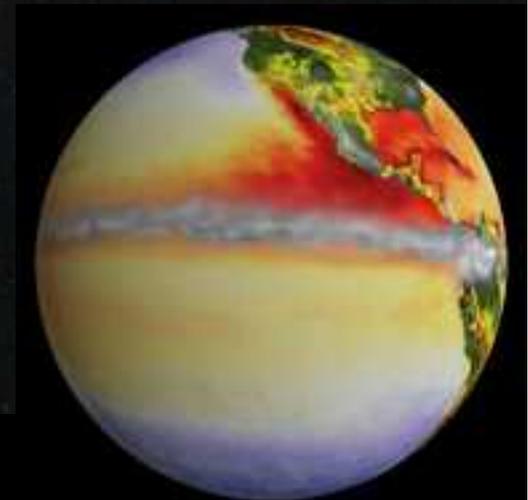


Global warming seminar, 18 Nov. 2008

**気候変動と人間社会への影響- 科学からの視点
Climate Change and Impact on the Human Society-
View from Science Study**

中島 映至 Teruyuki Nakajima
東京大学気候システム研究センター
Center for Climate System Research (CCSR)
The University of Tokyo
(teruyuki@ccsr.u-tokyo.ac.jp)

謝辞: 学術会議地球温暖化等課題別委員会

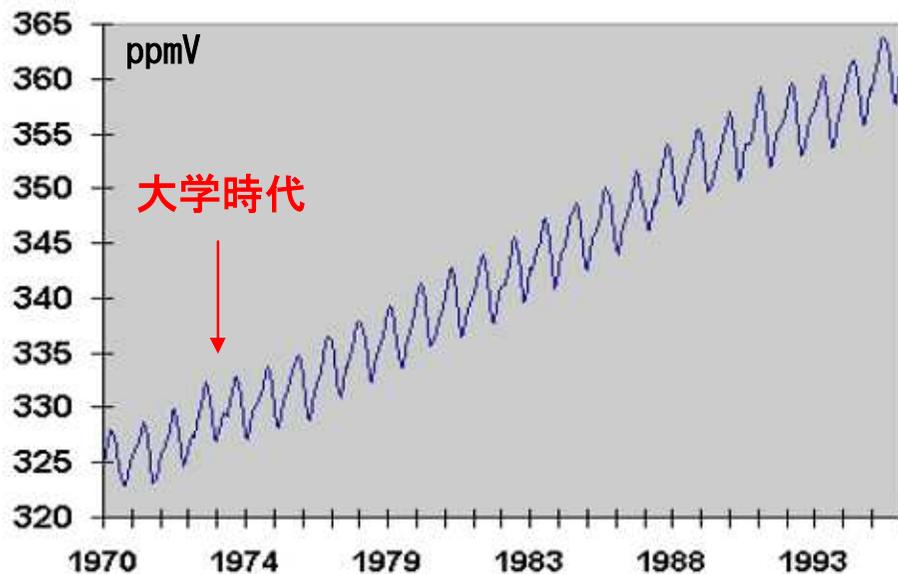
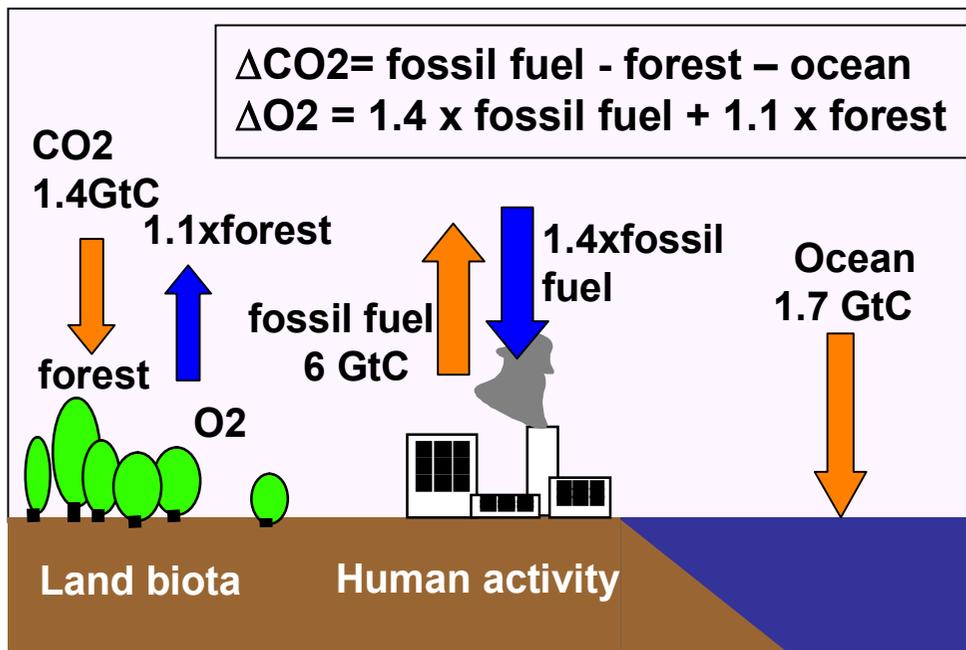


二酸化炭素の排出

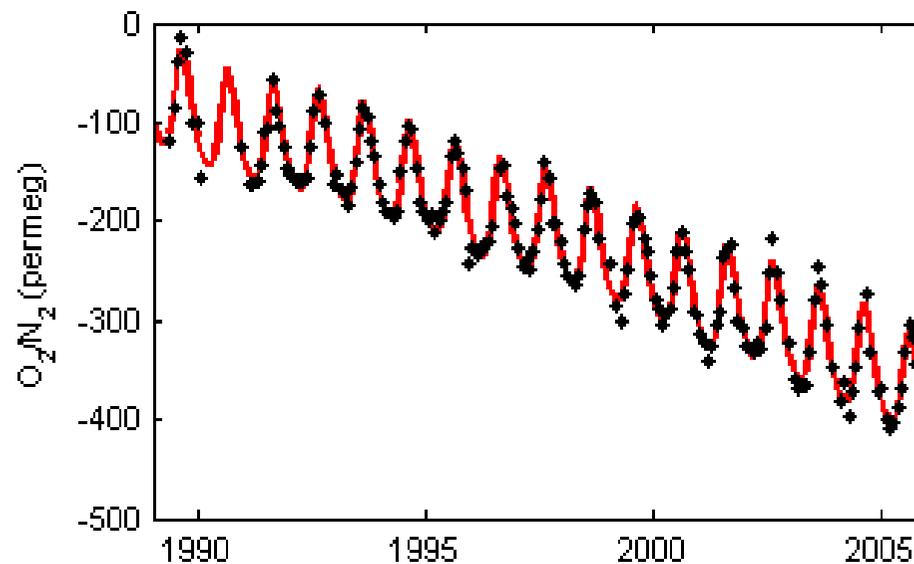


from Scripps Institute web

CO₂: 6GtC/y (1990) 8 GtC/y (2005)
 人口 : 57億人 65億人

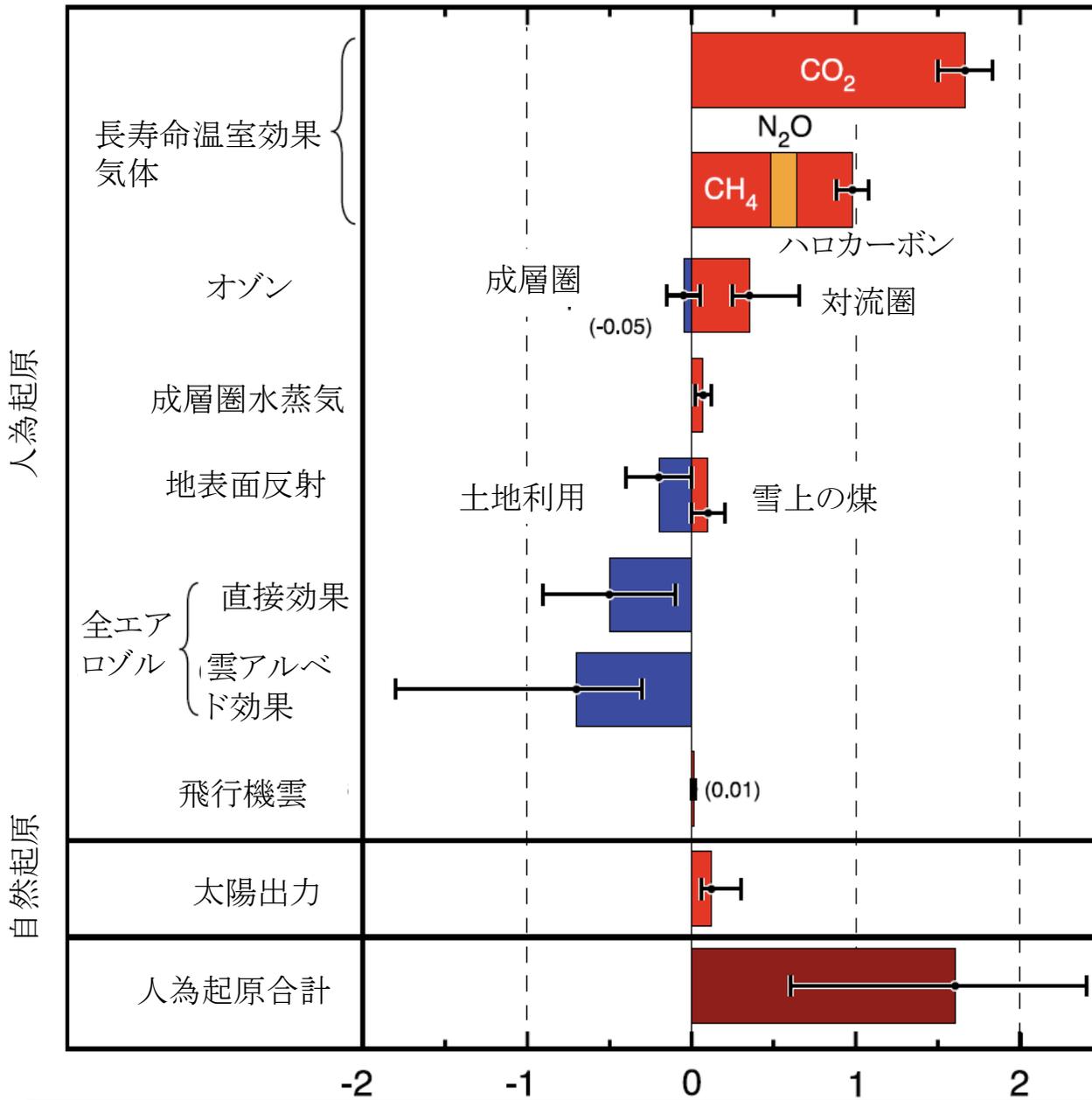


Charles D. Keeling

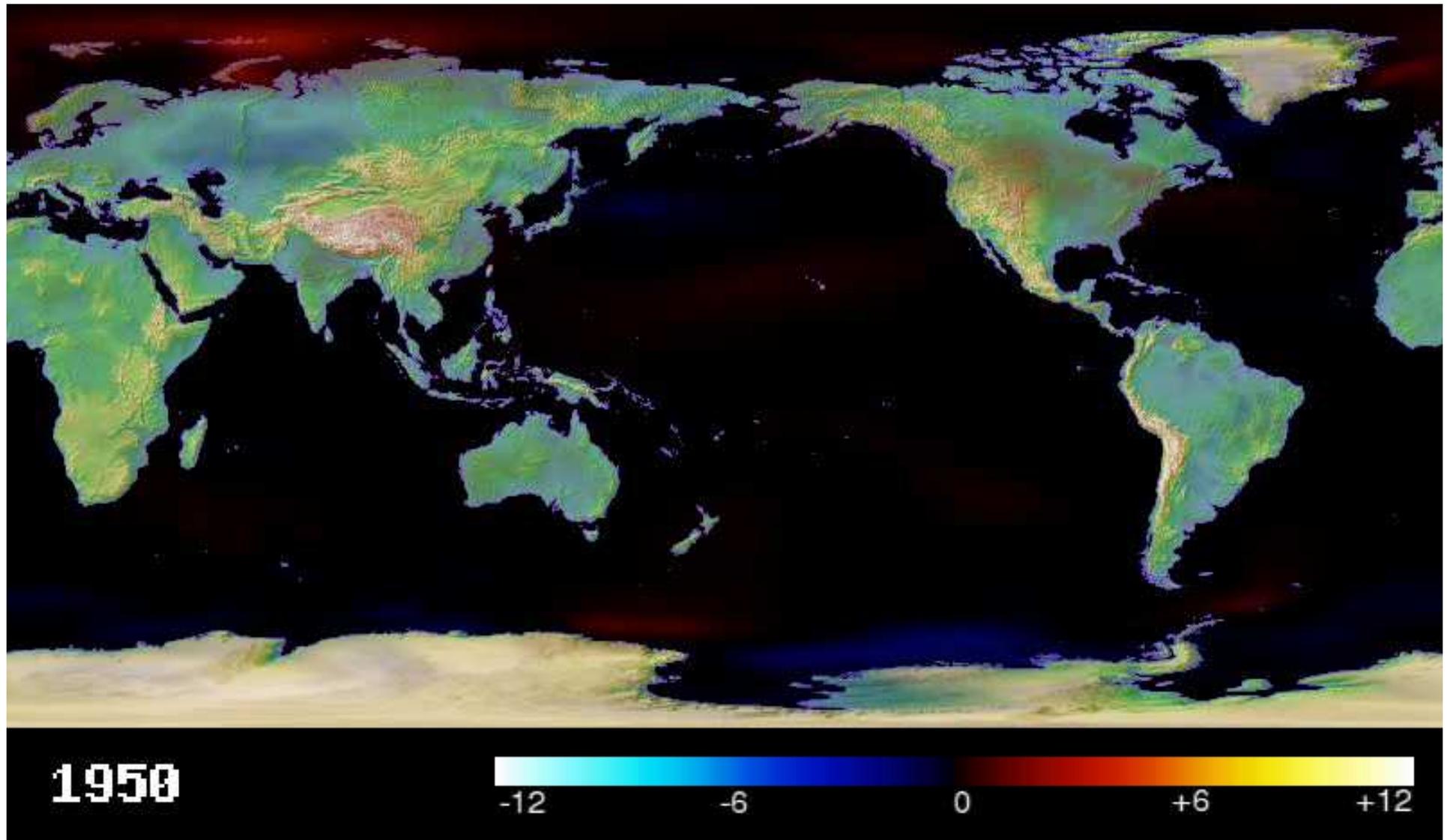


Ralph Keeling

気候変化要因の放射強制力 (Wm^{-2}) (1750年から2005年)



地表面気温変化（1900年からのA1Bシナリオ）

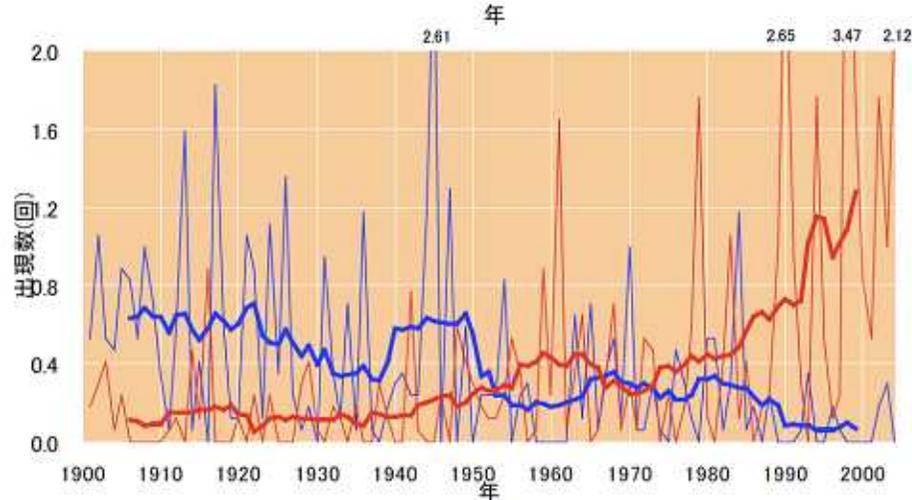


Center for Climate System Research, Univ. Tokyo
National Institute for Environmental Studies
Frontier Research Center for Global Change, JAMSTEC

日本の異常気象 (Abnormal weather in Japan)

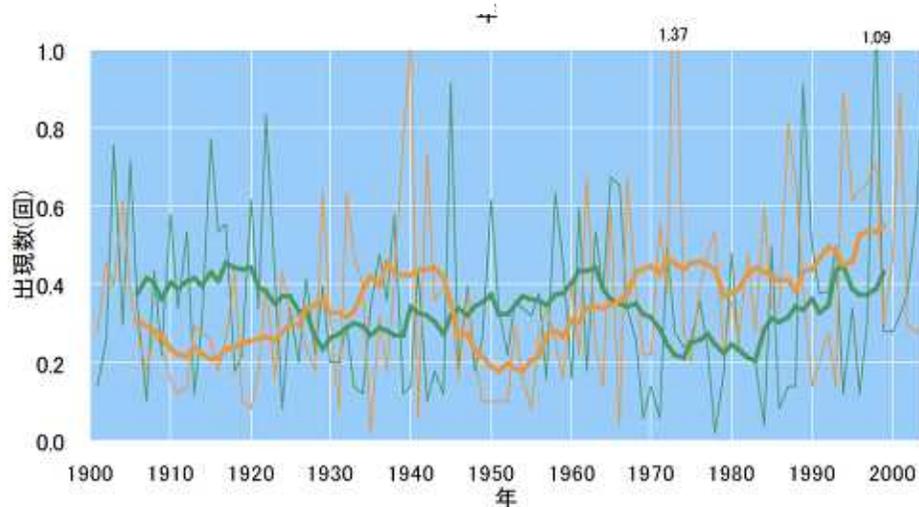
Abnormally high and low temperature

- 異常高温
- 異常低温
- 異常高温(11年移動平均)
- 異常低温(11年移動平均)



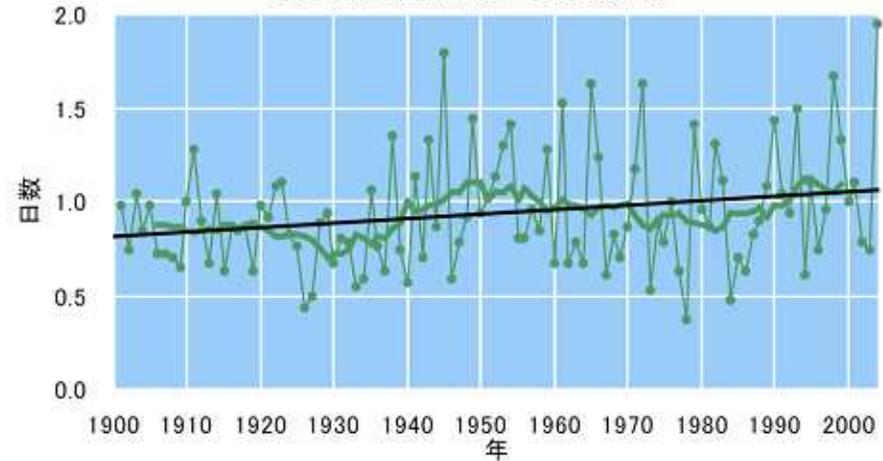
- 異常多雨
- 異常少雨
- 異常多雨(11年移動平均)
- 異常少雨(11年移動平均)

Abnormally high and low precipitation



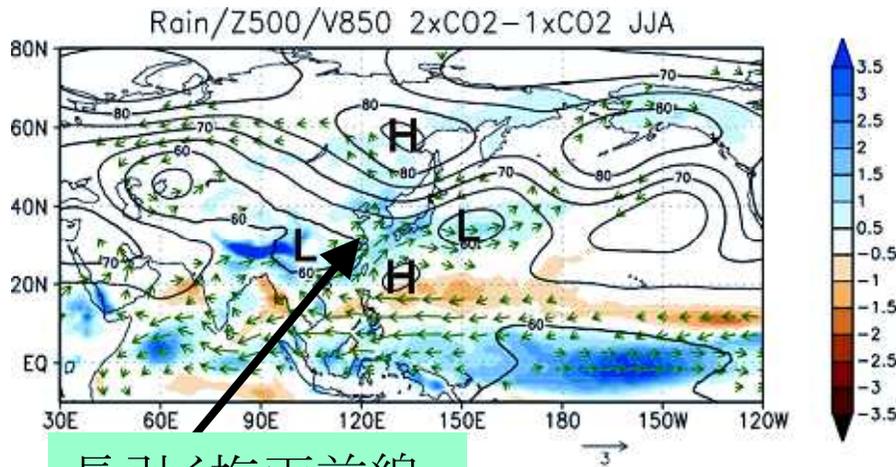
Days > 100 mm/day

日降水量100mm以上の日数(年)

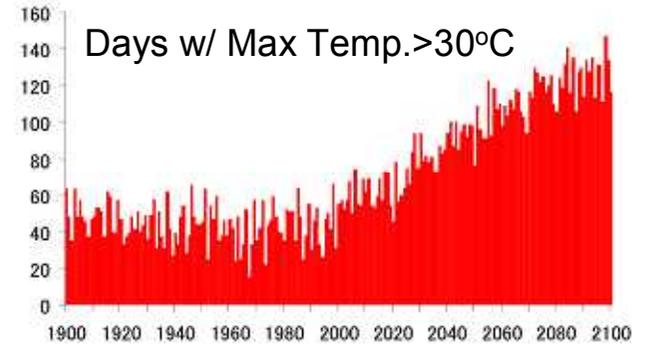


JMA 気候変動監視レポート(2005)

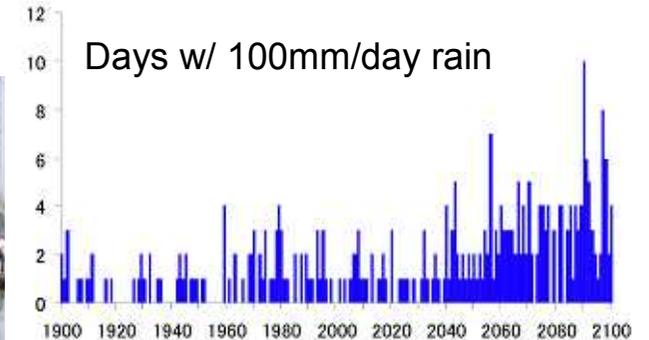
水循環の変化



長引く梅雨前線



夏日の増加



強い雨の増加

Qori Kalis Glacier, Peru

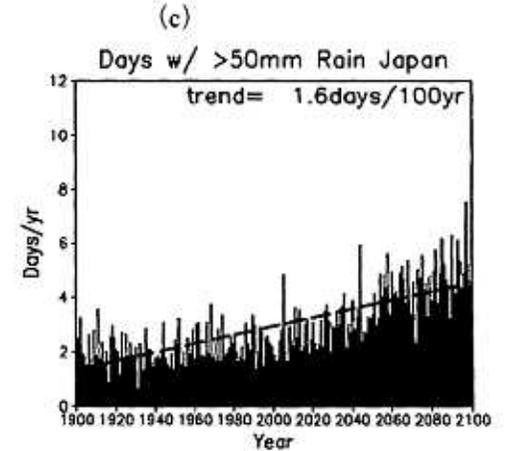
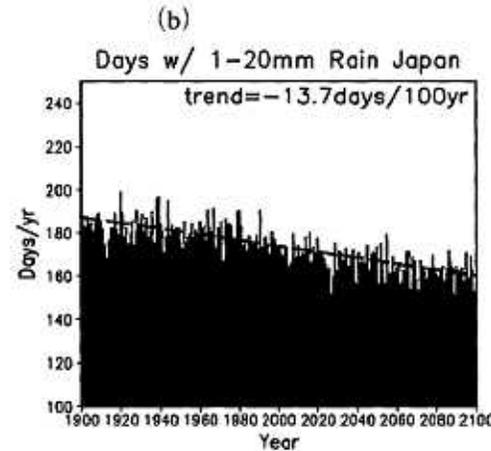
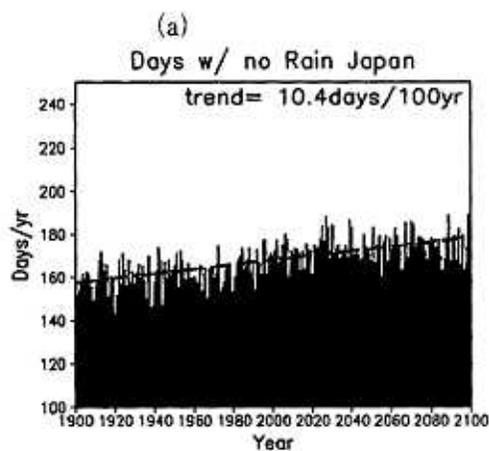
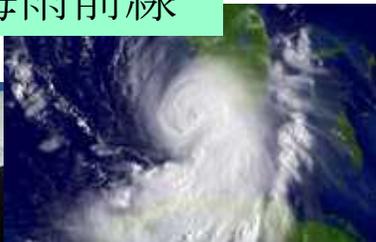
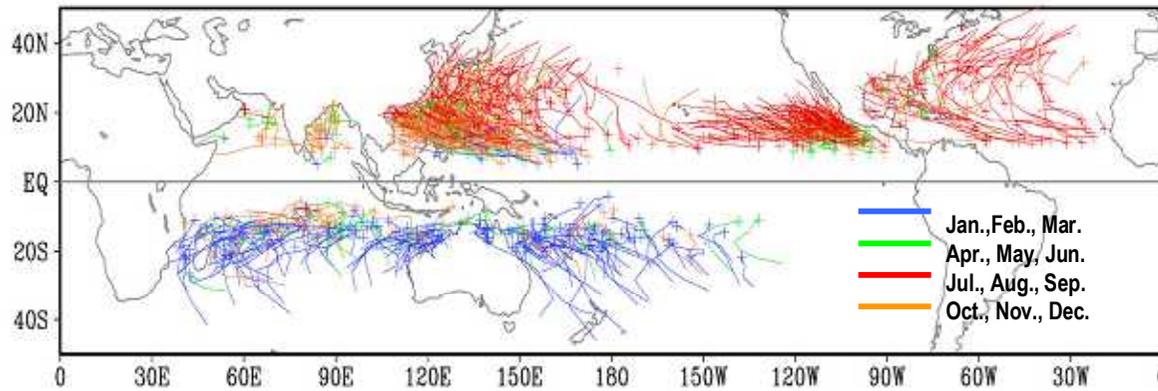


Photo credit: Professor L. Thompson
Source: [ScrippsNews](#)

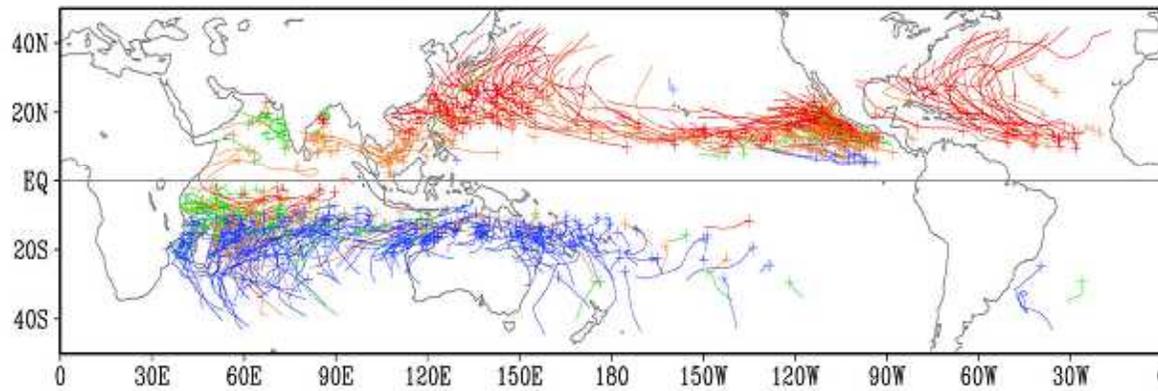
Observation 1979-1988

10 years



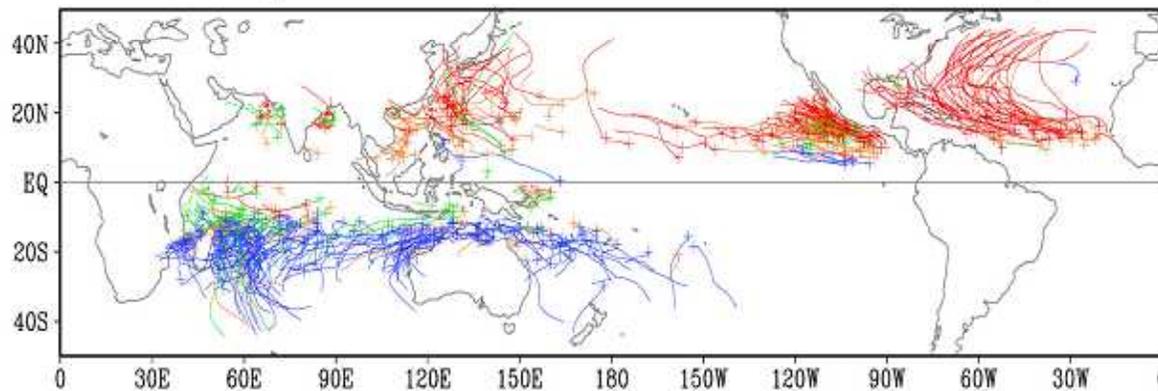
Present-day expt.

10 years

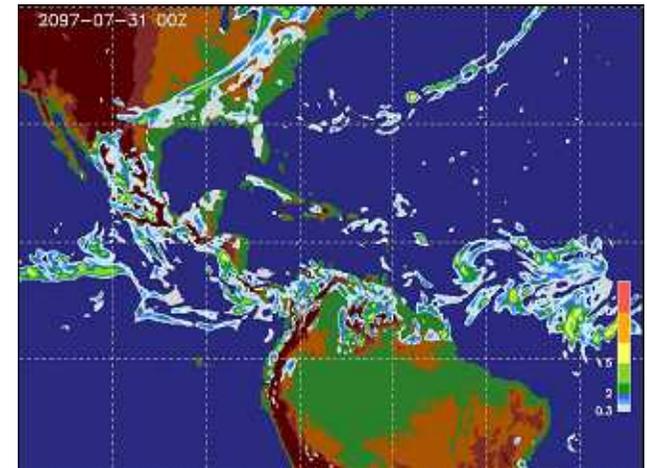


Future expt.

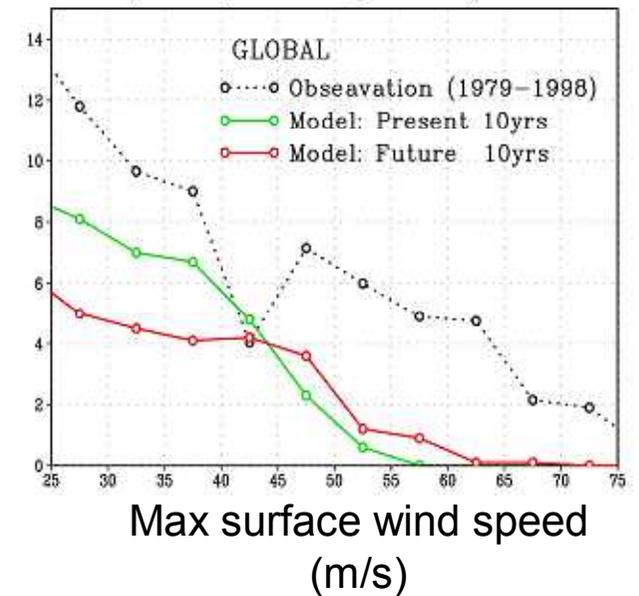
10 years



極端現象の再現



Frequency of tropical cyclones



(Oouchi et al., 2005)

影響の予測 Projections: climate & impacts

予測:

- 年間平均河川流量と利用可能な水(2050年):高緯度及び幾つかの湿潤熱帯地域で+10~+40%、多くの中緯度および乾燥熱帯地域で-10~-30%
- サング礁では1°Cの水温上昇で82%、2°Cでは97%が白化
- 動植物分布範囲の消滅:1°Cで~-47%、2°Cで-5~-66%、3°Cで-7~-74%
- 1.5~2.5°C以上の気温上昇で、種の30%以上で絶滅リスク。0.05°C/10年の速度以下にするべき。
- 潜在的食料生産量:地域の平均気温の+1~+3°Cでは増加、それ以降で減少。ただし、低緯度地域、特に乾季のある熱帯地域:地域の気温が+1~+2°Cでも減少。
- 2080年代までに、海面上昇により、毎年の洪水被害人口が追加的に数百万人増える。
- 温暖化によりマラリア潜在的地域が拡大
- 日最高気温が30°Cを越すと熱中症患者が増加、35°Cを越えると65歳以上で急激に増加(日本)
- 経済影響:+4°Cで、途上国はより多くの損失(IPCC-AR4)、世界平均損失はGDPの1~5%となり得る(IPCC-TAR)、過小評価の可能性あり。

不確実要因:

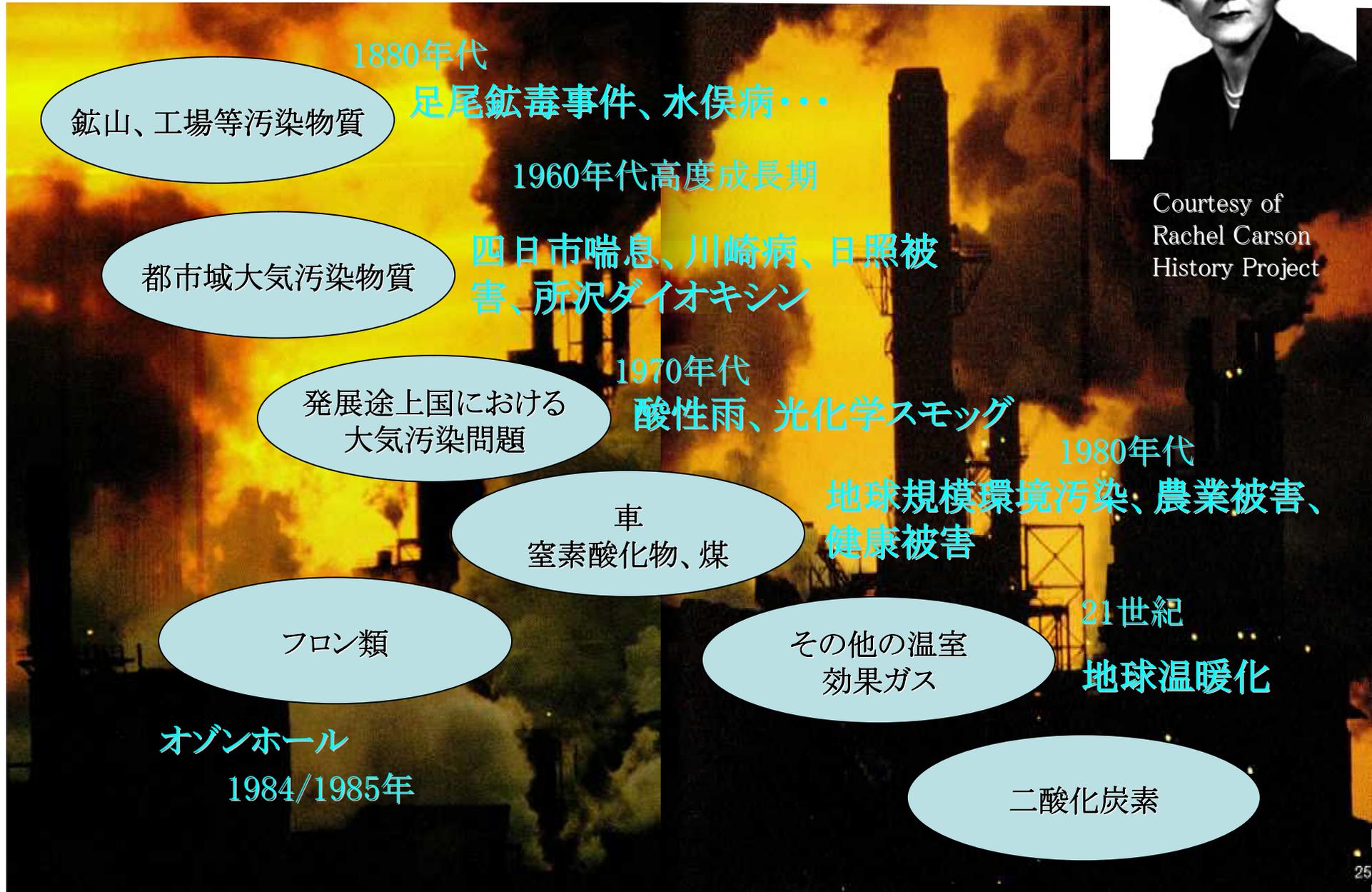
- 豪雨や渇水、台風の変化といった異常気象現象に起因する影響予測が不確実
- 人口、経済活動、土地利用など社会経済的な変化の予測が難しい
- 地域性が強い国や地域レベルの影響予測、脆弱性評価
- 種の構成や優占種が急激かつ不連続に変化する生態系レジームシフト
- 西南極氷床・グリーンランド氷床の融解
- 海洋の熱塩循環の変化
- 永久凍土の融解

汚染物質の変遷 (Pollution)

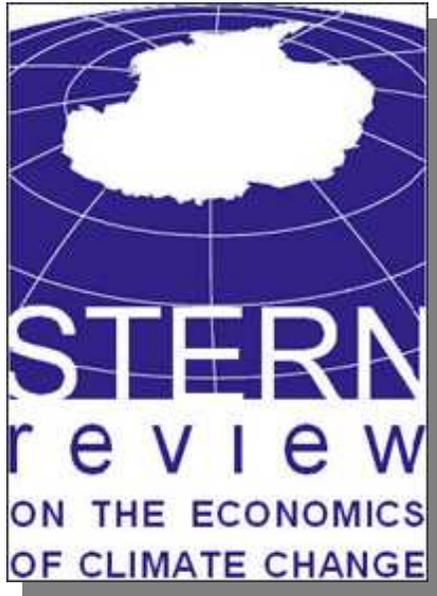
沈黙の春 (1962)
レイチェルカーソン



Courtesy of
Rachel Carson
History Project



影響の評価とコスト (Impact study)



Stern Review Report (2006)

ニコラス・スターン:

元世界銀行チーフエコノミスト

★このままいくと

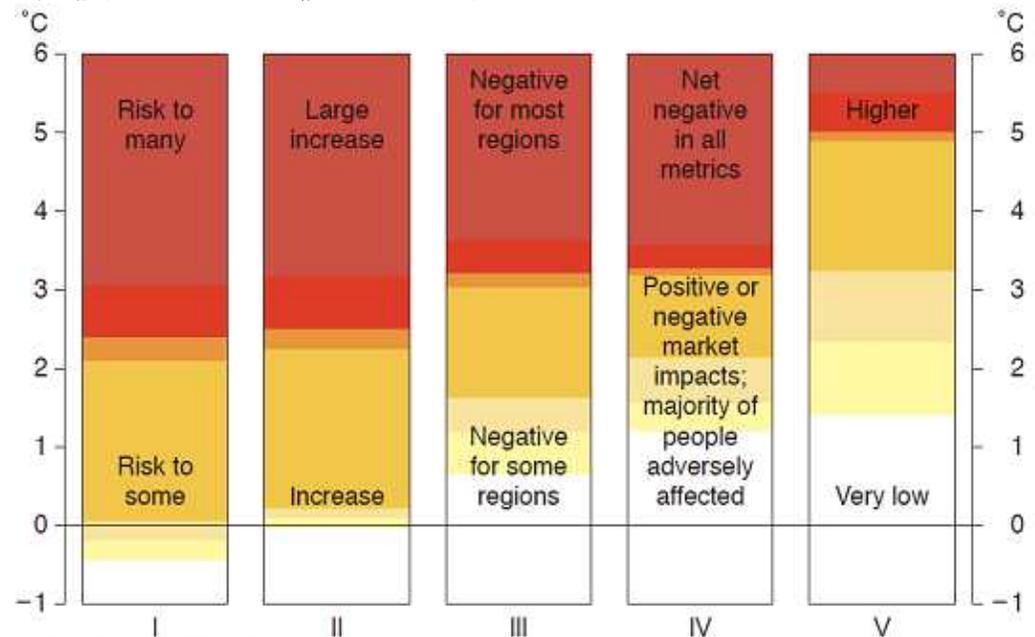
気候変動リスクとコスト: GDPの5~20%

★温室効果ガスの排出量を削減すると

対応策のコスト: GDPの1%程度

- 「技術的にはなんでもできる」
- 影響・適応コストと緩和コストの比較が不十分
- 越えるのが難しいポテンシャルの山
- 新しいビジネールと富の移動

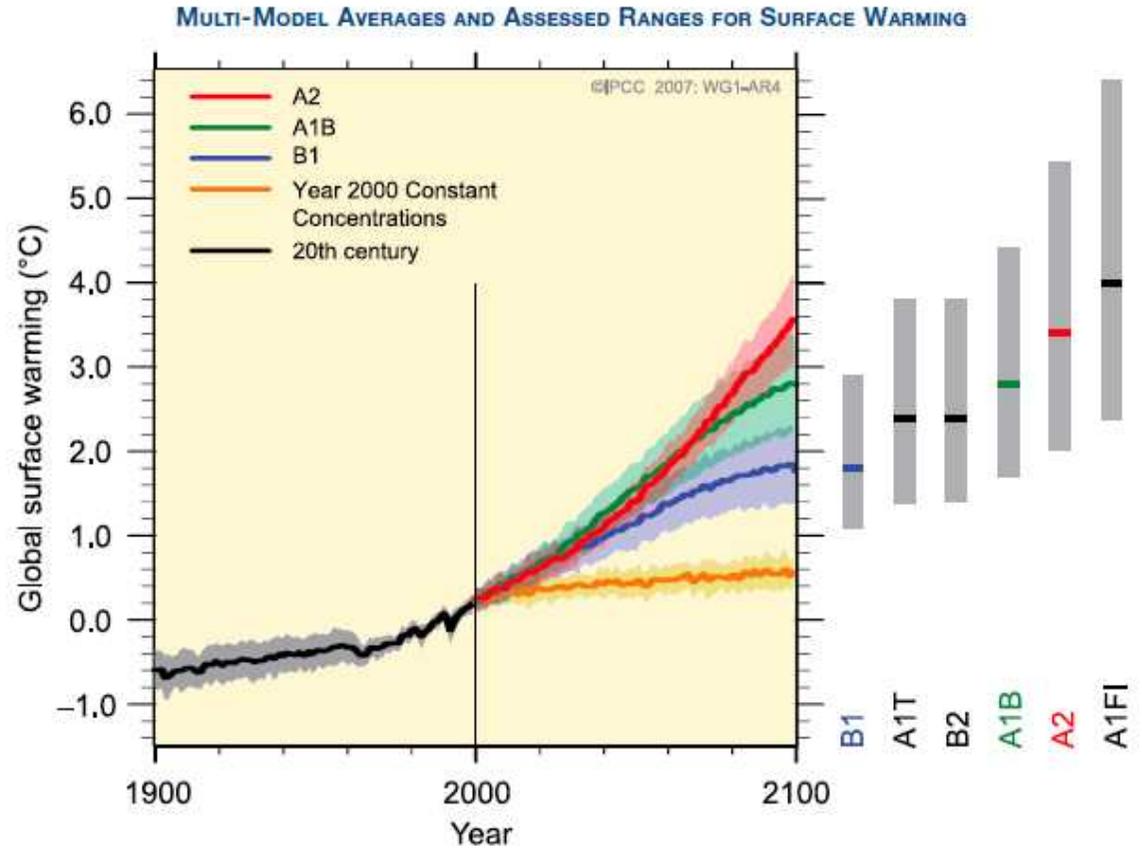
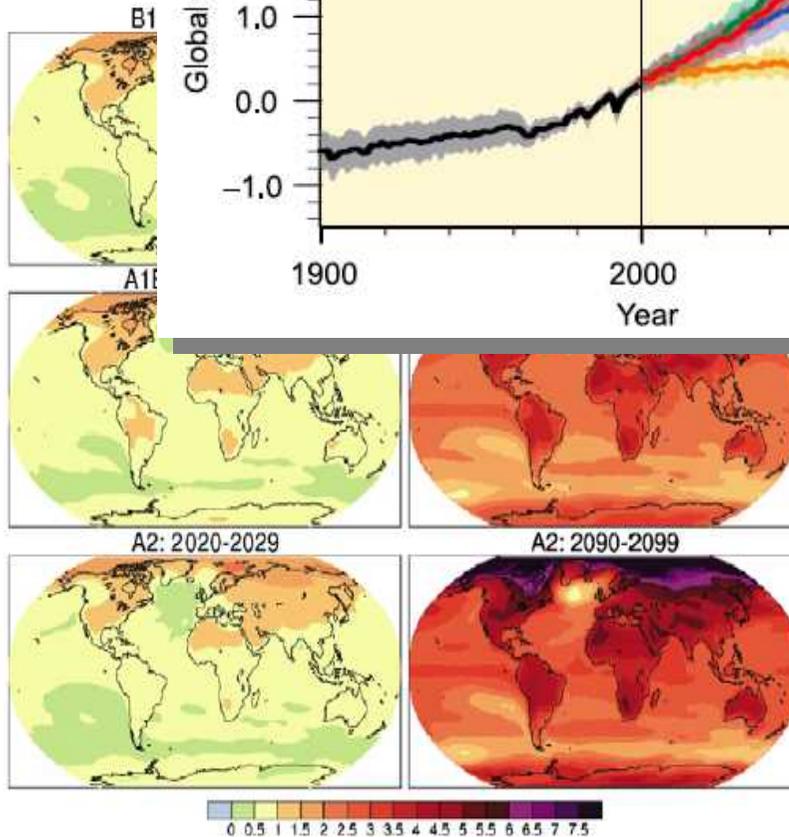
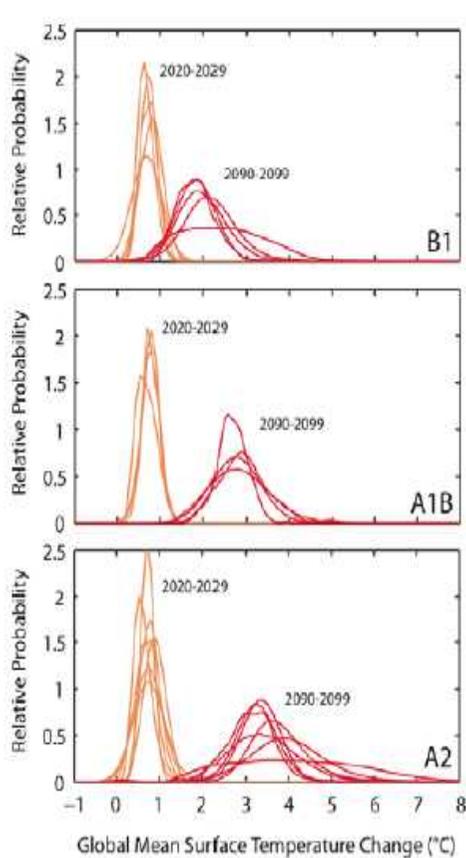
- I : 種の多様性や自然システムに対するリスク
- II : 極端な気象現象によるリスク(洪水、干ばつなど)
- III: 影響の地理的範囲(衡平性)
- IV: 損害の総和
- V : 大規模かつ不連続な自称発生リスク



(出所) IPCC (2001), p. 11.

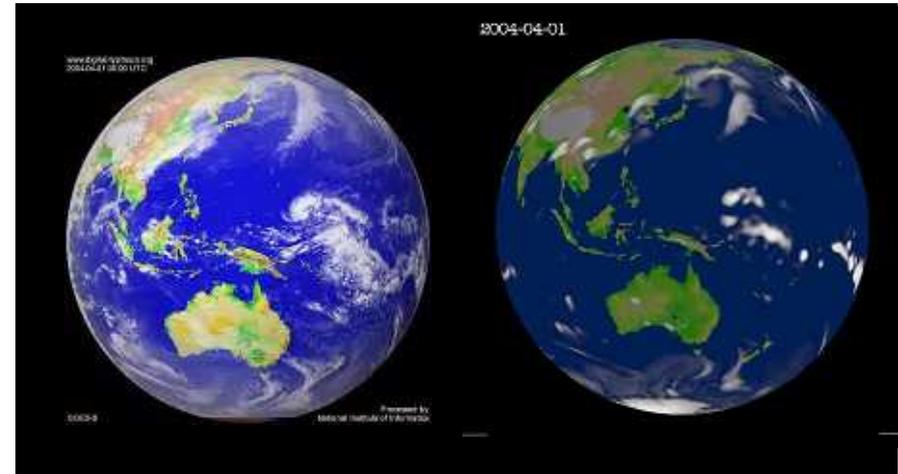
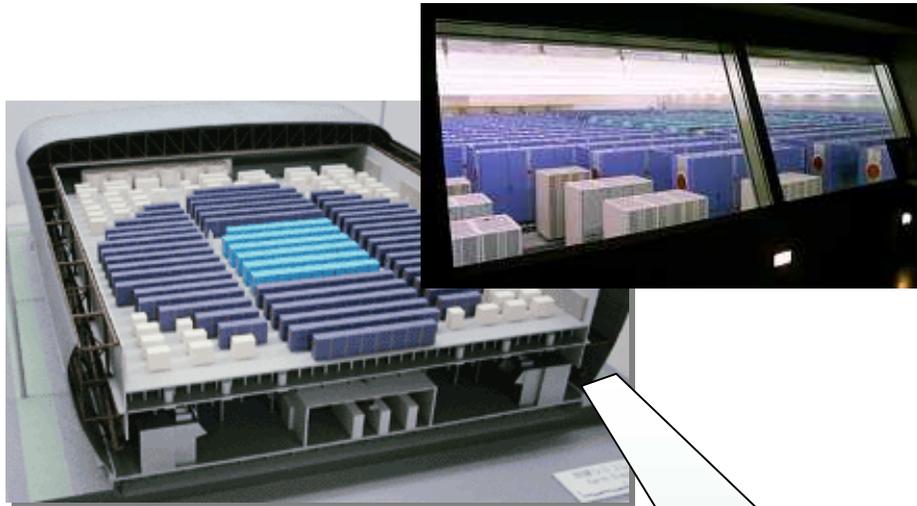
気候の予測

- 不確定性はまだ大きい
- 社会シナリオ: 自然モデル
起原=1:1
- 確率密度関数



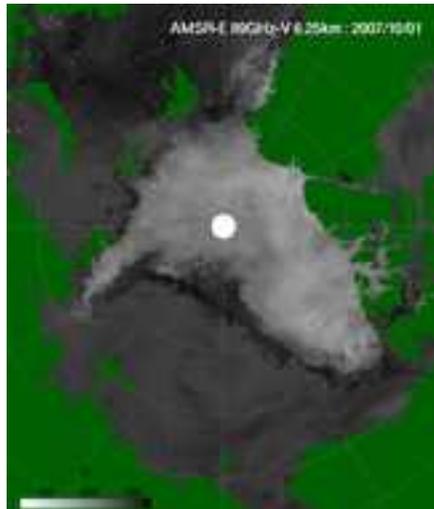
IPCC-AR4 (2007)

スーパーコンピューターの活用推進



GOES

NICAM



計画中の京速コンピューター

今後の課題

- 雲、エアロゾル
- 台風、極端現象
- 凍土、大陸氷床、氷河
- 海洋熱塩循環など

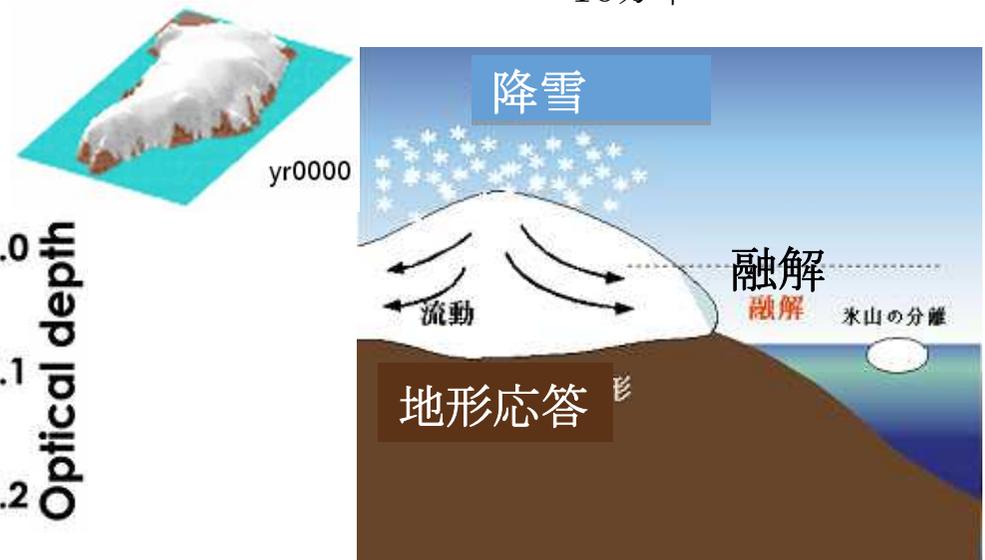
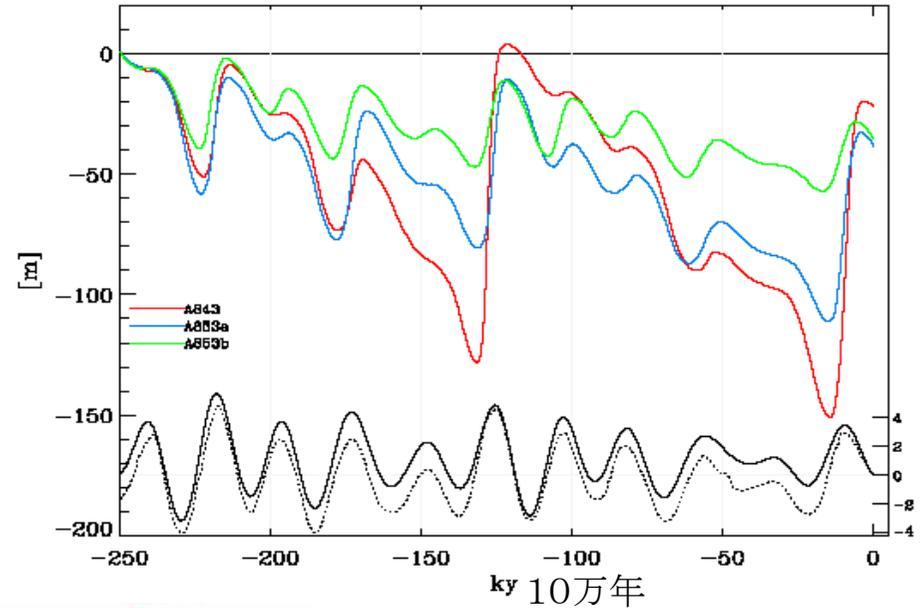
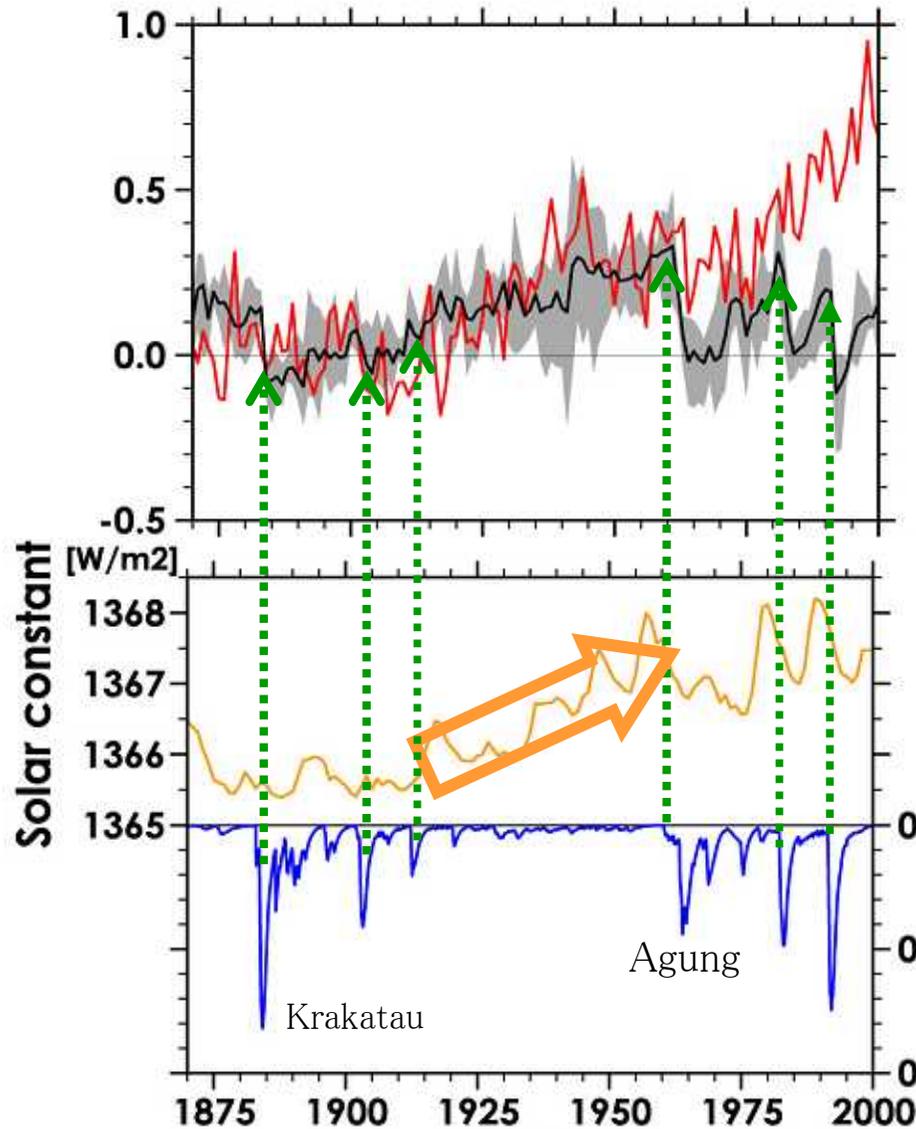
気候モデルの進化?
Lorenz's butterfly?

気候変動の複雑性

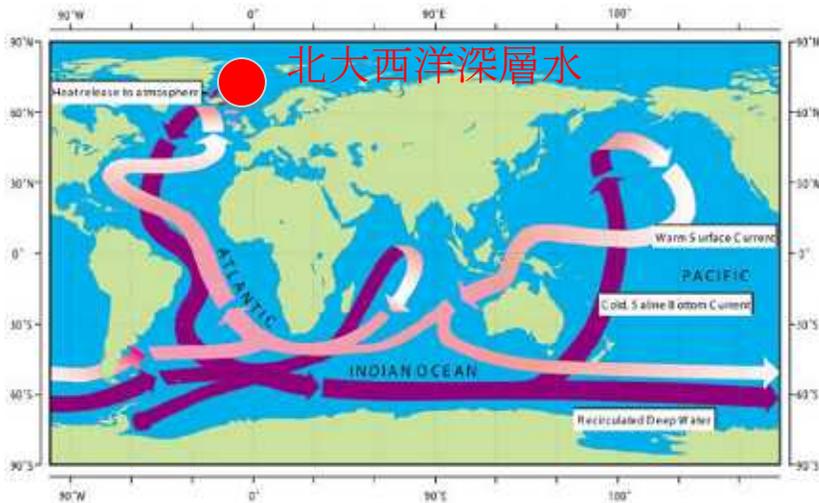
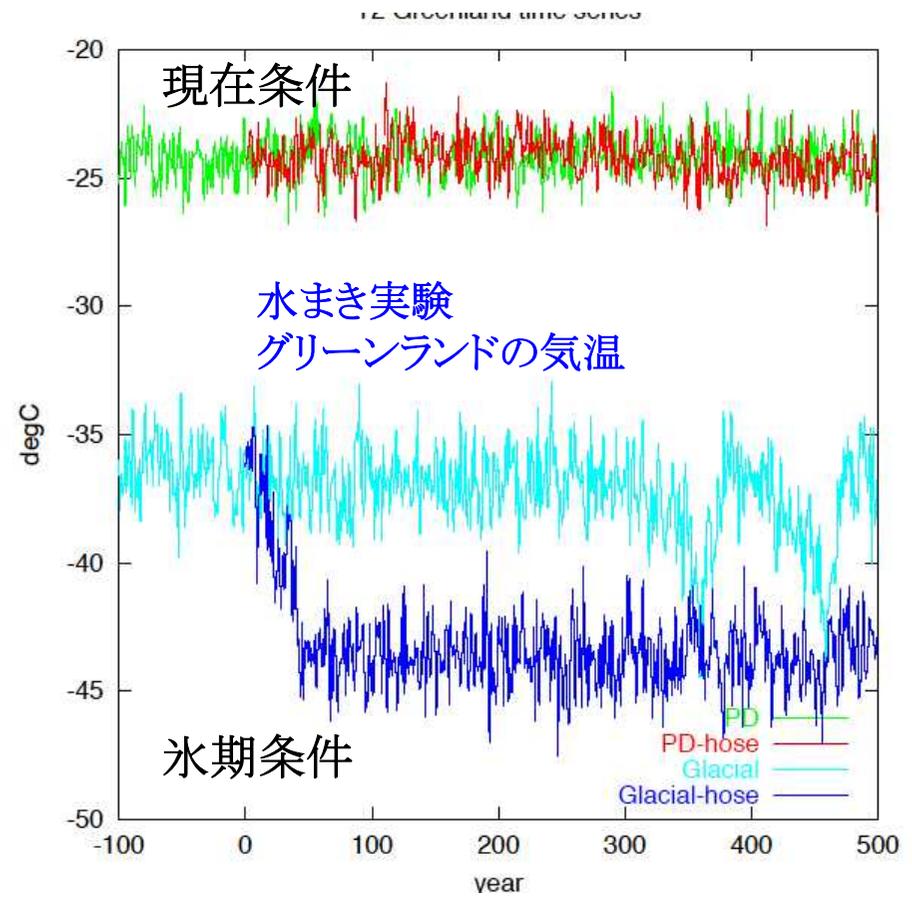
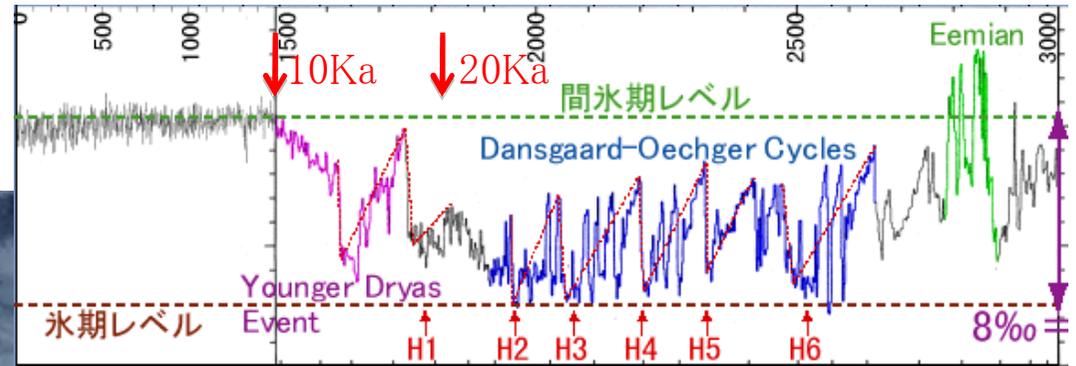
- 最近の変化: 温室効果ガス、エアロゾル、火山活動、太陽

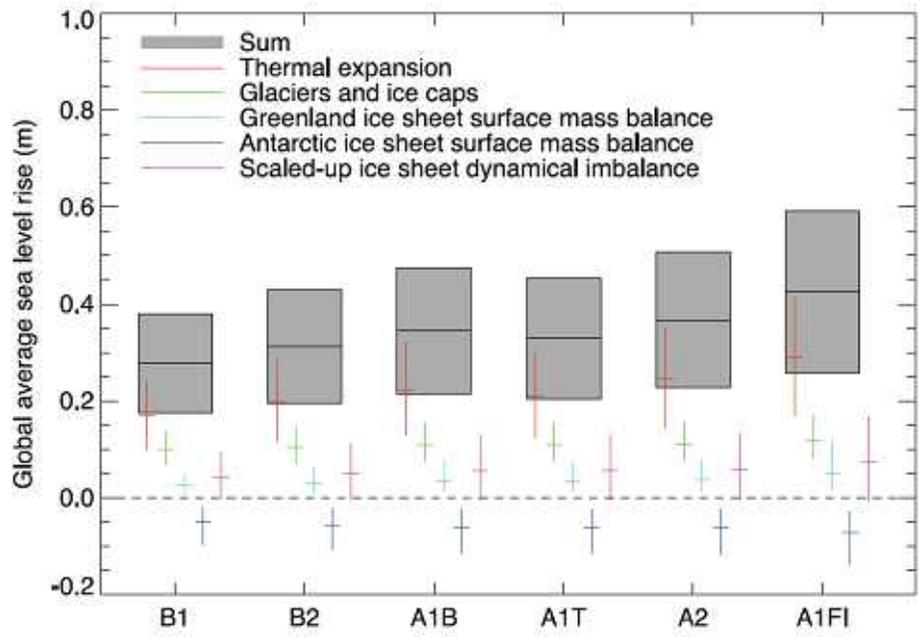
ミランコビッチサイクル(1920)

10万年スケールの変化:
地球軌道 + 地殻応答 + CO₂



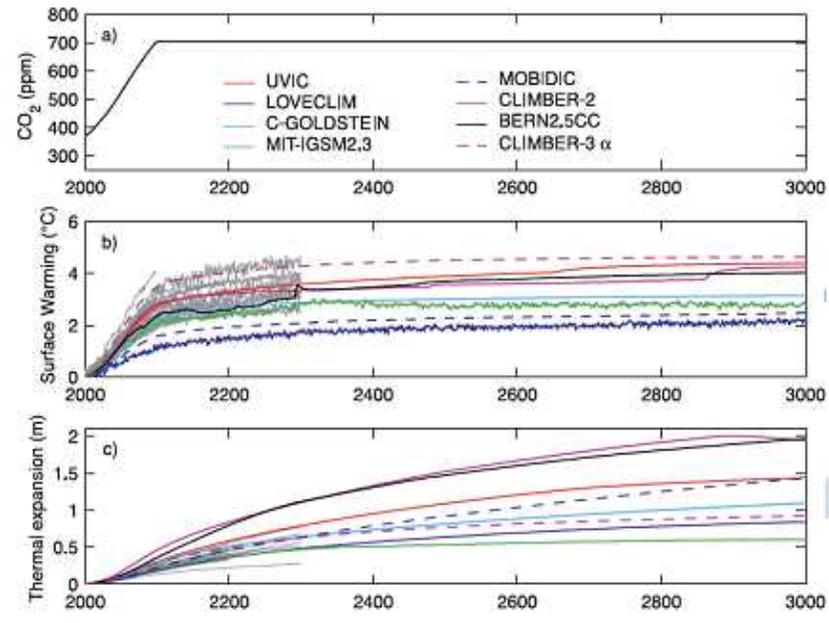
海と気候変化



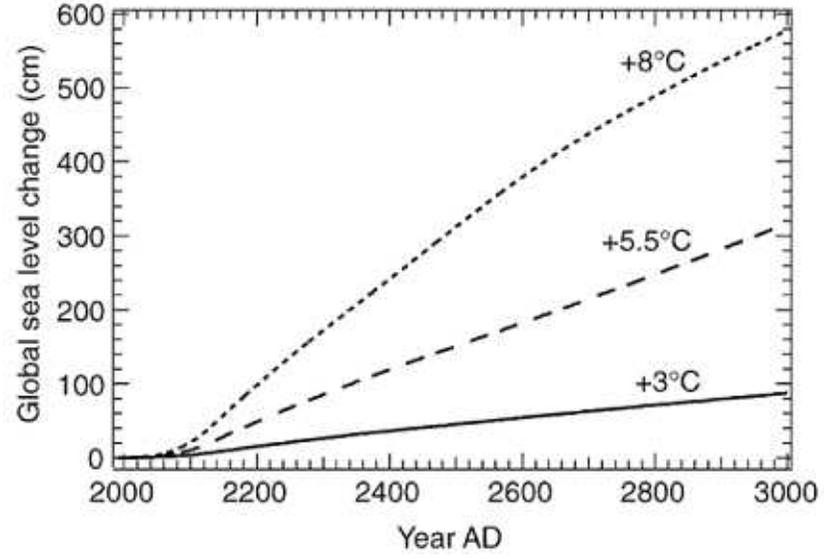


海水準の増加 Sea level rise

● 氷床の消長についてはAR4は極めて慎重 (AR4 very careful for ice sheet effect)

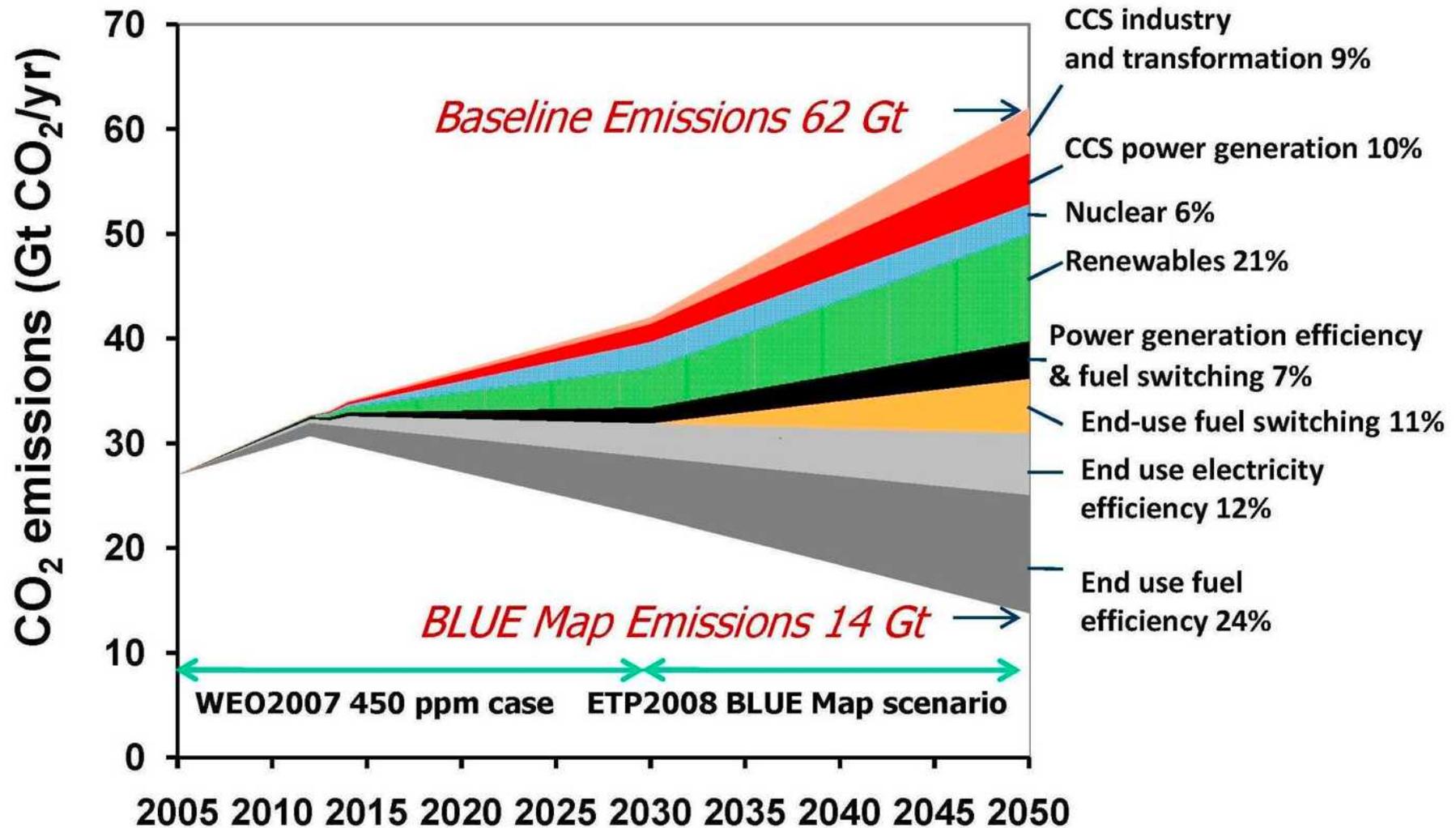


IPCC-AR4



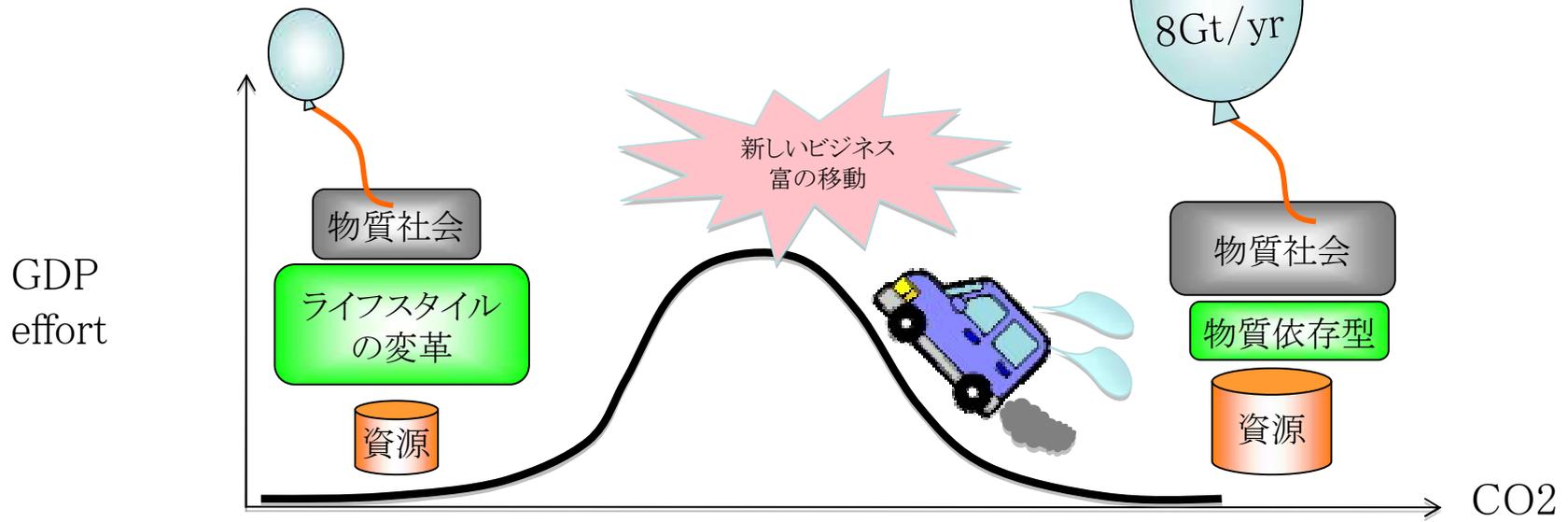
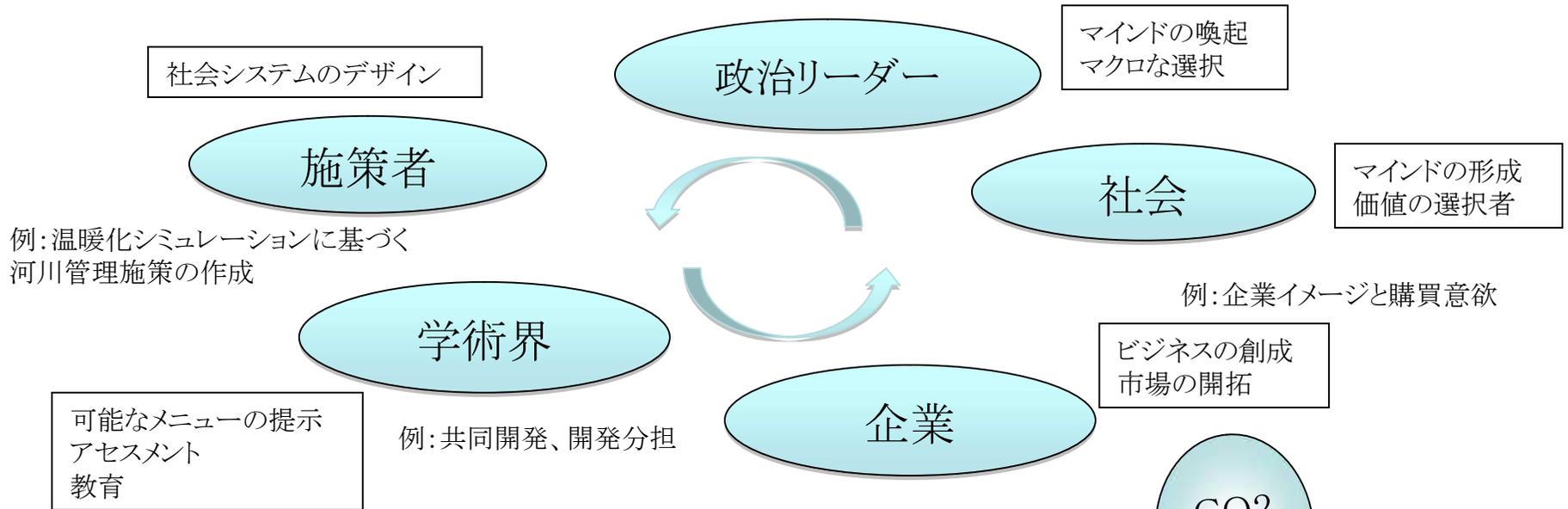
IPCC-TAR

削減の技術的見通し



国際エネルギー機関(IEA)による2050年半減目標シナリオの試算
(IEA(2008) Energy Technology Perspectives 2008)

温暖化の証明の時代からアセスメントの時代へ



結論

- 様々な時間スケールの気候変動がある。そのシミュレーションが可能になってきた。
- 人間活動は全球規模の影響を与えている。
 - 「温暖化の証明」の時代から「温暖化のアセスメント」の時代へ。精度の向上、応用範囲の拡大の必要性。
- 予測誤差は大きい。人間は容易に間違える。
 - データによる検証が非常に重要、IPCCは20年。
- より詳細なモデルはより良い再現結果を生んでいる。
 - 高分解能モデリングが必要。雲と降水過程、雪氷過程
 - ローレンツの蝶ははばたくか？
- 今後
 - 膨大な費用、ビジネスチャンスと富の移動
 - 産学:モデルの有効性とその利用;政策・施策の重要性