

2009.8.7

原子力委員会

国際専門部会資料

山本良一

東京大学生産技術研究所

2009年7月8,9日のイタリア・ラクイラで
開催されたG8とMEF(主要経済国フォーラム)
で気候ターゲット2°Cが合意されたことは
画期的な事である！
これで気候安定化の世界の当面の目標が
明確になった。

イタリア・ラクイラサミット

2009. 7月



G8 「気温上昇を2 以内に抑制」「先進国は'50までに80%以上削減」

MEF 「気温上昇を2 以内に抑制」

2009.G8サミット宣言 「気候変動」についての要旨

12月の第15回国連気候変動枠組み条約締約国会議(COP15)に向け、すべての主要排出国が責任ある形で次期枠組みに参加する重要性を再確認。工業化以前の水準からの世界全体の平均気温が2度を超えないようにすべきだとする広範な科学的知見を認識。

昨年の洞爺湖サミットで合意した、世界全体の温暖化ガス排出量を2050年までに少なくとも50%削減する目標をすべての国と共有することを改めて表明。この一部として、先進国全体で1990年またはより最近の複数の年と比して50年までに80%またはそれ以上、削減する目標を支持。

主要新興経済国は、特定の年までに、対策を取らないシナリオから全体として大幅に排出量を削減するため、数量化可能な行動を取る必要。

柔軟で、経済的に健全な市場に基づく排出量削減アプローチを支持。排出量取引市場の可能性をさらに研究。同市場を可能な限り拡大するため協力。

セクター別アプローチは新興経済国の斬進的な関与を促進し、先進国の経済全般にわたる緩和政策を強化するための有用な手段。

日経 7月9日

ノーベル賞受賞者20名を含む科学者60名ロンドンで声明を発表 “低炭素及び平等な未来のための行動に関して”

2009年5月26日～28日、ロンドンのセント・ジェームズ宮殿で英国王立協会は英国皇太子の臨席の下にシンポジウムを開催し、声明を発表した。地球の持続可能性に関するノーベル賞受賞者のシンポジウムとしては2007年、ポツダムに続いて2度目である。現在が緊急事態であることを認識して次の3点を提言している。

【大転換のマイルストーン】

- (1) 気候変化に関する有効で国際的な合意に達すること
地球の表面温度上昇を産業化前と比較して2℃以下に抑制すること
先進国は2020年までに1990比で25～40%削減することなど
- (2) 低炭素エネルギーのインフラを普及させる
- (3) 熱帯雨林の保全と再生

気候変化は人類にとって核戦争と同様の脅威である

米国の47の団体がオバマ大統領に手紙を送り 2 温度上昇ターゲットを支持するように求めた

6.26.2009

世界の124カ国が危険な気候変化の回避のために地球の表面温度上昇を
2 以下に抑制することを求めている。イタリアのG8サミットでオバマ大統領に
米国も2 ターゲットを支持するよう要請した。

Groups signing the letter:

1 Sky
ActionAid USA
Avaaz.org
CARE
Center for International Environmental Law
Center for Biological Diversity
Chesapeake Climate Action Network
Clean Water Action
Climate Action Network International
Climate Solutions
Climate Law & Policy Project
Conservation International
Defenders of Wildlife
Earthjustice
EcoEquity
Education for Global Warming Solutions
Environmental and Energy Study Institute

Energy Action
Environment Northeast
Environment America
Environmental Defense Fund
Environmental Law & Policy Center
Fresh Energy
Friends of the Earth
Green For All
Greenpeace
Green For All
Greenpeace
ICLEI-USA
Institute for Policy Studies
Interfaith Power and Light
International Forum on Globalization
International Rivers
League of Conservation Voters

National Audubon Society
Natural Resources Defense Council
National Wildlife Federation
Oceana
Oil Change International
Oxfam America
Physicians for Social Responsibility
Pew Environment Group
Sierra Club
Southern Alliance for Clean Energy
Sustainable Obtainable Solutions
The Nature Conservancy
Union of Concerned Scientists
US Climate Action Network
World Wildlife Fund

人間起源の温室効果ガスによる
地球温暖化はこれまで考えられて
来た以上に深刻な問題である

理由(1)CO₂の大量放出、急速な放出速度
(2)CO₂の大気中・長寿命性
(3)CO₂ 一気候フィードバック機構

CO₂は長寿命である

化石燃料起源の大気中へ放出されたCO₂は、100年後に $\frac{1}{3}$ 、1000年後に $\frac{1}{5}$ 残留して地球を温暖化し続ける。

温室効果ガスを排出しても地球の表面温度はすぐには上昇しない。
海や氷床が平衡状態に到達するのに時間がかかるためである

温度上昇の $\frac{1}{3}$ は数年以内、 $\frac{1}{2}$ は25年、 $\frac{3}{4}$ は250年、
100%現れるには1000年かかる。

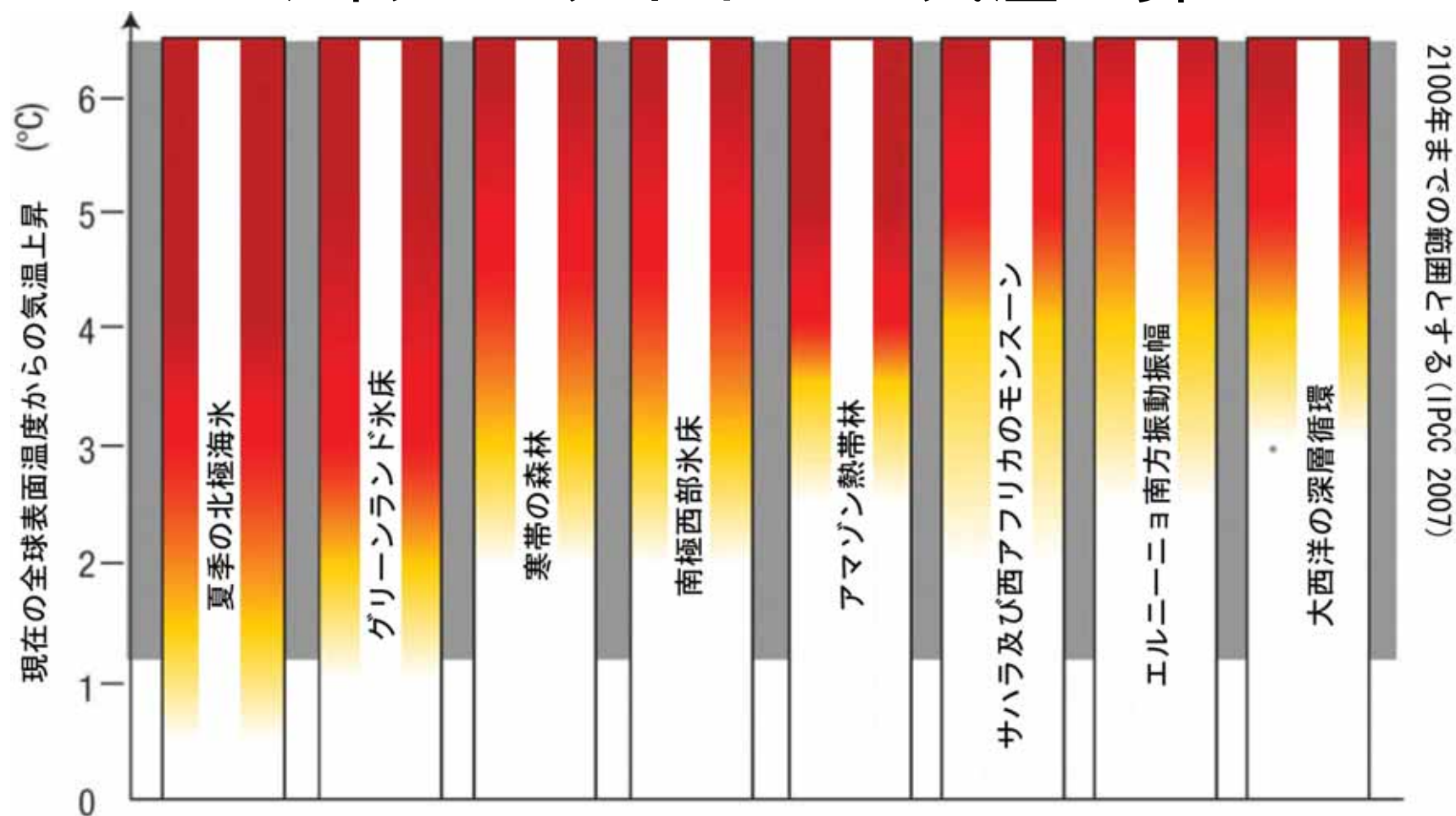
By James Hansen(NASA)

気候ターゲット2°Cの意義

表面温度上昇を2°C以下に抑制することはグリーンランド氷床などのティッピングポイントを越えないため。

ただし夏の北極海氷のティッピングポイントを越えることを予防できるかどうかはギリギリの所にある。

ティッピングポイントと気温上昇



各ティッピングエレメンツが地球表面温度の気温上昇に伴ってティッピングポイントに達する。白から黄の変化はティッピングポイントに達する低いレベルの境界を示し、黄から赤の変化はより深刻な境界を示している。色変化が不確定さを示している。

Data Source: Timothy M. Lenton et al. 2007 Nature Reports Climate Change

気候ターゲット2 でも安全ではない

評価された種の10～15%が絶滅するリスク

1.5～2 の上昇で陸鳥、100～500種の絶滅のリスクが非常に高くなる

広範なサンゴ礁が白化する

皇帝ペンギンの絶滅リスクが高まる

低緯度のやせた土地では穀物収量の低下

ジャワ、バリ島では米の生産性低下

アフリカ諸国の食料生産に悪影響

更に300万人が嵐、洪水の影響を受ける

数十億人が水不足に直面(アフリカ、アジア、ラテンアメリカ)

ヒマラヤ・チベット高原の氷河が80%消滅し、数十億人に影響を与える

アメリカ南西部が不毛の土地へ変わる

グリーンランド氷床の不可逆的融解のティッピングポイントは1.9～4.6 の間

海面上昇は1世紀につき1.6m(12.5万年前のデータより)

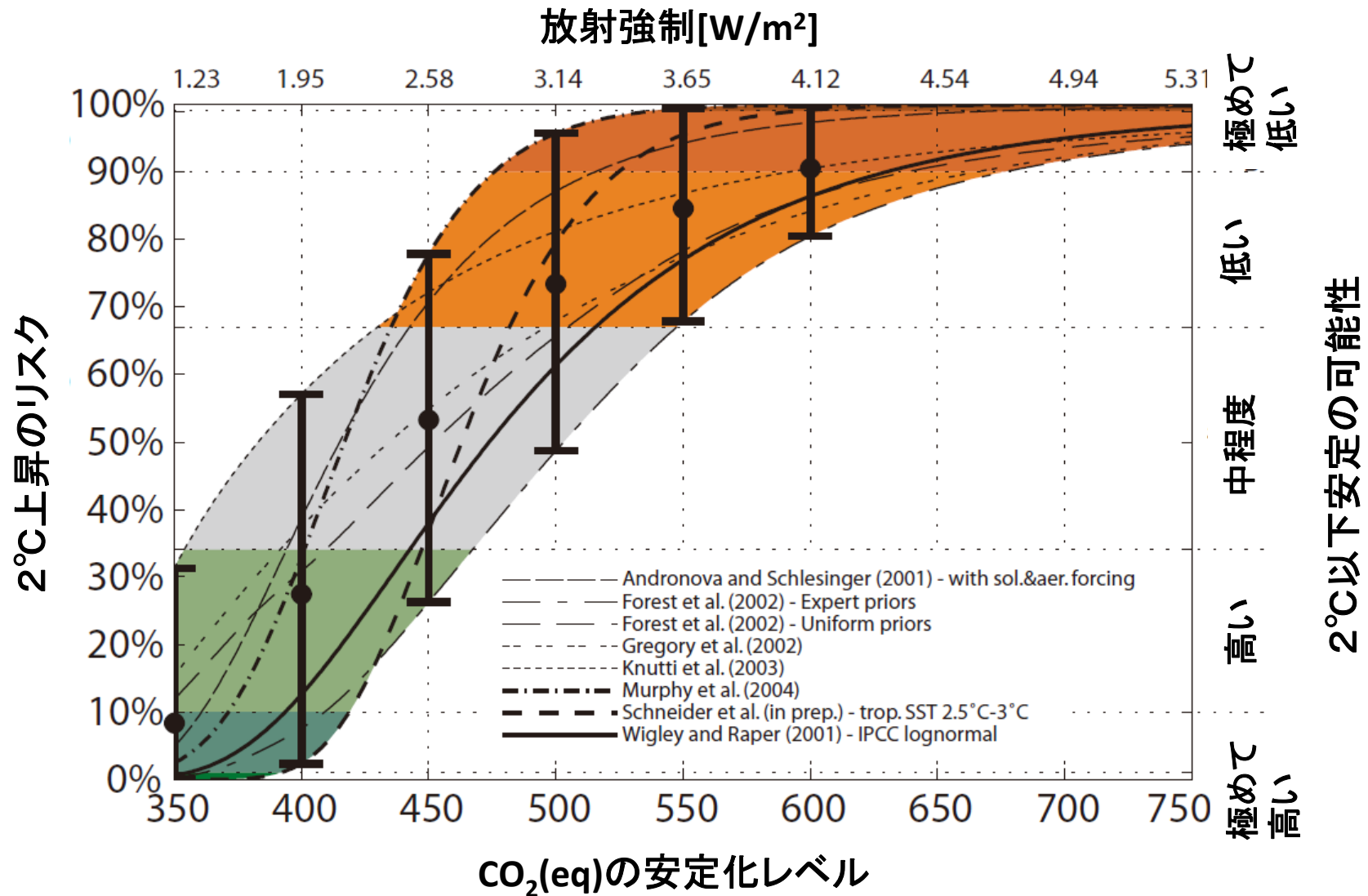
1.7 突破(350ppm、気候感度3)で長期的に南極氷床が消滅(J.Hansen)

Ref. A Safe Landing for the Climate www.worldwatch.org

2009 State of the World, Chapter 2

W.L.Hare

CO₂(eq)の安定化レベルと2°C上昇のリスク

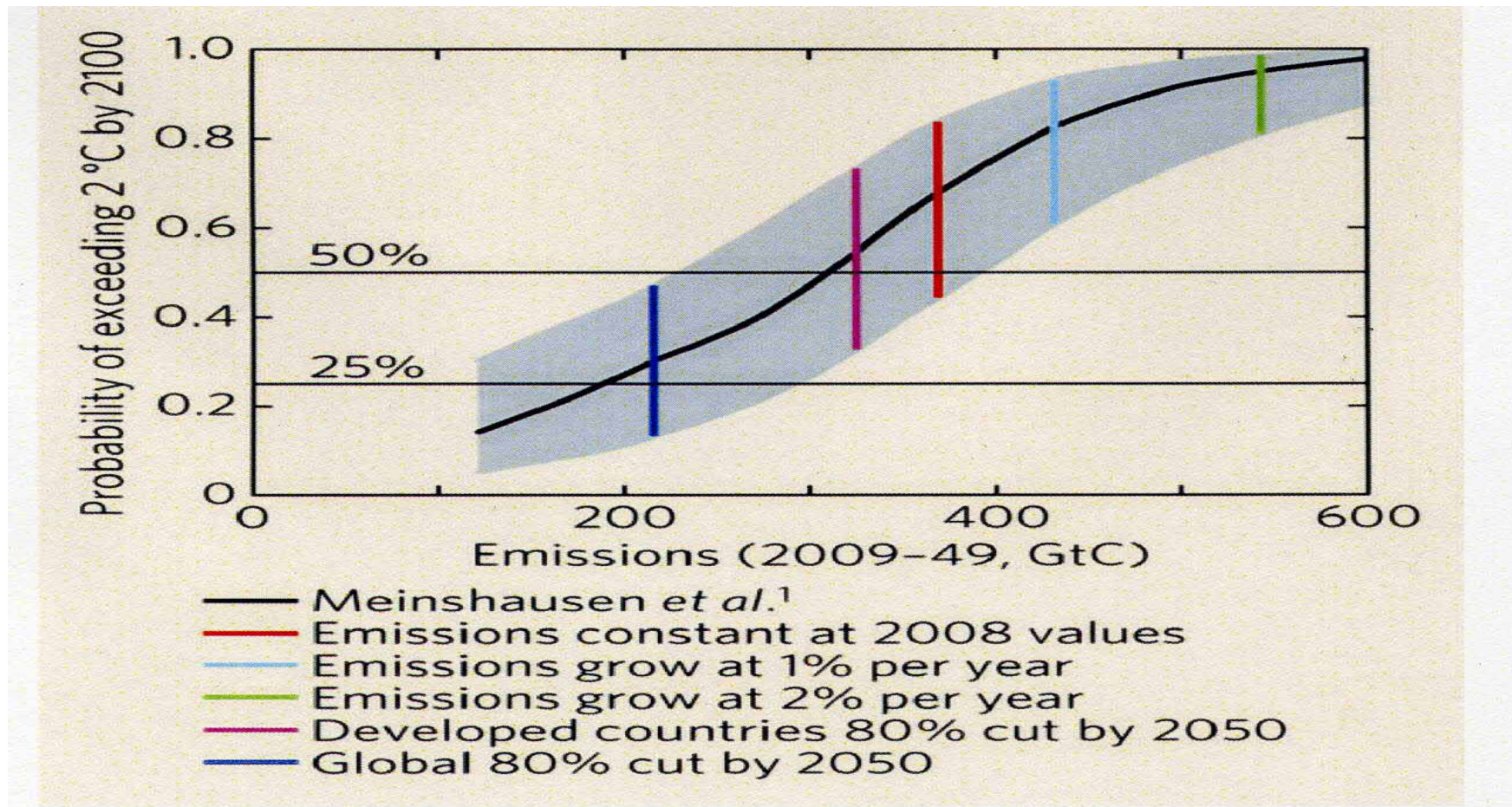


Greenhouse gas emission targets for limiting global warming to 2
Malte Meinshausen, Nicdai Meinshausen, William Hare, Sarah C.B. Raper,
Katja Frienler, Reto Knutti, David J. Frame and Myles R. Allen
Nature 458, 1158 - 1162 (30 April 2009)

温度上昇が2℃を突破する確率は2000～2050年のCO₂の累積排出量と良い相関がある
累積排出量が1,000 GtCO₂の場合、2℃突破の確率は25%
1,440 " " 50%
2000～2006年のCO₂の累積排出量は234 GtCO₂

したがって2℃突破の確率を50%以下に抑制するためには2007～2050年のCO₂の
累積排出量を1206 (= 1440 - 234) GtCO₂以下にしなければならない。

- (1) これは現在の化石燃料の確認埋蔵量の半分は使用できるということを意味する
- (2) 90年比で2050年に半減シナリオでは2℃突破の確率は12～45%
- (3) 2000年比で2020年までに排出量が25%以上増加すると2℃突破の確率は53～87%となる



2009－2049年のCO2累積排出量の関数としての
2°C突破の確率（黒い実線）

By Gavin Schmidt and David Archer
Nature Vol.458,1117(2009)/30 April 2009

310GtCを越えると2°C突破の確率は50%を超える

Point of No Return(2 突破)

2032年5月12日 ~ 2040年7月28日の間

計算の前提

(1)CO₂の累積排出量の臨界値

310(Meinshausenら) ~ 480(Allenら)GtC

(2)2008年の排出量 = 9GtC

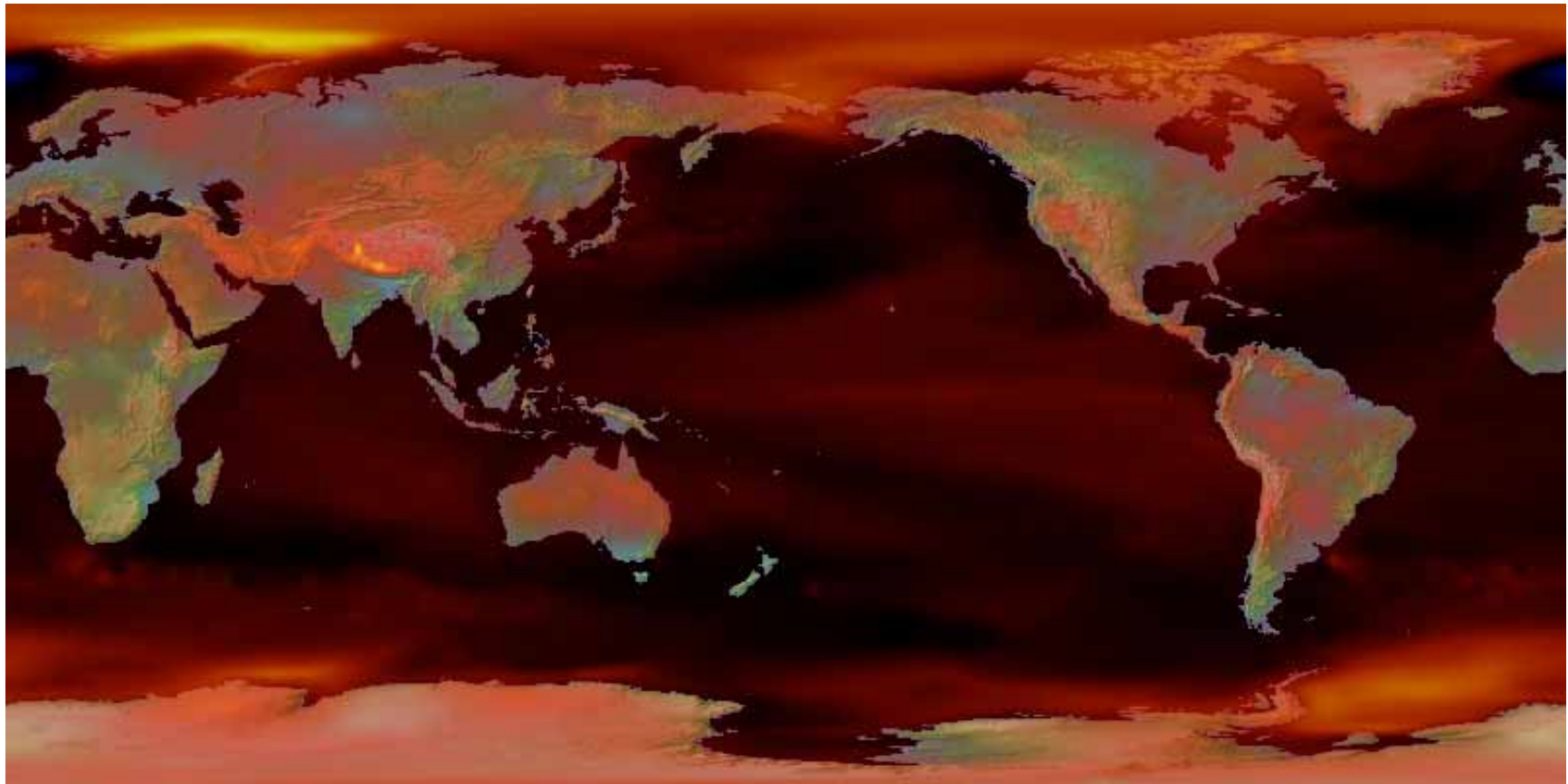
(3)排出量の成長率 = 3%/年

(4)一年を365日とし、うるう年を考慮しない

Ref. Gavin Schmid and David Archer

Nature Vol.458,1117(2009)

日本の研究グループ(国立環境研、海洋研究開発機構、東京大学)の
気候シミュレーションでは“2 突破は2028年である”



2028

Ice Breaker

Impacts of a 2°C global warming on Southern Ocean Whales

WWF, June 2008

by Tynan and Russell

地球の表面温度の上昇が2°Cを突破するのは2042年
2027年と2053年の間

IPCC-AR4の4つの気候モデルにより計算

2°C上昇すると南半球の海洋の表面温度は0.5°C上昇、

南極大陸周囲の海水は10～15%減少(特定領域では30%減少)

The final countdown **2016年12月**

Time is fast running out to stop irreversible climate change,

a group of global warming experts warns today.

We have only 100 months to avoid disaster.

温室効果ガスの濃度は400ppmvCO₂eを超える。

前提 (1) CO₂排出量は年率3.3%で成長

(2) 他の温室効果ガスの濃度は一定

(3) 400ppmvが2°C突破のPoint of No Return



Andrew Simms
The Guardian,
Friday 1 August 2008



100 months and counting . . .

We have 100 months to save our climate.
When the clock stops ticking, we could be
beyond our climate's Tipping point,
the point of no return.

90

MONTHS

1

Take Action

Enter your email address and Country
and press send for monthly action

[send](#)

2632 63168

DAYS

HOURS

2

Tell the world

Send to your friends

[Click here](#)

55:16

3

Get the launch ad

Download, print and Stick it up at
home, work or school

[Read the Report](#)

[Our Monthly Blog](#)

結論

気候ターゲット2°C突破のPoint of No Return

2016

2028

2027～2053

2032～2040

予測値には不確実さがあるが
あと20年程度の時間であり、
100年後という訳ではない。

気候安定化のための3つのシナリオ

(1) 3°C/550ppmシナリオ

Stern報告書(2006) 450～550ppmCO₂e

RITE(2007) 550ppmCO₂

IPCC-AR4(2007) 535～710ppmCO₂ですべての地域で悪影響

(2) 2°C/450ppmシナリオ

Baer-Mastrandrea (2006) '90年比で2050年までCO₂を70～80%削減,
他のガスについても厳しく削減

Mainshausen (2006) CO₂eを'90年比で2050年までに50%削減

Rive, Torvager et al (2007) 2050年までにCO₂eを80%削減

UNFCC報告書 (2007) 445～490ppmCO₂e

(3) 0.5°C/320ppmシナリオ

Spratt-Sutton (2007) 北極海氷守るために0.3°Cの気温低下必要、
320ppmCO₂e

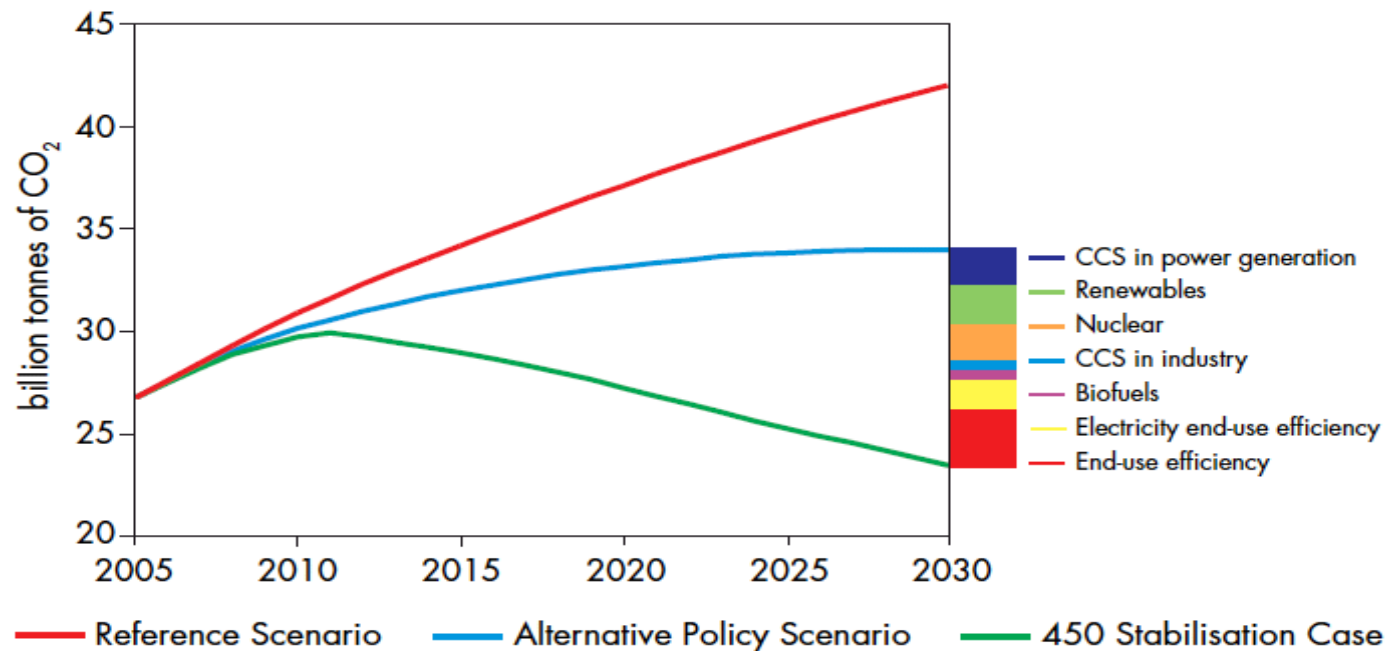
Hansen (2007) 350ppmCO₂を当面の目標にすべきである。

(注) CO₂e=CO₂換算で表わした温暖化ガスの大気中濃度

CO₂排出量試算例(2)

(World Energy Outlook 2007より)

Figure 5.12: CO₂ Emissions in the 450 Stabilisation Case



2030年の排出量試算

「450安定化ケース」、2005年比 - 13%

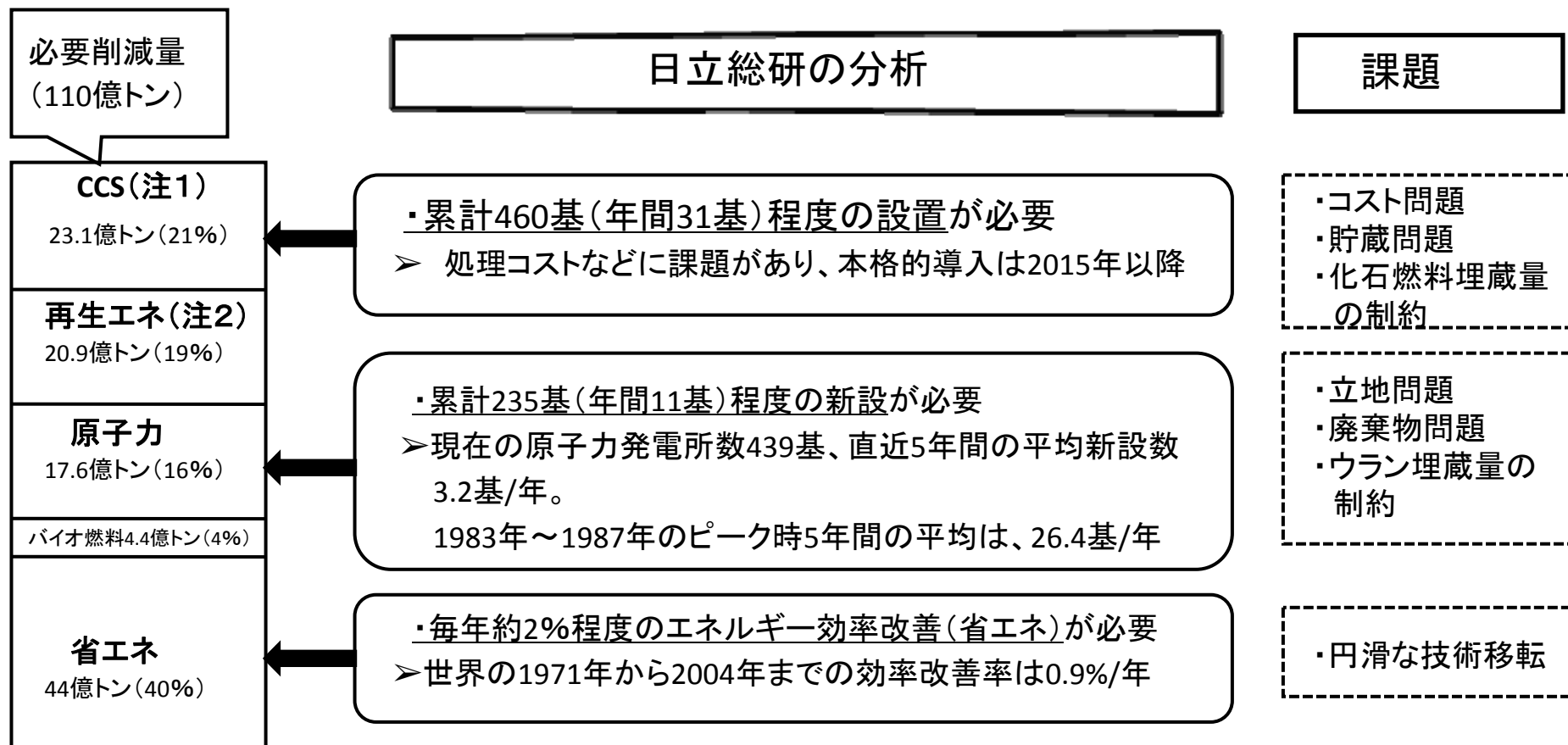
- ・IPCC第4次報告のカテゴリ I シナリオ、温室効果ガス安定化レベル 445 - 490ppm達成の条件として、CO₂排出を23Gtに設定し、これを満足できる対策の組み合わせ例を導出
- ・1次エネルギー源構成: 石炭18%、石油29%、ガス19%、**原子力12%**、水力4%、バイオマス14%、再生3% (化石計66%)
- ・代替政策シナリオからの削減量に占める割合: 化石資源利用

22 効率化25%、電力需要低減13%、**原子力増加16%**、再生増加19%、CCS21%等 22

出典: World Energy Outlook 2007

地球温暖化防止のシナリオ:IEAの分析

■450ppm安定化(2°C)シナリオを実現するための政治的・技術的課題は多い

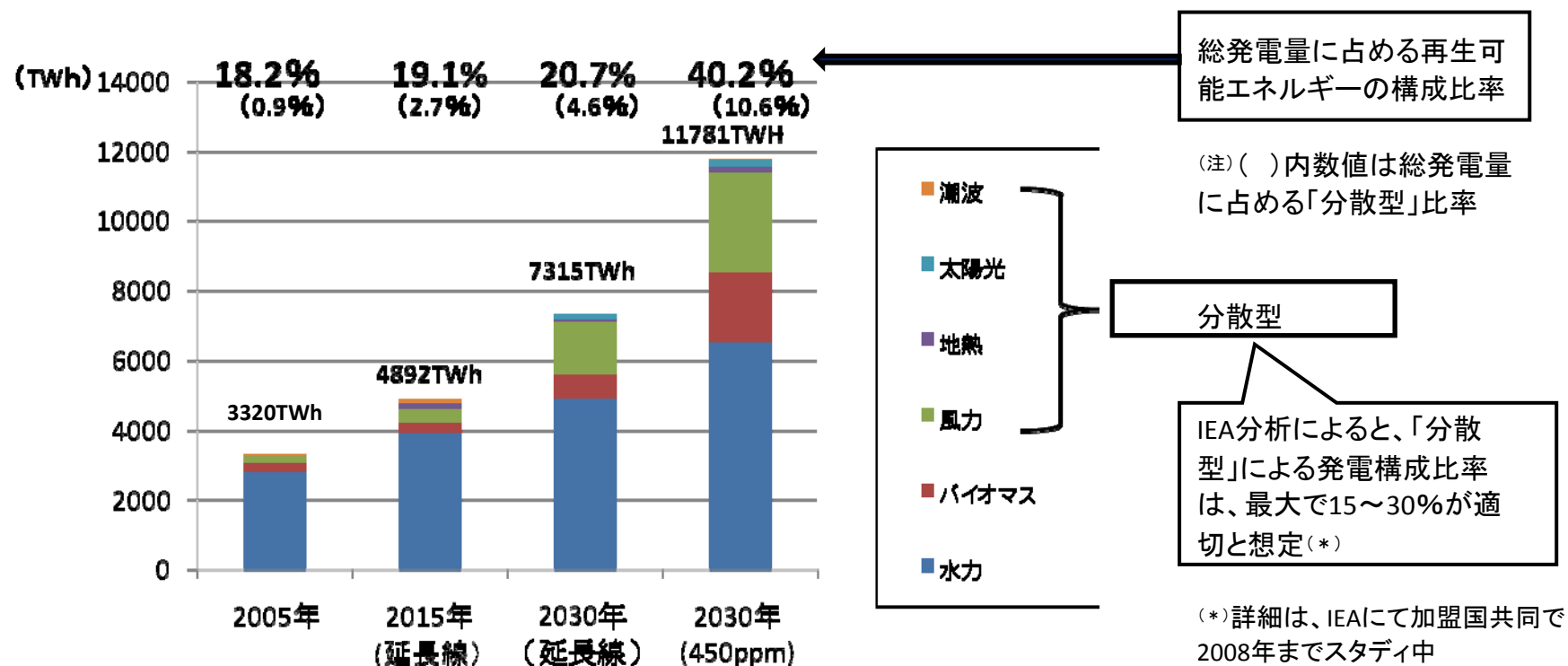


注1: CCS(Carbon Capture and Storage):CO2回収・隔離、注2: 水力/バイオマス発電が中心

資料: IEA(国際エネルギー機関)「World Energy Outlook」(2007年)より(日立総研)作成

再生可能エネルギーによる発電量内訳(世界計)

- 再生可能エネルギーによる発電量は、「延長線シナリオ」でも2030年の総発電量の20.7%までやや増加するが、「450ppm安定化シナリオ」では、40.2%まで倍増。
(再生可能エネルギー導入が進んでいるEUの現時点での2020年目標値が20%)
- 特に、水力発電、風力発電、バイオマスの比率が高い。
- IEA分析によると、「分散型」(風力、地熱、太陽光、潮波)による発電構成比率は、最大で15~30%が適切と想定。「450ppm安定化シナリオ」での2030年の分散電源による発電構成比率は10.6%



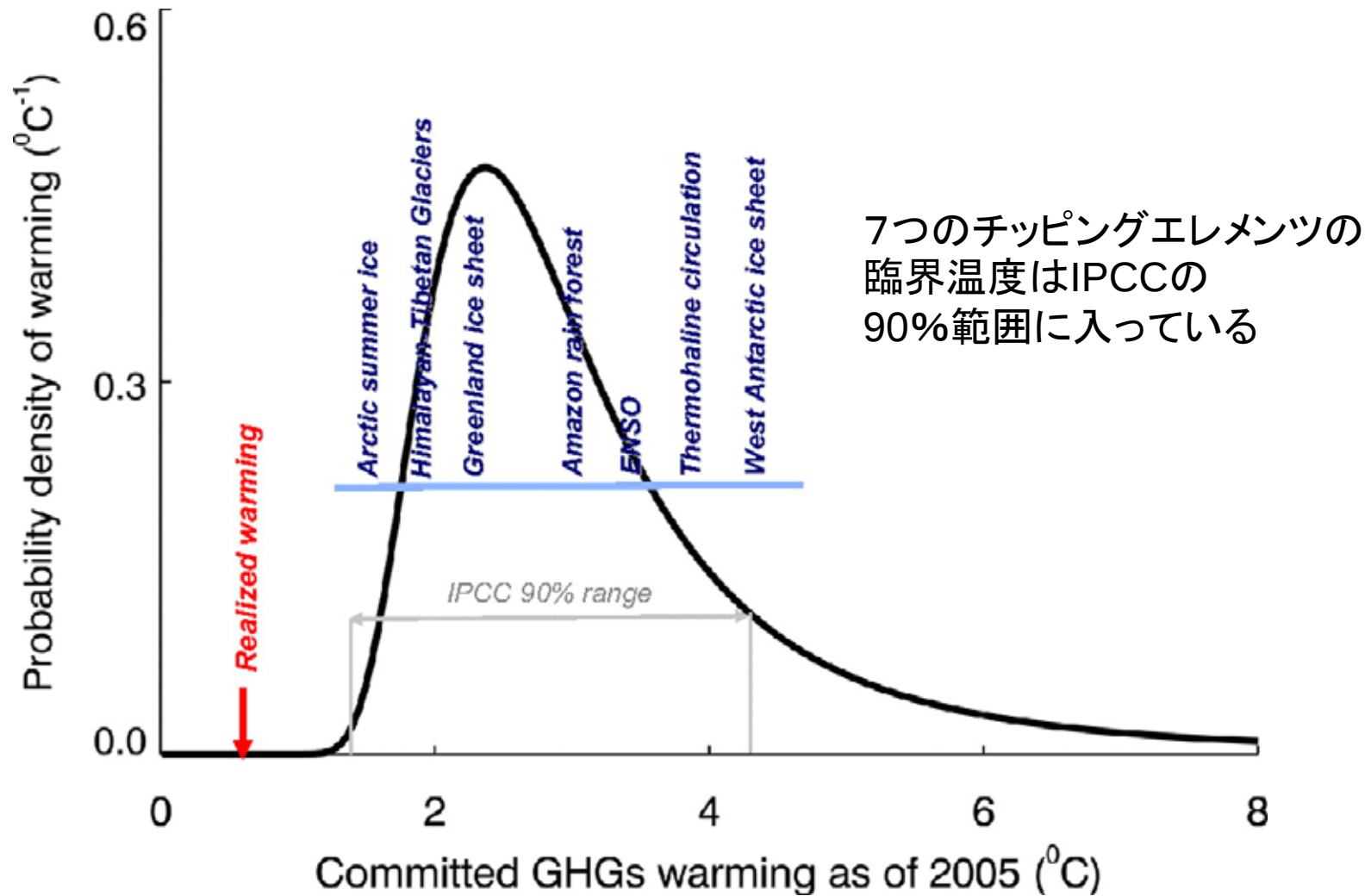
資料: IEA「World Energy Outlook 2007」を基に(日立総研)作成

「2°C/450ppmvシナリオ」を待ち受ける困難さ

(1) 2005年までの温室効果ガスの累積排出量だけで地球の表面温度は2.4°C上昇する可能性がある。

(2) 2°C/450ppmvシナリオを実行するには、2015年までに世界の排出量にピークを打たせ、その後CO₂eを年率4%で削減して行かなければならない。

1750-2005に排出された温室効果ガスによる温暖化の確率密度曲線 by Ramanathan V. and Feng Y.(2009)

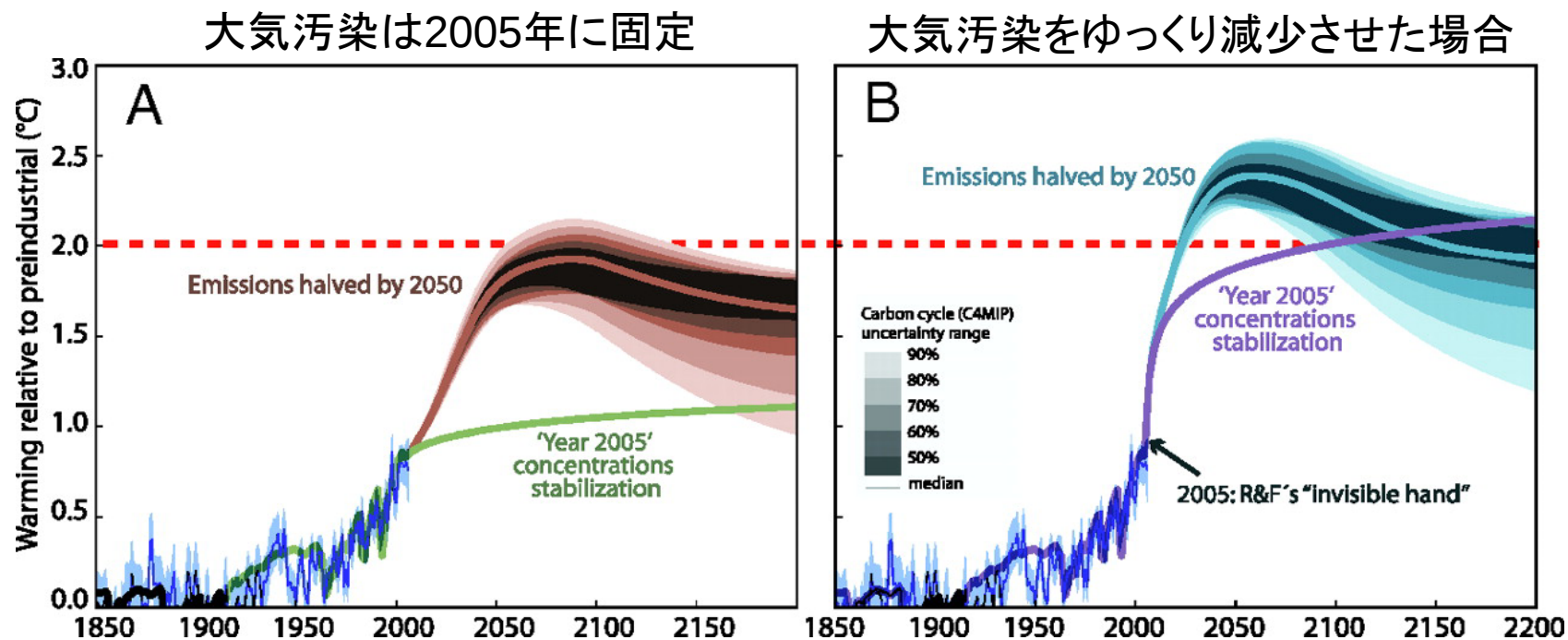


Ramanathan V., Feng Y. PNAS;2008;105:14245-14250

温室効果ガスの濃度を2005年の水準に固定したときの地球の表面温度と京都GHG排出量を
2050年までに半減したときの地球の表面温度

Hans Joachim Schellnhuber

Proc.Natl.Acad.Sci.USA2008 105:14239-14240



気温上昇を2 以下に抑制できるチャンスはまだ残されている。
スス(blackcarbon)などのエアロゾルを先ず削除、大気中CO₂の除去
(バイオ除去のような)は有効。

Schellnhuber H. J. PNAS;2008;105:14239-14240

PNAS

2000年以降の排出傾向を考慮した気候変化対策の見直し

その1

Reframing the climate change challenge in light of post-2000 emission trends
Kevin Anderson(ティンダルセンター)and Alice Bows(マンチェスター大)、英国
Phil.Trans.R.Soc.A(2008) $\text{CO}_2\text{e}=\text{CO}_2$ 換算の温室効果ガス濃度

結論

450ppmv CO_2e 安定化
(表面温度は約 2.5°C 上昇)

2015年に排出量のピークを打たせた場合、
その後 CO_2e は年率4%でエネルギーとプロセスからの
排出は年率6.5%で削減する必要がある

550ppmv CO_2e 安定化
(約 3.5°C 上昇)

2020年に排出量のピークを打たせた場合、
その後 CO_2e は年率6%でエネルギーとプロセスから
の排出は年率9%で削減する必要がある

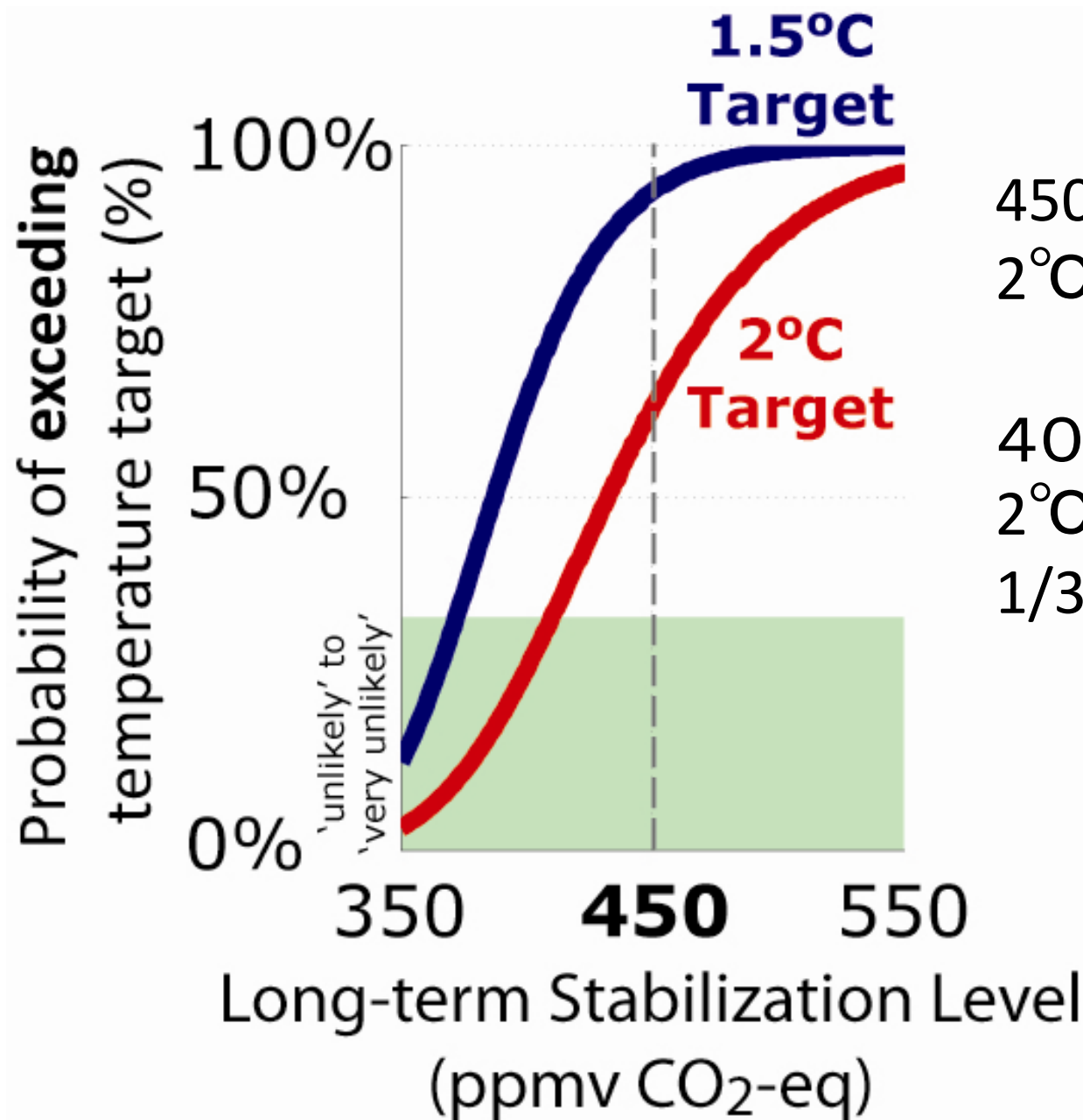
650ppmv CO_2e 安定化
(約 4°C 上昇)

2020年に排出量のピークを打たせた場合、
その後 CO_2e は年率3%でエネルギーとプロセスか
らの排出は年率3.5%で削減する必要がある

IPCCの最も楽観的な450ppmvCO₂eの累積値を仮定した時の 理論的に可能と思われる450ppmvシナリオ (K.Anderson and A.Bows(2008))

- (1) IPCC・450ppmvの2000～2100の累積排出量の上限 (GtCO₂e) 858
- (2) CO₂e排出のピーク年 2015
ピーク年以降のCO₂eの脱炭素化の年間削減比率 4%
全体の脱炭素化の時期 (森林由来及びCO₂以外の温室効果ガスを含む) 2060～2075
- (3) ピーク年以降のエネルギーの生産と消費及び製造プロセス由来のCO₂の
脱炭素化の年間削減比率 6～8%
エネルギーとプロセス由来のCO₂排出をゼロとする時期 2050～2060

ピーク年以降のエネルギーとプロセスの脱炭素化比率は6～8%であり、
余りに過大であり、450ppmvCO₂eシナリオは実行可能とは思われない。
たとえ450ppmvCO₂eで安定化しても、2 を突破しない確率は
46% (Meinshausen,2006)である。

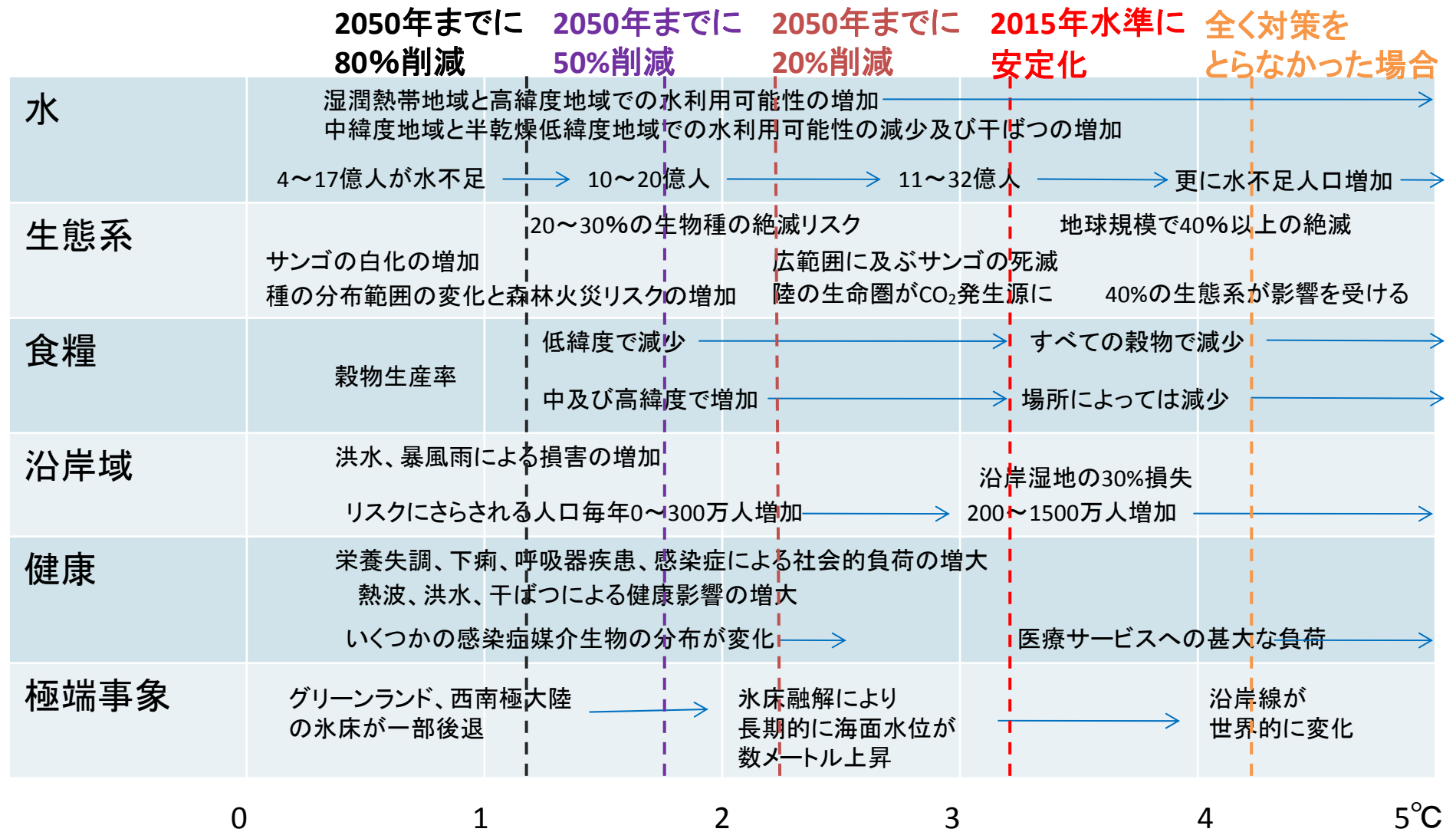


450ppmv安定化では
2°Cを突破する。

400ppmvでは
2°C突破のリスクは
1/3になる

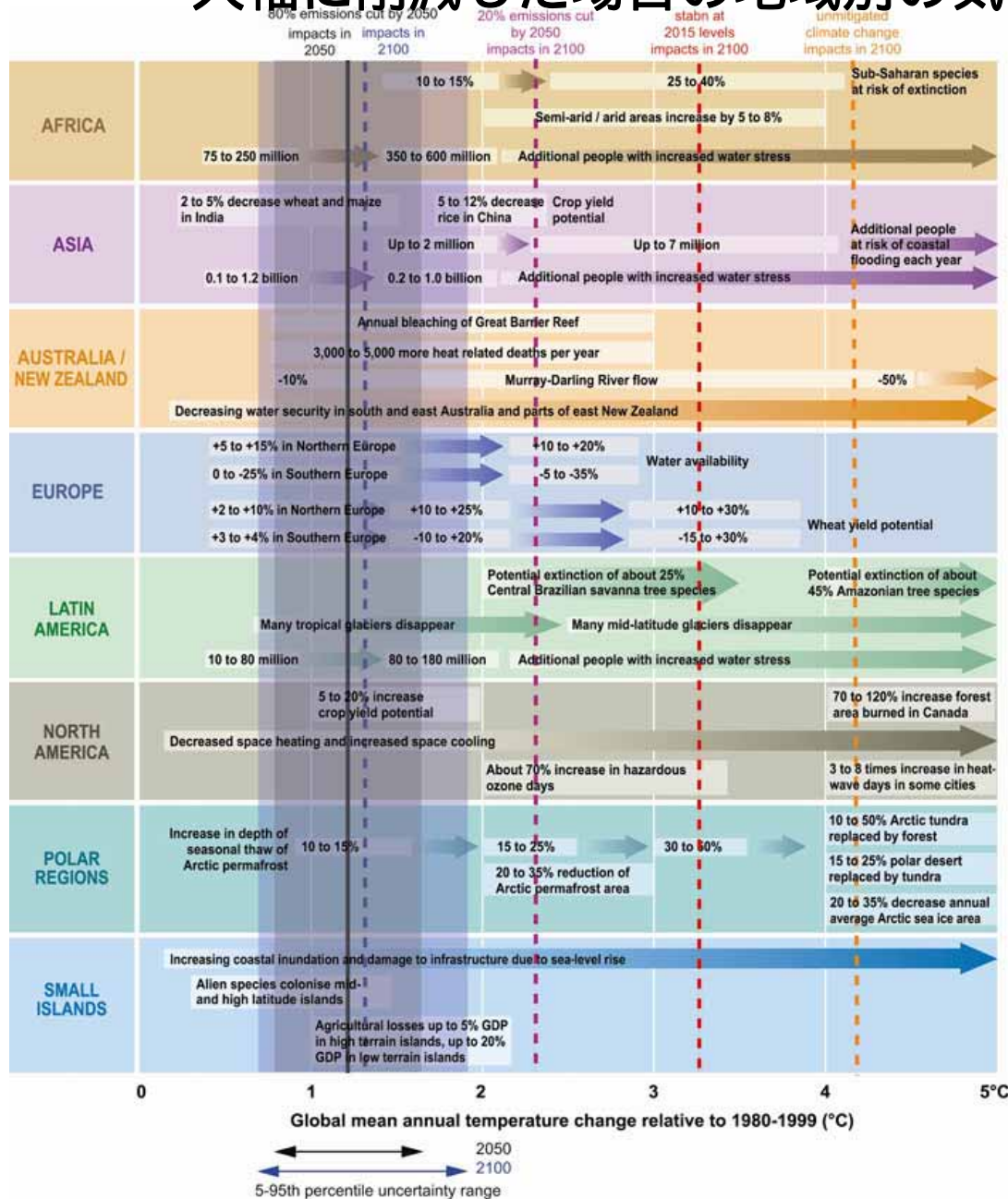
排出量削減策による気候インパクトの変化(2100年時点)

90年比での削減率と21世紀末まで同じ年間削減率を継続した場合
Martin Parryによる図を元に作成



地球表面温度の上昇(1990年比)

世界の温室効果ガスの排出量を大幅に削減した場合の地域別の気候変化のインパクト



2050年までに50%削減策より、80%削減策の方が水不足や洪水にさらされる人口を著しく減少できるなど気候変化による被害を下げる可以降低

“ 現実に(政策を)一致させよ
Martin Parry, Jean Palutikof.
Clair Hanson and Jason Lowe
Nature Reports Climate Change
 29 May 2008

麻生総理の演説“新たな成長に向けて”

2009年4月9日

3つの柱

- (1)低炭素革命で世界をリードできる国
- (2)安心・安全な健康長寿社会
- (3)日本の魅力の発揮



- *2020年にはエネルギー消費に占める再生可能エネルギーの比率を今より倍増して世界最高水準の20%まで引き上げる
- *低炭素革命の分野で、2020年までに約50兆円の市場と140万人の雇用を創出する
- *全国3万6千の公立の小中高校にソーラーパネル設置
- *2020年には新車の2台に1台をエコカーにする
- *エコポイント等により1年で3000万台の省エネ家電を普及

2020年の温室効果ガス排出量の 中期目標6案と懇談会委員などの意見

	1990年比の増減率 (%)	支持した委員や団体など
①	+4	勝俣恒久・東京電力会長、三村明夫・新日鉄会長 (日本経団連、基幹労連)
②	+1～-5	(日本商工会議所)
③	-7	(経済同友会)
③か④	-7～-17	寺島実郎・日本総研会長
④	-8～-17	薬師寺泰蔵・慶大教授
⑤	-15	枝廣淳子・環境ジャーナリスト、 末吉竹次郎・国連環境計画金融イニシアチブ特 別顧問、松井三郎・京大名誉教授
⑤か⑥	-15～-25	山本良一・東大教授
⑥	-25	(浅岡美恵・気候ネットワーク代表)

読売新聞・朝刊5月25日、2009年

カッコ内は委員以外の意見

2009年6月10日麻生総理 「中期目標2020年に'05年比15%減」を発表

6月11日の新聞各紙の評価

日経社説	国際交渉を主導できる中期目標なのか
朝日 //	低炭素革命の起爆剤に
毎日 //	意志と理念伝わらぬ
読売 //	多難な国際交渉が待っている
産経 //	負担は重くて効果は薄い
東京 //	数値より大切なもの
	“京都議定書の約束期間が始まってすでに 一年半が経つ。しかし温暖化の危機感を 国民が十分共有しているとは言い難い”

COP14結論文書でのIPCC報告書の位置づけ

- 昨年12月のCOP14では、先進国全体の削減についての議論が開始され、その検討の際にはIPCCCの第4次報告書など直近の科学的知見を踏まえて検討を行うこととされた。
- IPCC第4次評価報告書が「これまでにIPCCが評価した最も低い濃度水準を達成し、被害を抑制するためには、付属書 国全体として2020年までに90年比▲25～40%の排出量の削減が必要」と指摘していることを認識した。

先進国全体の削減を各国に割り当てるにあたっては、削減ポテンシャルや削減コストなどの分析を踏まえるべきであり、その結果として各国の削減に幅が生じる可能性がある

シナリオ カテゴリー	地域	2020	2050
A-450ppm (CO ₂ 換算)	付属書 締約国	▲25%～▲40%	▲80%～▲95%
	非付属書 締約国	ラテンアメリカ、中東、東アジア及びアジアの中央計画経済国におけるベースラインからの相当の乖離	すべての地域におけるベースラインからの相当の乖離
B-550ppm (CO ₂ 換算)	付属書 締約国	▲10%～▲30%	▲40%～▲90%
	非付属書 締約国	ラテンアメリカ、中東及び東アジアにおけるベースラインからの乖離	ほとんどの地域、特にラテンアメリカ及び中東におけるベースラインからの乖離
C-650ppm (CO ₂ 換算)	付属書 締約国	▲0%～▲25%	▲30%～▲80%
	非付属書 締約国	ベースライン	ラテンアメリカ、中東及び東アジアにおけるベースラインからの乖離

安倍-福田路線—— 温度上昇を2 以下に抑制と整合的

2050年で世界の排出量半減
日本は2050年に60～80%削減

麻生路線—— 温度上昇を2 以下に抑制と非整合？

中期目標 90年比8%減 4 / 650ppmと整合的？

地球の表面温度の上昇を2°C以下に抑制することを求めている国

www.climateanalytics.org

2005	EU / 2°Cターゲットを採用
2007	ノルウェー / 地球温暖化を2°C以下に抑制を目標
2008	アイスランド / //
2008	南アフリカ / //
2008	マダガスカル / //
2008	コスタリカ、エルサルバドル、ホンジュラス、ニカラグア、パナマ / //
2008	アルゼンチン、チリ / //
2008	Least Developed Country group(モルディブなど) / //
2009	島嶼国連合 (Alliance of small Island states) 1.5°Cターゲットを主張

115ヶ国、世界のエネルギーと産業からのCO₂排出量19%、世界人口の22%(2004)

AOSIS(小島嶼国連合)の要求

1. CO₂ 濃度を350ppm以下に安定化
2. 地球の表面温度の上昇を1.5°C以下に抑制
3. 世界の温室効果ガスの排出量を2015年までにピークを打たせる
4. 2050年までに世界の排出量を85%削減
そのために先進国は、
2020年までに1990年比で40%以上削減する。
2050年までに1990年比で95%以上削減する。

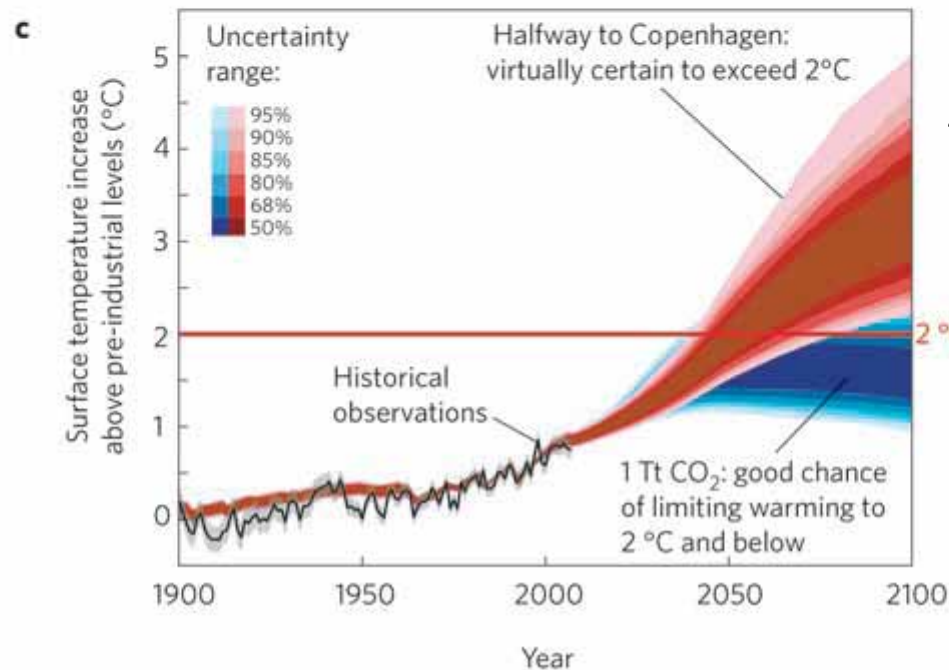
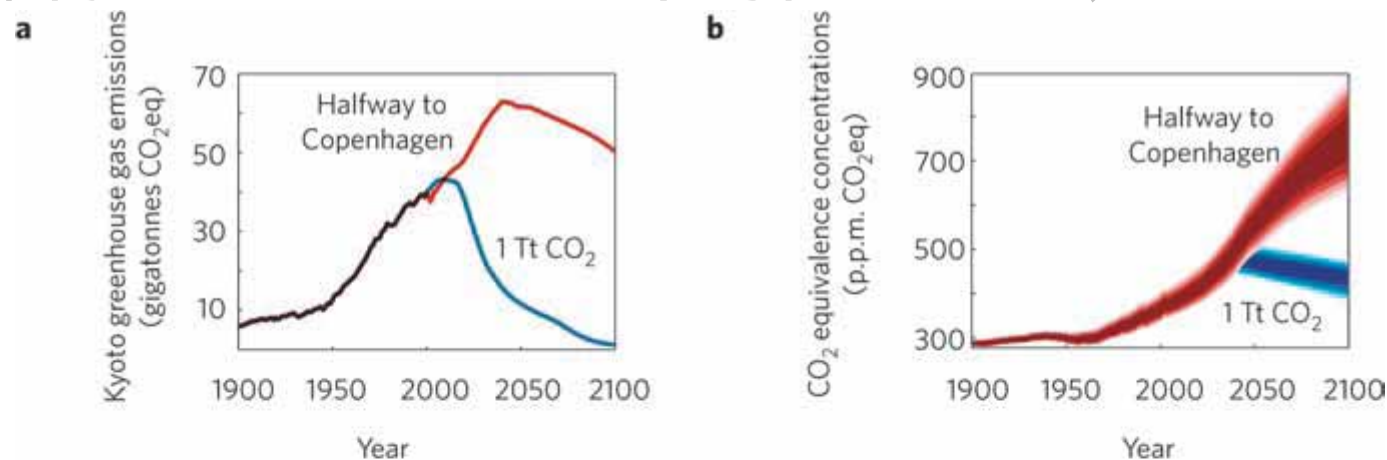
野心的な気候政策を有する国

2020までの削減量 2050までの削減量

ノルウェー	1990比30%	100%	<u>2030までに炭素中立国を目指す</u> 2020の削減量の2/3は自国分
スイス	1990比20～30%	<u>2030以降100%</u>	2020まではEU-27の目標に従う
コスタリカ	2012でCO ₂ 排出量にピークを打たせ、 2012にゼロ排出		<u>2021までに世界で最初の炭素中立国になることを表明、ただしCO₂についてで、他のGHGは含まれていない</u>
モルディブ	<u>2020までにCO₂排出量を100%</u>		<u>世界で最初の炭素中立国を目指す</u> <u>2009に声明</u>

ref. Climate Analytics, 10 June 2009

現在の各国の削減目標では気温上昇を2℃以下に抑制することはほぼ不可能であり、サンゴ礁は救えない



*Halfway to Copenhagen,
no way to 2*

Joeri Rogelj et al

*Nature reports, Climate change
Vol.31 July 2009 p81-83*

2050までに2000比70%削減、
あるいは2000より2050までに
1兆トンCO₂を排出した場合、
2°C突破の確率は25%、
2100に1.5%上昇。

米国の2020の排出削減量と温度上昇の2°C突破のリスク

Bill Hare*, Michiel Schaeffer*, Malte Meinshausen

PIK and Climate Analytics(*), Germany, March 23, 2009

米国の排出量 2006に'90比で14%増

オバマ大統領の削減目標→2020までに'90水準へ削減、2050までに80%削減

結論

(1) 先進国の対応が遅れて2020にIPCCシナリオより多くの排出量があるような場合、温度上昇を2°C以下に抑制することは難しくなる。

世界排出量が2020に1990水準にもどると、2°C突破のリスクは約1/6

2020に1990水準より40%大きいと、リスクは1/4に高まる

(2) 先進国が10年遅らせて2030年を中期目標年とし、その後急速に削減した場合、2°C突破のリスクは15%増加する。

すなわち目標年を遅らせることを、その後の急速な削減で埋め合わせられない。

先進国が2030に1990比で30%削減することによるリスクの上昇は、2020に1990比で排出量が35%多い場合のリスク上昇と同程度である

人類が直面する2つの社会崩壊

- (1)化石燃料を使用し続けて“温暖化地獄”により社会崩壊、生物の大量絶滅、適応コストは膨大であり、多くの温暖化インパクトは非可逆的で事実上適応不可能、更に1000年も適応努力が必要となる。
- (2)化石燃料の使用を厳しく制限することによって社会崩壊、産業構造、技術、税財政システム、ライフスタイルの大転換が必要、適応コストはやはり膨大となるが「非可逆的な温暖化インパクト」は回避できる。

適応は(1)より(2)の方がまだましであると考えられる。世界は「2 ターゲット」や「グリーンニューディール/緑の成長策」により(2)の社会崩壊を選択して乗り越えようと決意した。