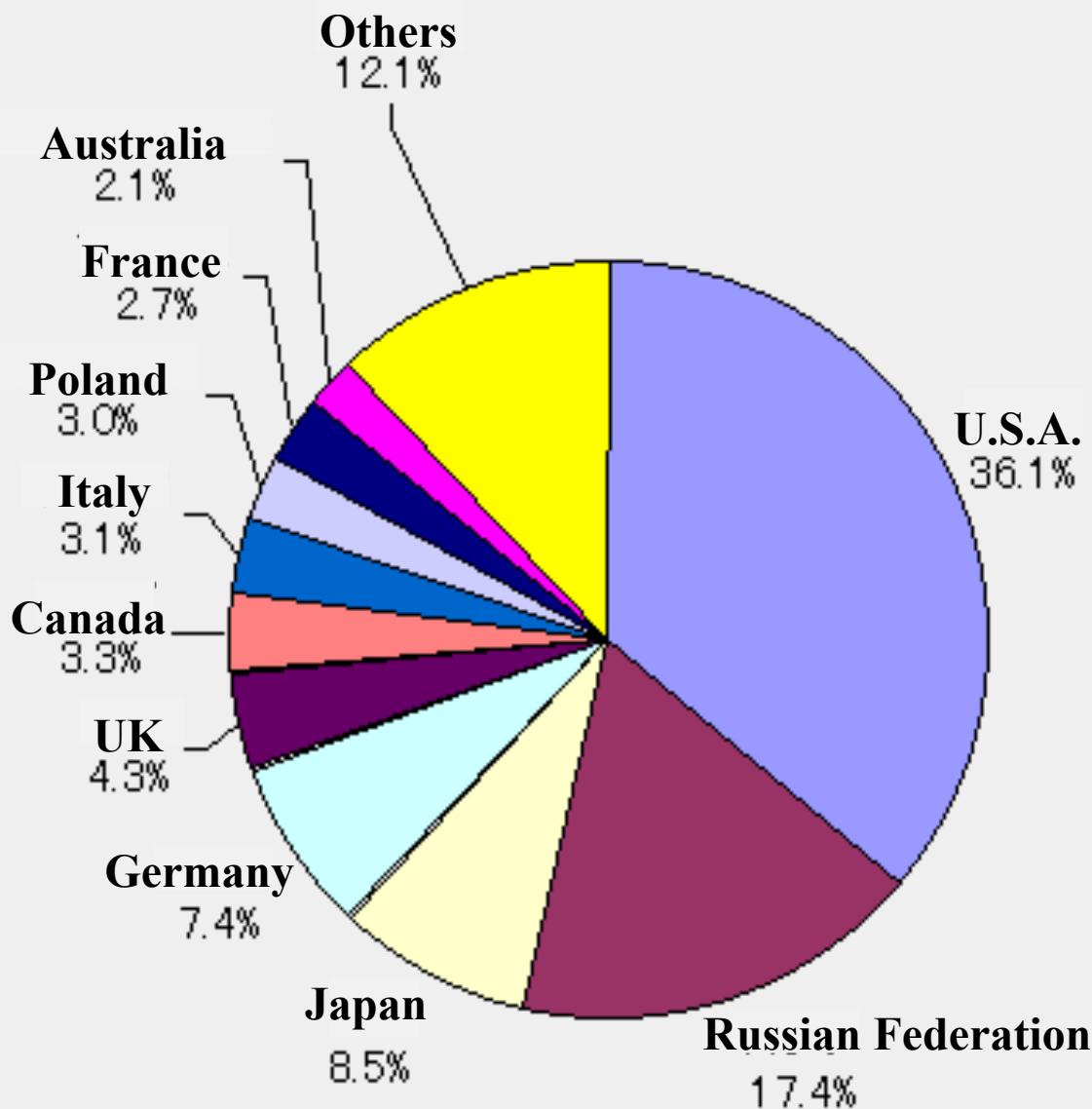
Mauna Loa 観測値: 400.03 ppm (2013年5月9日: 43%増)

- ◆ 「北半球中の観測で月平均値が2014年4月に初めて400ppmを超えた。」(2014年5月26日、WMO)
- ◆ 「2013年の世界のCO₂濃度(年平均、396.0±0.1 ppm<+42%>)と前年からの年增加量(+2.9 ppm)は観測史上最も大きかったことが判明。」(2014年9月9日、WMO-JMA/WDCGG)

現実の排出量はこれまでのIPCCシナリオにおいて、高排出側にある



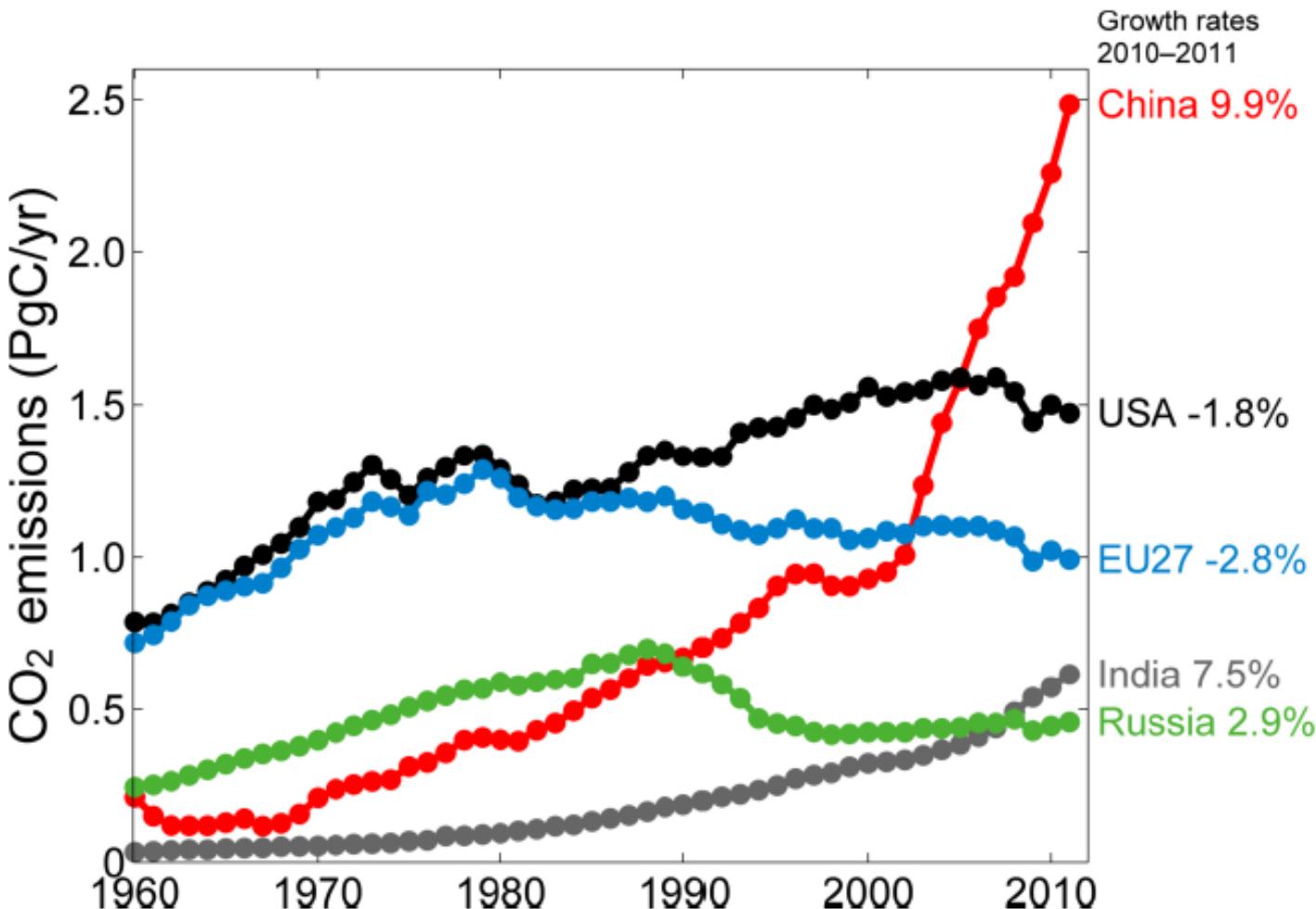
CO₂ emission rates among the Annex-I countries in 1990

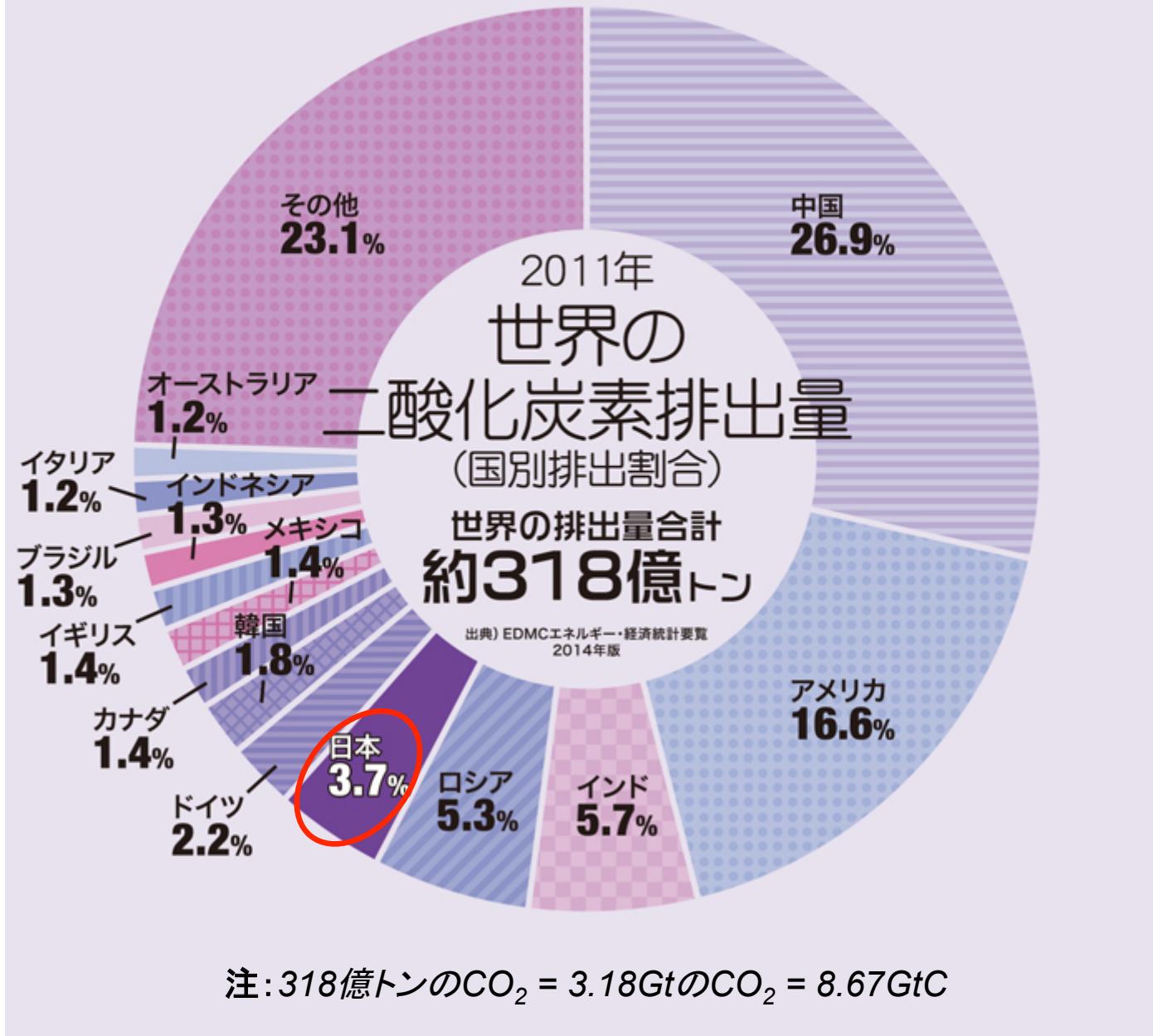


(Based on a Document by MOE)

CO₂ emission trends by country

fossil fuel + cement + gas flaring





2. IPCCの活動とAR5

IPCC: 政策を規定するのではなく(*not policy prescriptive*)
政策に適切な(*policy relevant*)知見を提供する

気候変動に関する政府間パネル(IPCC、1988年設立) による科学的知見の主要メッセージ

○1990年：第1次評価報告書(FAR)：410ページ

“増大している人為起源の温室効果は気候変化を生じさせるおそれがある”

“安定化のためには、温室効果ガスの大気中濃度を一定に抑える必要がある。”

○1995年：第2次評価報告書(SAR)：572ページ

“識別可能な(*discernible*)人為的影響が全球の気候に現れている”

○2001年：第3次評価報告書(TAR)：881ページ

“過去50年間に観測された温暖化の大部分は、**温室効果ガス濃度の増加によるものであった可能性が高い(66～90%の確からしさ)**”

○2007年：第4次評価報告書(AR4)：996ページ

“**気候システムの温暖化には疑う余地がない(unequivocal)**”

“20世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇のほとんどは、**人為起源の温室効果ガスの観測された増加によってもたらされた可能性が非常に高い(90%以上の確からしさ)**”

“**Best estimate**” や “**likely range**”が示されるようになった(モデル開発の進展)。

○2013～14年：第5次評価報告書(AR5)：1535ページ

…以下記述…

AR5における、確信度と可能性の表現

Confidence (確信度): 以下の区分で用いる (詳しくはWG1/SPM/TS参照)

Very high confidence (確信度が非常に高い)

High confidence (確信度が高い)

Medium confidence (確信度が中程度)

Low confidence (確信度が低い)

Very low confidence (確信度が非常に低い)

Probability of occurrence(可能性)

Virtually certain (ほぼ確実): 99% - 100%

Extremely likely (可能性が極めて高い) : 95% - 100%

Very likely (可能性が非常に高い): 90% - 100%

Likely (可能性が高い) : 66% - 100%

More likely than not(どちらかといえば) : 50% - 100%

About as likely as not (どちらも同程度) : 33% - 66%

Unlikely(可能性が低い): 0% - 33%

Very unlikely(可能性が非常に低い): 0% - 10%

Extremely unlikely (可能性が極めて低い) : 0% - 5%

Exceptionally unlikely (ほぼありえない): 0% - 1%

IPCC第5次評価報告書(AR5)の構成



2014年10月完成予定



2013年9月完成



2014年3月完成



2014年4月完成

*SPM: 政策決定者向け要約、Longer Part: 詳細部分

AR5の統合報告書のアウトライン

はじめに

トピック 1: 観測された変化とその原因

トピック 2: 将来の気候の変化、影響、およびリスク

トピック 3: 適応および緩和の対策

トピック 4: システムにおける変革(*transformations*)と変化

ボックス: UNFCCC第2条*に関する情報

(*Information relevant to Article 2 of the UNFCCC*)

*注) : UNFCCC第2条 「目的」 : ... 気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすことにならない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化し、...(中略)することを究極の目的とする。

(*The ultimate objective ... is to achieve,, stabilization of greenhouse gas concentrations in the atmosphere at a level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system. ...*)

3. 觀測的知見

気候システムの観測された変化

◆ 気候システムの温暖化は疑う余地がなく (*unequivocal*)
1950年代以降において、多くの観測された変化は、
数十年から数千年にわたって前例がない。

- * 大気と海洋は暖まり、
- * 雪氷の量は縮小し、
- * 海面水位は上昇し、
- * 温室効果ガスは増加した。

全球平均地上気温

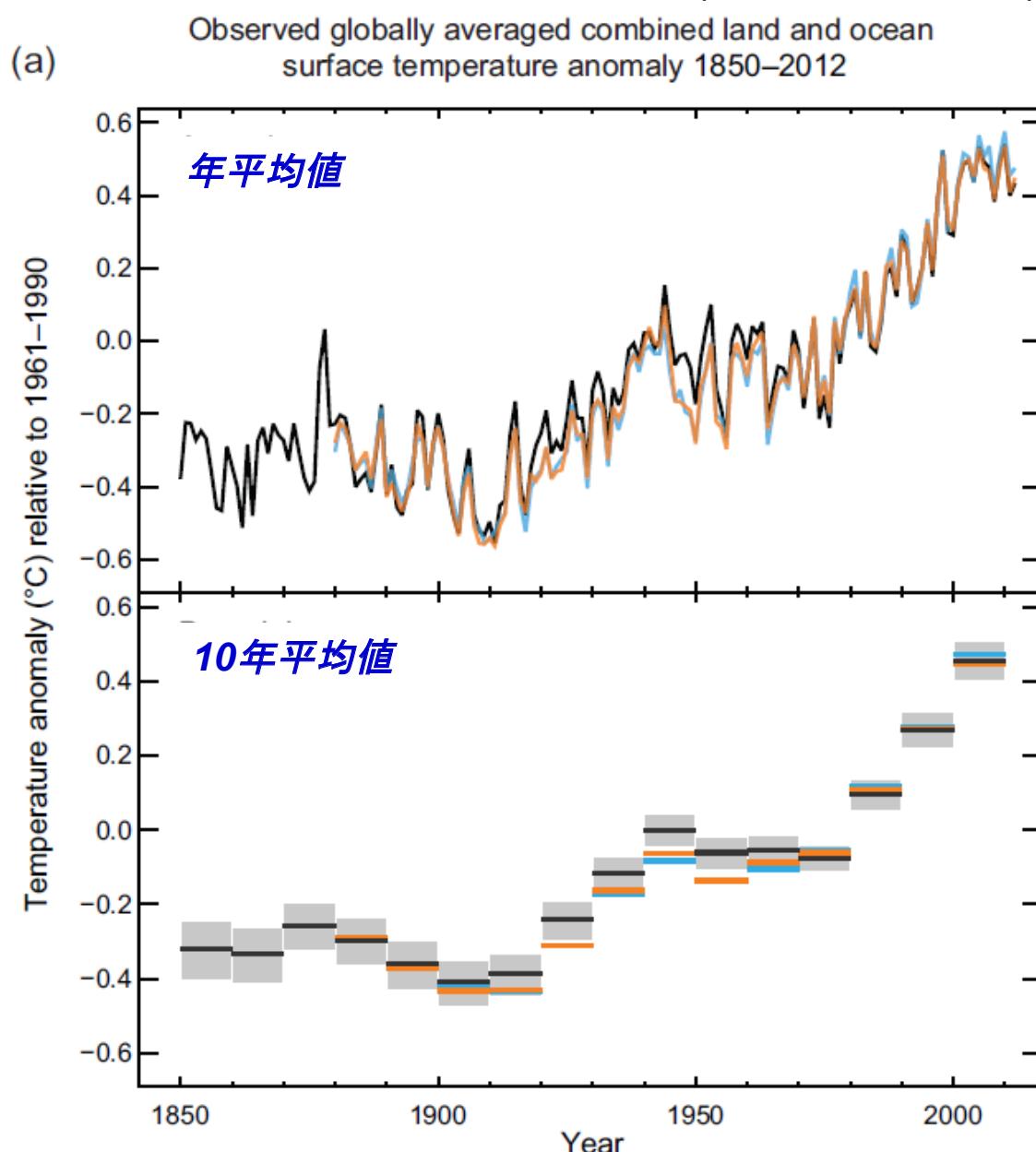
(IPCC/WG1/AR5)

1850-1900年の平均から
(近似的に工業化以前)

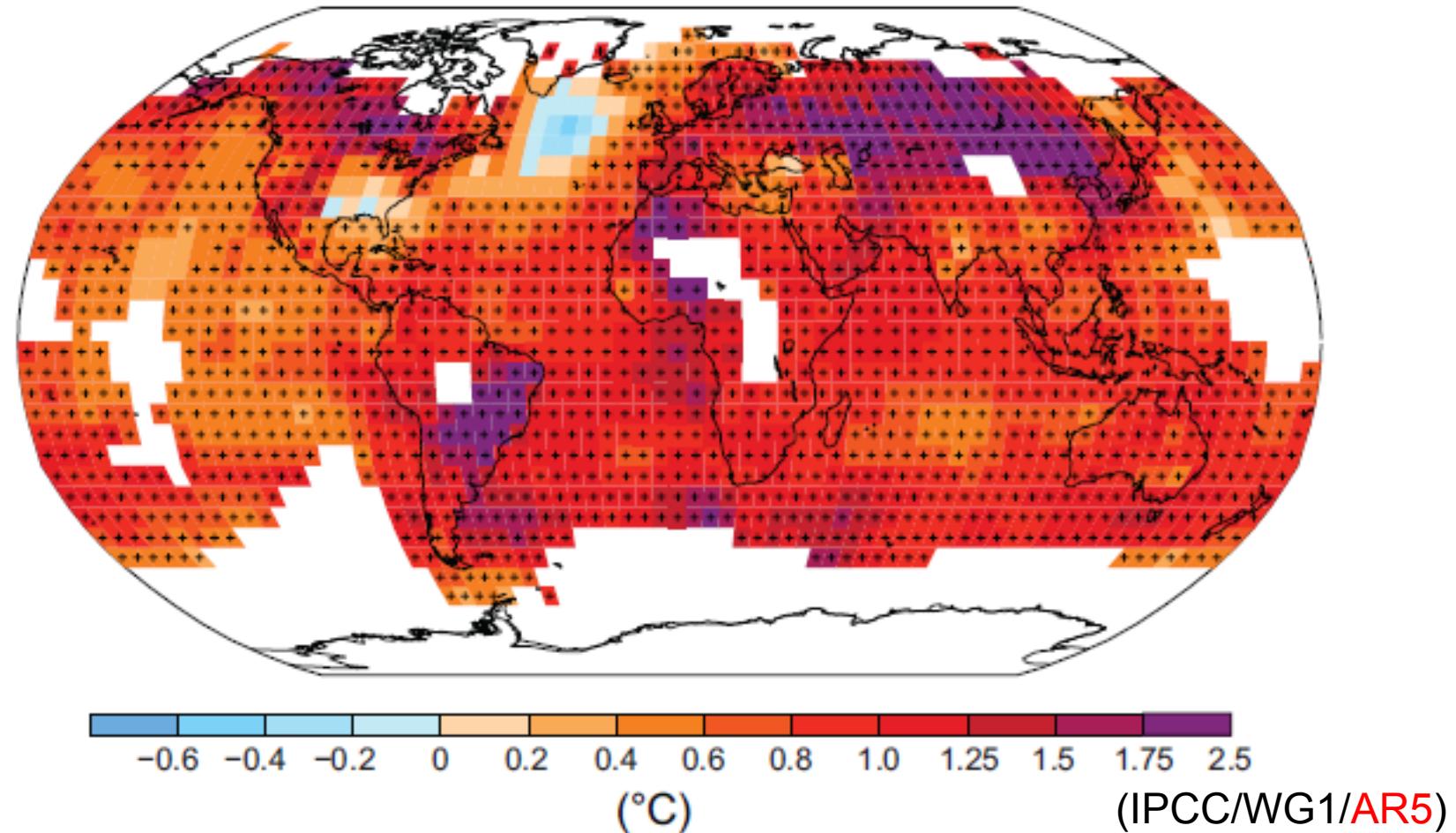
2003-2012年の平均まで
(最近の10年)

平均的昇温: 0.78 [0.72~0.85] °C

過去直近3回の10年間は
地球表面が、1850年以来、
どの10年間よりも暖かかつた。

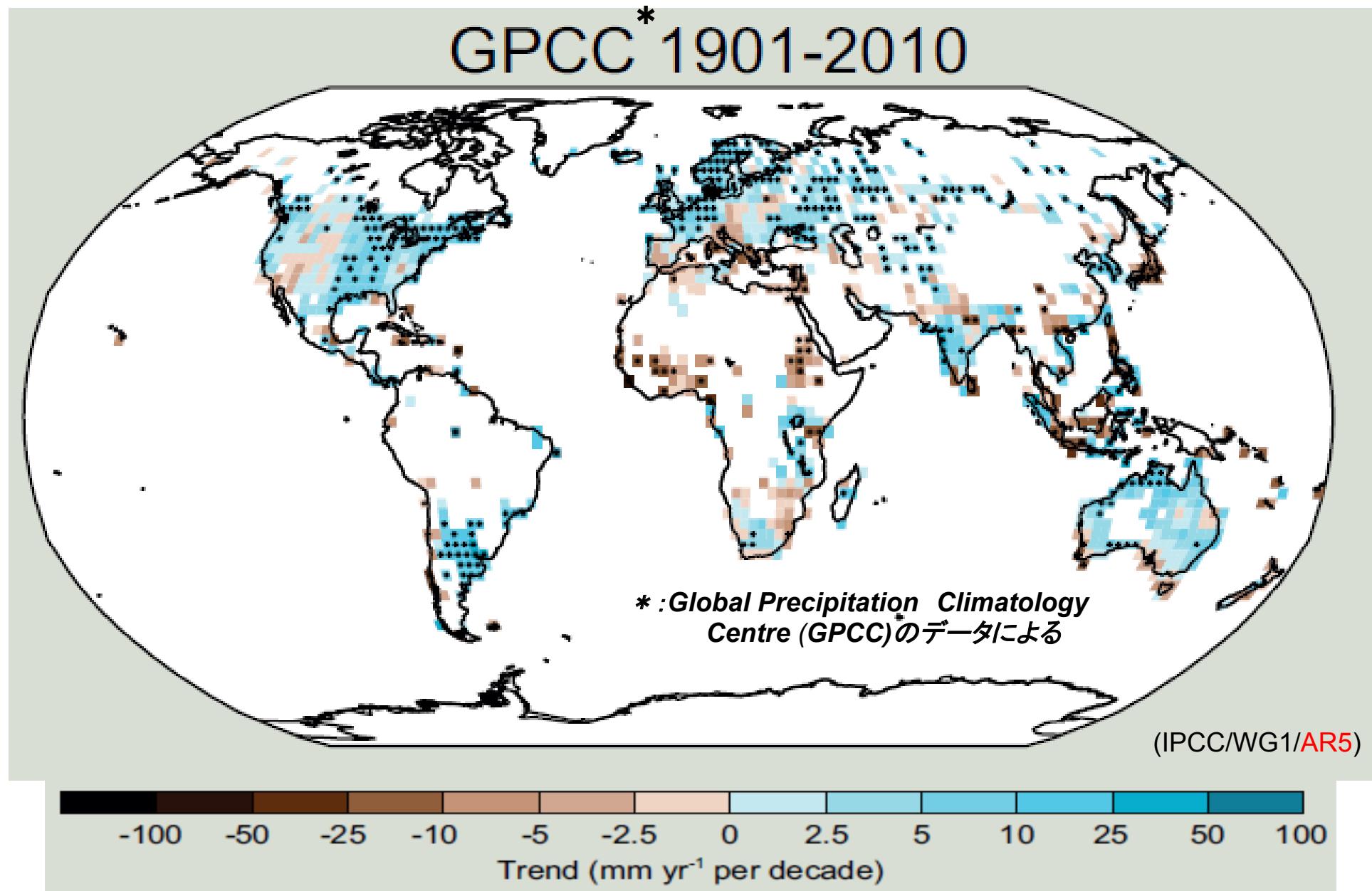


全球平均地上気温変化



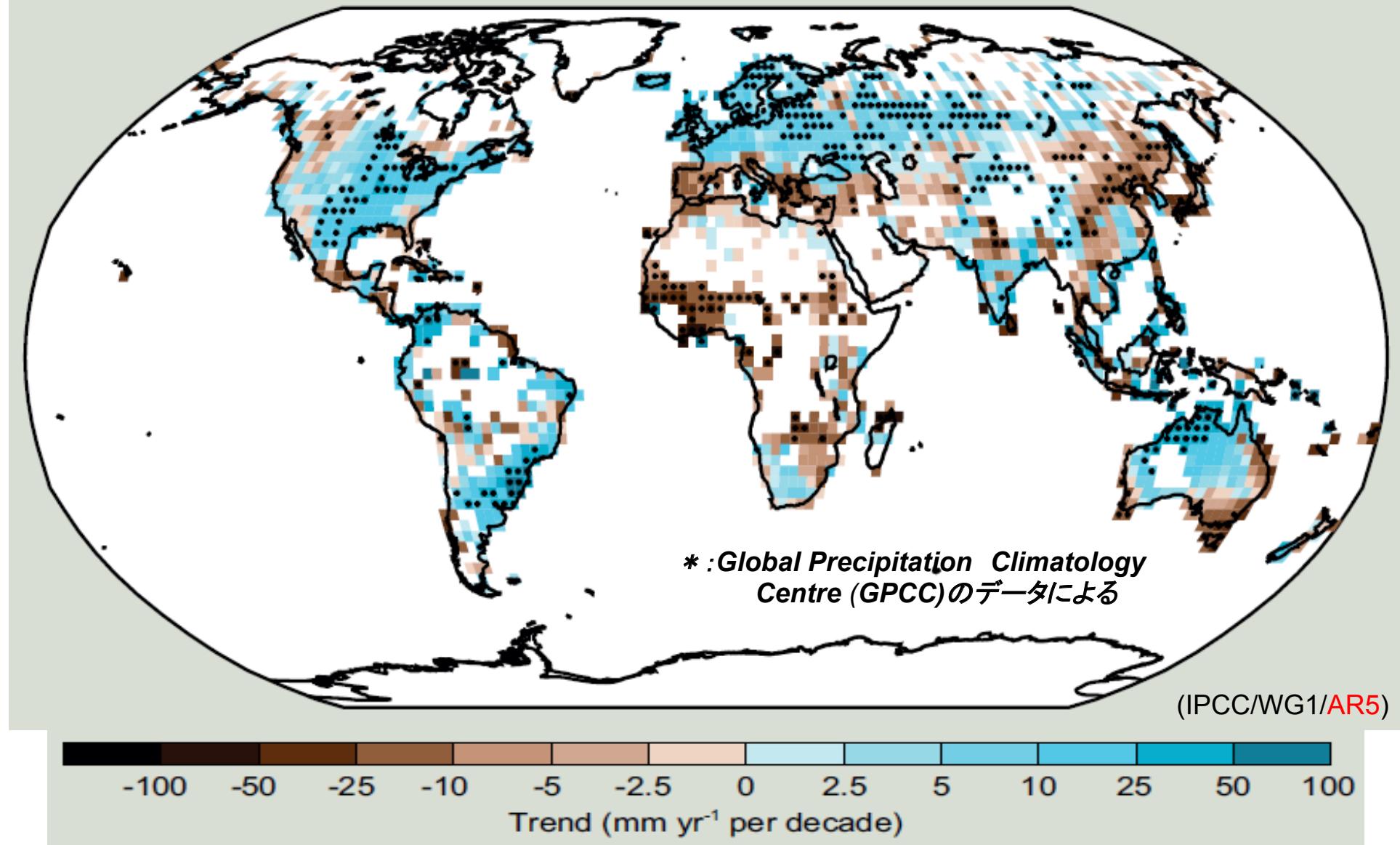
地域的傾向の算定に十分なデータのある最長期間 (1901–2012)にわたり,
ほとんど全ての地球の地域が、地上気温の上昇に見舞われた。

年降水量の過去**110年間**の平均変化傾向(10年当たり)



年降水量の過去**60年間**の平均変化傾向(10年当たり)

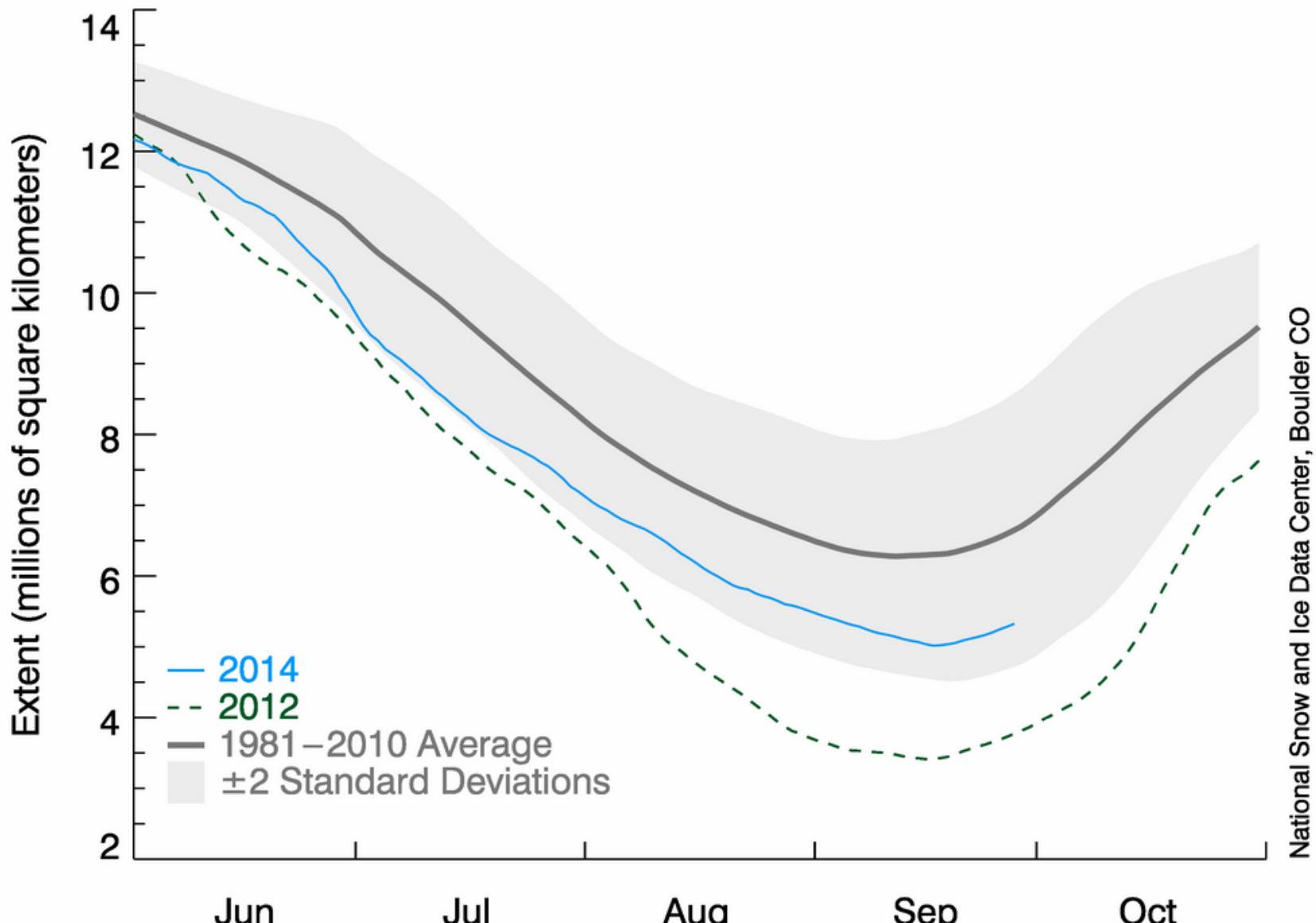
GPCC* 1951-2010

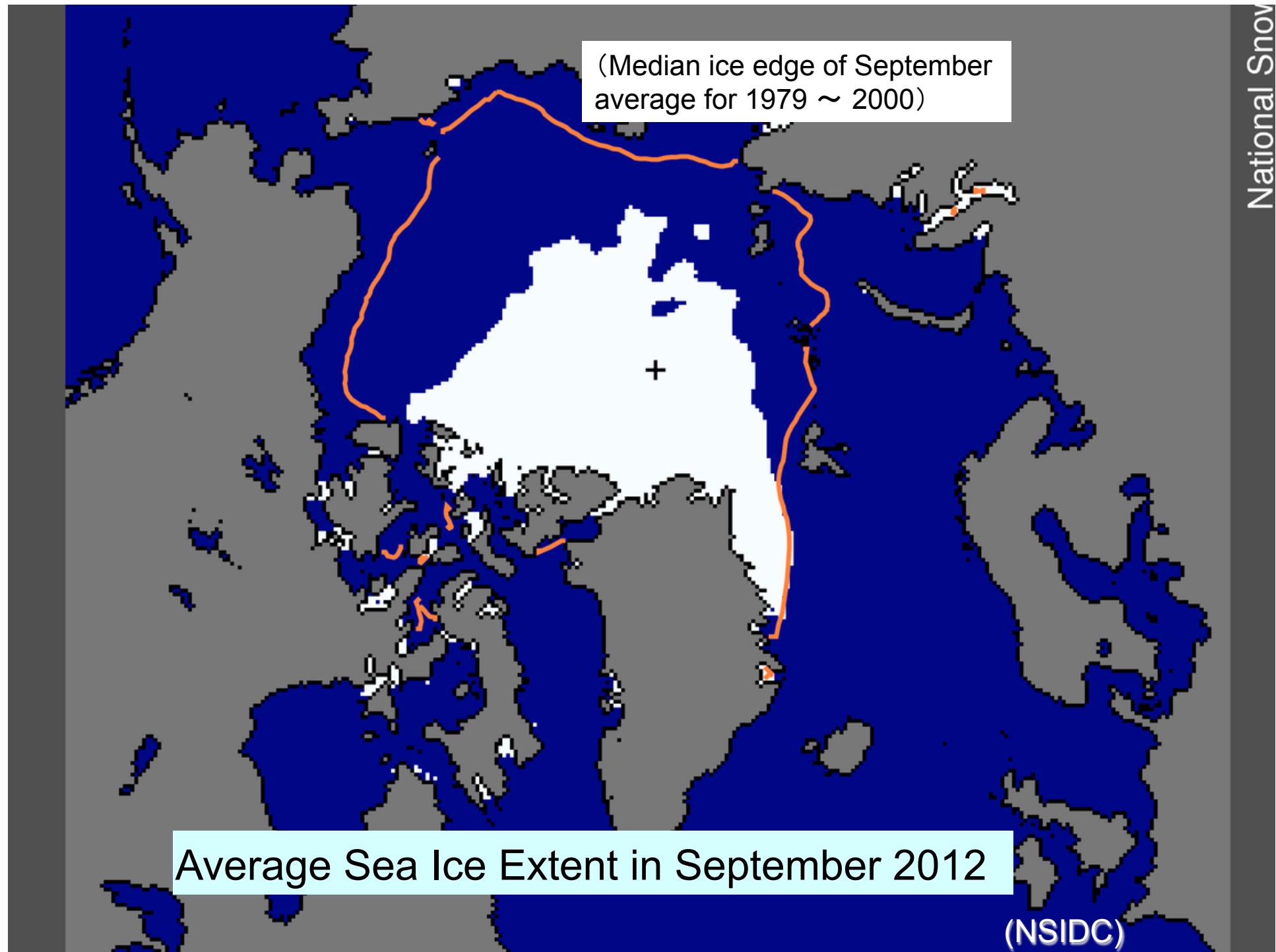


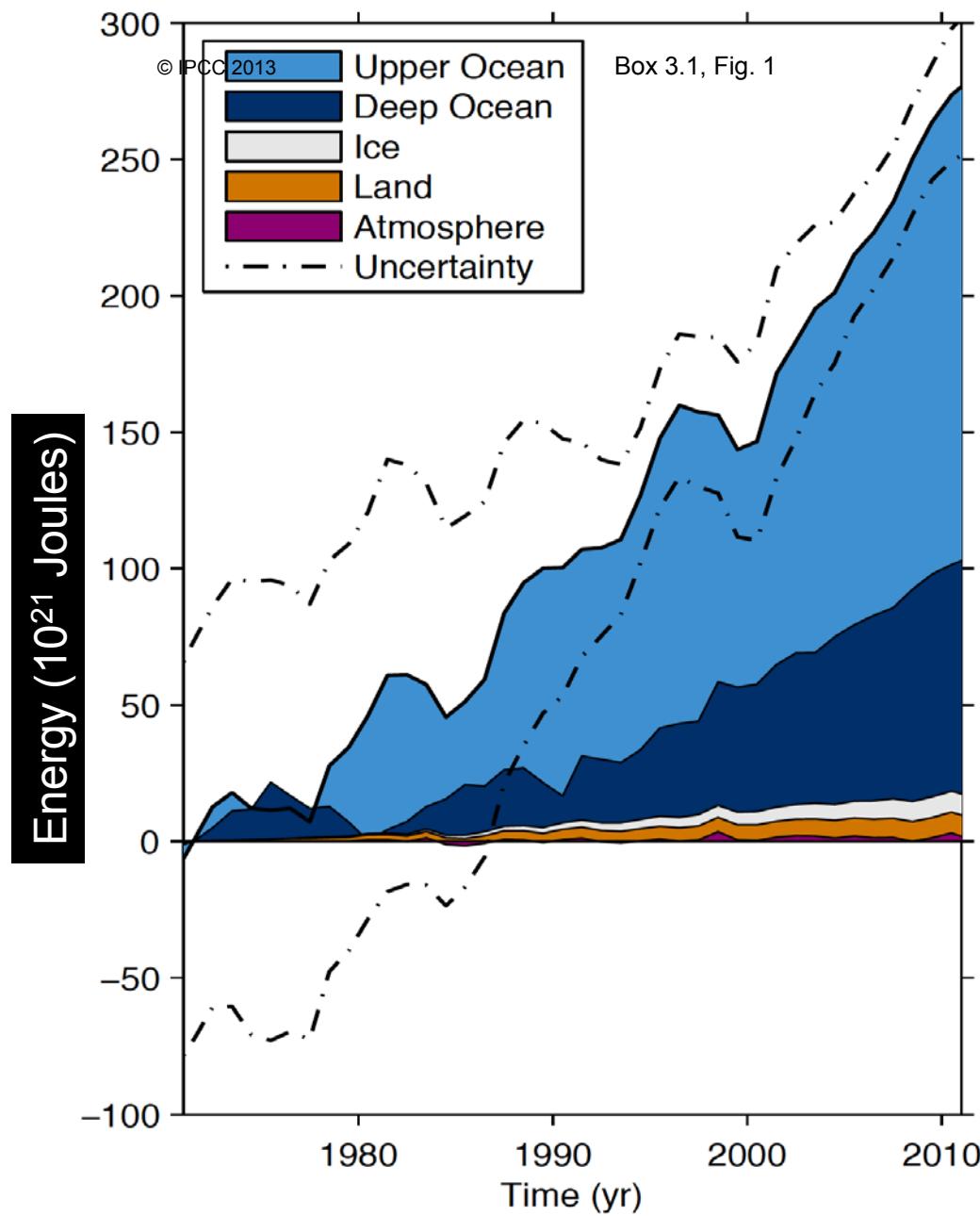
極端現象

- 1950年頃以来、多くの極端気象・気候現象の変化が観測されてきた。**寒い日・寒い夜の数が減少し、暑い日・暑い夜の数が増加したことは全球的に非常に可能性が高い。**
- 熱波の頻度は、ヨーロッパ、アジア及びオーストラリアのいずれも大部分で増加した**可能性が高い**。
- 陸域では、大雨現象が増加した地域のほうが減少した地域よりも多い**可能性が高い**。
- 北米やヨーロッパでは、大雨の頻度あるいは強度が増大した**可能性が高い**。その他の大陸では、大雨現象の変化に関する確信度はせいぜいで、中程度である。

Arctic Sea Ice Extent
(Area of ocean with at least 15% sea ice)







IPCC/WG1/AR5

海洋の温暖化は、気候システムに貯留されたエネルギー増加において卓越しており、1971年から2010年に蓄積されたエネルギーの90%以上を占めている(高い信頼度)
(大気は約2%に過ぎない)

海洋表層(上部): 700mまで

海洋深層 : 700 m以深

(1992年からは2000m以深の見積もりも含む)

海洋

(その他の知見)

- 1957～2009年：700mから2000mが温暖化した可能性が高い
- 1992～2005年：2000m以深での水温変化の全球的な評価は十分な観測値が利用可能である。
 - 2000m～3000mには顕著な水温変化傾向はなかった可能性が高い。
 - 3000mから海底まで温暖化した可能性が高く、南大洋で最大の温暖化が生じた可能性が高い。

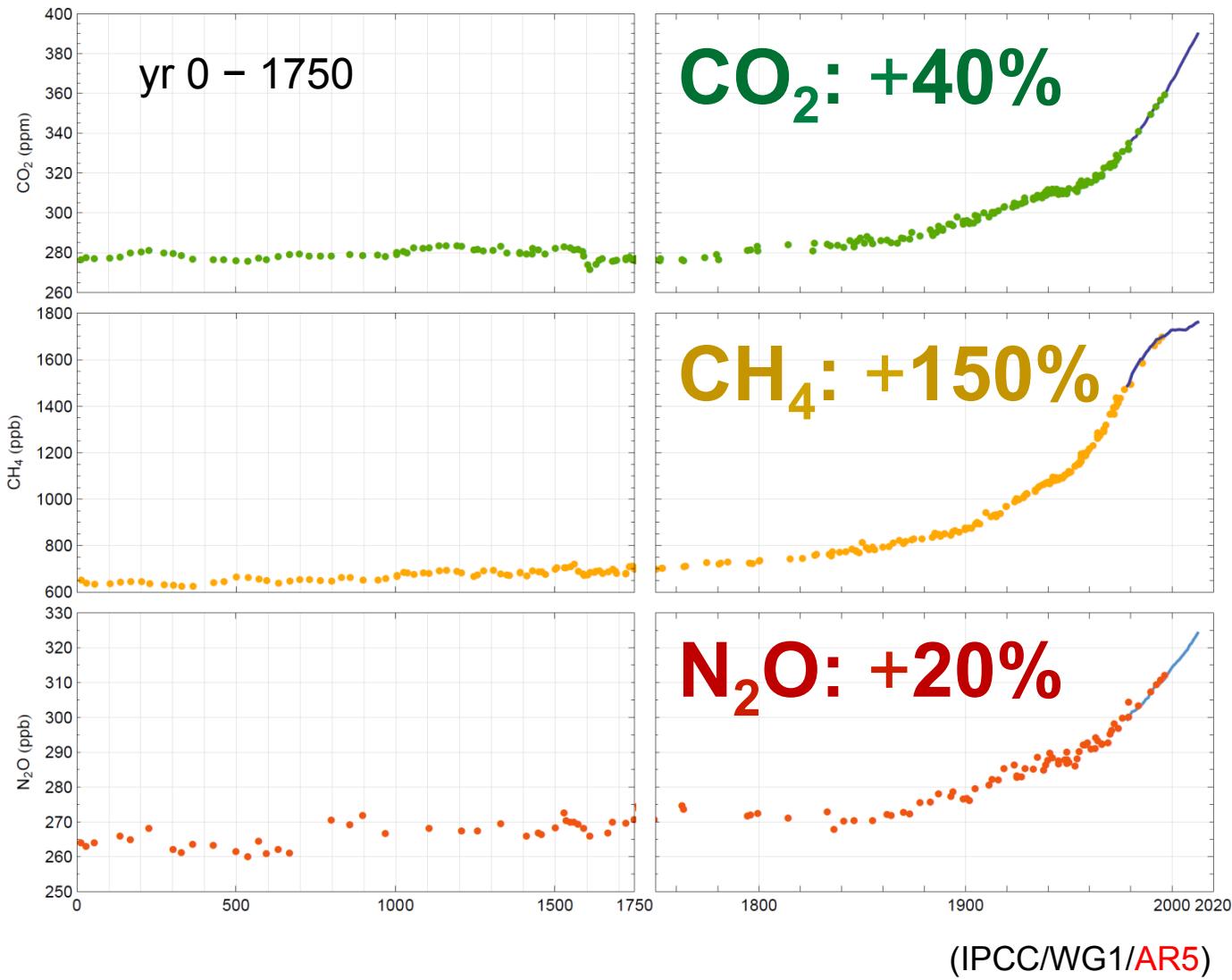
(参考：WG1/AR4/SPM: 1961年以降の観測によれば、少なくとも水深3000mまでの平均水温は上昇した。)

海面水位

- ◆ 19世紀半ば以降の**海面水位上昇率**は、それ以前の2000年間の平均上昇率よりも大きい(高い確信度)。<高上昇率への遷移>
- ◆ 1901～2010年: 全球平均海面水位は 年率1.7 [1.5～1.9]mm yr^{-1} で上昇
- ◆ 1993～2010年: 全球平均海面水位は 年率3.2 [2.8～3.6]mm yr^{-1} で上昇
- ◆ 直上記への観測された要因合計 : 2.8 [2.3～3.4] mm yr^{-1} (下記では [] は省略) :
 - 海洋熱膨張 : 1.1mm yr^{-1}
 - 氷河の変化 : 0.76mm yr^{-1}
 - グリーンランド氷床の変化 : 0.33mm yr^{-1}
 - 南極氷床変化 : 0.27mm yr^{-1}
 - 陸域貯水量の変化 : 0.38mm yr^{-1} :

AR5新知見

Fig. 6.11



CO₂、CH₄、N₂Oの大気中濃度は全て1750年以来、人間活動により増加してきた。

大気中のCO₂収支(ギガ炭素トン/年、2002～2011、AR5)

算出例 (符号の+は大気に、−は大気からの方向のフラックスを示す)

(単位: 1ギガ・トン=1ペタ・グラム=10億トン)

- **人為起源のCO₂排・放出** (→大気へ):

化石燃料等から排出: +8.3 (± 0.7)

土地利用変化から放出: +0.9 (± 0.8) (算定に時間を要する)

- **自然起源のCO₂吸收** (←大気から):

海洋の収支は吸收: −2.4±0.7

→海洋の酸性化(pHの減少)

陸域生態系収支は吸收: −2.5±1.3 (推定が最も困難、残差で出す)

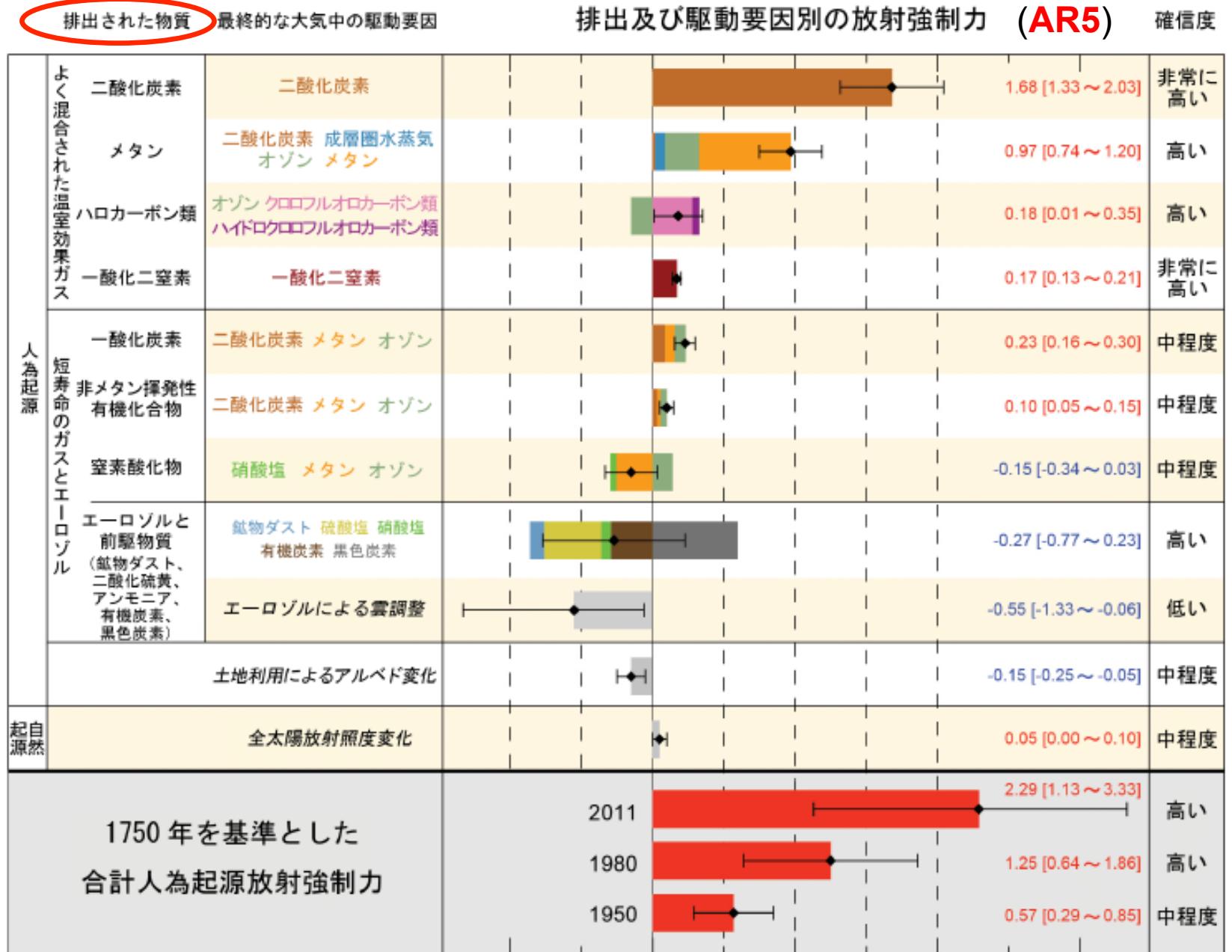
その結果: 大気には、+4.3±0.2が残留・蓄積となった。

注: いずれも1桁の誤差があり、推定値どうしの加減算は1桁目に1程度のちがいが生じる。

4. 気候変動の原因特定

気候変化をもたらす要因

- 放射強制力(RF)の総合計は正であり、気候システムによるエネルギーの取り込みに帰着する。放射強制力総合計に対する最大の貢献は1750年以来のCO₂の大気中濃度の増大に起因する。



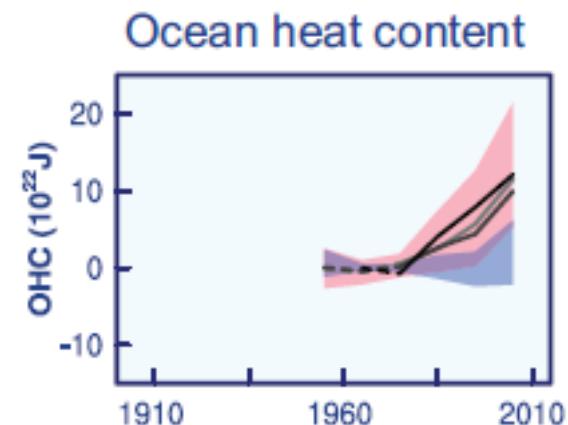
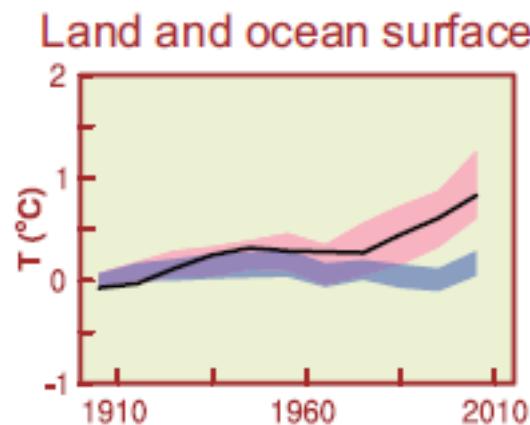
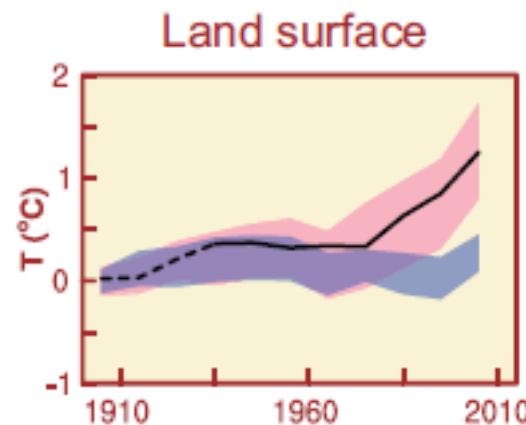
(IPCC/WG1/AR5, 気象庁)

-1 0 1 2 3

1750年を基準とした放射強制力 (W m^{-2})

観測・再現された平均気候変化 (AR5)

(IPCC/WG1/AR5)



≡ Observations

Models using only natural forcings
Models using both natural and anthropogenic forcings

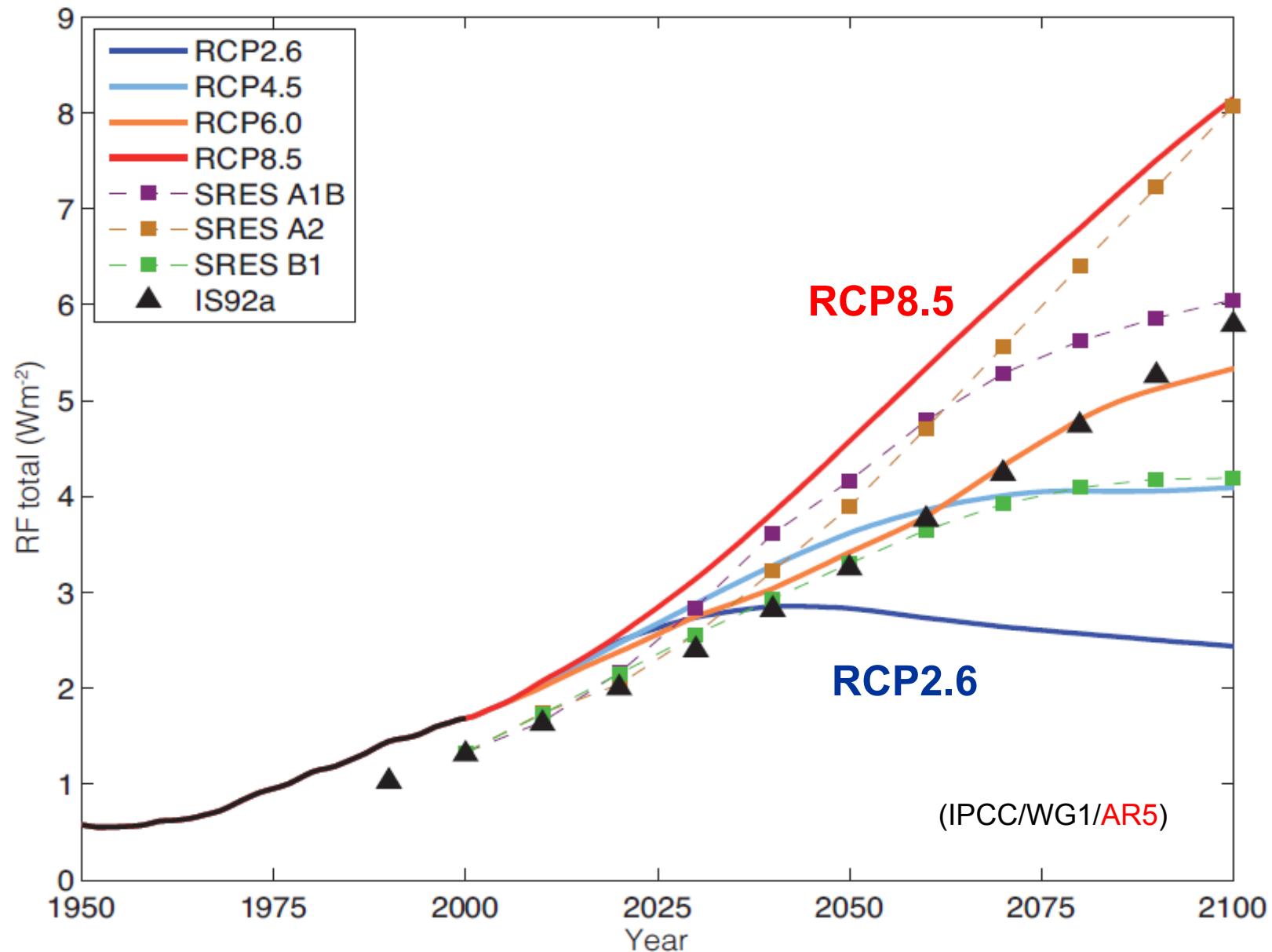
- 1951～2010年の全球平均地上気温の観測された上昇の半分以上が、温室効果ガス濃度の人為起源の増加とその他の人為起源の外力とがあいまって引き起こされたことは極めて可能性が高い。
- 宇宙線と雲量の変化の間に、強固な関連性は何も見出されていない。

気候システム及びその近年の変化についての理解

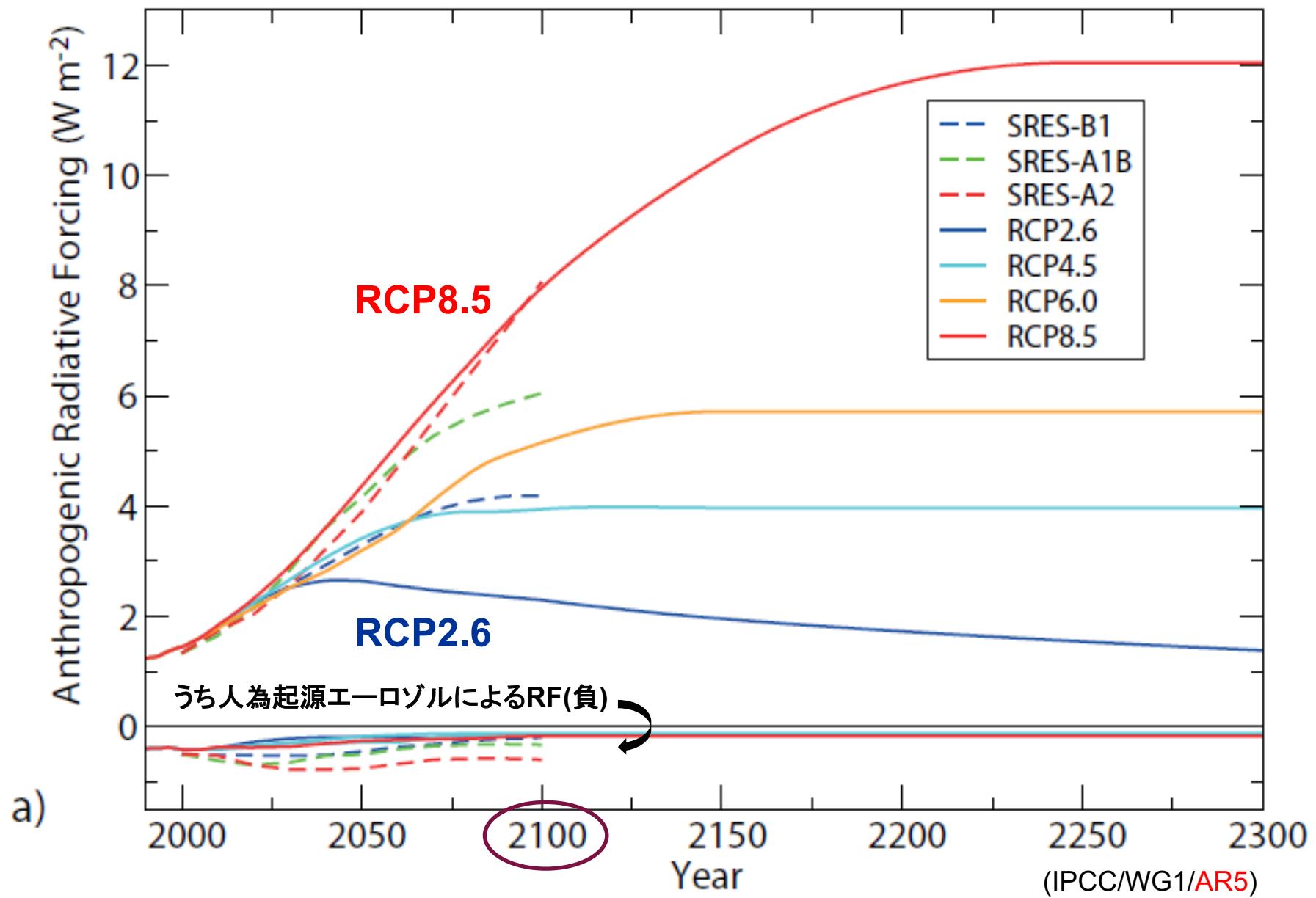
- ◆ AR4以降、気候モデルは改良され、20世紀半ば以降のより急速な温暖化や、大規模火山噴火直後の寒冷化を含め、観測された地上気温の大規模の分布や数十年にわたる変化傾向を再現している(非常に高い確信度)。
- ◆ 「ハイエイタス(Hiatus)」について: 1951年～2012年に比べ、1998年～2012年における昇温の変化傾向は弱まっている。
- ◆ これは放射強制力の変化傾向の弱まりと、自然起源の内部変動性がもたらす寒冷化が概ね同程度に寄与しており、後者には熱が海洋中で再配分されている可能性も含まれる(中程度の確信度)。
- ◆ 十年規模の自然起源の内部変動性が、かなりの程度で観測とシミュレーションのくい違いを引き起こしていることの確信度は中程度である。

5. 将来の気候変動予測

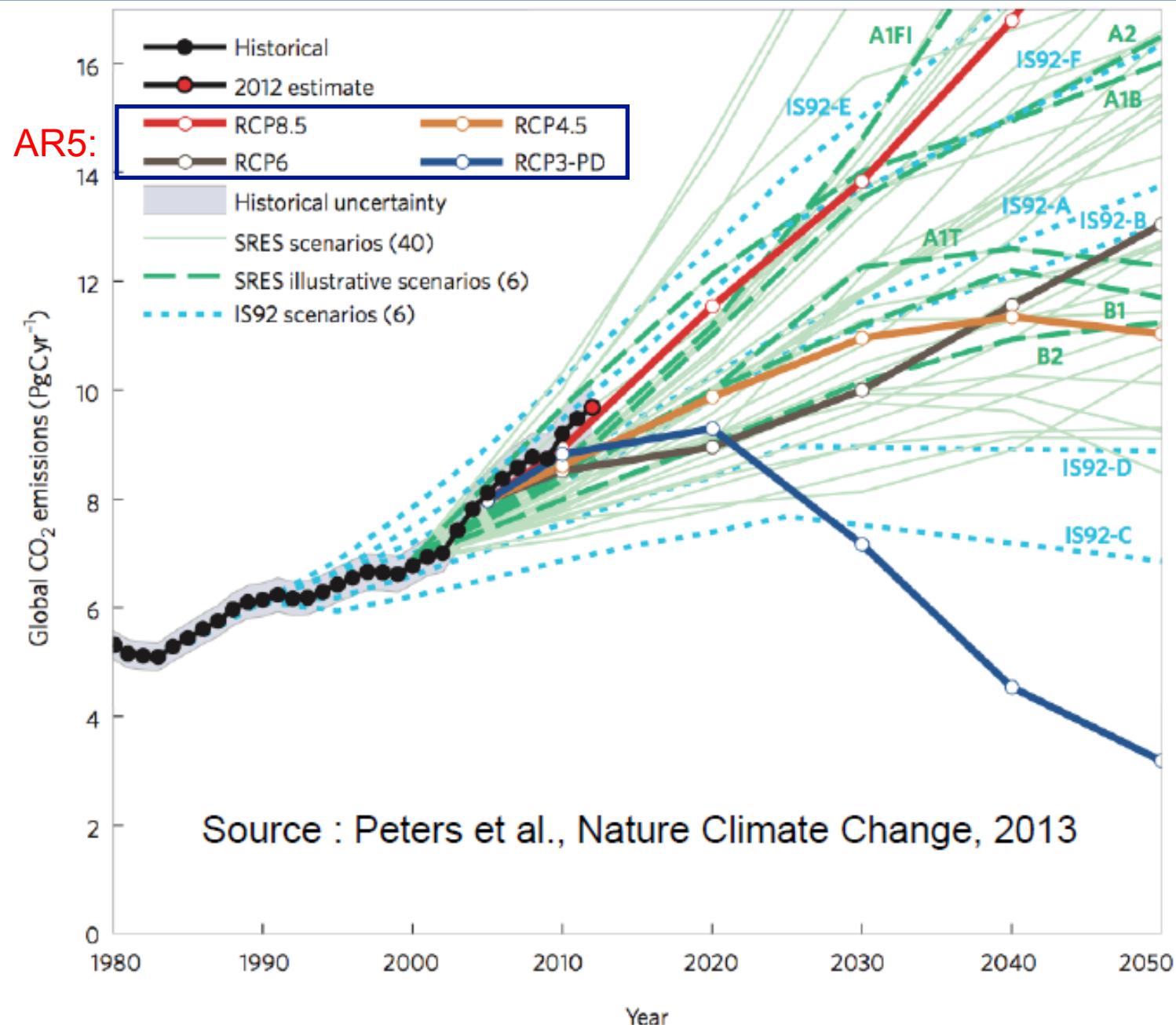
予測の前提: 代表的濃度経路(RCP*)の下での人為起源総外力
(RF: 2100年まで)*注) =Representative Concentration Pathways



各RCP(～2100年)等の下での人為起源の総外力：
その延長版はECPs*(2100～2300年)ともいう*: Extended Concentration Pathways



主なGHG:CO₂の排出量:これまでのIPCCシナリオにおいて、高排出側にある



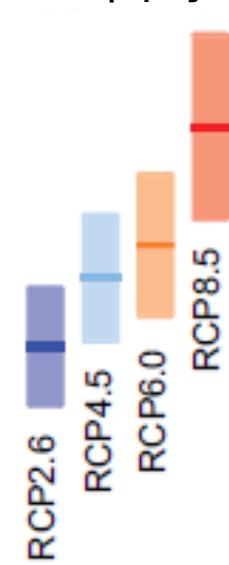
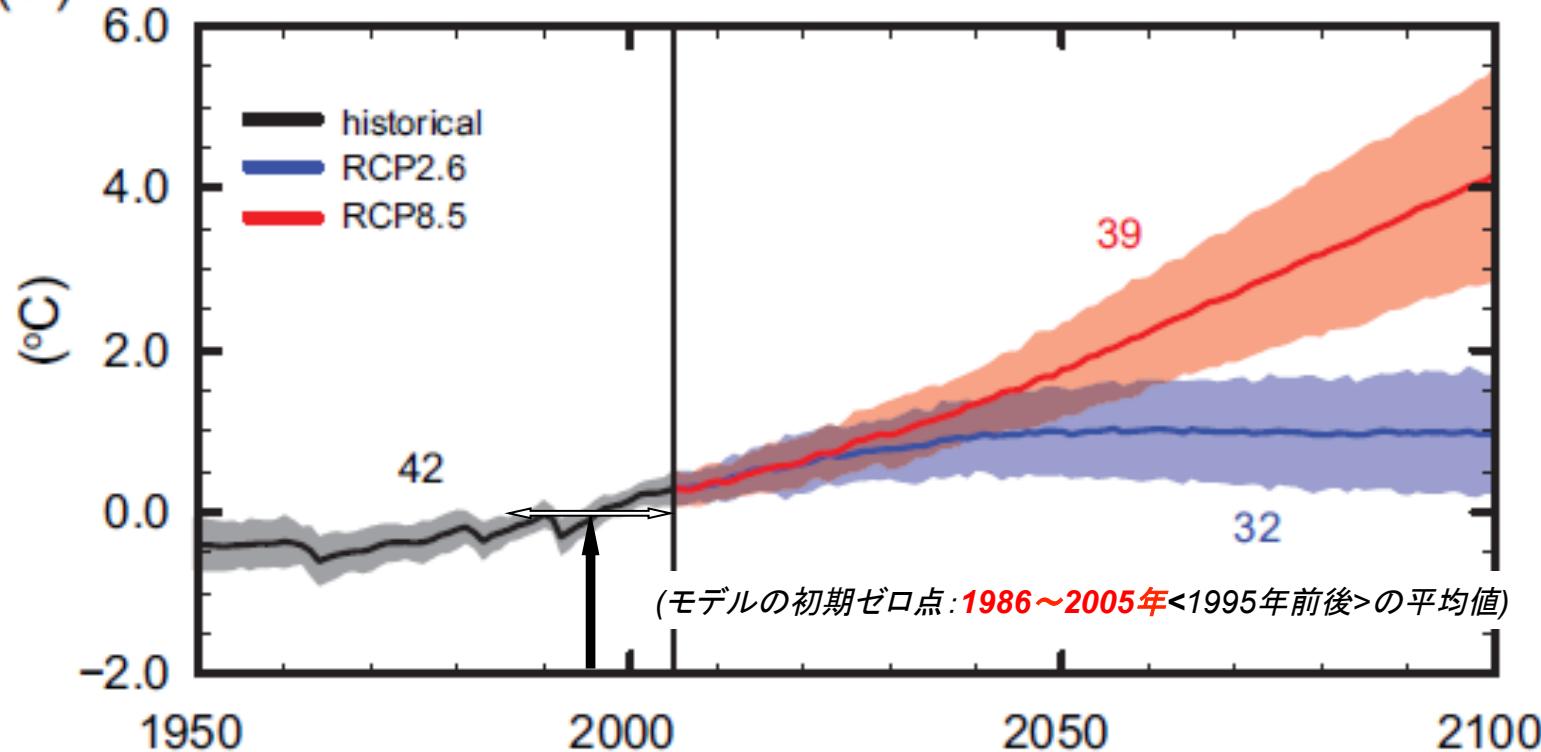
(a)

全球平均地上気温変化

(IPCC/WG1/AR5)

2081~20100

年平均



- 1986~2005年(1995年前後:予測の起点)からの気温変化予測:
- 0.61°C*を加えれば、1850~1900年からの(近似的に工業化前からの)気温変化

* 注)1850~1900年から、1986~2005年までに、気温上昇

1986～2005年平均を基準とした、21世紀中頃と**21世紀末期**における、

世界平均地上気温と世界平均水位上昇の変化予測

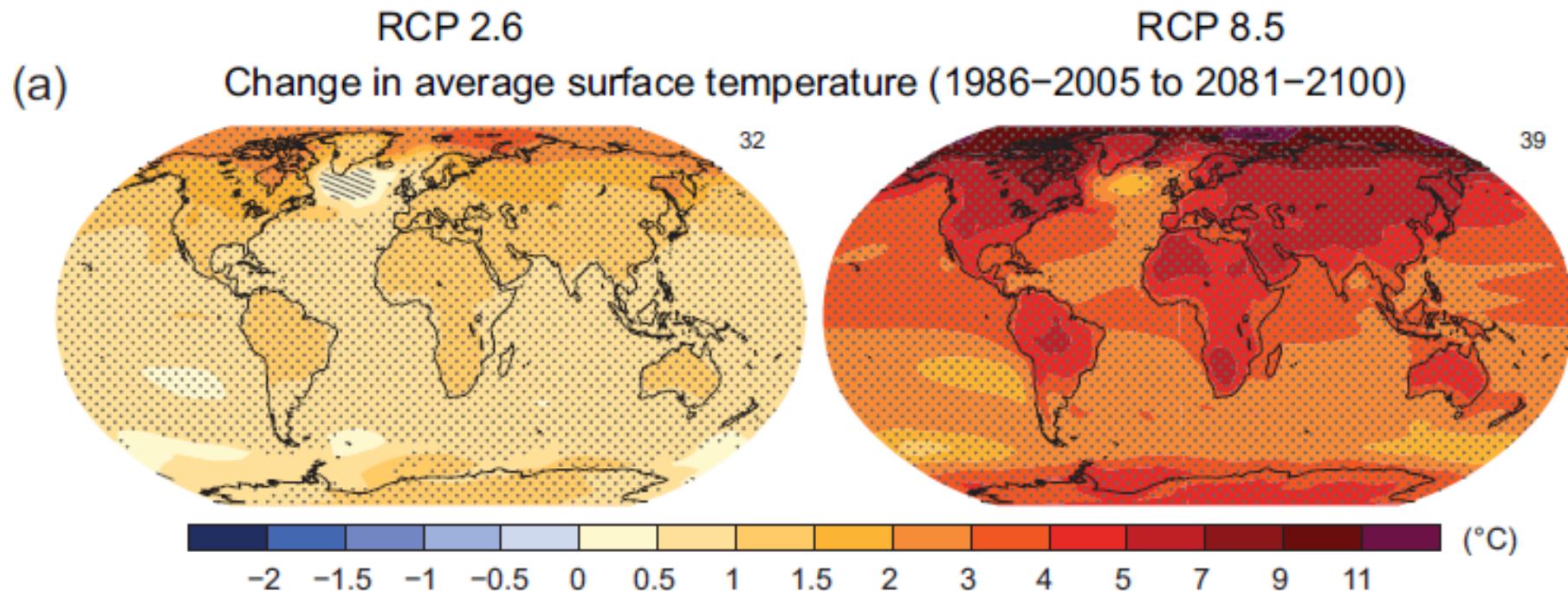
		2046～2065年		2081～2100年	
	シナリオ	平均	可能性が高い予測幅 ^(c)	平均	可能性が高い予測幅 ^(c)
世界平均 地上気温の变化(°C) ^(a)	RCP2.6	1.0	0.4～1.6	1.0	0.3～1.7
	RCP4.5	1.4	0.9～2.0	1.8	1.1～2.6
	RCP6.0	1.3	0.8～1.8	2.2	1.4～3.1
	RCP8.5	2.0	1.4～2.6	3.7	2.6～4.8
世界平均 海面水位の上昇(m) ^(b)	シナリオ	平均	可能性が高い予測幅 ^(d)	平均	可能性が高い予測幅 ^(d)
	RCP2.6	0.24	0.17～0.32	0.40	0.26～0.55
	RCP4.5	0.26	0.19～0.33	0.47	0.32～0.63
	RCP6.0	0.25	0.18～0.32	0.48	0.33～0.63
	RCP8.5	0.30	0.22～0.38	0.63	0.45～0.82

(IPCC/WG1/AR5、気象庁)

工業化以来の昇温予測: $3.7+0.61 \Rightarrow 4.3^{\circ}\text{C} (3.2\sim5.6^{\circ}\text{C})$ 昇温 [RCP8.5]

- ◆ 工業化以来の昇温は、RCP6.0とRCP8.5では2°Cを超える可能性が高い(高い確信度)。RCP4.5では2°Cをどちらかといえば超える可能性が高い(高い確信度)。RCP2.6では2°Cを超える可能性が低い(中程度の確信度)。RCP2.6以外のすべてのRCPシナリオで、1.5°Cを超える可能性が高い。

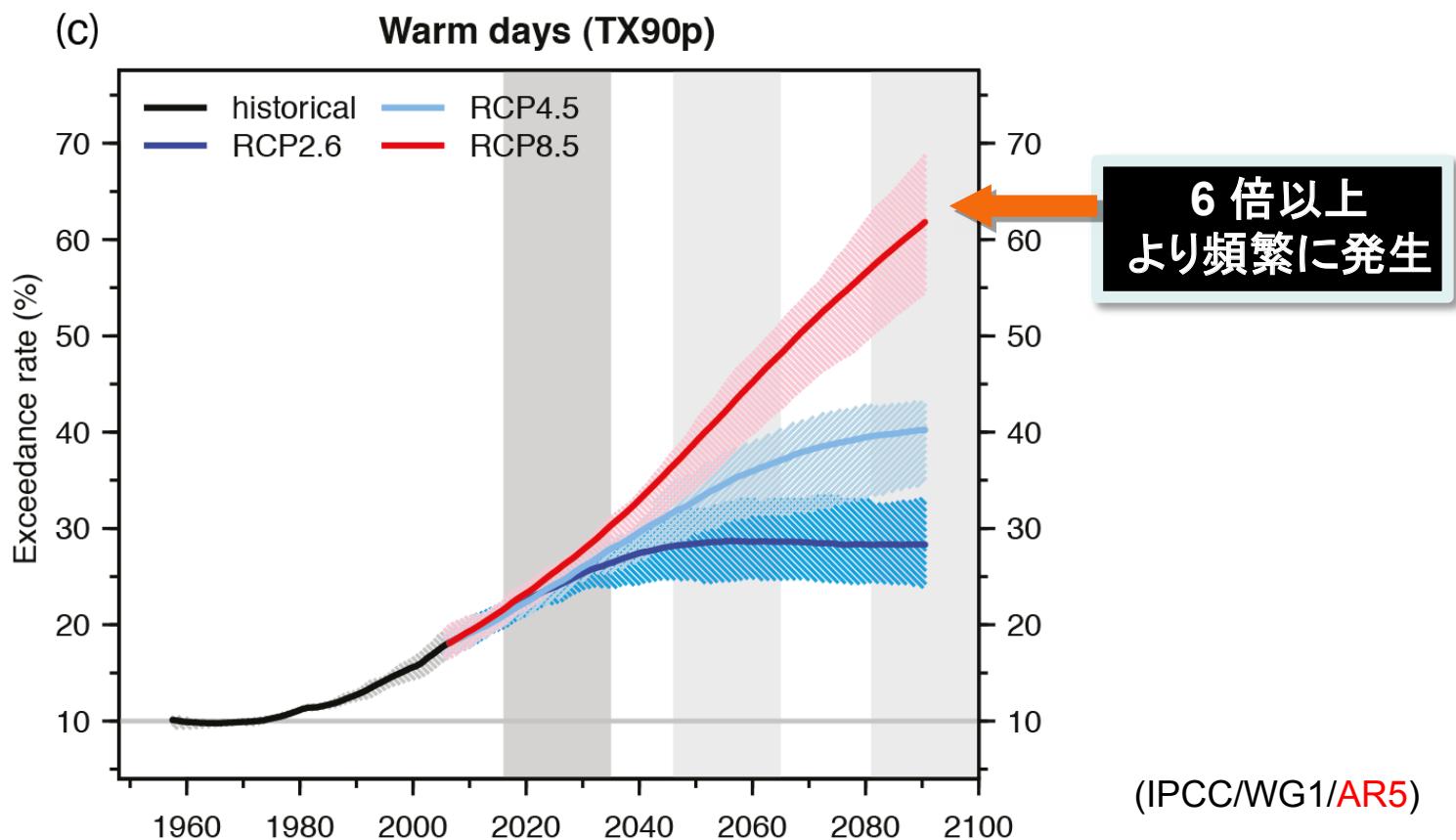
気温変化の全球分布



(IPCC/WG1/AR5)

熱波の頻度 (高温日の年間日数<%表示>)

© IPCC 2013



TS TFE.9, Fig. 1

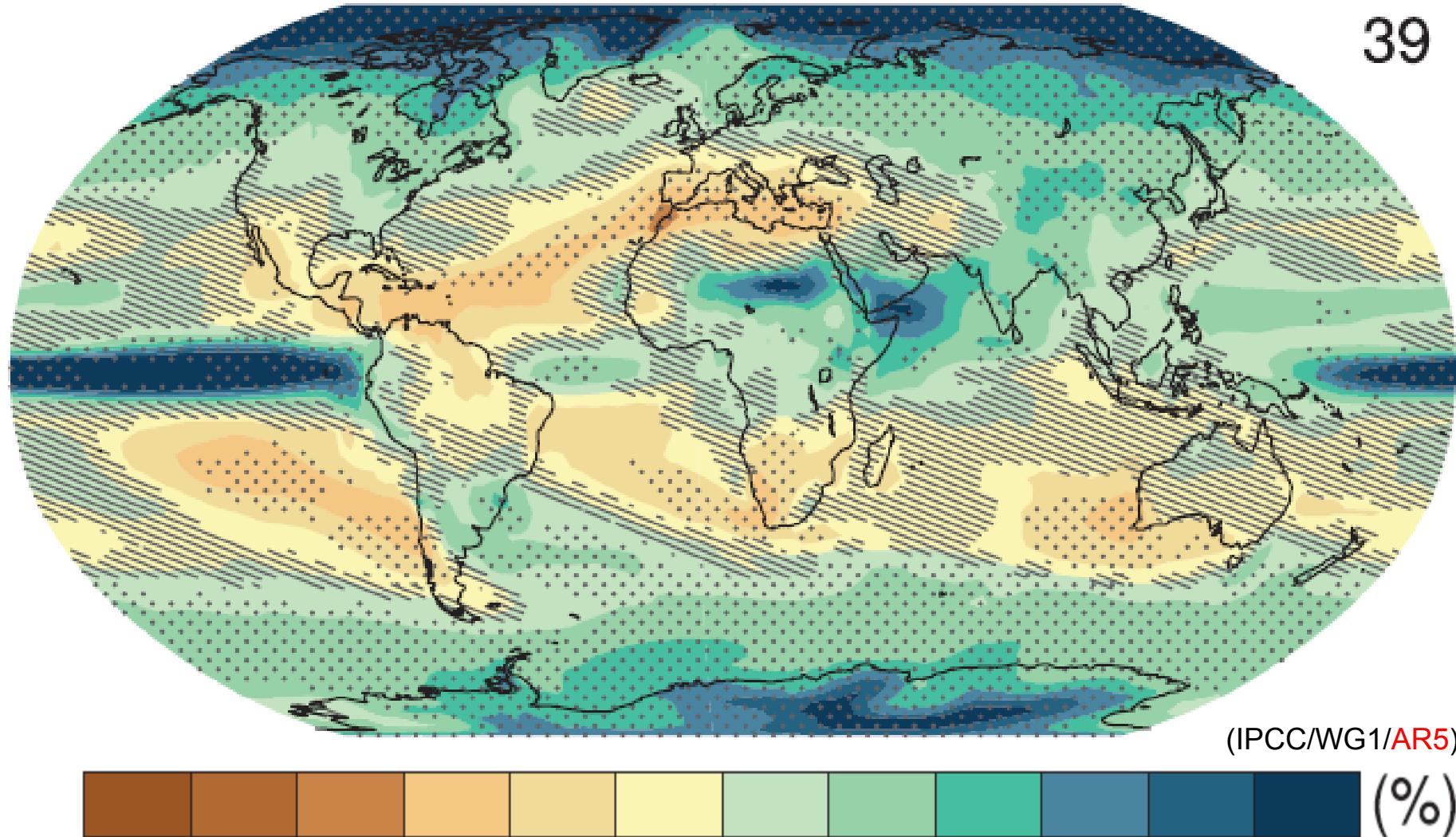
熱波の頻度が増加し、より長く続く可能性が非常に高い。
たまに起こる冬季の極端な低温は引き続き発生するだろう

注) TX90p : percentage of days annually with daily maximum surface air temperature (T_{max}) exceeding the 90th percentile of T_{max} for 1961 to 1990.

1995年前後<1086-2005>基準で～2090年前後<2081-2100>の降水量変化予測

RCP8.5

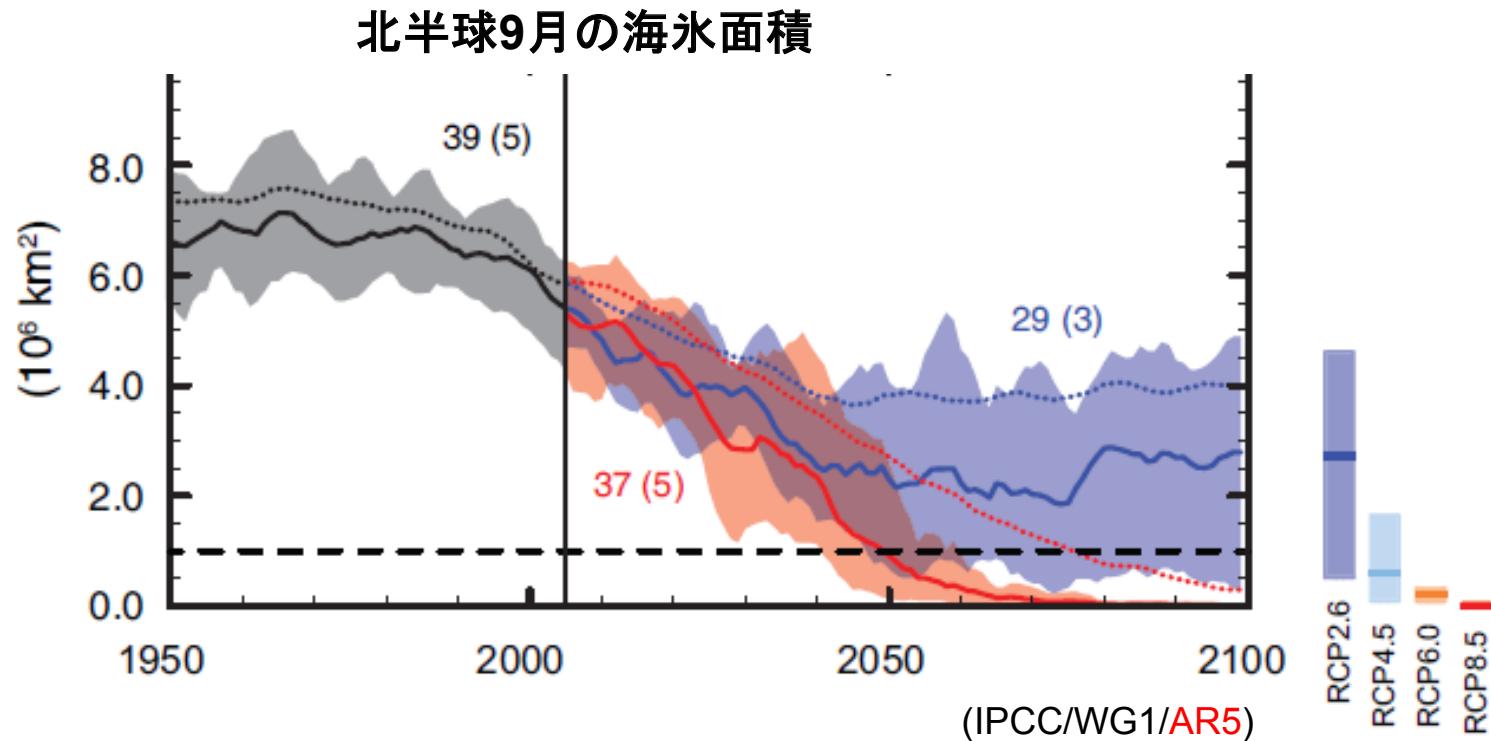
39



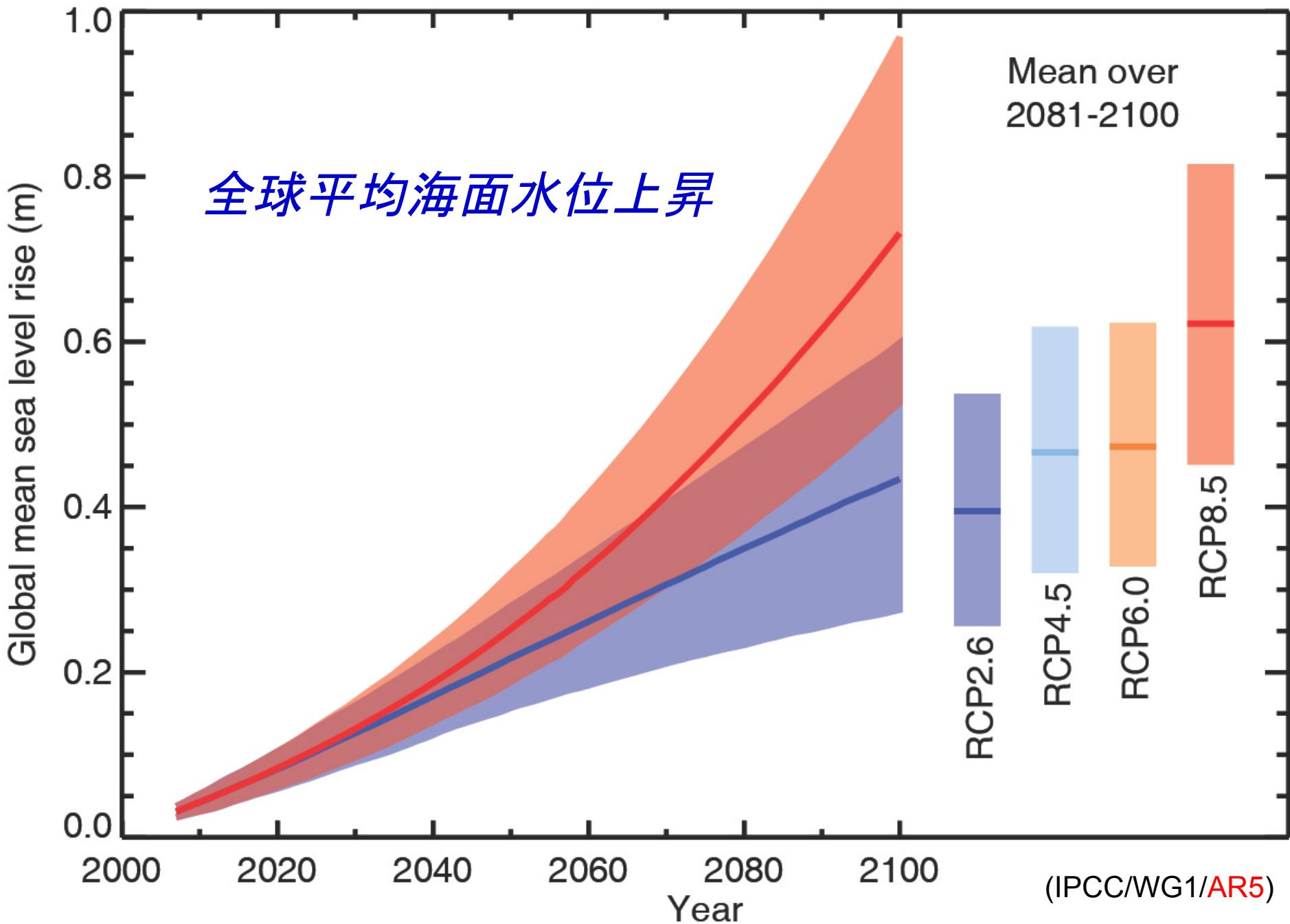
海洋

- ◆ 全球的に海洋は21世紀において温暖化が続く。熱は表面から深海にまで浸透し、**海洋循環に影響する**だろう。
- 最大の海洋表面の温暖化は**熱帯域と北半球亜熱帯域**において予測されている。
- 21世紀末までの**海洋表層**(海面から水深100mまで)における**水温上昇の最良の推定値**は約0.6°C(RCP2.6シナリオ)から約2.0°C(RCP8.5シナリオ)。

雪氷圏



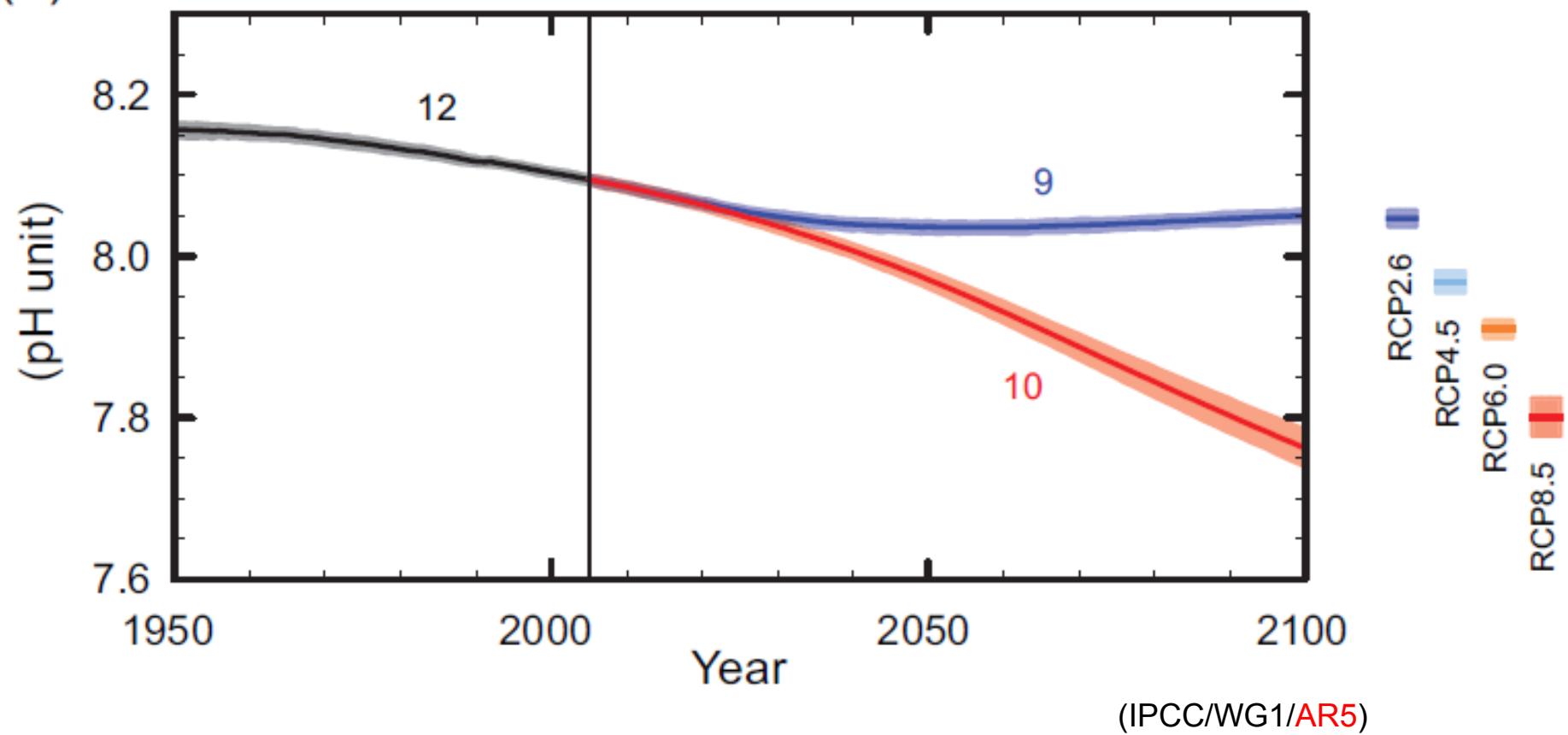
- ◆ 21世紀を通して、北極海氷は面積が縮小し、厚さが薄くなり続け、北半球の春の積雪面積は減少することは非常に可能性が高い。全球規模で氷河の体積が更に縮小するだろう。
- 北半球の春季の積雪面積は、モデル平均では21世紀末までにRCP2.6シナリオで7%、RCP8.5シナリオで25%減少すると予測されている（中程度の確信度）



海洋酸性化

(c)

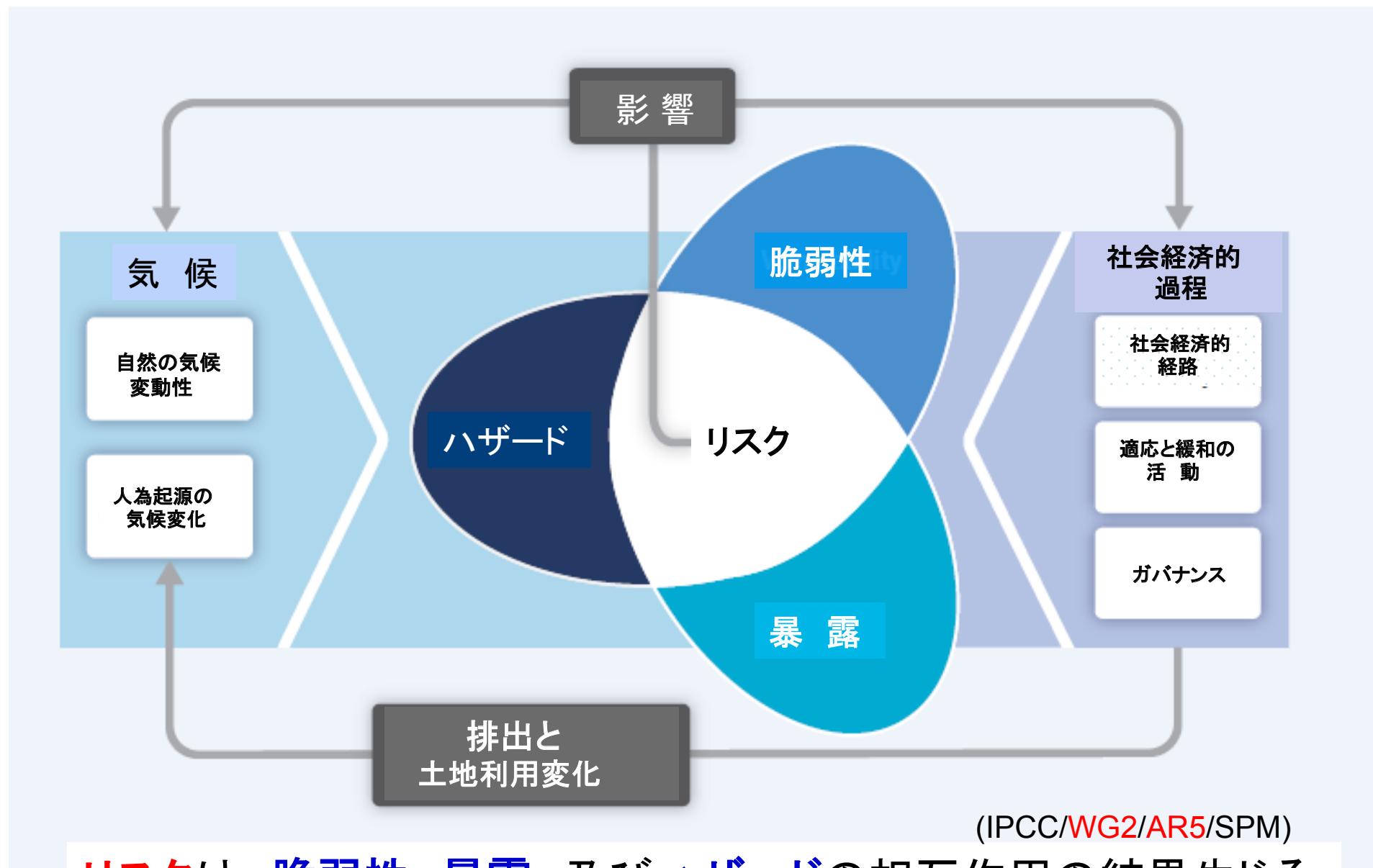
Global ocean surface pH



全球的に現れている影響

- ◆ 最近数十年間に、気候における変化は、全ての大陸上や、全海洋にわたり、自然及び人間のシステムに影響を生じさせた。
- ◆ 多くの地域で、降水量の変化あるいは雪氷の融解は、水文学的システムを変え、水資源を量的にも質的にも影響を与えている(中程度の確信度)。
- ◆ 多くの陸域や、淡水域や、海洋の生物種は、進行中の気候変動に応答して、その地理学的な生存範囲や、季節的活動や、移動形態や、存在量や、種の間の相互作用を変えてきた(高い確信度)。

WG II AR5の中核的な概念



リスクは、脆弱性、暴露、及びハザードの相互作用の結果生じる

SPMに特に示された気候変動関連の重要用語から

- **ハザード**: 財産、インフラ、生計、サービス提供、生態系、環境資源とともに、人命喪失、傷害、その他健康影響を生じるかも知れない、自然または人的誘発による物理的な現象・傾向あるいは物理的影響の潜在可能性
- **暴露**: 悪影響を受ける可能性がある場所に、人々、生計、生物種・生態系、環境の機能・業務・資源、インフラ、経済的・社会的・文化的資産が存在すること。
- **脆弱性**: 悪影響を受ける傾向・性質。
- **リスク**: 価値のあるものが危機にさらされており、価値の多様性を考慮するとその結果がどうなるか不確実な潜在可能性。
- **適応**: 現実の、あるいは想定される気候及びその効果に適応する過程。

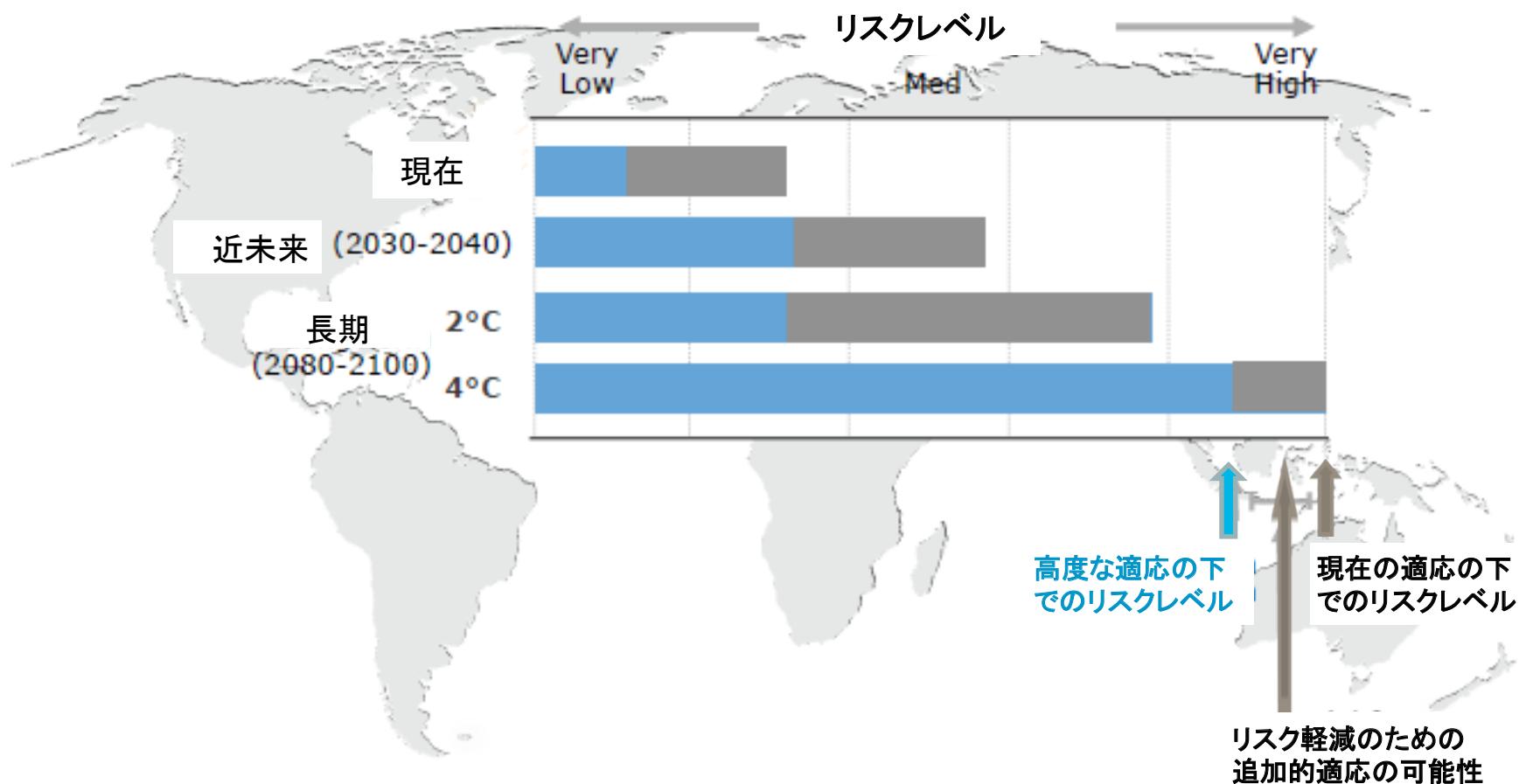
将来のリスク

- 温暖化の規模の増大⇒**分野や地域にわたる影響の激化**
と蔓延:WG1の評価
- **主要なリスク(Key risks)**は、**UNFCCC第2条(究極目標)**
の「…気候システムに対する危険な人為起源の干渉」を防ぐこと)に関連した、**潜在的に激しい影響**から生じる。

主要なリスク(現象・影響ごとの):地域・分野にわたる

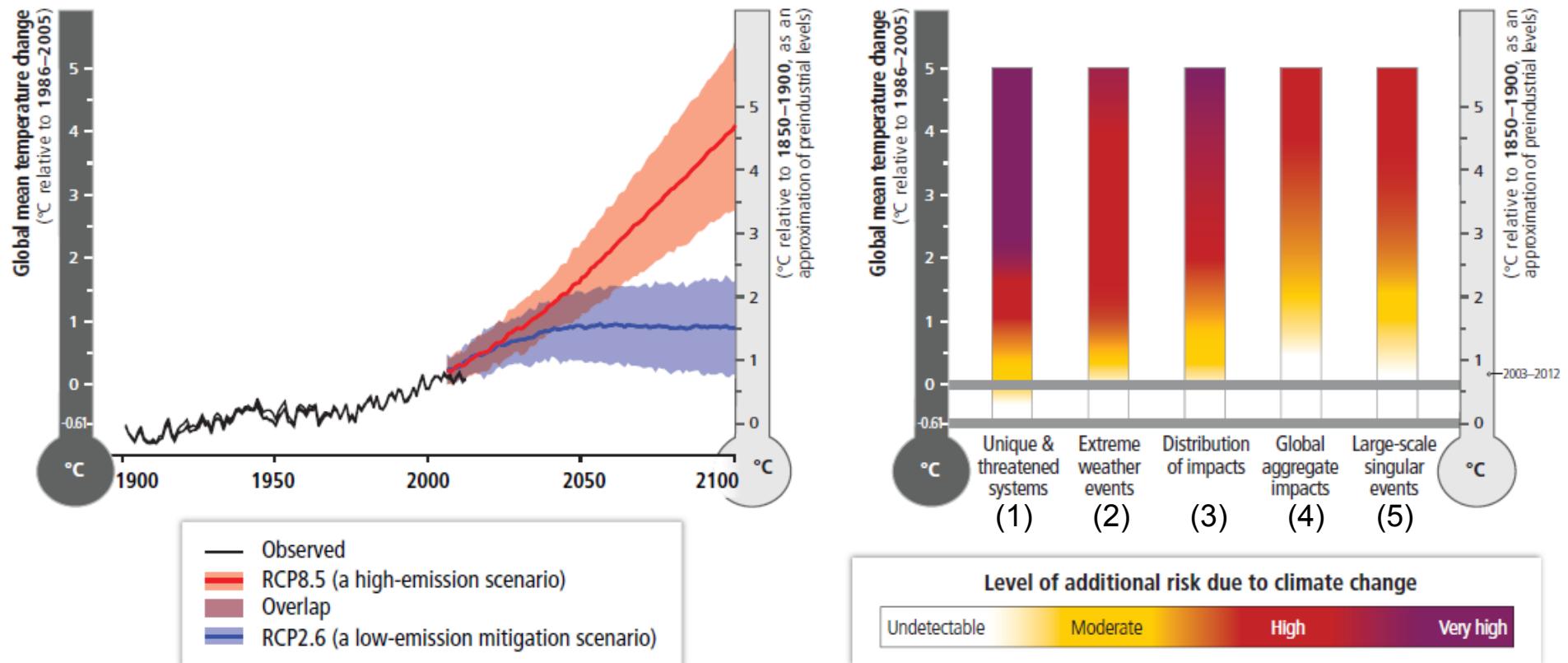
- ◆ **高潮、沿岸洪水、及び海面上昇**による、低地沿岸部や小島嶼途上国その他の小さな島々における**死亡、傷害、健康障害、あるいは生計崩壊**のリスク。
- ◆ いくつかの地域における**内水洪水**による、**大規模都市の住民**に対する**激しい健康障害と生計崩壊**のリスク
- ◆ **異常気象現象**が電気、給水、及び保健や救急サービスなどの**インフラのネットワークや重要サービスの機能停止**をもたらすことによるシステム上のリスク
- ◆ 脆弱な都市住民や都市域あるいは農村域の屋外での作業者に対する、**極端な暑さ**の期間中の**死亡や可動性**のリスク。
- ◆ 都市及び農村での環境における比較的貧困な住民に対する、**温暖化、干ばつ、洪水、及び降水の変動性と極端化**に結びついた、**食糧不足**や**食糧システム機能停止**のリスク。
- ◆ 半乾燥地帯で極小の資本しかない農家や牧畜業者に対する、**飲料水や灌溉水への不十分なアクセス**や**農業生産性の低下**や、農村での生計や収入の損失のリスク。
- ◆ 热帯や北極域での漁業界に対する、**海洋や沿岸の生態系・生物多様性、及び、生態系の商品・機能**、及びそれらが沿岸での生計にもたらす**サービスの損失**のリスク。
- ◆ **陸域及び内陸の、河川湖沼の生態系、生物多様性、及び生態系の商品・機能**及びそれらが生計にもたらす**サービスの損失**のリスク。

リスク評価



(IPCC/WG1/AR5)

気候変動による影響評価とリスクレベル (WG2/AR5/SPM)



(IPCC/WG II /AR5/SPM)

懸念の理由・根拠(ROC):

- (1) ユニークで切迫したシステム: 一部の生態系や文化
- (2) 極端気象現象: 熱波、豪雨、沿岸洪水など
- (3) 影響の分布: リスク分布の不均一性
- (4) 全球総合的な影響 : 全球的な生物多様性、世界経済
- (5) 大規模な特異な現象 : 突然の・不可逆的変化

気候に対するレジリエントな(回復力のある)経路と 変革(*Transformation*)

- ◆ 持続可能な開発にむけた、気候に対し復元力のある経路に関する展望は、世界が気候変動緩和により達成するものと根本的に関連している(高い確信度)
- ◆ 気候変動の変化率と規模のより大きな増大は、適応の限界を超える可能性がある(高い確信度)
- ◆ 政治的、経済的、社会的、及び技術的な決定及び行動における変革は、気候に対し回復力のある経路を可能にすることができる(高い確信度)

6. 気候変動の影響と主要リスク

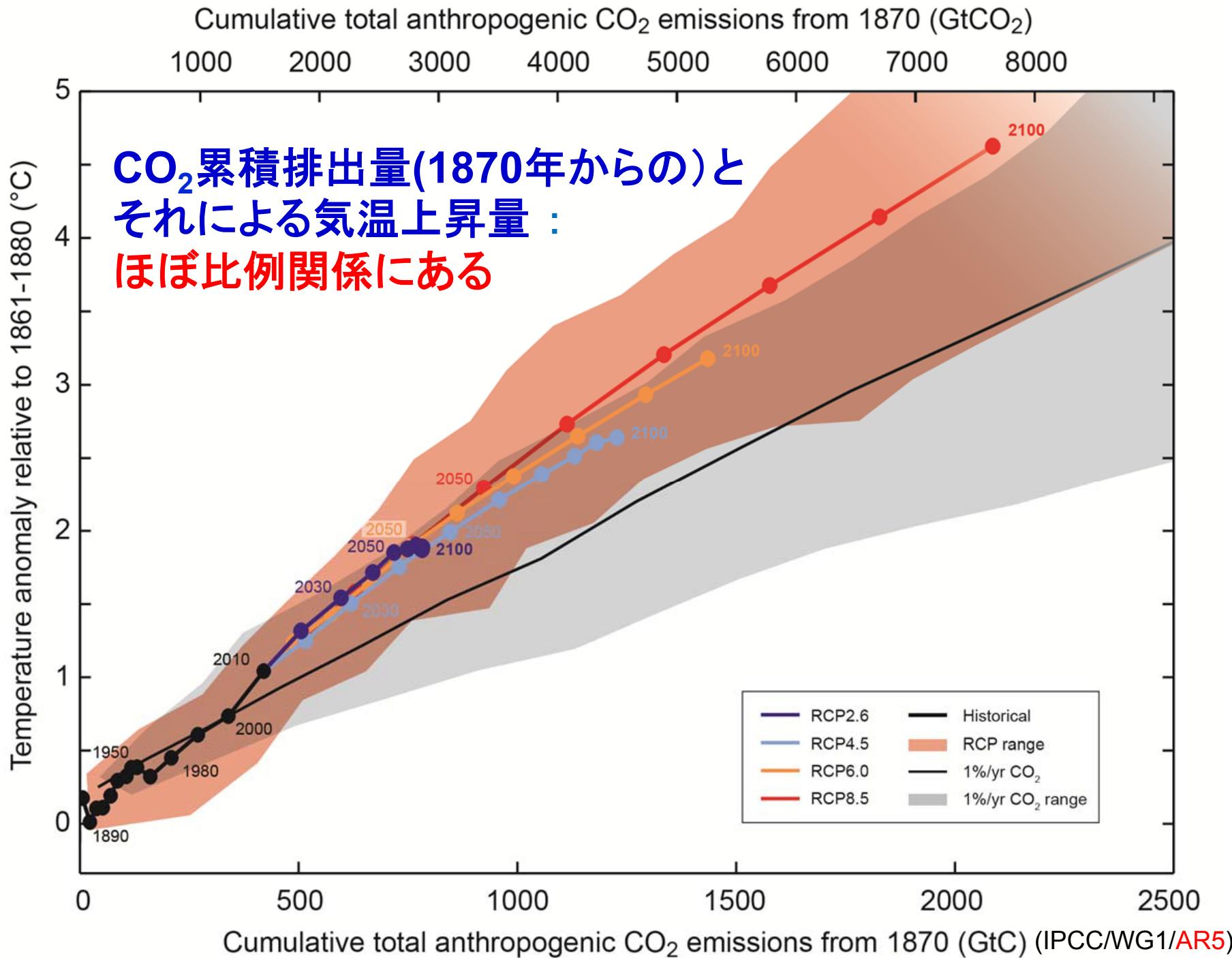
全球的に現れている影響

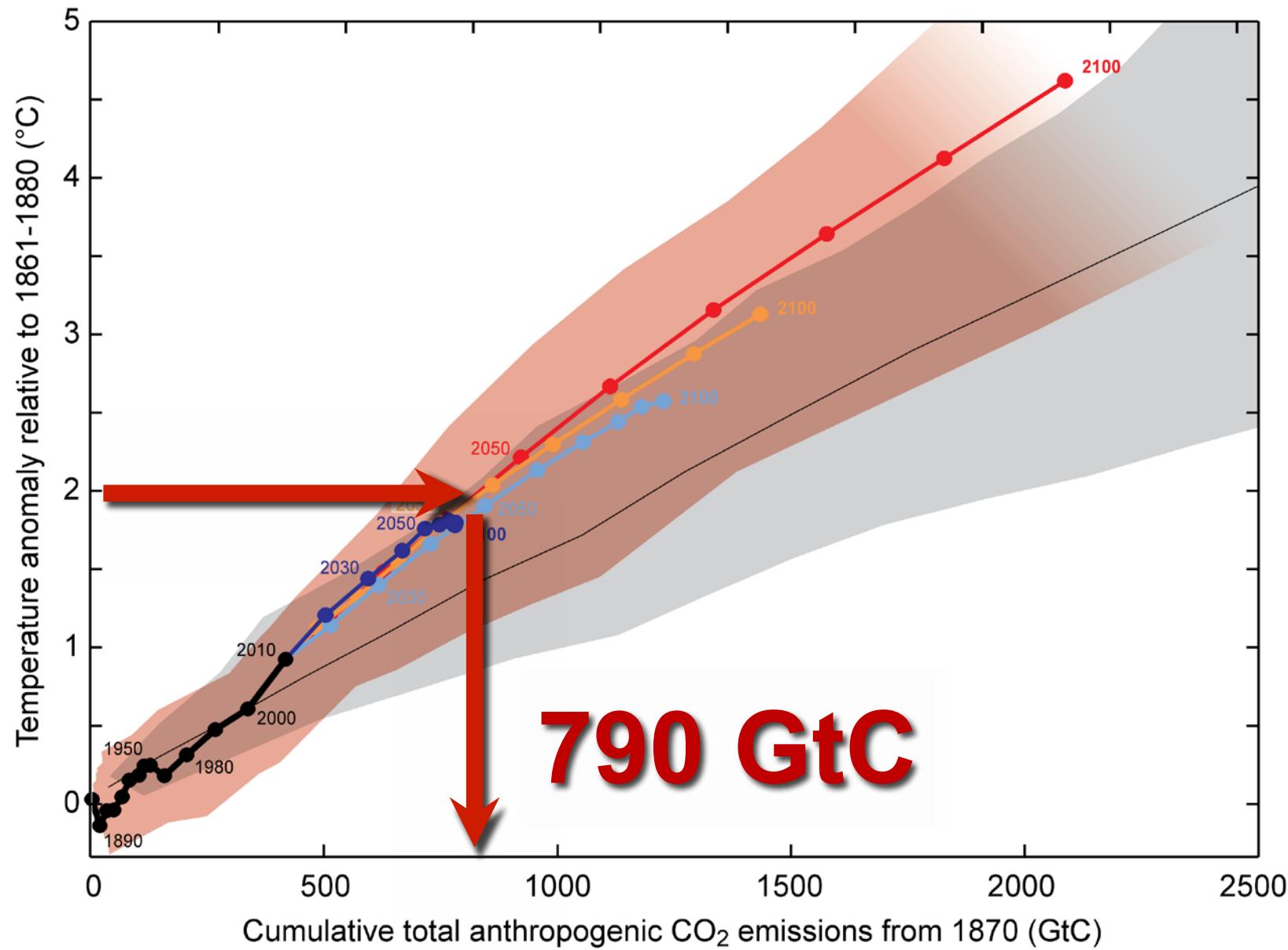
- ◆ 最近数十年間に、気候における変化は、全ての大陸上や、全海洋にわたり、自然及び人間のシステムに影響を生じさせた。
- ◆ 多くの地域で、降水量の変化あるいは雪氷の融解は、水文学的システムを変え、水資源を量的にも質的にも影響を与えている(中程度の確信度)。
- ◆ 多くの陸域や、淡水域や、海洋の生物種は、進行中の気候変動に応答して、その地理学的な生存範囲や、季節的活動や、移動形態や、存在量や、種の間の相互作用を変えてきた(高い確信度)。

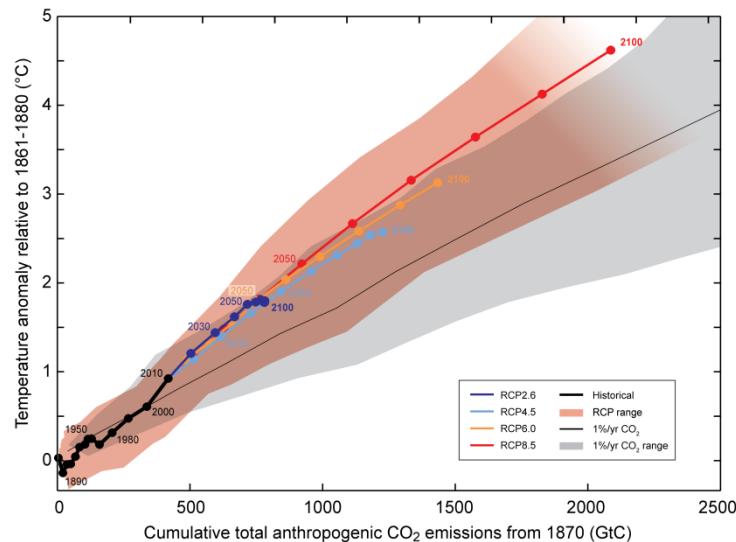
地域・分野にわたる主要なリスク

- ◆ **高潮、沿岸洪水、及び海面上昇**による、低地沿岸部や小島嶼途上国その他の小さな島々における**死亡、傷害、健康障害、あるいは生計崩壊**のリスク。
- ◆ いくつかの地域における**内水洪水**による、**大規模都市の住民**に対する**激しい健康障害と生計崩壊**のリスク
- ◆ **異常気象現象**が電気、給水、及び保健や救急サービスなどの**インフラのネットワーク**や**重要サービスの機能停止**をもたらすことによるシステム上のリスク
- ◆ 脆弱な都市住民や都市域あるいは農村域の屋外での作業者に対する、**極端な暑さ**の期間中の**死亡や可動性**のリスク。
- ◆ 都市及び農村での環境における比較的貧困な住民に対する、**温暖化、干ばつ、洪水、及び降水の変動性と極端化**に結びついた、**食糧不足**や**食糧システム機能停止**のリスク。
- ◆ 半乾燥地帯で極小の資本しかない農家や牧畜業者に対する、**飲料水や灌溉水への不十分なアクセス**や**農業生産性の低下**や、農村での生計や収入の損失のリスク。
- ◆ 热帯や北極域での漁業界に対する、**海洋や沿岸の生態系・生物多様性、及び、生態系の商品・機能**、及びそれらが沿岸での生計にもたらす**サービスの損失**のリスク。
- ◆ **陸域及び内陸の、河川湖沼の生態系、生物多様性、及び生態系の商品・機能**及びそれらが生計にもたらす**サービスの損失**のリスク。

7. 長期的な安定をめぐって:







気候変動を抑制するには、温室効果ガス排出量の大幅かつ持続的な削減が必要であろう

Budget for the 2°C target: 790 GtC

CO_2 emitted until 2011: -515 GtC

Remaining emissions: 275 GtC

CO_2 emissions 2012: 9.7 GtC/yr

気候の安定化、気候変動の不可避性と、気候変動の不可逆性

- ◆ CO₂の累積排出量は、21世紀末およびその後の全球平均地表面の温暖化を主として決定する。
- ◆ 気候変動のほとんどの状況は、たとえCO₂排出が停止しても多数の世紀にわたり持続するだろう：かなりの気候変動不可避性(*Climate Change Commitment*)。
- ◆ あるしきい値を超える気温上昇が持続すると、千年ないしさらに長期間の、グリーンランド氷床のほぼ完全な消失を招いて、7mに達する全球平均海面上昇をもたらすだろうということの確信度は高い：不可逆性(*Climate Change Irreversibility*)
- ◆ 現在の見積もりでは、そのしきい値は工業化以前に対する全球平均気温の上昇量は：
1°C(低い確信度) ~ 4°C(中程度の確信度)

8. 長期安定化と削減への展望

安定化に向けた技術 (1)

- 二酸化酸素を回収(Capture)し、貯留(Storage)する技術(CC₃S)の開発が進行中: CCSに関する特別報告書(2005、IPCC)
 - ◆ 陸上で回収して地中に貯留するオプション
残留率は100年にわたり99%を上回る(可能性は非常に高い)
 - ⇒ 1 石油及びガスの枯渇した貯留層
 - 2 CO₂を用いた石油及びガスの強制回収
 - 3 深い岩塩層-(a)沖合 (b)陸上
これらは、これまで石油やガス産業が用いており、油田・ガス田や含塩層の特定の条件下で経済的に採算が合うことが立証されている技術と同一のものを多く用いることで実現可能性がある。
 - 4 CO₂を用いた炭層メタンの強制回収
薄すぎるか深すぎて採掘されない炭層の利用であるが、回収したメタンの扱いなどの課題がある。
 - ◆ 陸上で回収して海洋中に貯留するオプション
残留率は、100年後 65~100%

安定化に向けた技術 (2)

- バイオマスとCCSを組み合わせた新技術:
BCCS(=*Bio-energy with carbon and storage*)
成長に応じて大気からCO₂を吸収する樹木や農作物と
工場や発電所におけるCO₂ の回収とを結びつける
- 再生可能エネルギー(Renewable energy):
(太陽、水力、風力、潮汐差、地熱、バイオマス)
の活用。cf: 「再生可能エネルギーに関する特別報告書」
(2011, IPCC)

安定化に向けた技術 (3)

- Geoengineeringの可能性についての議論が進行中: 可能性と課題
 - 太陽放射管理(SRM*):
(例)成層圏にエアロゾルを注入し太陽入射光を減らす
 - 二酸化炭素除去(CDR**): (例)海洋に鉄を散布して光合成を促進)
課題①不確実性が大、
課題②研究はともかく、実施は気候変化につながる、…

注) *: Solar Radiation Management

**: Carbon Dioxide Removal

9 UNFCCCにおける交渉の状況

◆ コペンハーゲン合意*(次頁参照) : COP15(2009)期間中の世界首脳による合意(COPは「留意する(to take note of)」にとどめた)

- 昇温を工業化以前に比べ 2°C に抑えるには、全球的な厳しい削減が必要であり、そのため衡平性に基づく施策を実施することに合意。
- 先進国、途上国を問わず各国に、UNFCCCへ、自主的削減目標値の提出を求めた。⇒ 翌2010年には大多数の国(排出量合計で87%)が目標値提示。
⇒ UNFCCC事務局により確認:「カンクン・プレッジ」

◆ カンクン合意 (2010)

- 上記状況をふまえてカンクンでの議論は前進し、UNFCCCの目標達成という共有のビジョンの下で、工業化以前からの昇温を 2°C で抑えるという長期目標に向け緊急対応の必要性を認識し、2050年までの大幅な排出削減などの具体的な判断の考慮に合意した。
- 上記 2°C に関しては、 1.5°C で抑えることとの関係も含め、見直す必要があり最初の見直し(Review)は、2013年から2015年までとした。

* 参考 : Some of the Major points of Copenhagen Accord

- ✓ They agree that **deep cuts in global emissions** are required according to science, and as documented by AR4 with a view to reduce global emissions so as to **hold the increase in global temperature below 2°C** (note: from pre-industrial), and take action to meet this objective consistent with science and on the basis of equity.
- ✓ **Adaptation** to the **adverse effects of climate change** and the potential impacts of response measures is a challenge faced by all countries.
- ✓ **Annex I Parties** commit to implement individually or jointly the quantified economy-wide **emissions targets for 2020**, to be submitted in the format ... **by 31 January 2010**... [“Emission Pledges”]
- ✓ **Non-Annex I Parties** will implement mitigation actions, including those to be submitted ... **by 31 January 2010**... [“Emission Pledges”]
- ✓ Scaled up, new and additional, predictable and adequate **funding as well as improved access** shall be provided **to developing countries** ...to enable and support enhanced action on **mitigation**, including substantial finance to reduce emissions from deforestation and forest degradation (**REDD-plus**), **adaptation**, **technology development and transfer** and **capacity-building**, for enhanced implementation of the Convention. ...

◆ダーバン会議(2011年、COP17)

- ダーバン・プラットフォーム特別部会(**ADP**) *の設置で、
**2015年末(パリ会議、COP21)決着に向け、2020年から全
締約国**の参加で実施する、新たな**長期安定化の国際的枠
組み**の策定を開始する。
- ダーバンは**京都議定書**については上記2回の会議で、
2013年からの延長のみを決定した。

◆ドーハ会議(2012年、COP18)

- **ADP**の活動計画を定めた。
- **京都議定書の延長期間を2013-2020年(8年間)**に決定。

* 注): 正式には、「強化された行動のためのダーバン・プラットフォーム特別作業部会」
(*Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action*)

◆ ワルシャワ会議 (2013年、COP19)

- IPCC/WG1によるAR5の内容が報告された。
 - COPにおいては、2013年～2015年の見直し(Review)で2°Cの削減安定化目標(ただし、1.5°Cも含む)についての議論が進行中であり、上記はその議論に対する、AR5の最初の重要な知見の提供となった。
 - ADPの交渉は2つにわかれ、進行中。それらの内容は:
 - * ワークストリーム1:
2020年以降に向けてすべての締約国に適用される国際的な枠組みに向けた合意を2015年までに得ること。
 - * ワークストリーム2:
(少なくとも)2°Cに向けた削減目標に取り組むために各国の削減目標の熱意(Ambition)を高めること。
- ◆ リマ会議(2014年、COP20)での進展が期待されている。

10. 緩和に向けた現状と 削減のオプション

緩和*に向けての主要な立脚点 (WG III/AR5)

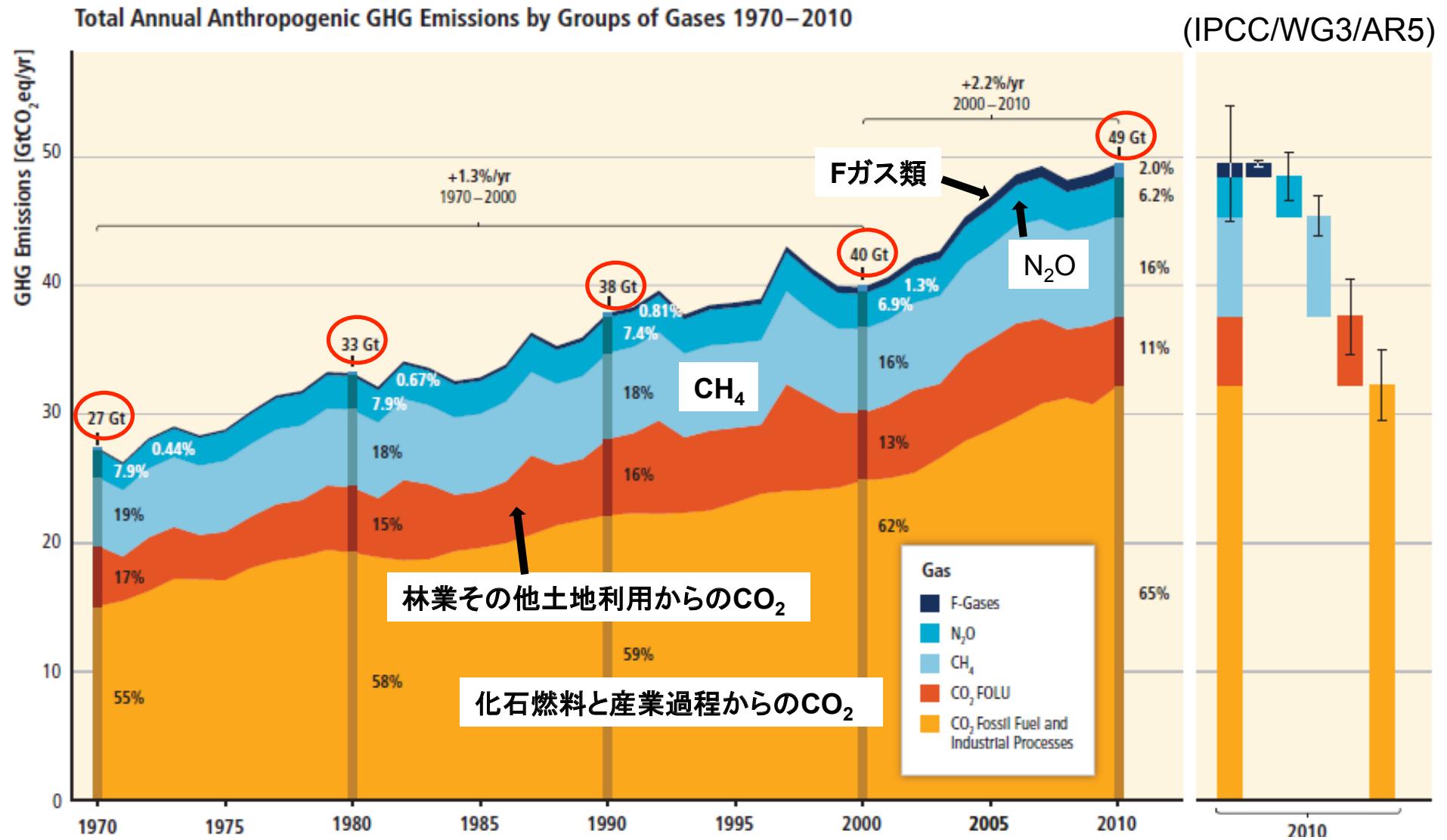
(*注:緩和は「GHG排出を削減し、吸収源を拡大するための人間の介入」である)

- ◆ 気候政策評価の基礎は、持続可能な開発と衡平性*であり、それらに基づいて気候変動のリスクに取り組む必要がある。
- ◆ 各主体が自らの関心事に関わっていっては効果的な緩和は達成されない。
- ◆ 気候変動政策には、価値判断と倫理的な配慮が必要である。
- ◆ 経済性評価が、政策設計に情報を与える共通手法である。
- ◆ 気候政策は、社会的目標と関連しあい、共同便益(Co-benefits)や副次的なマイナス効果(Adverse side-effects)を伴う可能性がある。これらの状況をうまく扱えれば、気候対策を実施する基盤の強化が可能である。

*注) (Equity)法規を機械的に適用したのでは不適切な結果を生じる場合に、抽象的な法規を具体的な事例に適るように調整されること。「公平性」だけでは不十分な面にも配慮した適切な対応。

ここでは出てこないが、「共通だが差異ある責任(Common but differentiated responsibilities)」も途上国側から強調されている。

人為起源の温室効果ガス(GHG)の排出物質別年間総排出量



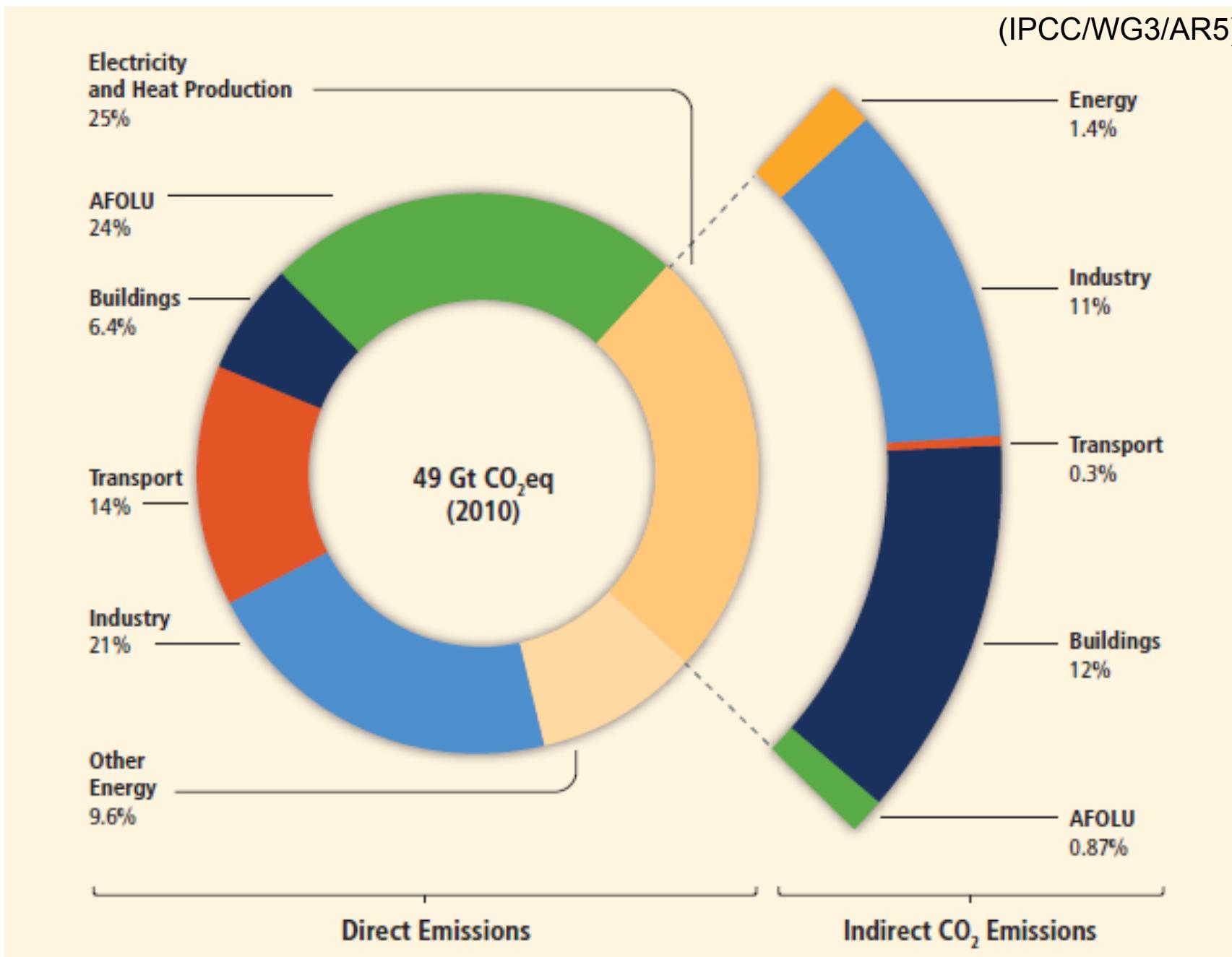
* 注: F-ガス類 は、 HFC(ハイドロフルオロカーボン), PFC(パー フルオロカーボン), SF6(六フッ化硫黄)を指す。

温室効果ガス(GHG)の最近の状況

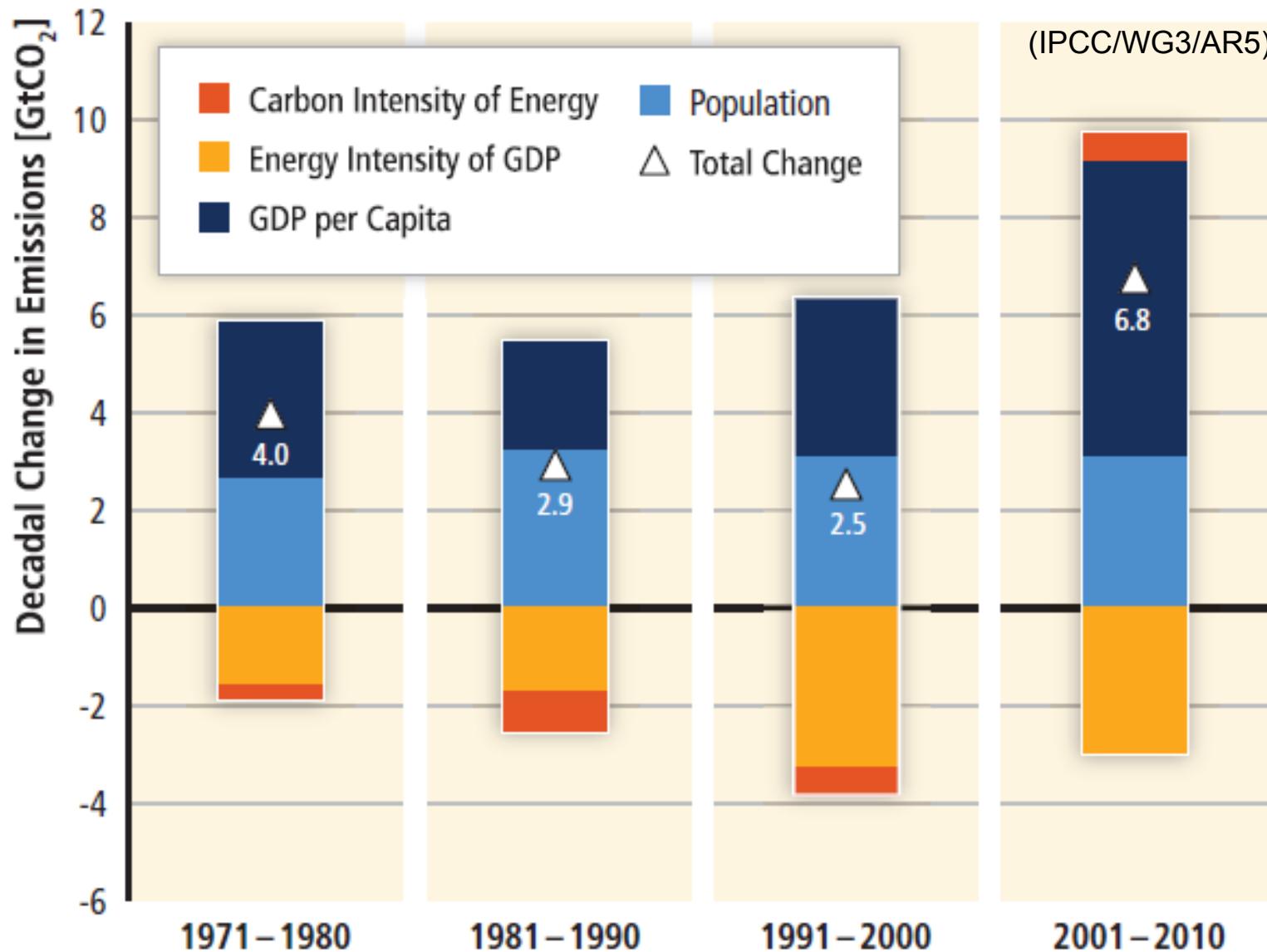
- ◆ 人為起源GHG排出量は**1970～2010年**にかけて増え続け、10年単位で見ても最後にかけて次第に増加量が大きい。
- ◆ 特に化石燃料と産業過程からのCO₂排出量は、上記総排出量の**増加量のうちで78%**を占める
- ◆ 1750年から2010年までの人為起源のCO₂累積排出量について、その約半分は**上記40年間に**排出された。
- ◆ 特に、**2000～2010年**まで人為起源の**GHG年間排出量**は、毎年約10億トンCO₂換算づつ(約1ギガトンCO₂eq/yr) 増加。
- ◆ この増加は、エネルギー供給:47%、産業:30%、運輸:11%、建築(3%)などである(中程度の確信度)。
- ◆ **2010年での総排出量**(約490億トン<49ギガトン>CO₂eq/yr)の内訳は次のグラフ参照

2010年における経済部門別のGHG排出量

(IPCC/WG3/AR5)



化石燃料燃焼からの世界CO₂排出量 各10年間の変化(総量を要因別分解)比較



化石燃料燃焼によるCO₂総排出量 の4つの10年期間ごとの変化の要因

◆ 経済成長と人口増加が、+の最も重要な要因

- * 人口増加の寄与は全期間ほぼ同様である
- * 経済成長の寄与は最近大きく増大している。

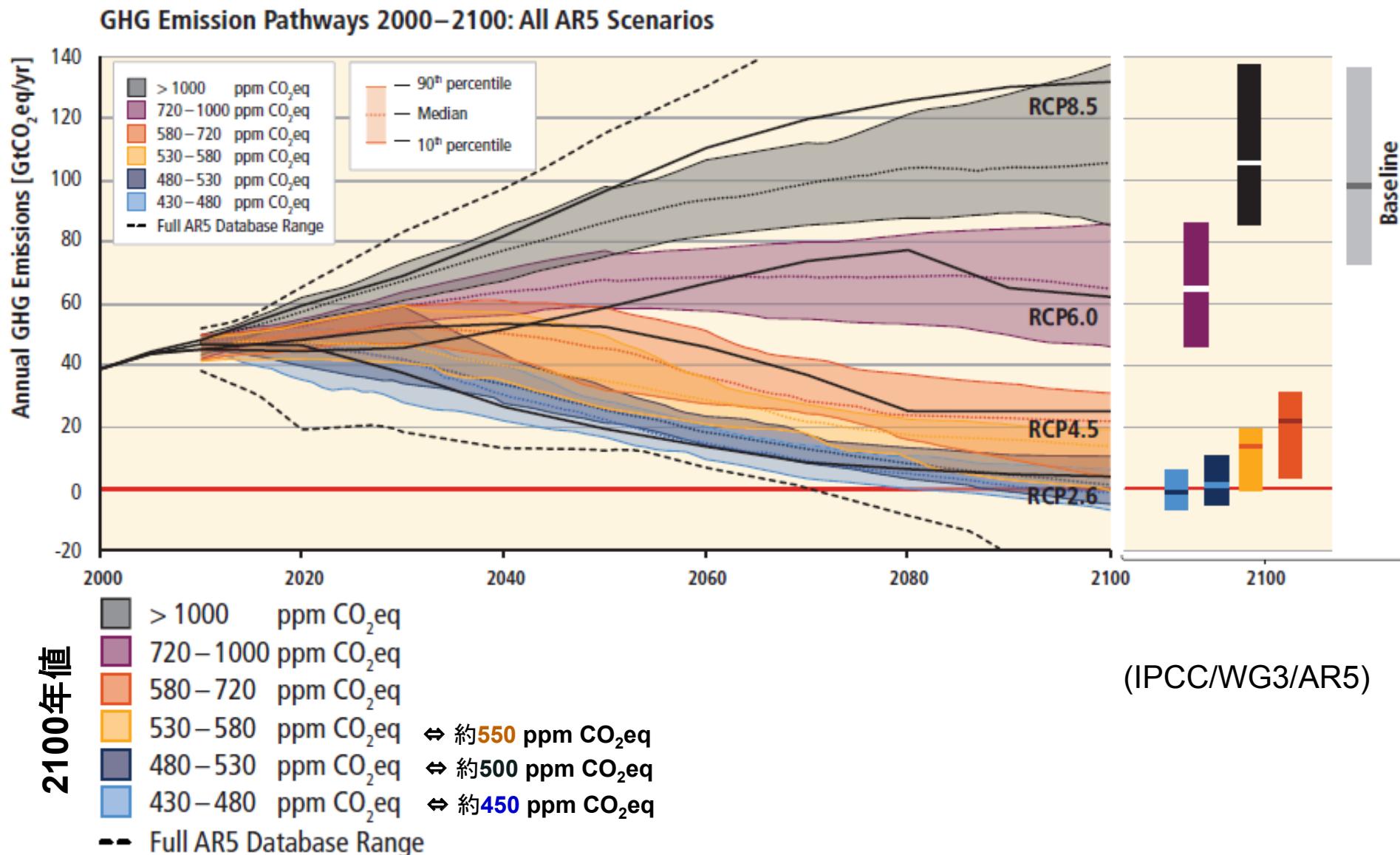
◆ 効率性に関わる

- * **単位GDPを生み出すのに必要なエネルギー量:**
Energy Intensity of GDP (GDPのエネルギー原単位)
の減少が、-の要因であった。

2000年までは、

- * **単位エネルギーを生み出すために必要な炭素量:**
Carbon Intensity of Energy(エネルギーの炭素原単位)
は減少で、-要因。直近期間では**増加し+要因に転じた。**
⇒ 石炭使用量の増大による(原油高騰など)。

GHG排出量の経路(2000~2100年)： AR5の全てのシナリオ



WG3/AR5で評価されたシナリオの主要な特徴

Table SPM.1 | Key characteristics of the scenarios collected and assessed for WGIII AR5. For all parameters, the 10th to 90th percentile of the scenarios is shown.^{1,2} [Table 6.3]

CO ₂ eq Concentrations In 2100 (CO ₂ eq) Category label (concentration range) ⁹	Subcategories	Relative position of the RCPs ⁵	Cumulative CO ₂ emissions ³ (GtCO ₂)		Change in CO ₂ eq emissions compared to 2010 in (%) ⁴		Temperature change (relative to 1850–1900) ^{5,6}				
			2011–2050	2011–2100	2050	2100	2100 Temperature change (°C) ⁷	Likelihood of staying below temperature level over the 21st century ⁸			
			< 430	Only a limited number of individual model studies have explored levels below 430 ppm CO ₂ eq							
450 (430–480)	Total range ^{1,10}	RCP2.6	550–1300	630–1180	–72 to –41	–118 to –78	1.5–1.7 (1.0–2.8)	More unlikely than likely	Likely	Likely	Likely
500 (480–530)	No overshoot of 530 ppm CO ₂ eq		860–1180	960–1430	–57 to –42	–107 to –73	1.7–1.9 (1.2–2.9)	Unlikely	More likely than not	More unlikely than likely ¹¹	Likely
	Overshoot of 530 ppm CO ₂ eq		1130–1530	990–1550	–55 to –25	–114 to –90	1.8–2.0 (1.2–3.3)		About as likely as not		
550 (530–580)	No overshoot of 580 ppm CO ₂ eq		1070–1460	1240–2240	–47 to –19	–81 to –59	2.0–2.2 (1.4–3.6)	Unlikely	More unlikely than likely ¹²	More unlikely than likely ¹¹	Likely
	Overshoot of 580 ppm CO ₂ eq		1420–1750	1170–2100	–16 to 7	–183 to –86	2.1–2.3 (1.4–3.6)				
(580–650)	Total range	RCP4.5	1260–1640	1870–2440	–38 to 24	–134 to –50	2.3–2.6 (1.5–4.2)	Unlikely	More likely than not	More unlikely than likely	Likely
(650–720)	Total range		1310–1750	2570–3340	–11 to 17	–54 to –21	2.6–2.9 (1.8–4.5)		More unlikely than likely		
(720–1000)	Total range	RCP6.0	1570–1940	3620–4990	18 to 54	–7 to 72	3.1–3.7 (2.1–5.8)	Unlikely ¹¹	More unlikely than likely	More unlikely than likely	Likely
>1000	Total range	RCP8.5	1840–2310	5350–7010	52 to 95	74 to 178	4.1–4.8 (2.8–7.8)	Unlikely ¹³	Unlikely	More unlikely than likely	Unlikely

(IPCC/WG3/AR5)

長期的安定へのオプション

- ◆ 昇温を 2°C 未満で抑えられる可能性が高い緩和シナリオは、2100年に大気中の濃度が $450\text{ppm CO}_2\text{換算}$ となるものである(高い確信度)⇒ ほぼRCP2.6に対応
⇒ 今世紀半ばまでの大幅な排出削減が前提。
- ◆ 2100年までにおよそ $500\text{ppm CO}_2\text{換算}$ 濃度に達する緩和シナリオでは、途中で約 $530\text{ppm CO}_2\text{換算}$ の水準を一時的にオーバーシュートしない限り、 2°C 未満で抑えられる可能性はどちらかといえば高い。上記でオーバーシュートありなら、可能性はどちらも同程度である。
- ◆ 昇温を 1.5°C 未満で抑えられる可能性がどちらかといえば高い緩和シナリオは、2100年の濃度が $430\text{ppm CO}_2\text{eq}$ 未満になる場合である。

ベースライン・シナリオ

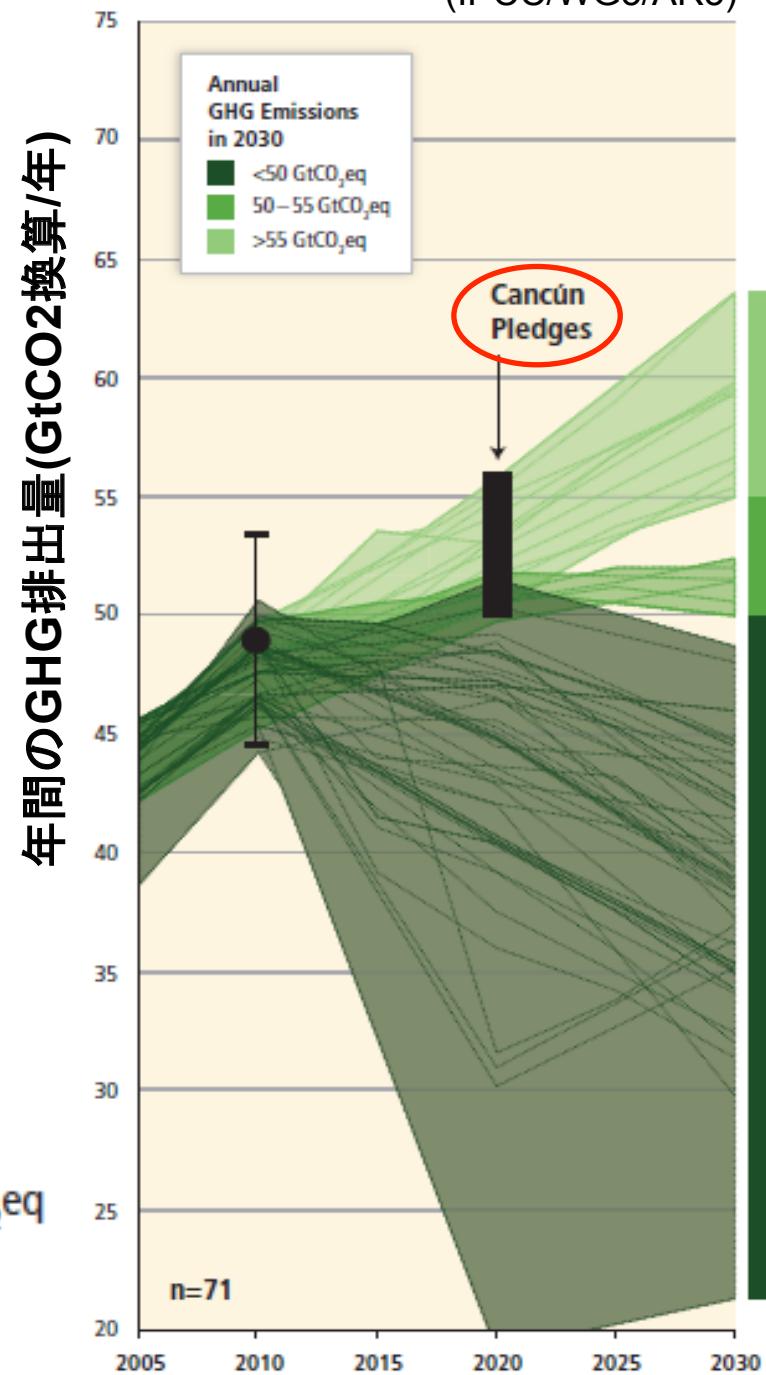
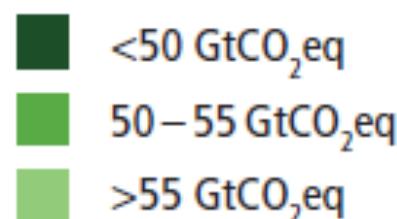
- ◆ 現施策を超えた追加的な緩和施策(GHG削減策)がないシナリオ。
- ◆ 2100年までには、*750ppm～1300ppm超*の間に達する。これは
*RCP6.0～RCP8.5*の間の経路の*2100年での濃度水準*に類似。
- ◆ ベースライン・シナリオの下では、**人口増加と経済活動発展**によって
排出量の増加は大きくなる。
- ◆ ベースライン・シナリオでの*2100 年の全球的昇温*(工業化以来)は:
3.7～4.8 °C(各シナリオの中央値), または、*2.5～7.8 °C*(不確実性考慮の場合)
に達する(高い確信度)。

カンクン・プレッジの評価

◆ カンクン合意によるカンクン・プレッジでの2020年のGHG排出量:は

- * 昇温を2°C未満に抑えられるかの可能性が少なくとも「どちらも同程度」となる費用対効果が高い長期緩和経路(2100年の濃度が約450や約500ppmCO₂換算)と整合していないが、その目標達成を排除していない(*not preclude the option to meet the goal*) (高い確信度)。
- * 緩和努力の増大を2030年まで遅延させると、より長期の低排出水準への移行が困難となり、2°C未満に昇温を抑え続けるための選択肢の幅が狭まる(高い確信度)。

2030年のGHG排出量



まとめ(注目点) (1)

- IPCC/WG1、WG2、WG3は、2013年9月、2014年3月、4月にそれぞれ、「自然科学的根拠」、「影響・適応・脆弱性」、「緩和策」に関する第5次評価報告書(**AR5**)を発表した。
- 統合報告書は、上記の3作業部会の報告書を横断する総合的な知見を集約・評価するものであり、**2014年10月のコペンハーゲン会議**により完成され、発表される
- 20世紀半ば以来観測されている**温暖化の主要な原因**は、人間による影響であることは**極めて可能性が高い**(AR4より知見が一段と強固に)
- 高排出の**RCP8.5**では、工業化以来今世紀末期までの昇温が**4.3°C程度**と予測される。
- 工業化以前から**今世紀末期までの昇温量**は、RCP6.0とRCP8.5では**2°Cを超える可能性が高い**(高い確信度)。RCP2.6以外のすべてのRCPシナリオで、**1.5°Cを超える可能性が高い**。RCP2.6では**2°Cを超える可能性が低い**(中程度の確信度)。
- 全球的、分野別、地域別の**影響評価**、**主要なリスク評価**が示された。
- 最近数十年間に、気候における変化は、全ての大地上や、全海洋にわたり、**自然及び人間のシステムに影響を生じさせた**。
- **主要なリスク(Key risks)**は、**UNFCCC第2条**(究極目標)の「…気候システムに対する危険な人為起源の干渉」を防ぐこと)に関連した、**潜在的に激しい影響**から生じる。
- 5つの**懸念の理由・根拠(ROC)**ごとの将来の**昇温**と**リスク**の関係が示された。

まとめ(注目点) (2)

- COPにおいては、2013年～2015年の見直し(Review)で **2°Cの削減安定化目標**(ただし、**1.5°Cも含む**)についての議論とともに、2020年から全締約国参加の長期安定化の枠組みを2015年までに策定する交渉が進行中である。
- CO₂累積排出量(1870からの)とそれによる気温上昇量：ほぼ比例関係にある。
- CO₂の累積排出量は、今後長期に全球平均地表面の温暖化を主として決定する。
- 気候変動のほとんどの状況は、たとえCO₂排出が停止しても多数の世紀にわたり持続するだろう：かなりの**気候変動不可避性**(Climate Change Commitment)。
- 気候政策評価の基礎は、**持続可能な開発と衡平性**であり、それらに基づいて**気候変動のリスク**に取り組む必要がある。
- 人為起源GHG排出量は**1970～2010年**にかけて増え続け、10年単位で見ても最後にかけて増加量が大きい。
- 昇温を**2°C未満**で抑えられる**可能性が高い緩和シナリオ**は、2100年に大気中の濃度が**450ppmCO₂換算**となるものである(高い確信度)：ほぼ**RCP2.6**に対応。
- 昇温を**1.5°C未満**で抑えられる**可能性がどちらかといえば高い緩和シナリオ**は、2100年の濃度が**430ppmCO₂換算未満**となるものである。
- ベースライン・シナリオでは、2100年の昇温が**3.7～4.8°C (2.5～7.8°C<不確実性考慮>)**
- カンクン・プレッジでは、**2°C目標達成の可能性の有無**が少なくとも「どちらとも同程度」といえる長期緩和経路(2100年で約450や約500ppmCO₂換算となる)と整合していないが、達成が排除されているわけではない。