

第2回東大エネルギー・環境シンポジウム  
「地球温暖化問題を考える」  
2010年11月5日

## コペンハーゲン協定の気候目標と今後の課題

東京大学 生産研 CEE 客員教授 丸山康樹  
(財)電力中央研究所 環境科学研究所 首席研究員  
[maru@criepi.denken.or.jp](mailto:maru@criepi.denken.or.jp)

## 内容

1. COP15を巡る温暖化懐疑論とIPCC疑惑
  - ・Climate Gate事件の真相
  - ・ヒマラヤ氷河2035年消滅予測の不正記述
  - ・インターアカデミー・カウンスル(IAC)の改善勧告(8/30)
2. コペンハーゲン協定の気候目標
  - ・2°C抑制と衡平性を満たす解
  - ・衡平性:一人当たり排出量変化(1990→2009年)
  - ・小島嶼国(AOSIS)の主張:1.5°C抑制は実現可能か?
3. 今後の課題
  - ・急増する石炭利用
    - ※米国(EIA):2035年, CO2世界排出43%増(07年比)
    - ※EU研究機関の予測:2100年  $\Delta T=3.5^{\circ}\text{C}$  (2.9 ~ 4.4°C)
  - ・IPCCシナリオ(AR5, 2013-14年公表予定)の評価
4. まとめ

# 1. COP15を巡る温暖化懐疑論とIPCC疑惑

(\*) COP15:2009年12月7日～18日、デンマーク・コペンハーゲンで開催された。



(出典) Wikipedia : India's Prime Minister Manmohan Singh (blue) and Indian Minister of Environment and Forests Jairam Ramesh (behind) during a multilateral meeting with U.S. President Barack Obama, Chinese Premier Wen Jiabao, Brazilian President Lula da Silva and South African President Jacob Zuma at the United Nations Climate Change Conference. BRICsの主要メンバーとオバマ大統領の交渉風景

COP15前 -----> COP15前後 -----> COP15後

### Climate Gate事件

英科学者のメールがハッキング

IPCC のWG1が温暖化根拠として示したホッケースティック曲線を英科学者が捏造かとの疑惑あり

IPCC3次報告 (2001)に疑い

すでに IPCC4次報告で修正済み

### ヒマラヤ氷河事件

**インド論争**  
インド環境相が同国研究機関の研究によるとヒマラヤの氷河減少は特に突出していないと発表 (COP15前)

ヒマラヤの氷河が2035年までに消滅するというIPCC AR4 WG2記述のレポート(WWF, 2005年)に科学的根拠ないと欧米紙が報道

WWFのレポート(2005)の根拠はインド人の研究者の電話取材(1999年)と判明。WWFは既に謝罪した。

IPCC4次(2007)報告一部に疑惑

WG2の著者は、何故見抜けなかった?

IPCCが正式に謝罪 HP(1月20日)

パチャウリ IPCC議長が激怒し環境相は一時辞任の危機

現在、パチャウリ IPCC議長が社長を務めるTERI研究員と判明

COP15前にパチャウリIPCC議長「1.5°Cが適切」と発言 (IPCC 4次報告には根拠なし)

パチャウリIPCC議長が社長を務める印TERIの英支部に脱税疑惑

コペンハーゲン協定に1.5°C文言が入る

パチャウリ議長に利益相反(\*)疑惑

**IPCCに対する信頼が揺らぐ危機?**

疑惑の全体像  
・Climate Gate事件  
・ヒマラヤ氷河事件  
・パチャウリ議長疑惑

パチャウリ議長疑惑

(出典) 電中研

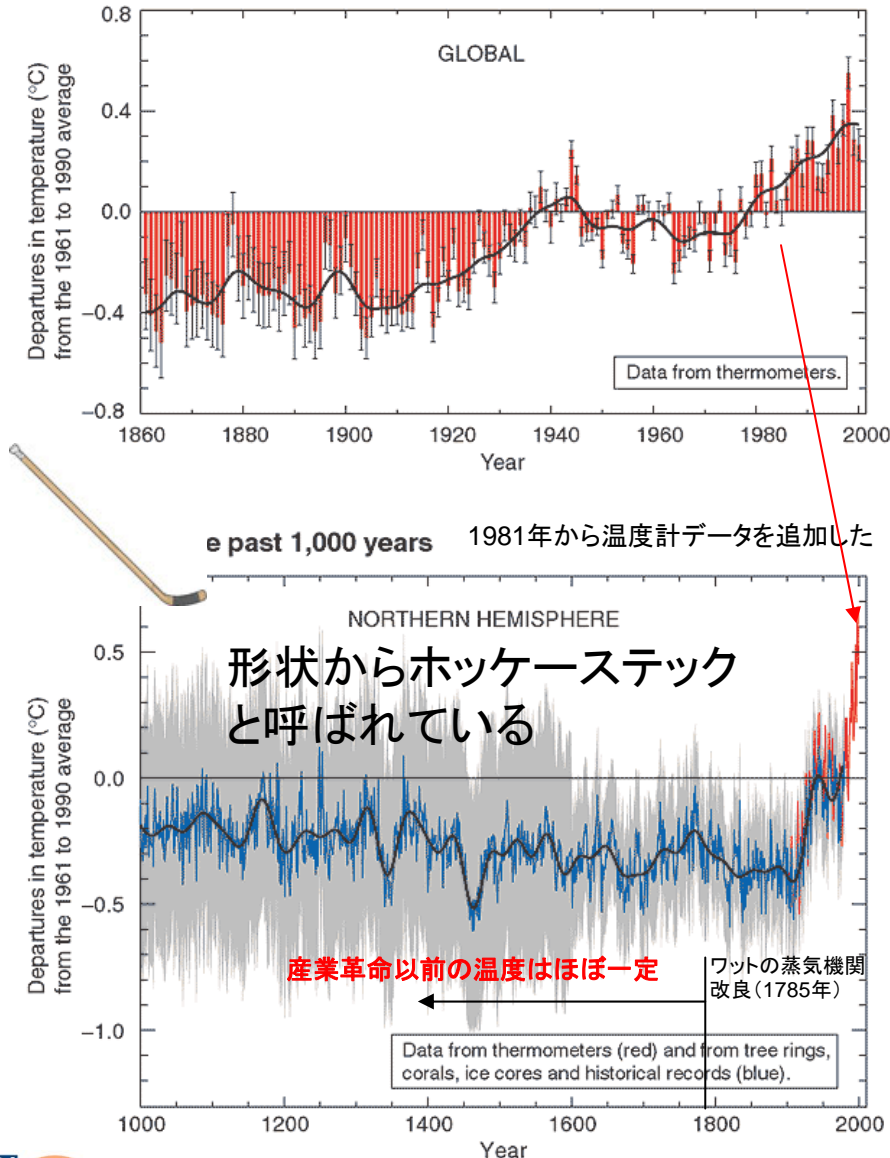
※コペンハーゲン協定では途上国に対し先進国が適応資金 (Adaptation) を支払うことになった。

(\*) Conflict of interest

# Climate Gate事件の真相

- COP15直前、英国(East Anglia大学)の研究者(P. Jones教授等)のメールが盗難(ハッカー)にあった。
- メールの一部(1999年の日付)から、P. Jones教授が気温低下を隠蔽・改ざんした疑惑が生じた。英国では、情報公開法との関係で議会が調査を実施。
- 元来、IPCC第3次評価書TAR(2001年)に関係した問題であった。しかし、今回、ホッケーシュテック疑惑として再浮上した。
- TAR後、共和党議員の要請による米国科学アカデミーの調査では、問題なしと判定(2005年)。IPCC第4次評価書AR4(2007年)では疑惑は解消されていた。
- しかし、欧米のマスメディアは、温暖化捏造として盛んに報道し、その真相が報道されないまま今日に至っている。

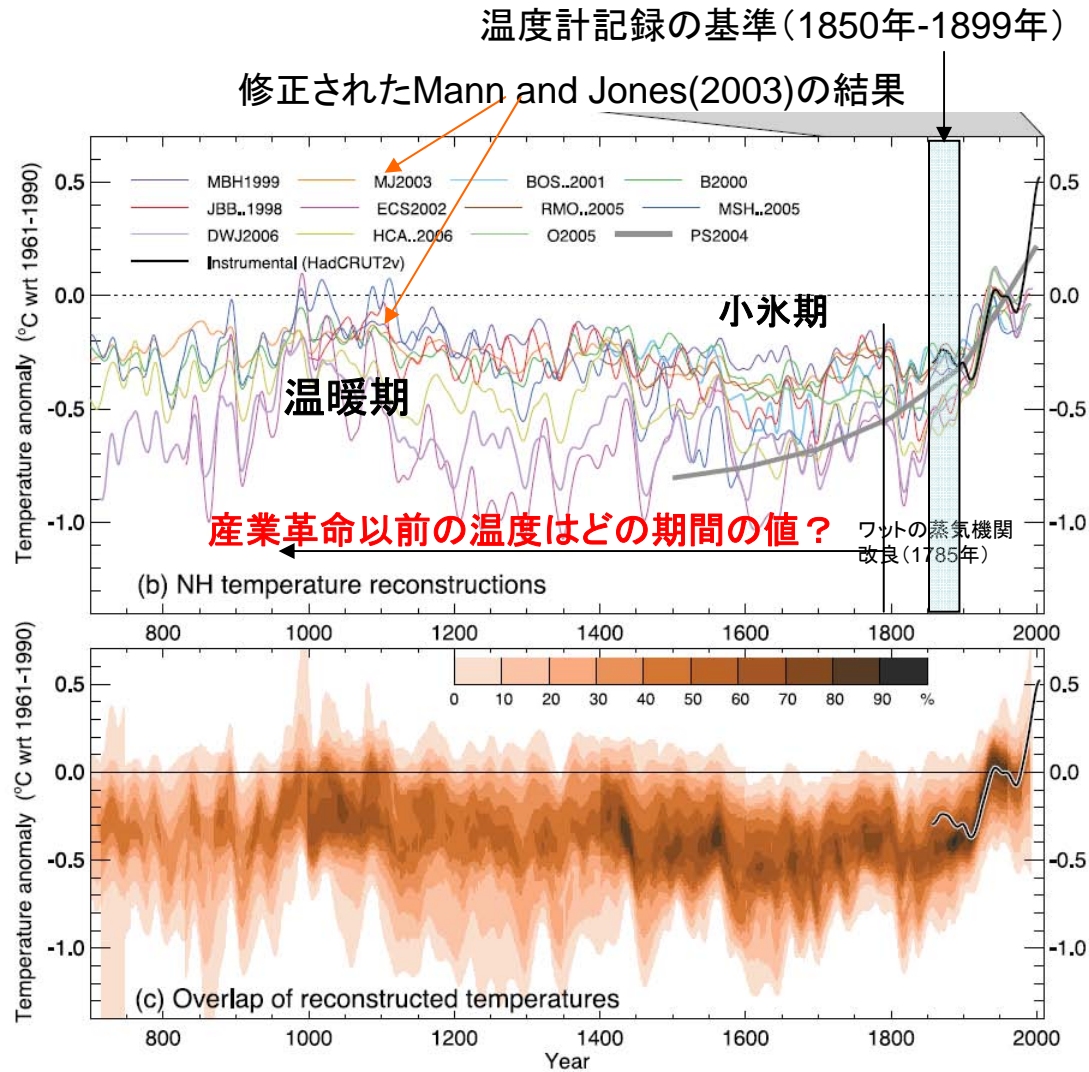
# IPCC第3次評価書TAR(2001年)の疑惑箇所



上段(赤)がメール盗難にあった英国の研究者(P. Jones et al.(2001))の結果。温度計観測による過去140年間の全球気温上昇(偏差)を示す。

下段(青)は、米国の研究者(M. Mann(1999))による過去1000年間の気温データ。樹木の年輪、さんご礁、アイスコア、古文書等から再現した間接的なデータ(古気候)。この図に上段の図(赤)の一部が追加されている。P. Jonesのメール(1999年の日付)では、この操作を自らトリック(原文のまま)と呼んでおり、温暖化捏造説疑惑の元になった。

# IPCC第4次評価書AR4(2007年)では解決済み



●M. Mannの旧(MGB1999)、新(MJ2003)の2種のデータが記載。新データは米国科学アカデミーの調査により、問題無いと評価(2005)。AR4では、ホッケーシュテック疑惑は解消されている。

●AR4の図には、1700年頃の小氷河期、1000年頃の中世の温暖期等が読み取れ、ホッケーシュテックとは形状が異なる。

# Climate Gate事件は温暖化を捏造したとは言えない

- ・気候変動の原因(下記)は複雑で不明な現象も多く、懐疑論を生みやすい

## 【自然原因】

- ①太陽放射エネルギー(太陽活動)の変化
- ②地球の公転軌道変化(ミランコビッチサイクル)
  - ・過去40万年～現在、それ以前(新生代)は造山活動等の別の要因
- ③火山爆発(エアロゾルの寒冷化)
  - ・ただし、CO<sub>2</sub>放出の場合は温暖化→宮沢賢治「グスコブドリ」
- ④数年～数十年、それ以上の自然変動
  - ・ENSO等(エルニーニョ):大気・海洋相互作用
  - ・AO(北方振動)シグナル(±)と北半球中緯度の温度(±)
  - ・小氷期からの気候復元(1800年～)(→ヒマラヤ氷河事件)

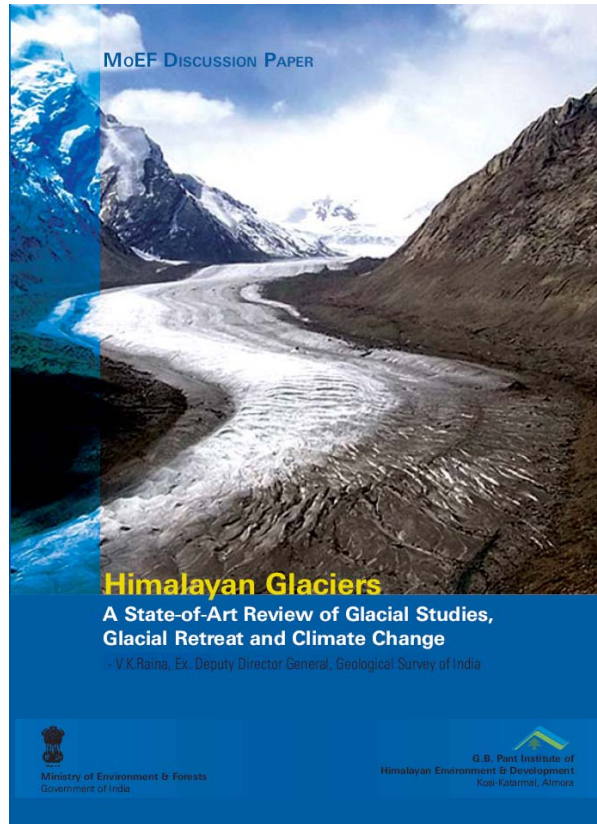
## 【人為原因】

- ⑤CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、HFC等の温室効果ガス(温暖化)
- ⑥森林伐採・砂漠化等の地表面変化



# IPCCのヒマラヤ氷河2035年消滅vsインド報告書

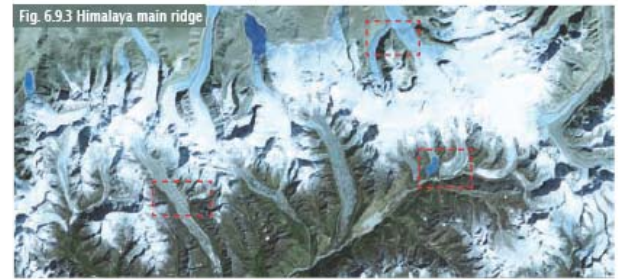
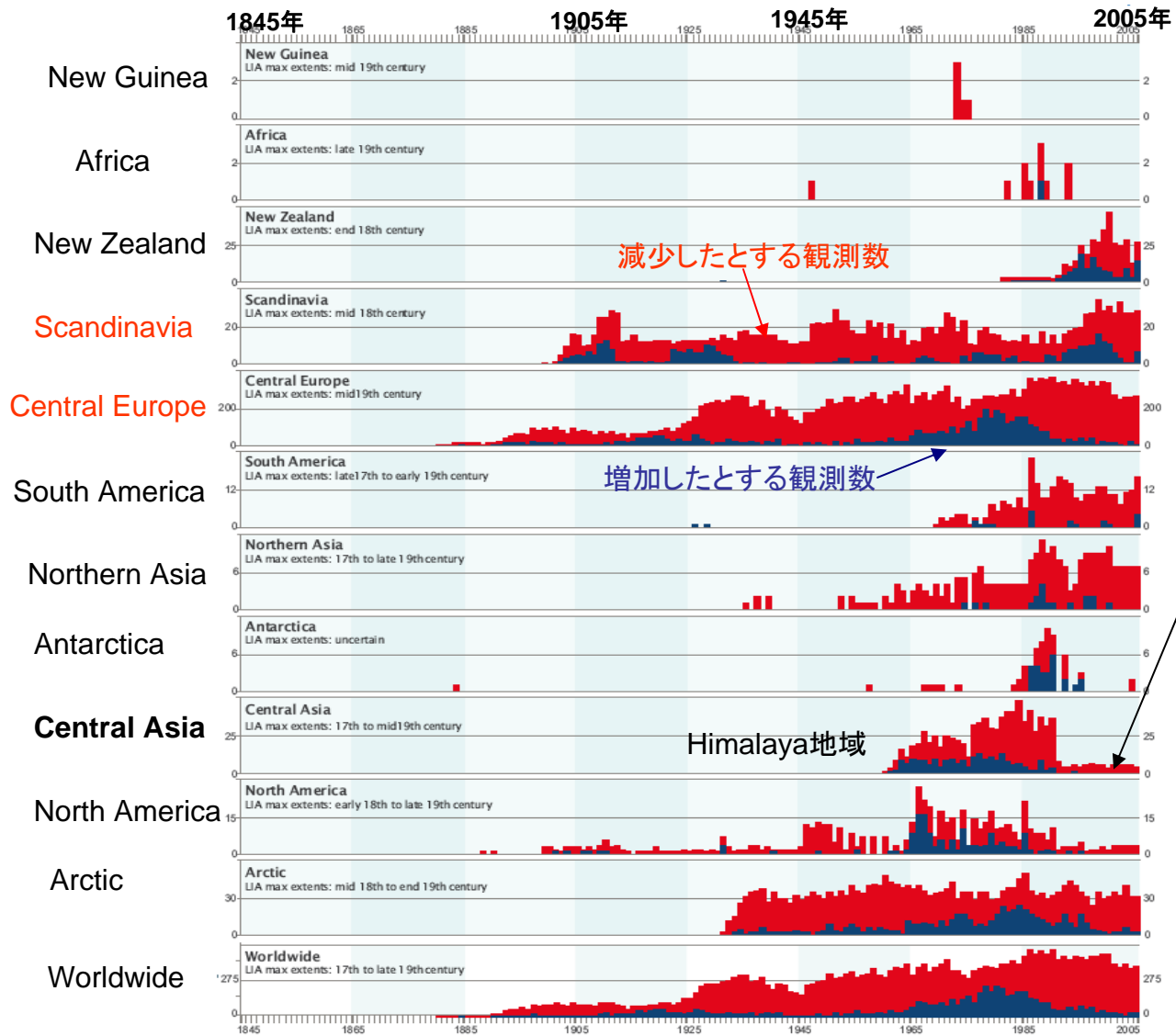
2009年9月のインド環境省の報告書の主な結果  
(Executive Summaryから)



- 20世紀初頭から、インドヒマラヤの20の氷河について観測開始。小規模氷河(5km以下)でもカール部(最上部)の厚さは250m程度、中間部で40～60m。大規模氷河では中間部でも200m以上。
- 氷河融解の主な原因は、過去からの融解と大気中塵(厚さ2mm程度)の影響。9月に北斜面で顕著
- ヒマラヤ氷河は継続的に減少しているが、アラスカ、グリーンランドのような異常な減少は見られない。Gangotri氷河は2000年までは、毎年20mの減少(最も速度が大きい)を示していたが、2007年9月～2009年6月の期間は安定。
- ヒマラヤ氷河が地球温暖化の影響により急激に減少しているとは主張できない。今後、数世紀におよぶ観測を継続しなければ、温暖化影響を特定できない。ただし、1800年から何らかの原因で継続的減少していることは確か。

(出典) [http://moef.nic.in/downloads/publicinformation/MoEF%20Discussion%20Paper%20\\_him.pdf](http://moef.nic.in/downloads/publicinformation/MoEF%20Discussion%20Paper%20_him.pdf)

# 他機関観測でも、ヒマラヤ氷河融解が早いとは言えない



Central Asia /Himalayaの氷河と氷河湖は最も標高の高い地域。氷河が減少したとする観測数(赤棒)は他の地域に比べて多いとは言えず、最近では観測数も減少傾向。高緯度のScandinavia、Central Europeでは減少したとする観測例が多い。現状では、精度の高い氷河消滅予測は困難。

Fig. 5.1 Glacier length changes - Temporal overview on short-term glacier length changes. The number of advancing (blue) and retreating (red) glaciers are plotted as stacked columns in the corresponding survey year. This figure shows 30 420 length change observations with a time range of less than 4 years (between survey and reference year). This corresponds to almost 85 per cent of the reported data which in addition include observations covering a longer time scale and/or stationary conditions. The time period of glacier LIA maximum extents is given according to the regional information in Chapter 6. Note that the scaling of the number of glaciers on the y-axis changes between the regions. Source: figure based on data analysis by R. Prinz, University of Innsbruck, Austria; data from WGMS.

# インターアカデミー・カウンシル(IAC\*)の勧告(8/30)

## 【概要:主なポイント】

- IPCCの対応の遅れについては、少人数の執行委員会を設置して、全体総会よりも迅速に問題点を解決する制度改革を勧告。
- 査読プロセス等の改善策では、査読編集者(Review Editor)は要約を文書化し、執筆者は回答を文書化して証拠を残すよう勧告(外部コメントに対する対応責任の明確化)。
- IPCC結果をIPCC主要メンバーが個人的(意思、意見)に発表するのを防止するため、マスコミ発表のガイドライン作成を勧告

(出典)IAC HP:<http://reviewipcc.interacademycouncil.net/report/Executive%20Summary%20and%20Front%20Matter.pdf>

## 【以下の議論が続いている】

- IPCCメンバーの任期制限(1期6年に制限するかどうか?)
- IPCCメンバー(無給が原則)の利益相反防止

(出典) R. Pilke BLOG:<http://rogerpielkejr.blogspot.com/2010/08/should-rajendra-pachauri-resign.html>

(\*)IAC: InterAcademy Council, 2000年設立、本部オランダ

## 2. コペンハーゲン協定の気候目標

### 第1パラ;

- ・世界全体の**気温上昇を2°C以下**、**衡平性**、持続可能な開発
- ・途上国の適応(Adaptation)計画作成への支援

### 第2パラ

- ・**IPCC第4次評価書が示す2°C抑制(注)に従い**、世界全体で**大幅削減**
- ・世界全体及び各国の排出量のピークアウトを可能な限り早期に実現

(注): IPCCの第4次評価書には、2°C抑制の必要性を主張したような記載はない。しかし、IPCCパチャウリ議長の発言、環境保護団体、マスコミ等では、IPCCが2°C抑制を主張しているかのように理解されている。

### 第6パラ

- ・森林の減少及び劣化に由来する排出を削減: REDDプラス(注)の制度の早期実現

(注) REDDプラス(Reduced Emissions from Deforestation and forest Degradation): 途上国の森林減少・森林劣化に由来する排出削減(REDD)に、森林の保全、持続可能な森林管理及び森林の炭素ストックの向上を加えた概念。

### 第12パラ

- ・コペンハーゲン協定の評価を2015年までに実施
- ・**気温上昇を1.5°C(注)**とすることも検討する

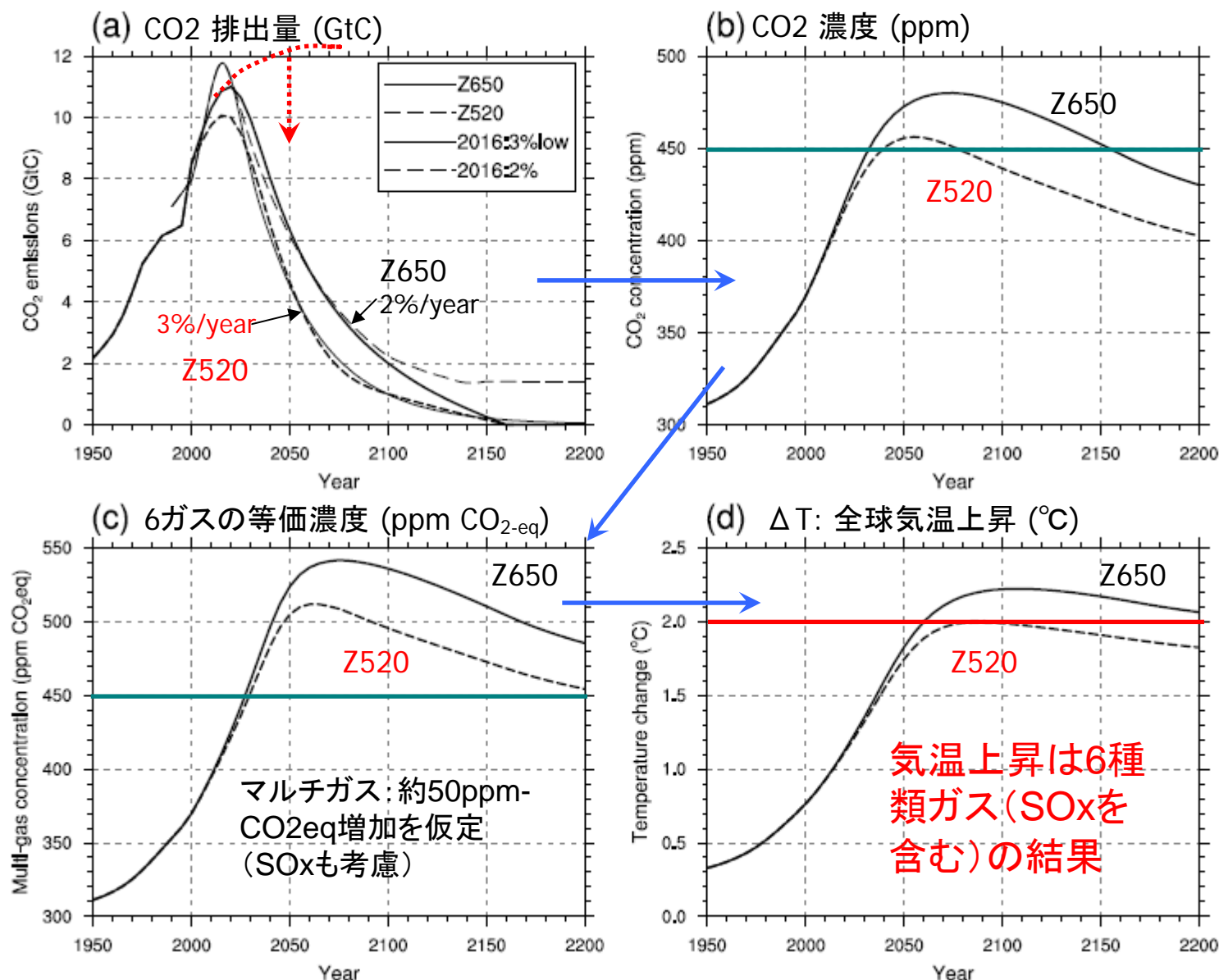
(注) ツバル等の小島嶼国連合(AOSIS)が海面上昇の危険性を主張。これに国連・潘基文事務局長、IPCCパチャウリ議長他が政治的に配慮した結果である。どうやって実行する？

# 基礎知識：CO2と温室効果ガス（GHG）の分類

京都議定書削減対象の6種の温室効果ガス（*）		地球温暖化係数 （GWP:100年）	気候科学の分類 （本報告）	（参考）総合エネ調 等の分類
1	① エネルギー起源CO2	1	CO2	エネルギー起源 CO2
	② 工業プロセスからのCO2	1		エネルギー起源 CO2以外の温室効 果ガス
	③ 廃棄物からのCO2	1		
	④ 土地利用変化（森林破壊等）からのCO2 （環境省のインベントリでは除外）	1		
2	CH4	21	CO2以外の温室 効果ガス	
3	N2O	310		
4	HFCs	1300等		
5	PFCs	6500等		
6	SF6	23900		

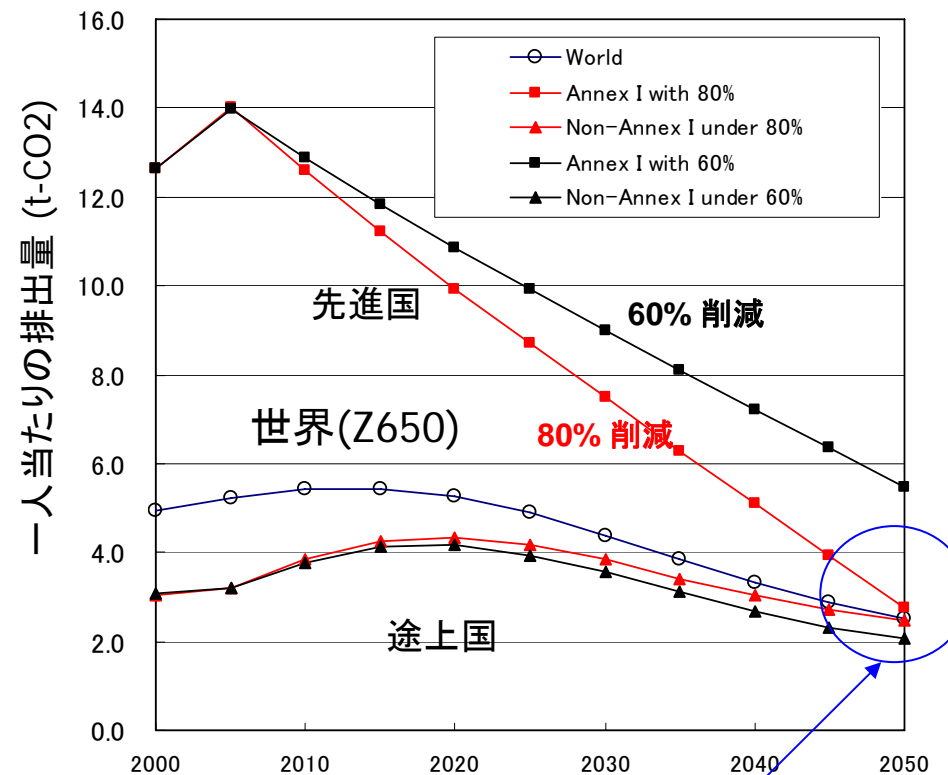
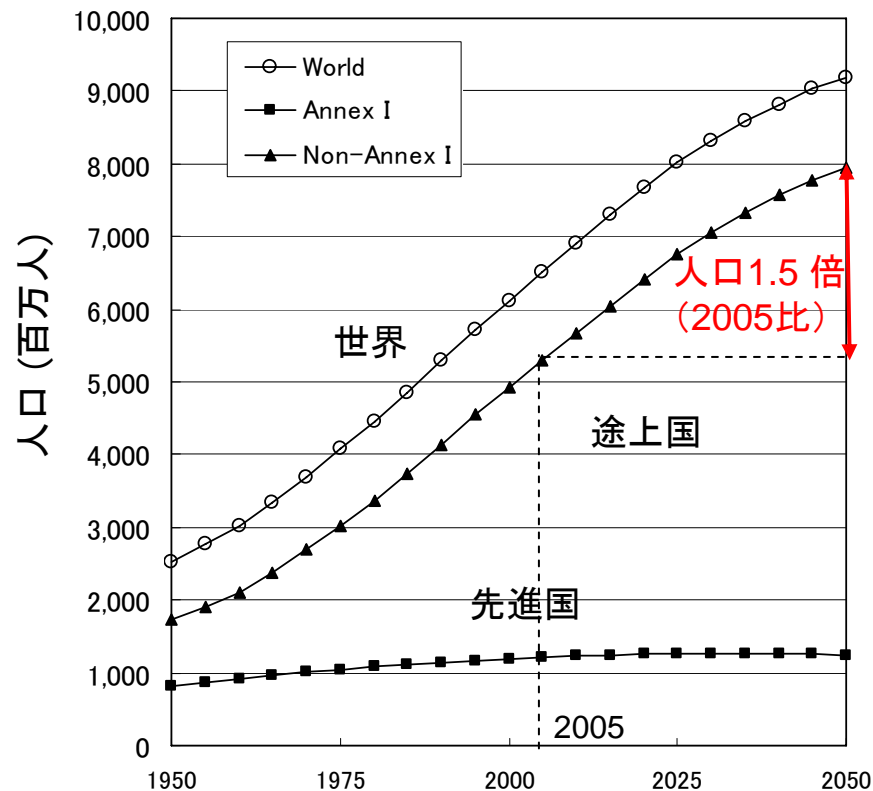
# 排出パスの検討 (2°C抑制 = Z520、若干緩和 = Z650)

BAUから大幅削減(エネ起源以外も含む)



# 衡平性の検討: Z650シナリオの一人当たりCO2排出量試算

(\* ) Annex I (先進国) and Non Annex I (途上国)を1つのグループと仮定

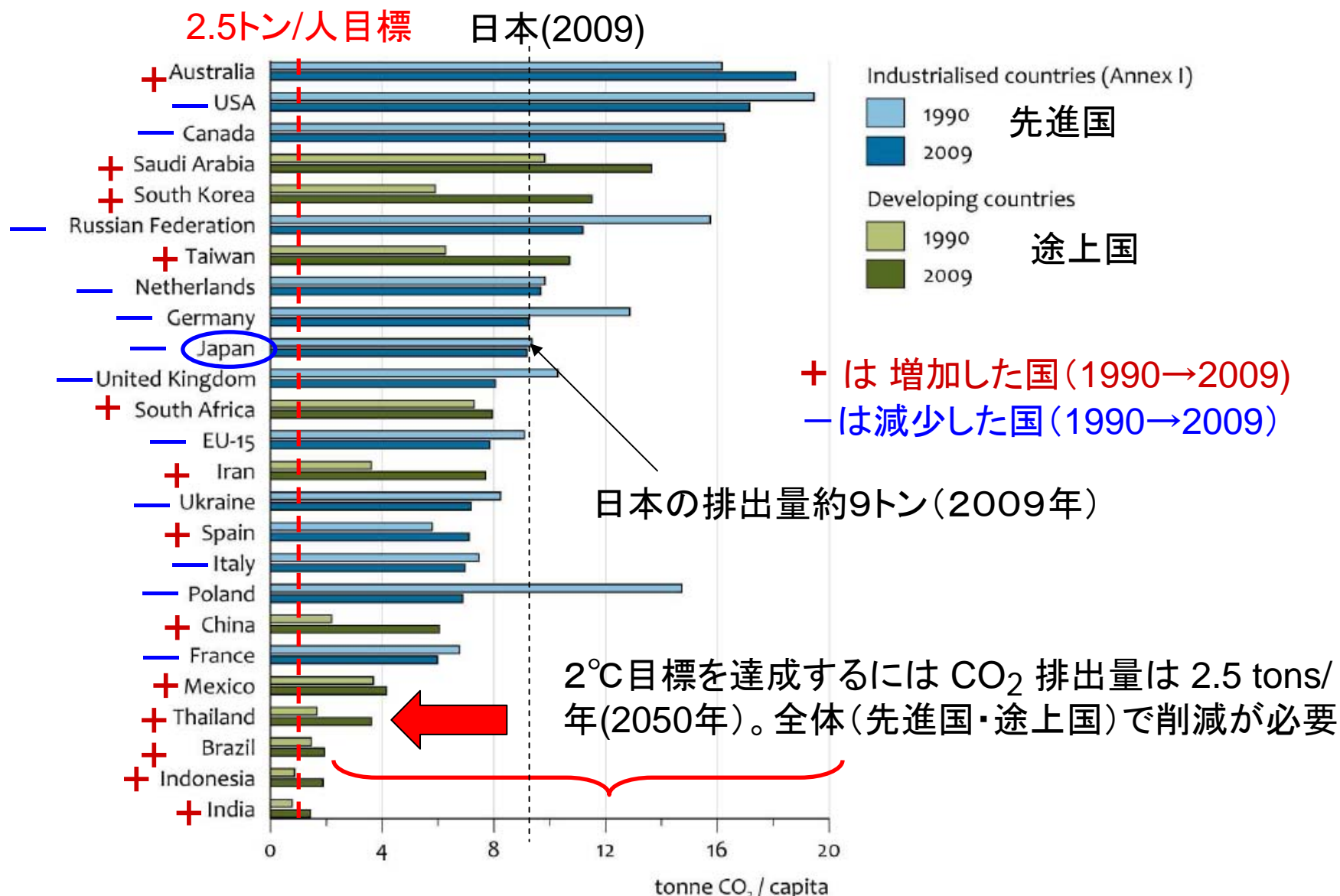


(出典) 国連, 世界人口推定(2006年)  
 世界人口(2005年): 65.2億人  
 CO2 排出量(エネルギー起源): 270 Gt-CO2(2005)  
 一人当たり排出量(世界平均): 4.1t-CO2(2005年)

Z650排出パスでは、先進国が 80%削減を達成すれば、先進国、途上国の一人当たり排出量は 2.5 t-CO2(2050年)に収斂(衡平性の一つの指標)。

# 一人当たり排出量変化と2.5トン/人目標の関係

CO<sub>2</sub> emissions per capita





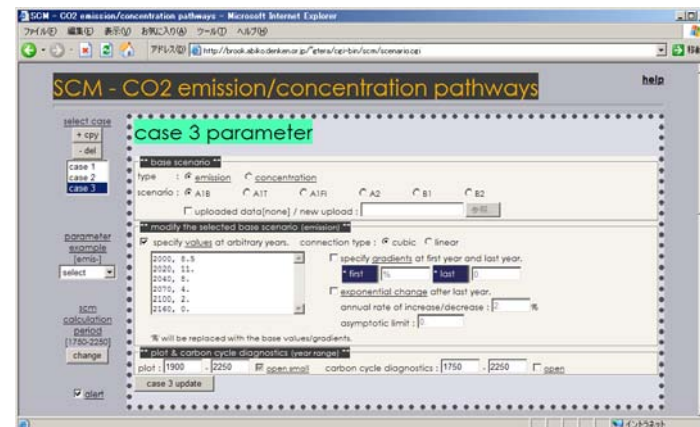
# 小島嶼国(AOSIS)の主張: 1.5°C抑制は実現可能か?

- ツバル等の小島嶼国連合(AOSIS)は、海面上昇の危機から1.5°C抑制を主張
- 潘基文(パン・ギムン)事務局長、パチャウリ議長も1.5°C抑制を支持(COP15以前のマスコミ記事)。
- 1.5°C抑制では、CO2濃度で350ppm、等価濃度で400ppm程度の抑制必要。
- 現在の大気中濃度は約380ppm(2005年、IPCC AR4)。どうやって達成するか?



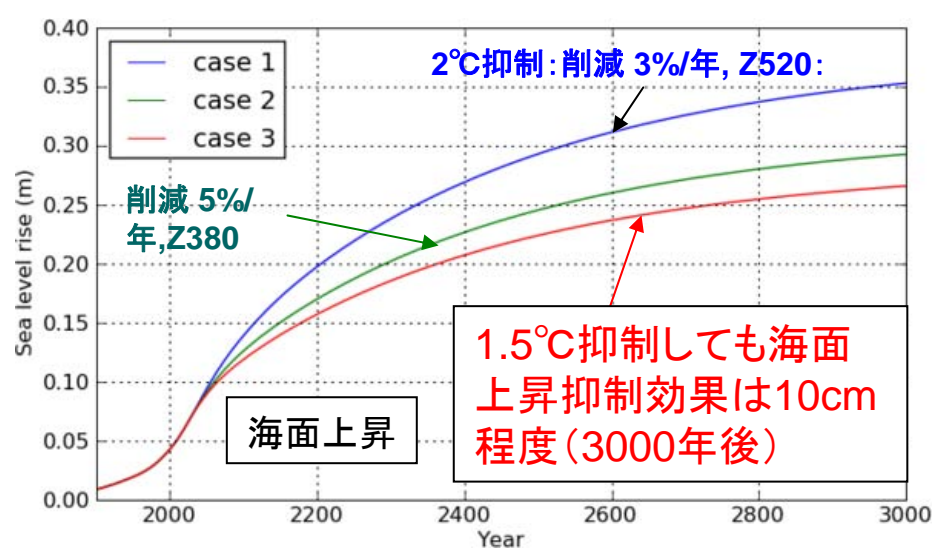
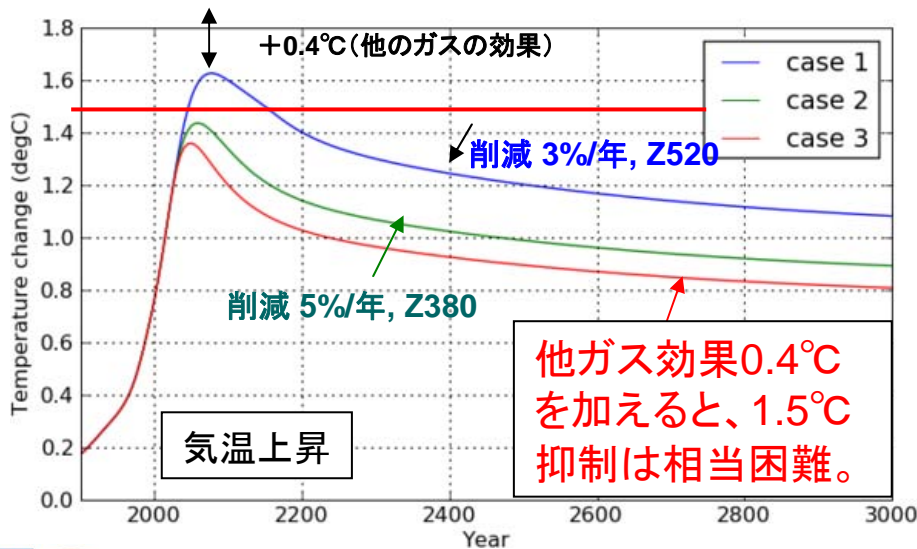
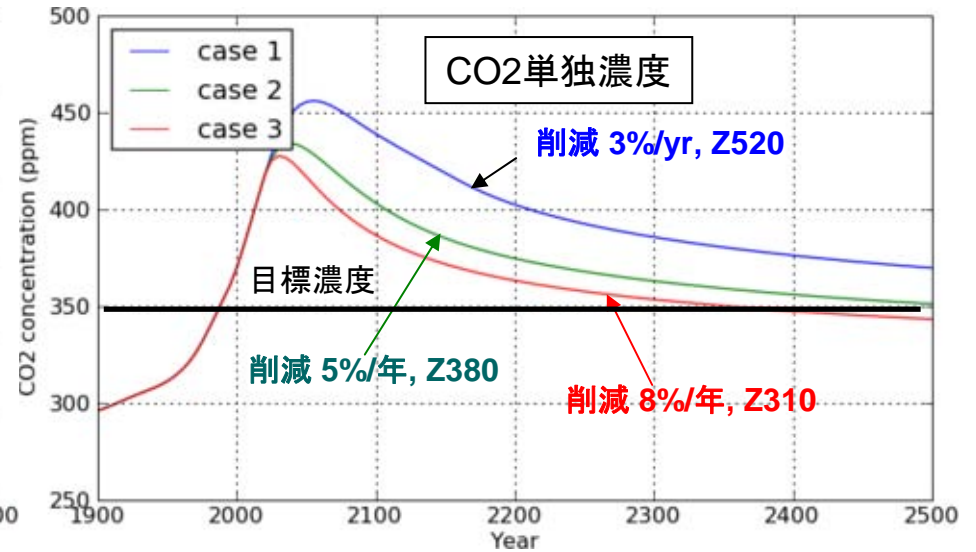
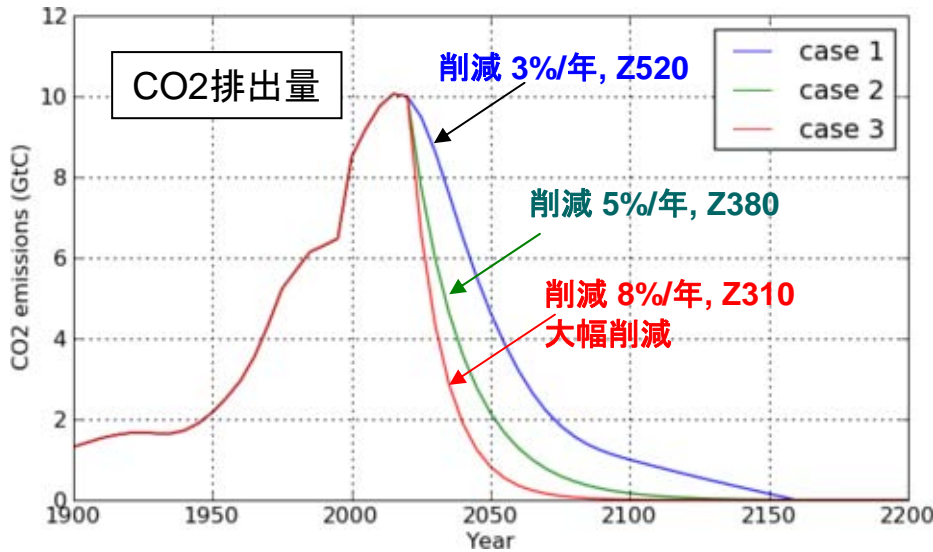
2009年12月24日のGuardian記事では、プリンストン大学の予測結果を紹介。12万5千年前の第3間氷期(Eemian)の解析結果から、2°C上昇すると海面が9mも上昇すると報道し、話題になった。

電中研/環境科学研究所開発のウェブ計算手法(SEEPLUS)(筒井、2010)を利用した検討



# 1.5°C抑制には2020年から年率8%の大幅削減が必要

2020年に排出量のピークアウトを仮定した場合

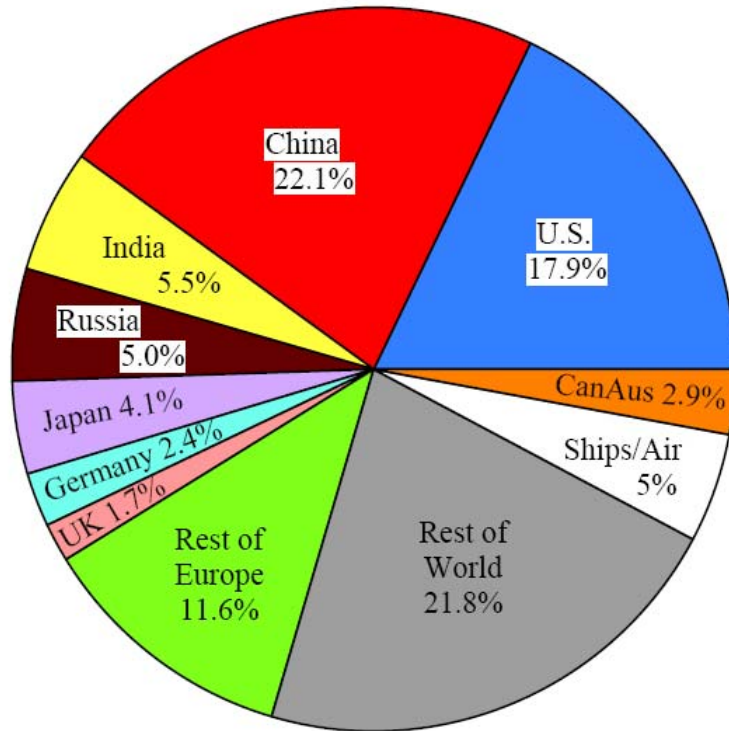


### 3. 今後の課題

- 急増する世界の石炭利用
- 今後の見通し
  - ※米国DOE/EIA見通し  
2035年、CO2世界排出43%増加(07年比)
  - ※オランダ(Ecofys)・ドイツ(PIK)研究機関の予測  
2100年、3.5°C (2.9 ~ 4.4°C)
- IPCCシナリオ(AR5, 2013-14年発表予定)との比較
  - ※AR5シナリオとの比較: 2°C達成は困難か?
  - ※他のGHG削減の重要性

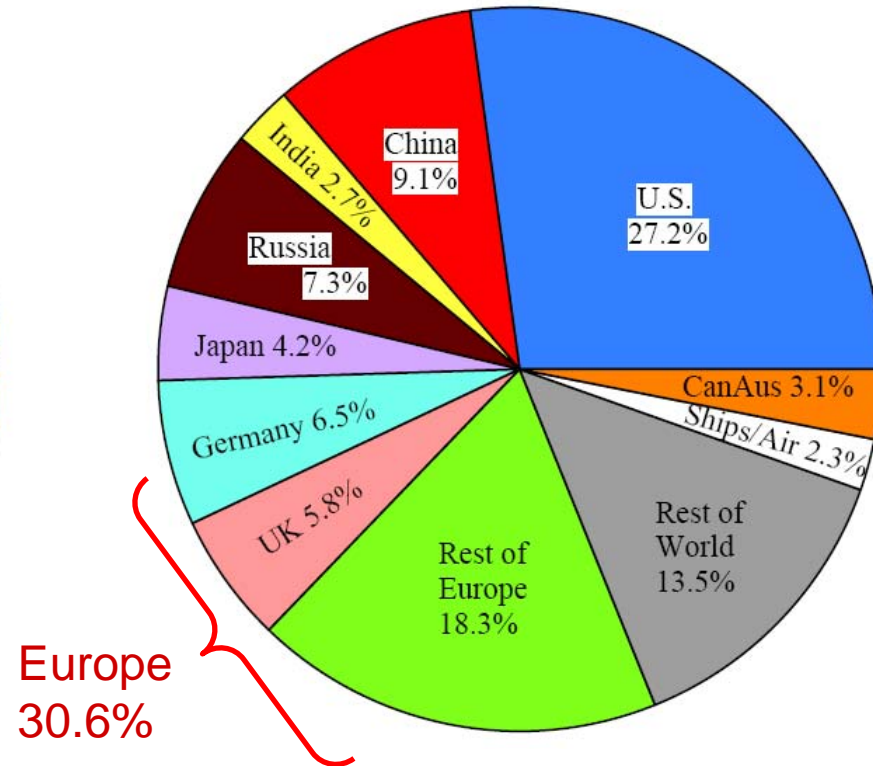
# エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量の現状(世界全体)

2008 Annual Emissions



中国は米国を抜いて世界一の排出国。インドも第3位である。

累積排出量(1751年—2008年)  
1751–2008 Cumulative Emissions

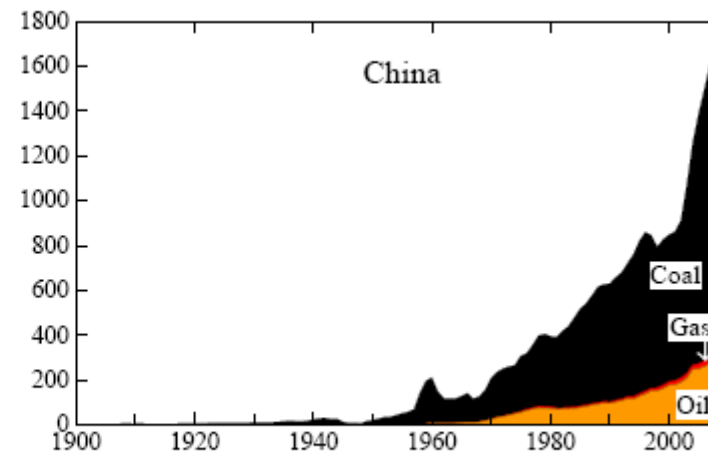
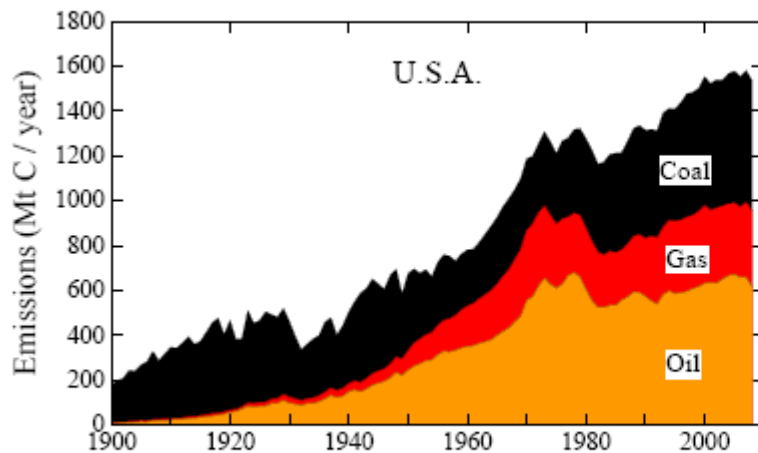
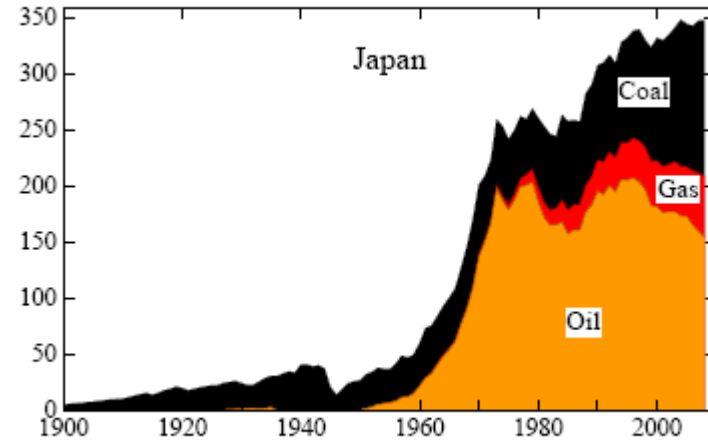
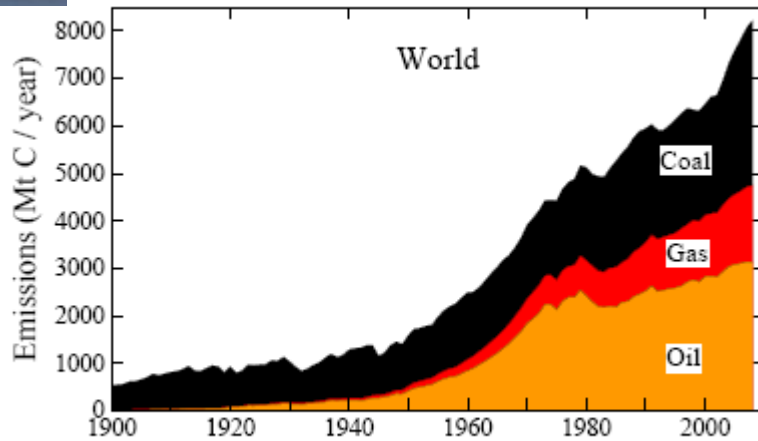


累積排出量は気候変化の国別責任を示す指標の一つ。米国とEUの合計(57.8%)は中国の排出量の3倍。日本は中国の半分。

# 急増するCO2利用：中国とインド(いずれも石炭生産国)で顕著



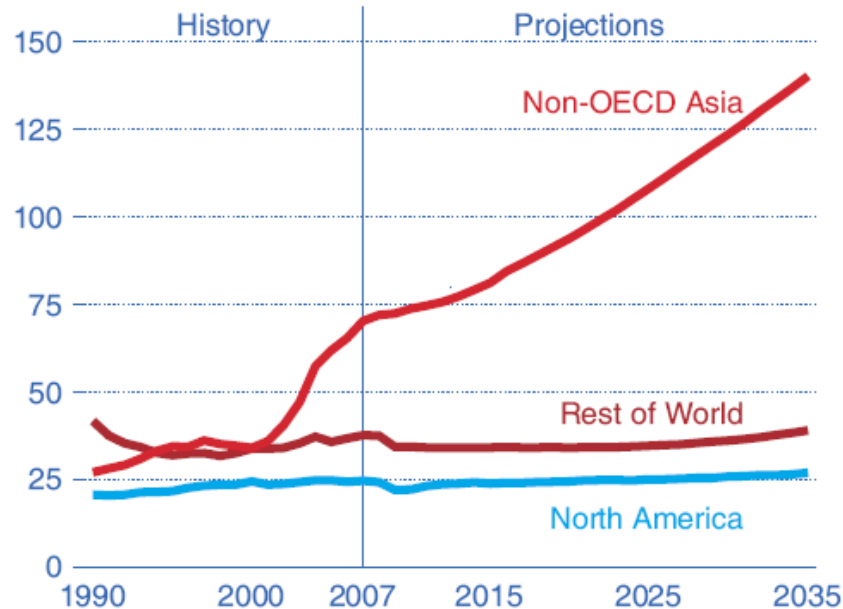
kWh当りのCO2 排出量は、石炭火力はガス火力の約2倍。世界の石炭火力発電の効率向上は大きな課題。



# 米国EIA見通し: 2035年, CO2世界排出43%増加(07比)

## 世界の石炭消費量の見通し

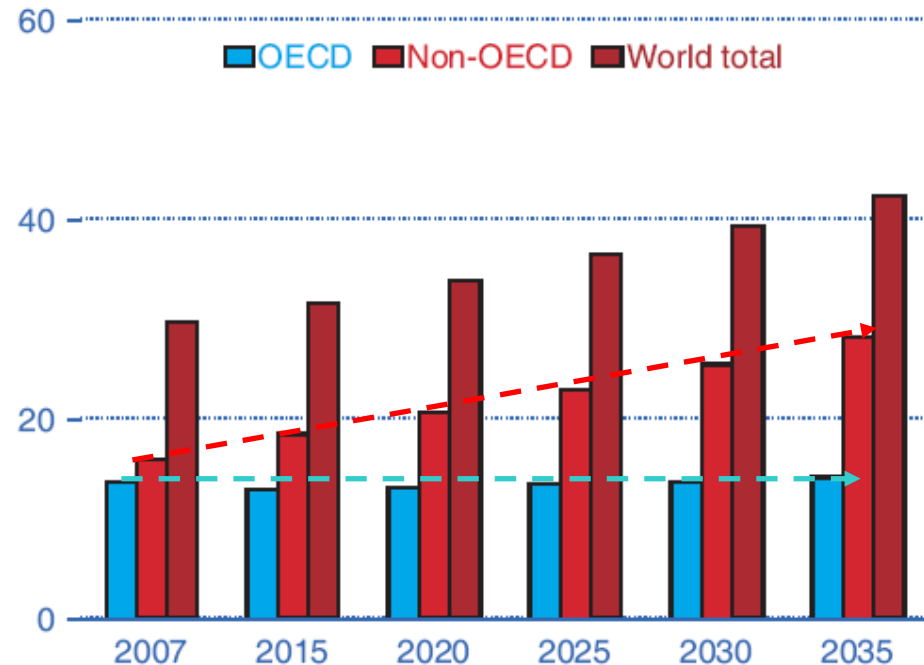
Figure 5. World coal consumption by region, 1990-2035 (quadrillion Btu)



近代化の歴史と異なり、2035年にかけて、特にアジア地域で石炭利用が急増。地域汚染(大気、土壌、地下水)、地球温暖化とも深刻化するだろう

## 先進国と途上国の排出見通し

Figure 10. World energy-related carbon dioxide emissions, 2007-2035 (billion metric tons)



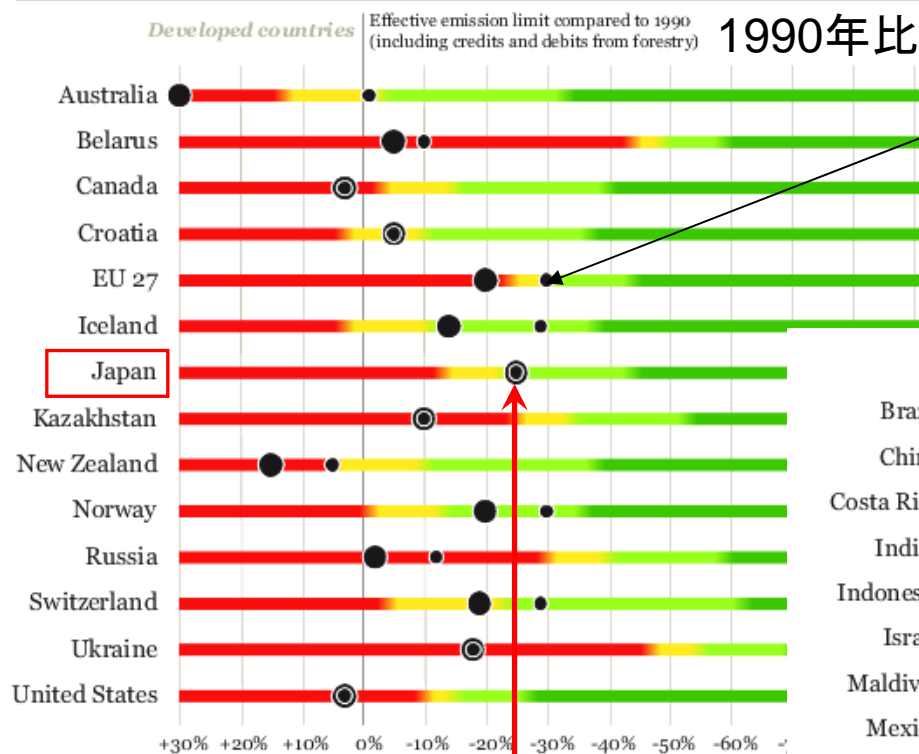
CO2排出量は、OECD諸国は若干減少。途上国(Non-OECD)では増加。合計では、世界のCO2排出量は2007年の**43%**増加。33.8→42.4(単位:10億トン/年)

(出典)米国EIA(Energy Information Agency)/International energy Outlook 2010,5月20日

# コペンハーゲン協定世界各国の削減目標(宣言状況)

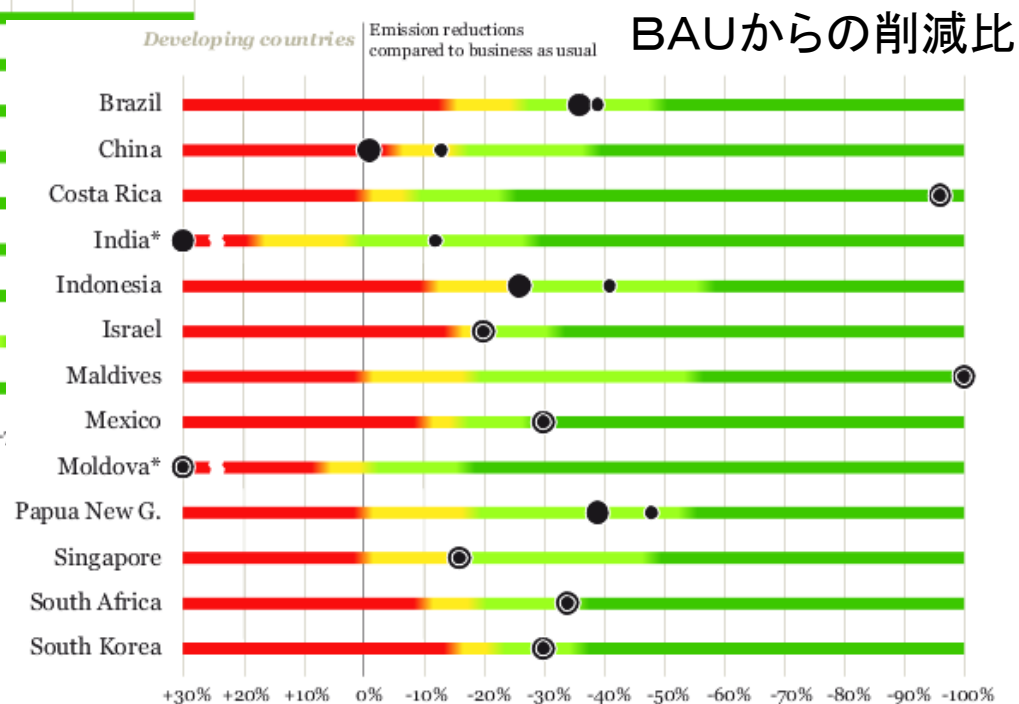
## 先進国の2020年削減目標の宣言(Pledge)状況

(7月末段階)



条件付目標

## 途上国の宣言(Pledge)状況

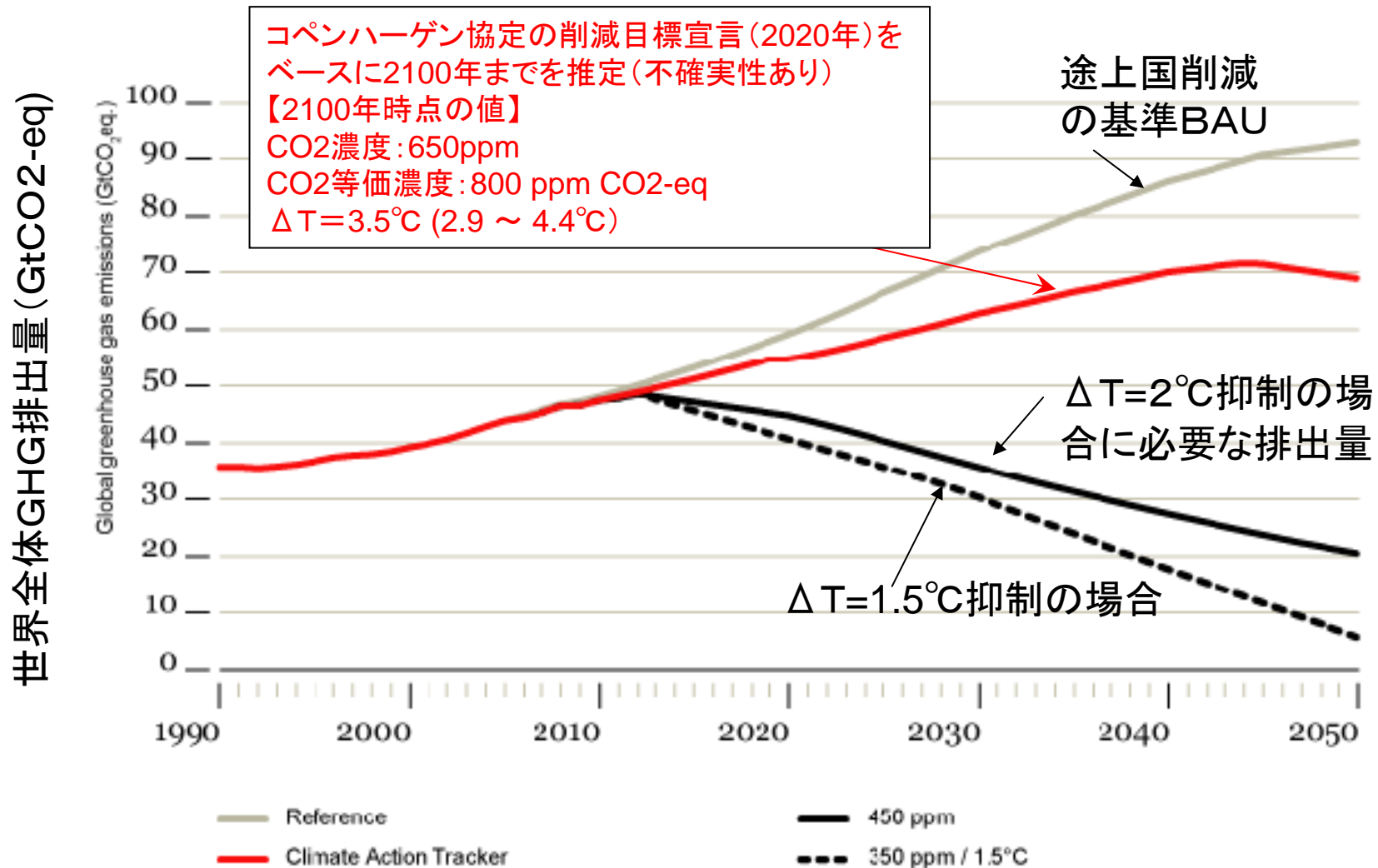


◎日本は先進国の中で最高の削減率25%(90年比)

●EU27は20%削減、条件付目標で30%

# コペンハーゲン協定の現時点の評価(排出量、気温上昇)

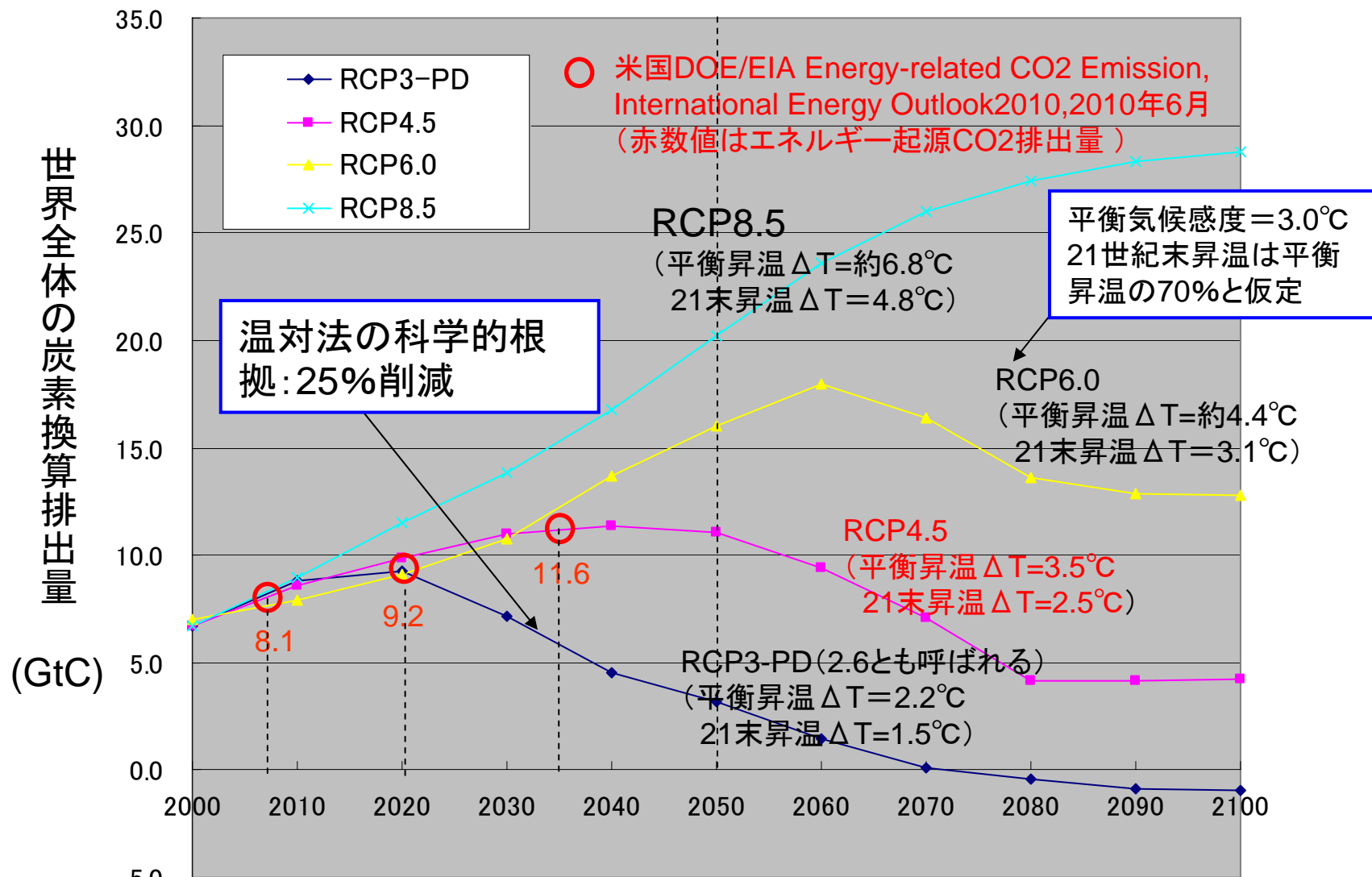
オランダ(Ecofys)・ドイツ(PIK)研究機関



(出典) オランダ研究機関(Ecofys): <http://www.climateactiontracker.org/>, Press release 29 July 2010



# 本報告の評価: DOE/EIA見通し→ $\Delta T=2^{\circ}\text{C}$ を超える



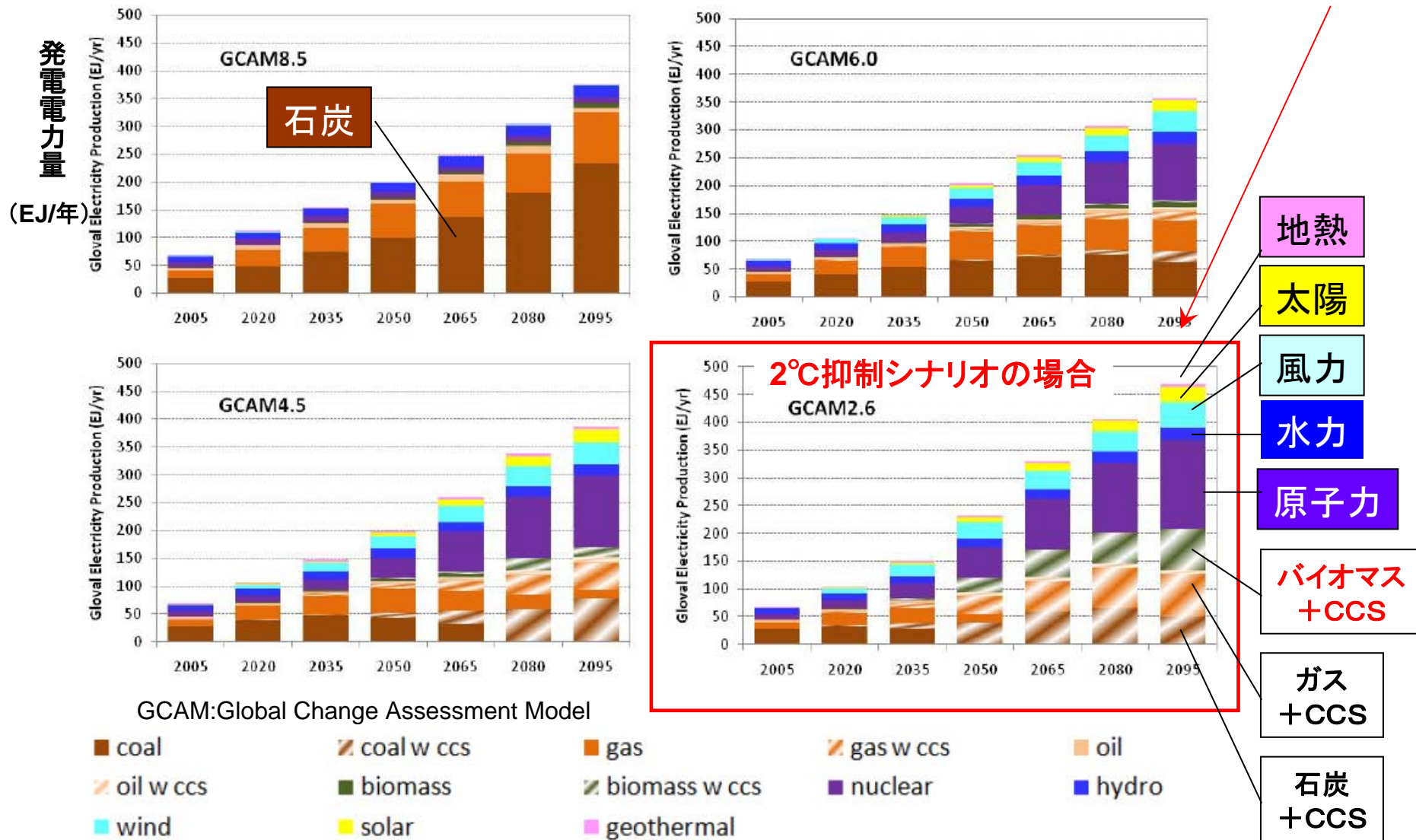
(注) ①EIA Outlook2010はエネルギー起源CO2排出データである  
 ②IPCCのRCPは、(エネルギー起源+産業)カテゴリのCO2排出データとした

(出典) RCP: Representative Concentration Pathway

オーストリア IIASA HP <http://www.iiasa.ac.at/web-apps/tnt/RcpDb/dsd?Action=htmlpage&page=welcome>  
 米国EIA (Energy Information Agency)/International energy Outlook 2010, 5月20日, 2010年

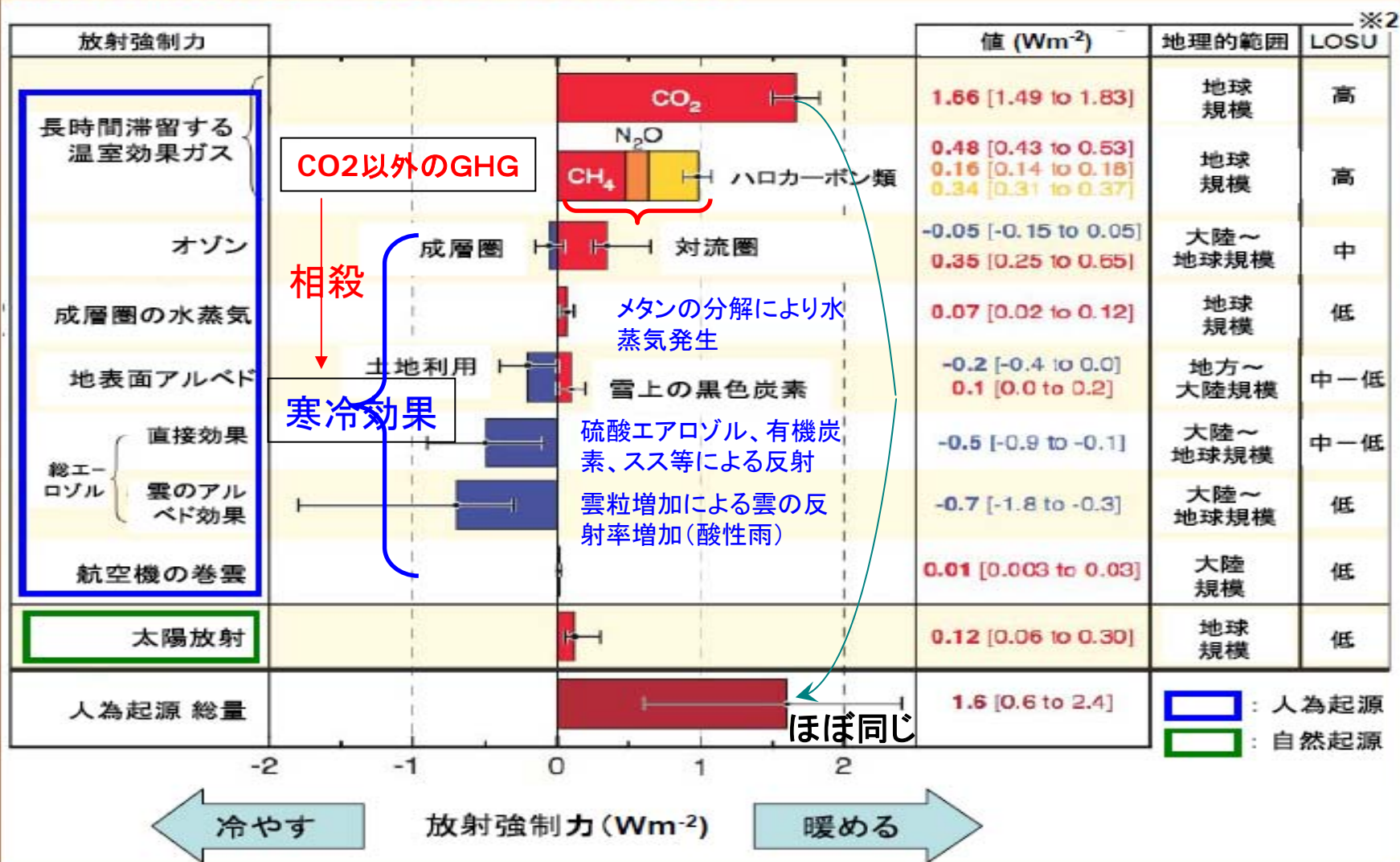
# IPCCシナリオ分析：米国機関による世界電力供給予測

RCP3-PD(2°C)では、排出量をマイナスにするためバイオマス+CCSの大幅導入が必要

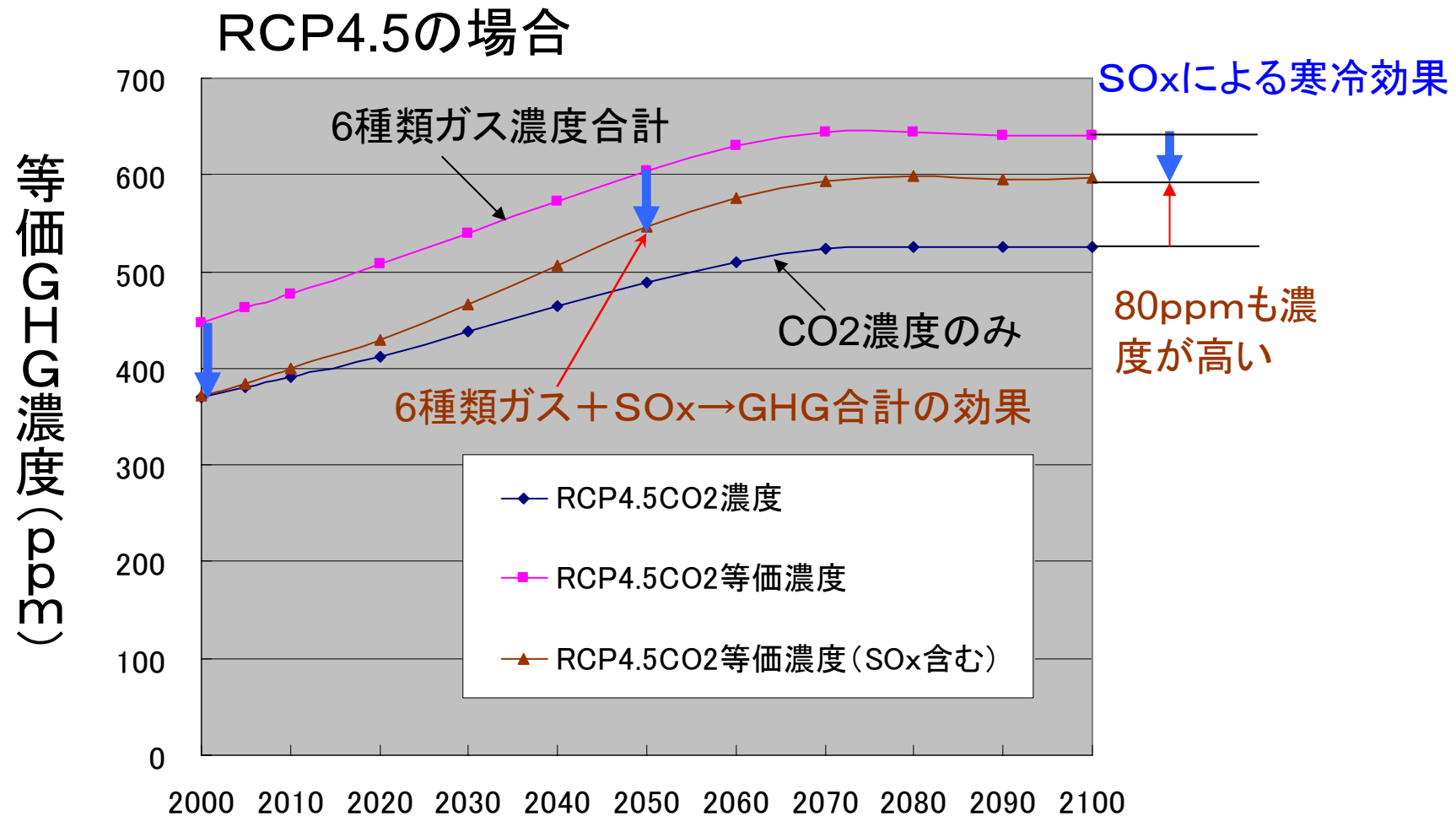


# CO2以外の温室効果ガス:エアロゾルと同時削減が必要

放射強制力の構成要素(1750~2005年)



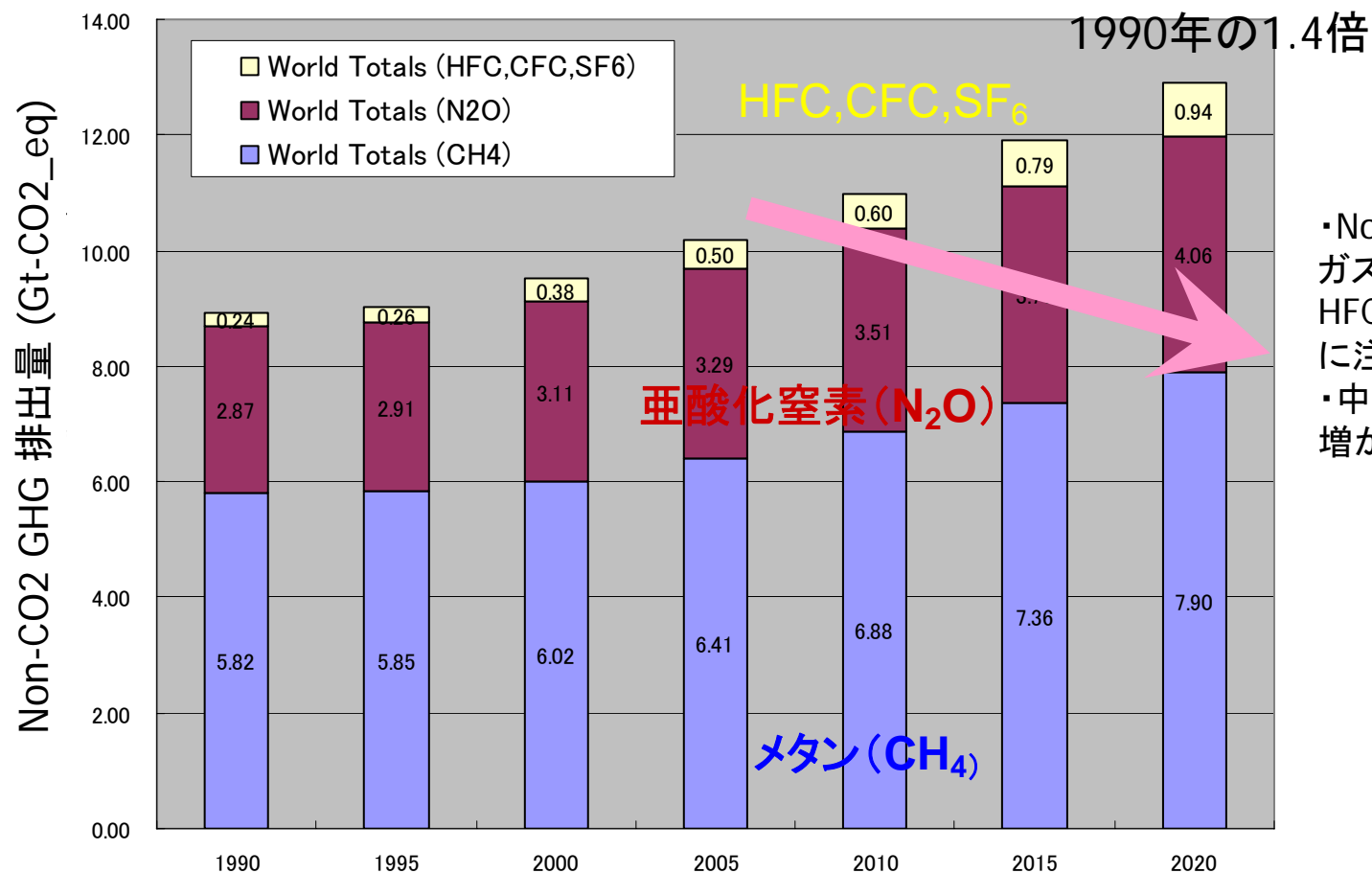
# IPCCシナリオの温室効果ガスとSOxの排出傾向



IPCCのシナリオでは、将来、大気汚染物質のSOx(エアロゾル)対策が進むと予想。その結果、メタン等の温室効果ガスの効果が現在よりも顕在化し、温暖化が一層進む可能性が高まる。今後、削減が重要課題。

# 世界全体の温室効果ガスの見通し(米国EPA)

対策技術が異なるので、個別のガスごとに国際的な削減に取り組むのが効果的



- ・Non-CO2 の温室効果ガス(メタン、亜硫酸ガス、HFC, CFC, SF6)の削減に注意を払うべき
- ・中国からの排出量の急増が予想されている。

(出典) Global Anthropogenic Non-CO2 Greenhouse Gas Emissions: 1990-2020 US EPA(2006)

## まとめ



- 温暖化の科学(IPCC)の信頼性回復が今後の重要課題。
- コペンハーゲン協定の各国削減目標(Pledge)では、21世紀末には2°Cを超え、最終的に3°Cを上回る可能性が高い。 $\Delta T = 2^\circ\text{C}$ を超えた場合の危険性について、科学的検討が急務。
- 2°C達成するIPCCシナリオ(2013-14年公表予定)は排出量がマイナスになる。今後の国連交渉に向け、コスト、資源制約等を考慮したより現実的な世界エネルギーシナリオの開発が必要。
- CO<sub>2</sub>だけを削減するのでは、他の温室効果ガスの影響が残る(現状では20%程度)。CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O等の削減対策・技術は異なるので、個別に国際ルールを構築するべきであろう。