

文科省「人・自然・地球共生プロジェクト」課題1-2成果

西暦2450年までの地球温暖化を予測 -地球シミュレータでCO₂濃度安定化の効果を検証-

国際共同研究成果
電中研 (研究代表), 九州大学, NCAR, LANL

(財)電力中央研究所 環境科学研究所
重点課題責任者 丸山康樹

詳細情報は以下のホームページ参照
<http://criepi.denken.or.jp/jp/env/link.html>



温暖化予測研究の背景

国連の気候変動防止枠組み条約(UNFCCC)における温暖化防止の究極の目標は、「気候システムへ人為的に危険な干渉を及ぼさないように、CO₂等の大気中の濃度を安定化させること」である。

しかし、何が危険な干渉か、どの濃度レベルで、何時安定化するかを判断する科学的知見が不足(削減対策に大きな影響)。



地球シミュレータを活用し、濃度安定化目標設定に役立つ温暖化予測が重要

●参考: UNFCCC(1994年発効)の締約国会議(COP)において、京都議定書が1997年12月に採択。2005年2月16日発効。

CO2濃度安定化と気候応答の時間スケール

排出削減後、CO2濃度、気温、海面上昇は長期間増加し続ける

反応の大きさの目安

CO2 排出削減

現在 100年 1,000年

平衡状態になる時間

氷河融解による海面上昇
数千年

熱膨張による海面上昇
数世紀～千年

気温の安定化：数世紀

大気中濃度の安定化
100年～300年

CO2排出量の削減

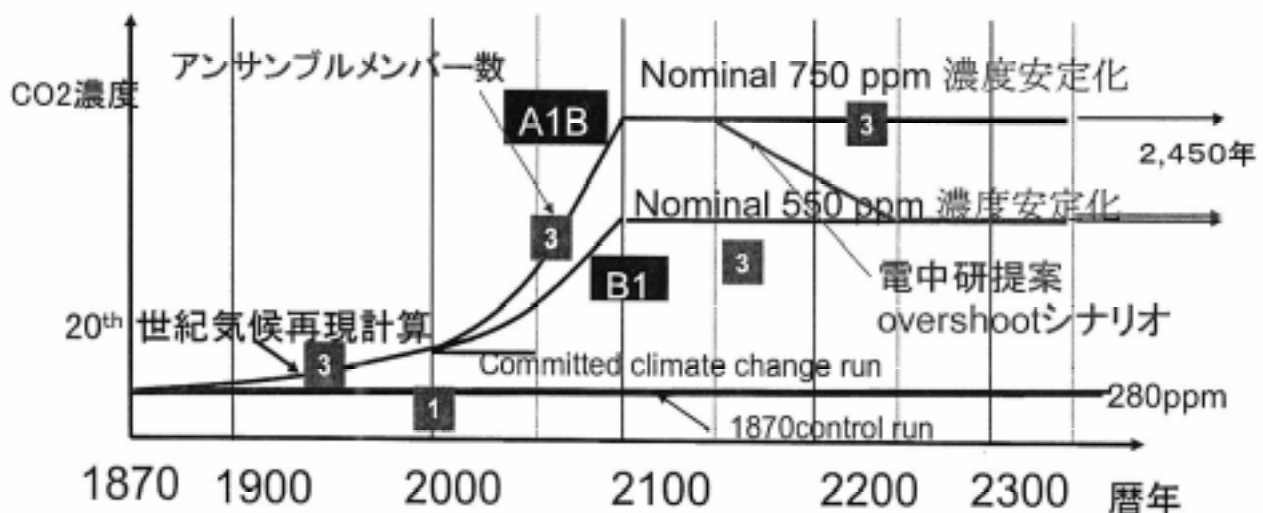
BYR - FIGURE 5-2

出典：IPCC統合報告書(2001)



INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE

温暖化予測に用いた濃度シナリオ(IPCC要請による)



- 3次評価書TAR(2001)に比べ、解像度2倍(計算量10倍)の予測モデル
- 豪雨等の予測精度向上のため、3メンバーアンサンブル予測
- 深層海流(熱塩循環)の挙動把握のため、2,450年まで長期間計算
- 現象のヒステリシス性の検討のため、電中研独自のOvershootシナリオ
- 地球シミュレータを活用し、合計6,000年の予測計算を短期間で実施

IPCC特別報告書SRES(2001) のシナリオの特徴

● A1Bシナリオ

グローバル化が進む世界。低い人口増加率(0.2%)、高い技術進歩(3%高成長)。A1Bは多種類の燃料をバランス良く使用するシナリオ。世界経済の地域格差は縮小へ向かう。

● B1シナリオ

グローバル化が進む世界。低い人口増加率(0.2%)、情報・サービス産業中心の経済構造変化(2.5%成長)。環境の持続可能性を重視し、経済の地域格差は継続する。

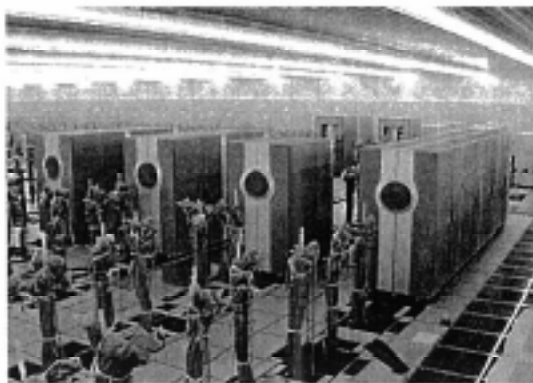
A1Bは再生可能エネ、B1は原子力比率が高い

シナリオの種類	A1Bシナリオ		B1シナリオ		電中研2050年展望
世界全体	2050年	2100年	2050年	2100年	2050年
石炭	16%	13%	23%	20%	22%
石油	19%	15%	32%	29%	34%
ガス	40%	41%	24%	25%	34%
原子力	11%	10%	15%	20%	7%
再生可能エネルギー	14%	21%	6%	6%	3%
OECD諸国(1990年時点)	2050年	2100年	2050年	2100年	2050年
石炭	12%	2%	17%	9%	15%
石油	23%	9%	27%	18%	43%
ガス	40%	28%	25%	29%	31%
原子力	10%	4%	24%	35%	8%
再生可能エネルギー	15%	57%	7%	9%	3%
アジア	2050年	2100年	2050年	2100年	2050年
石炭	26%	6%	28%	8%	42%
石油	13%	4%	24%	16%	34%
ガス	35%	32%	25%	19%	15%
原子力	12%	4%	17%	51%	7%
再生可能エネルギー	14%	54%	6%	6%	2%

電中研2050年の展望(2004)と比較するためバイオマスを除く。
IPCC第3次評価書(2001)中のIMAGEモデルの一次エネルギー比率を用いた。

地球シミュレータの概要(文科省プロジェクト)

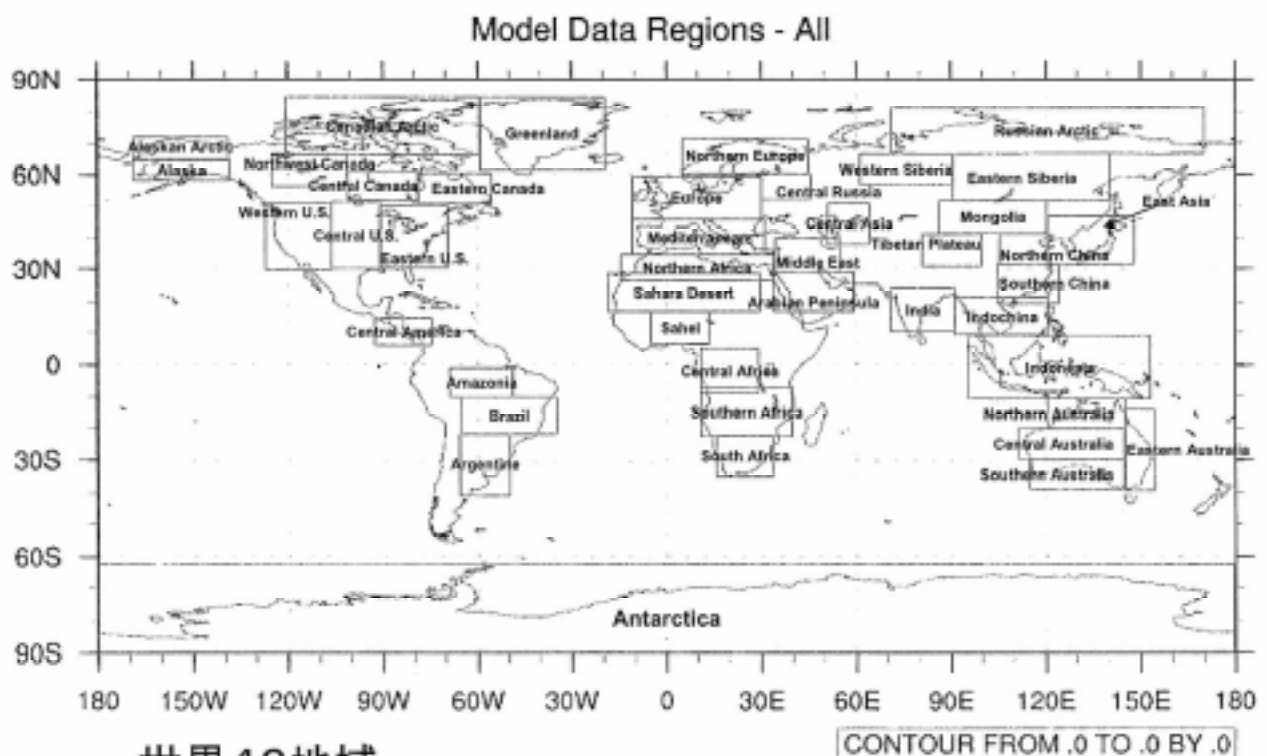
世界最高速:5120CPUの並列計算機



電中研グループ専用アクセス端末

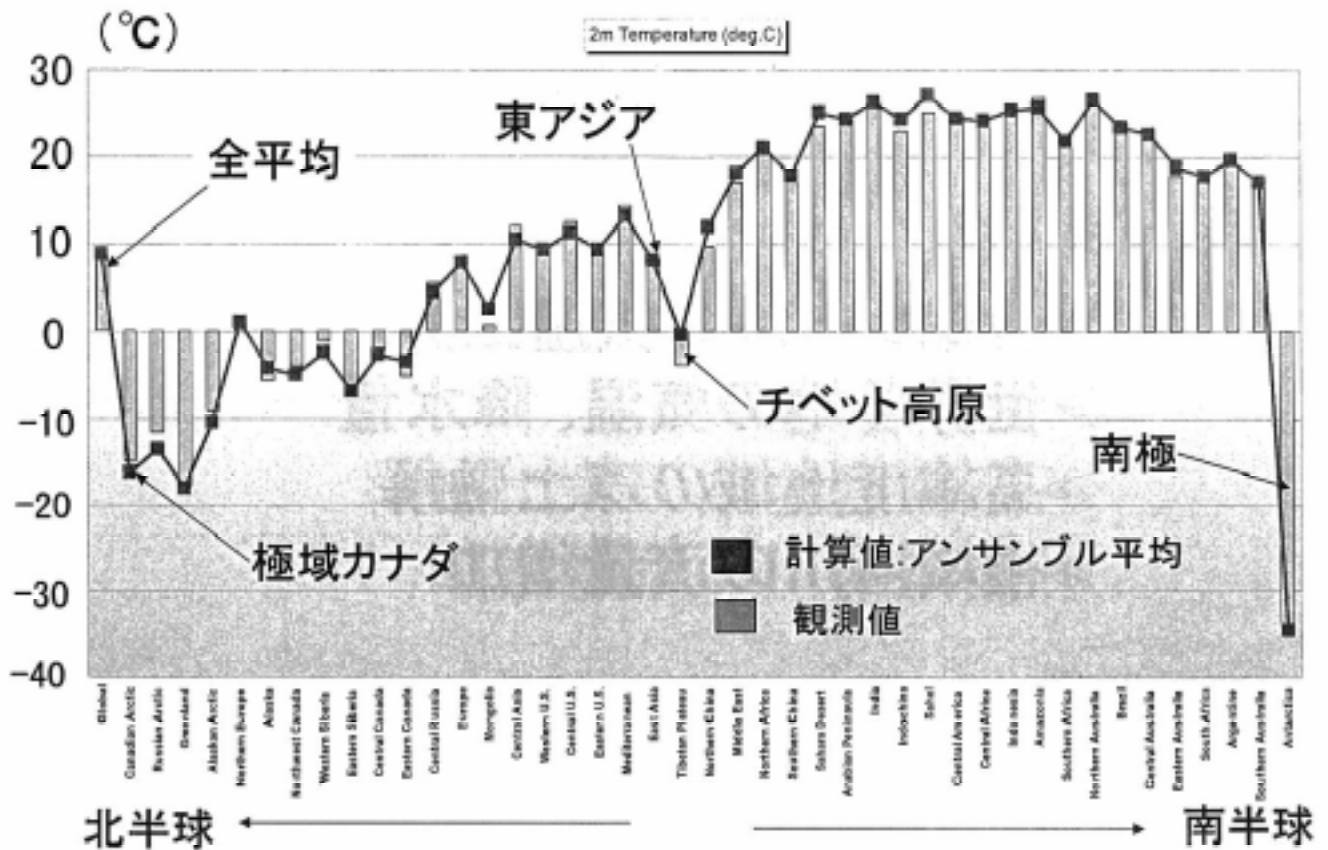
地球シミュレータセンター, 海洋科学技術センター:新杉田、神奈川県

モデルの検証:世界各地の気候値比較

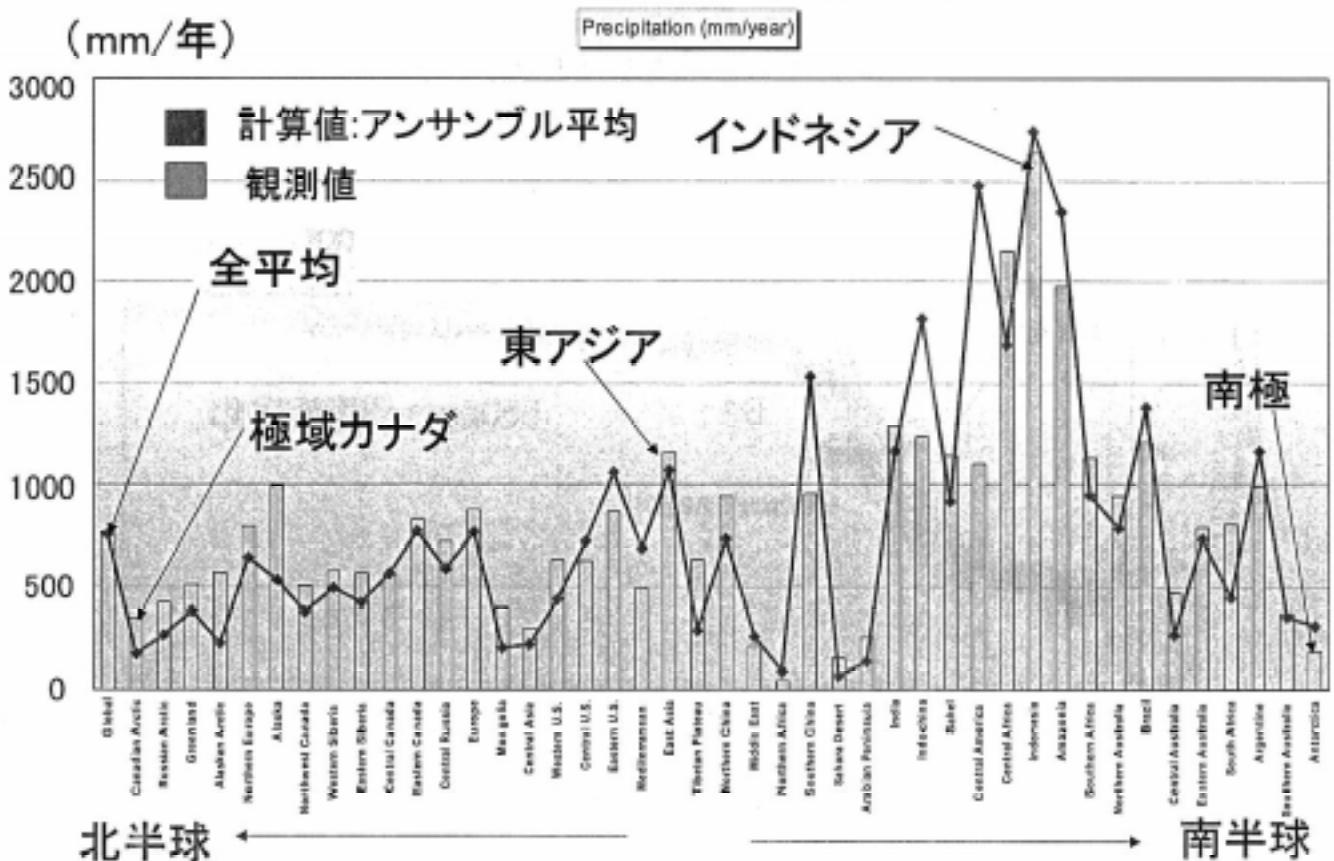


世界43地域

世界43地域の平均気温(観測値と計算値)



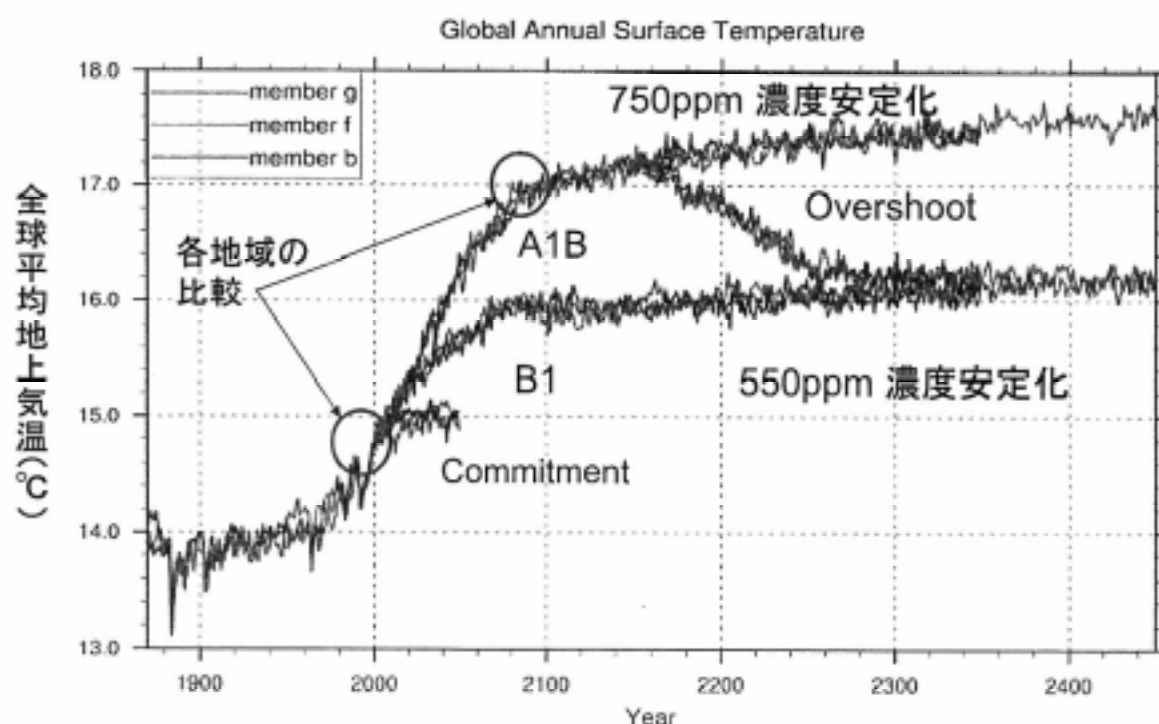
世界43地域の降水量(観測値と計算値)



温暖化予測結果(その1) -100年後の世界-

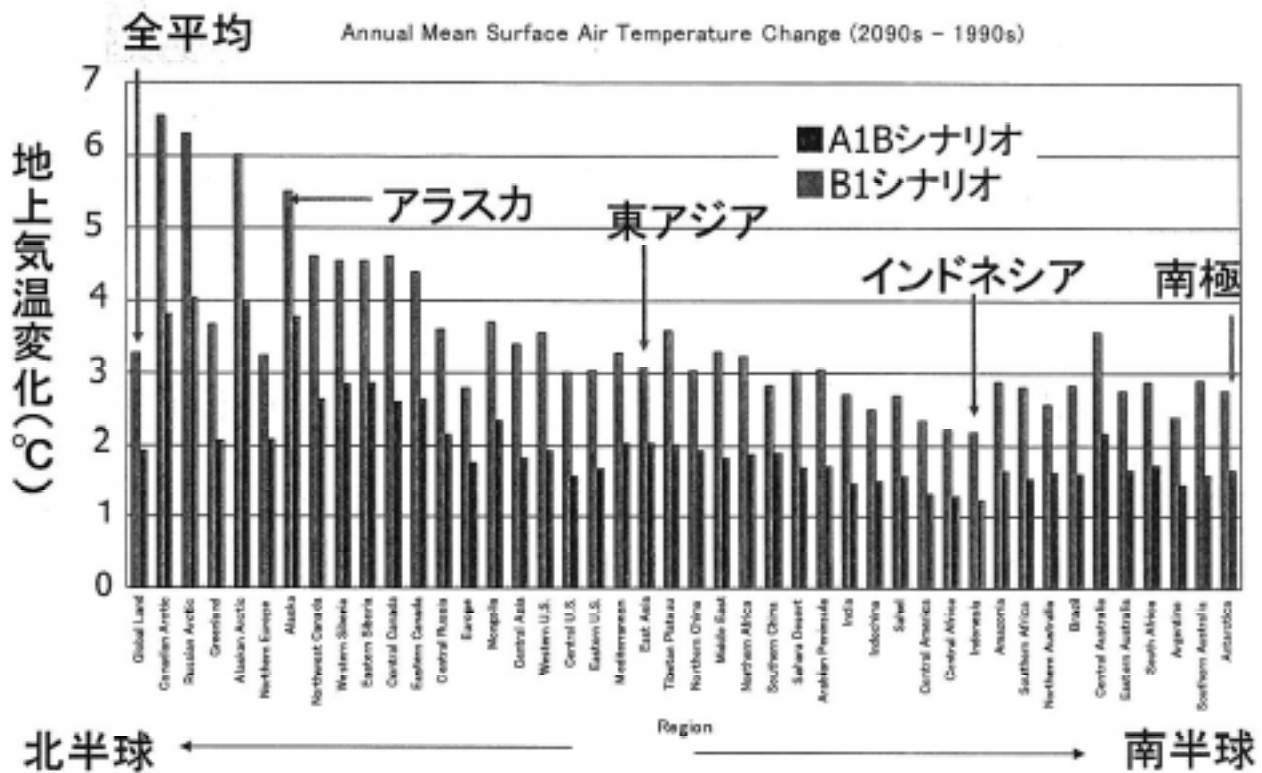
- 全球レベルの気温上昇
- 世界各地の気温、降水量
- 高緯度地域の凍土融解
- 極域河川の流量増加

温暖化による気温上昇の予測結果(全シナリオ)

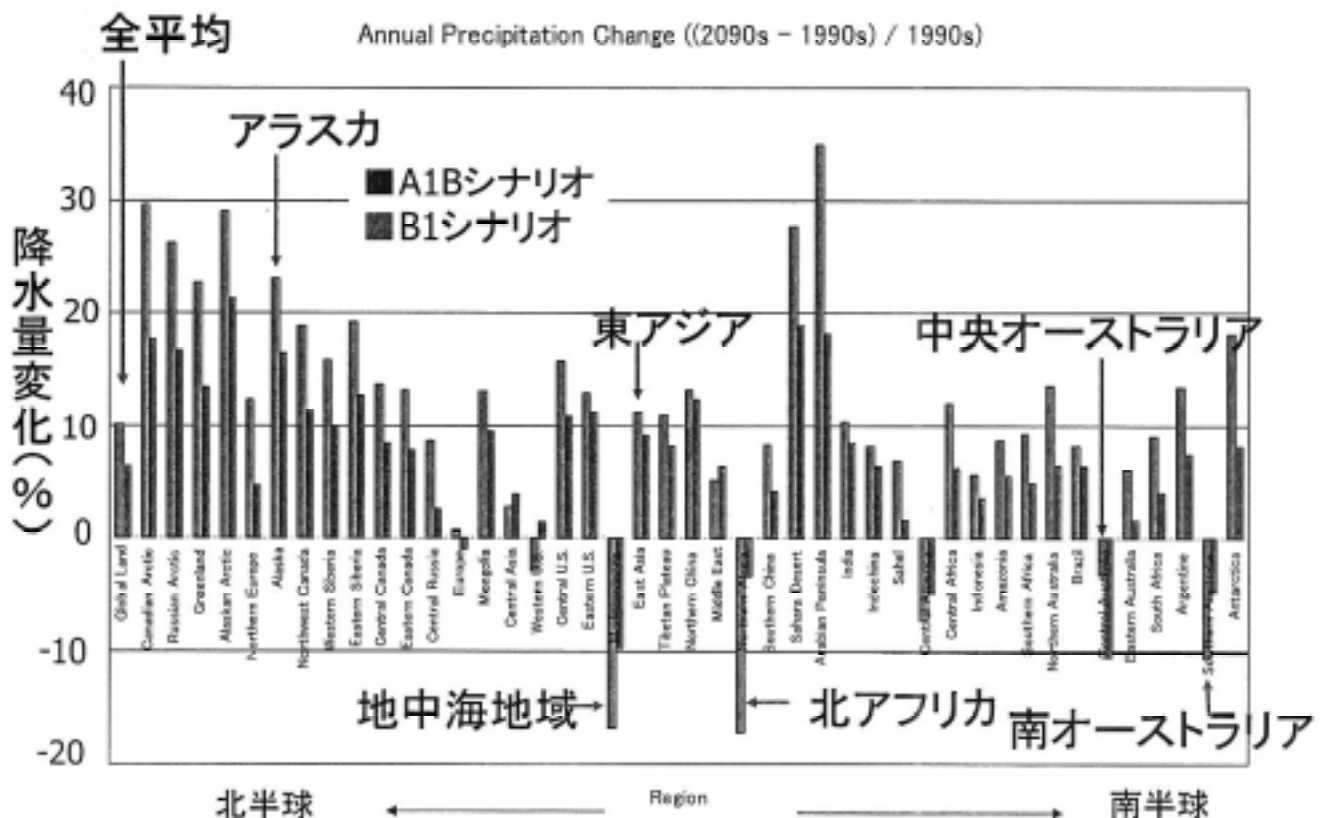


- A1Bシナリオでは、濃度を安定化しても気温上昇が止まらない
- 濃度を下げれば(Overshoot)、気温は低下し、安定化する

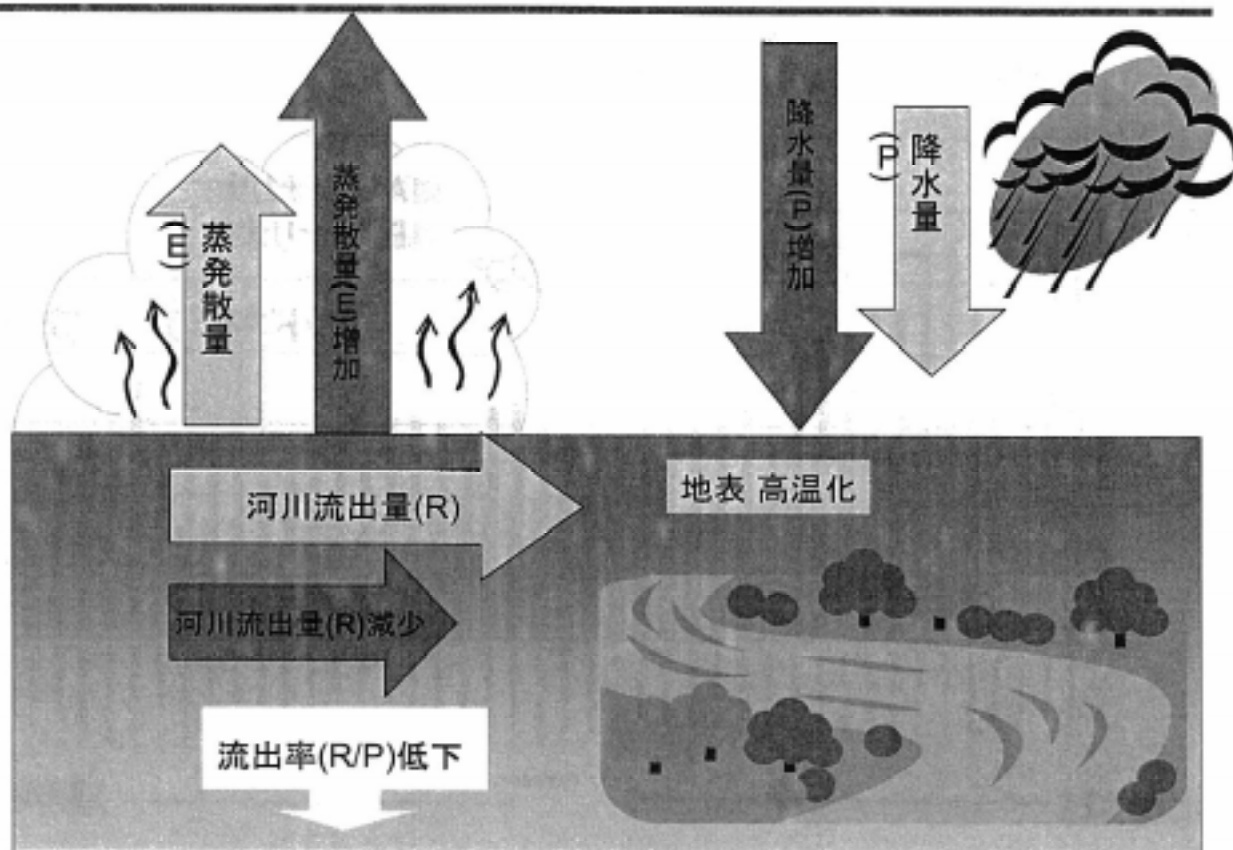
世界各地の100年後の気温変化(°C)



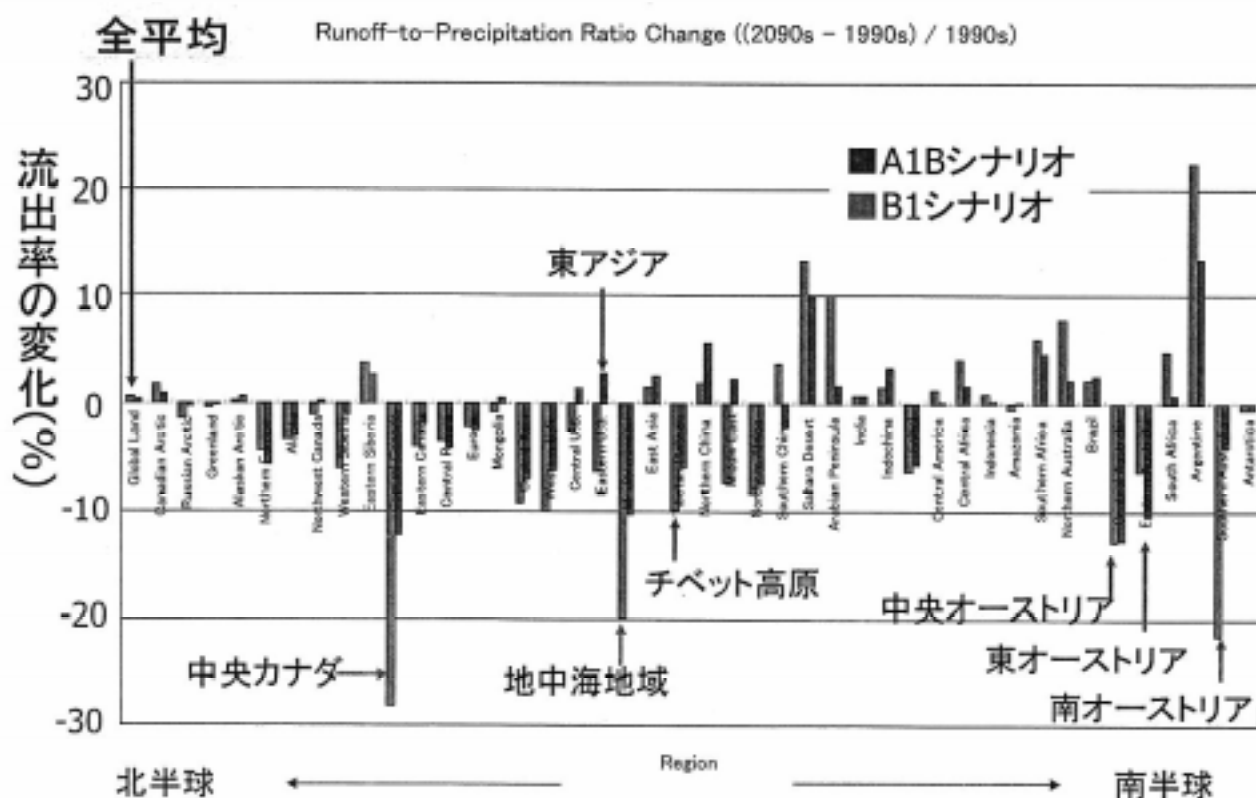
世界各地の100年後の降水量変化(%)



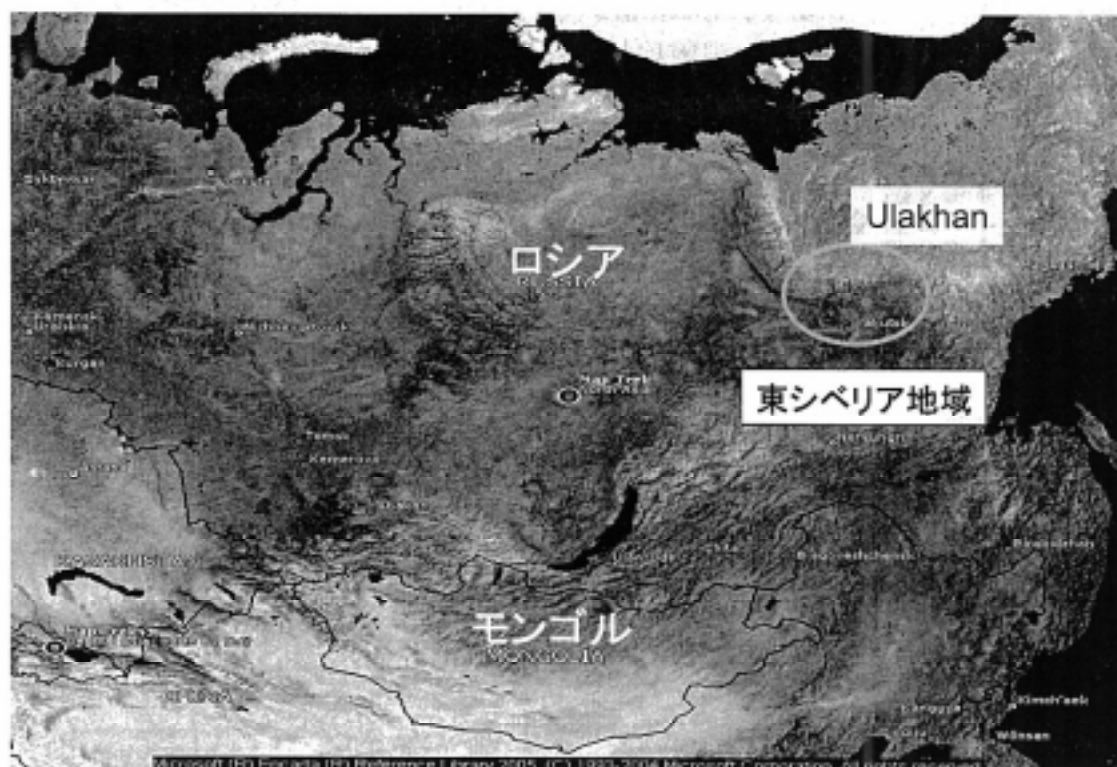
温度上昇と降水量増加の複合した影響



ほとんどの内陸部で流出率(R/P)が減少: 乾燥化



高緯度地域の土壤温度と凍土融解の検討



土壤温度の観測例(東シベリア; Ulakhan)

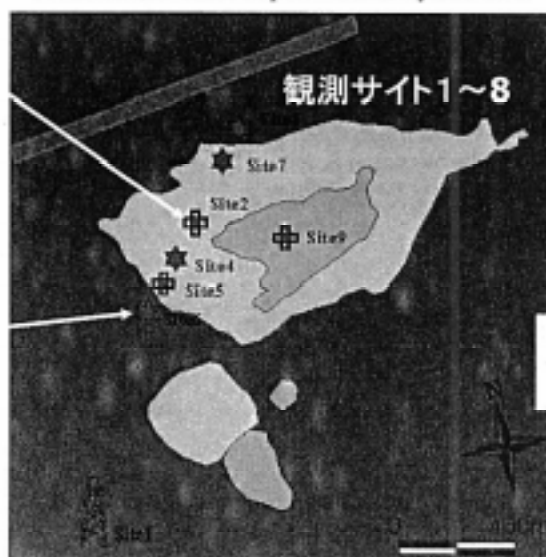
GAME ; GEWEX Asian Monsoon Experiment

GEWEX ; Global Energy and Water Cycle Experiment

Baseline Meteorological Data in Siberia (BMDS)

1986 – 2000 (daily data) 77地点、気温、地温、積雪等の観測データ

Schematic Location Map of Ulakhan Sykkan Alas

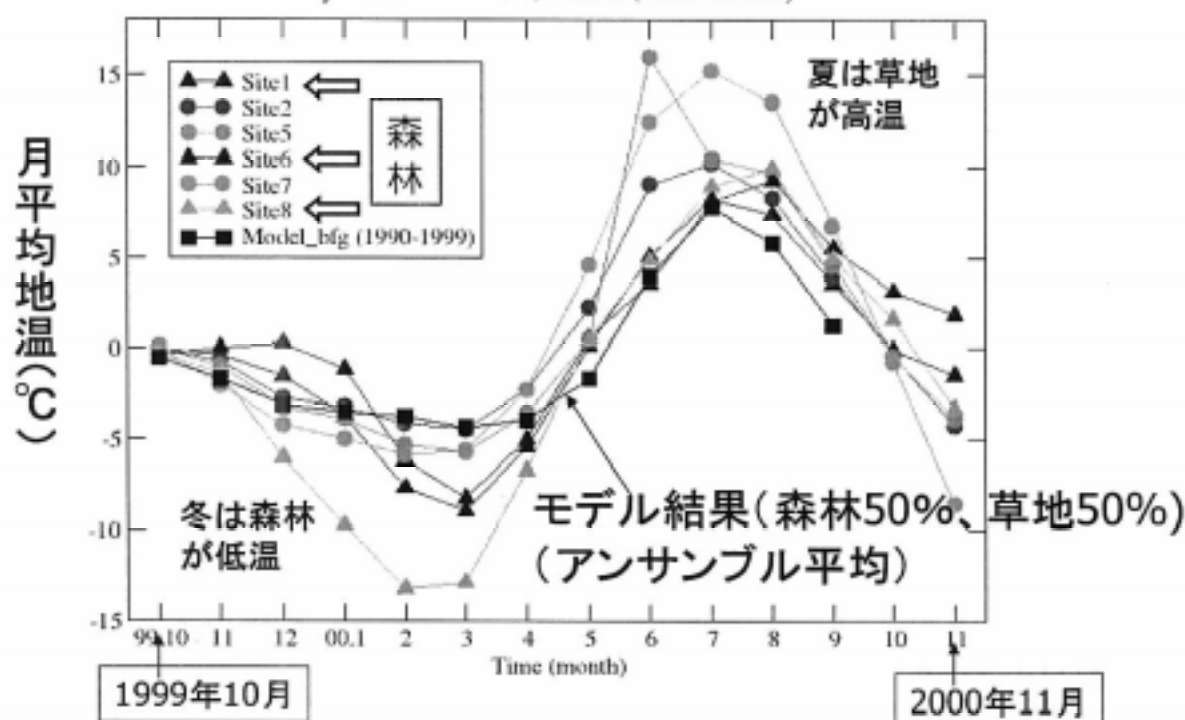


Ulakhan

土壌温度(地温)の観測とモデル結果の比較

Ulakhan

Soil Temperature (Observation) (地中約0.2m)
yrs.1999.10 - 2000.11, Ulakhan (Eastern Siberia)

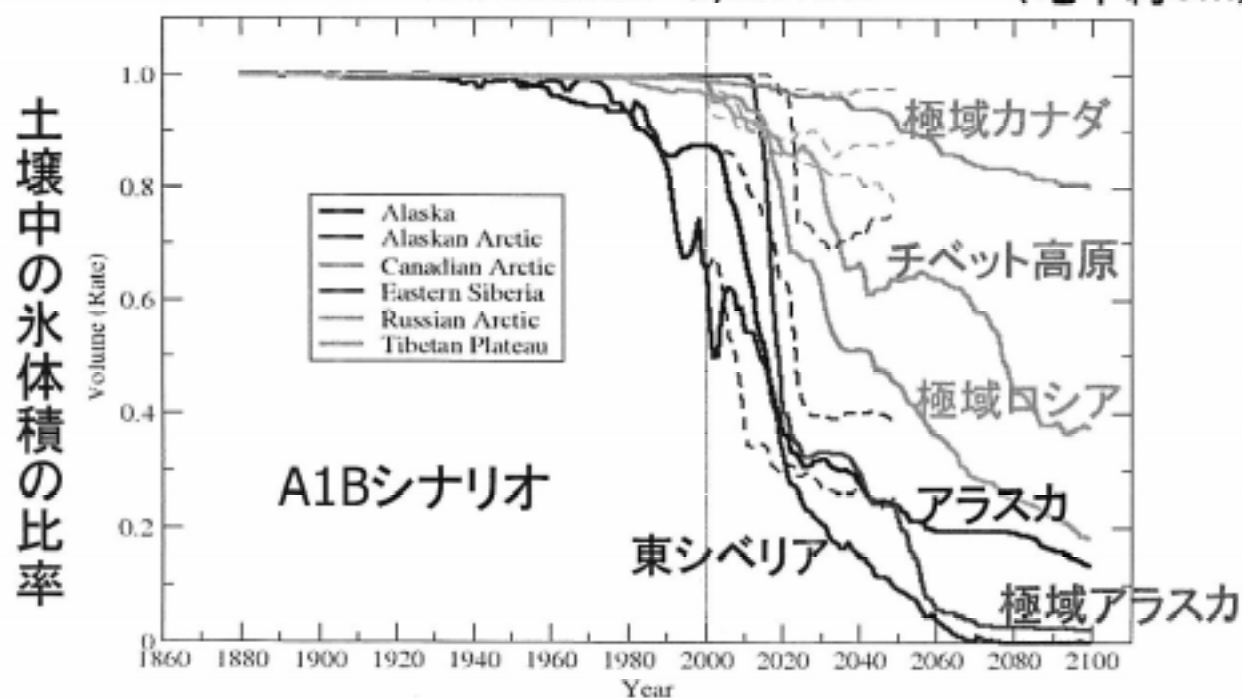


高緯度地域の凍土融解(予測)

Time-Series behavior of Soil Ice (frozen layer10)

SRES A1B (member = D), yrs.1870-2100

(地中約3m)



凍土融解と建物被害の現状



Building damaged due to permafrost thawing in Chersky (low Kolma River), Russia.

無対策の被害例: ロシア



BP operations center, Prudhoe Bay, Alaska, built on pilings to resist damage from thawing permafrost.

凍土融解を想定し、支持杭の上に
軽量建屋を建設: 被害無しの例(アラスカ)

出典: Impacts of a warming arctic, Arctic Climate Impact Assessment, 2004, Cambridge University Press.

予測結果のまとめ(100年後の世界)

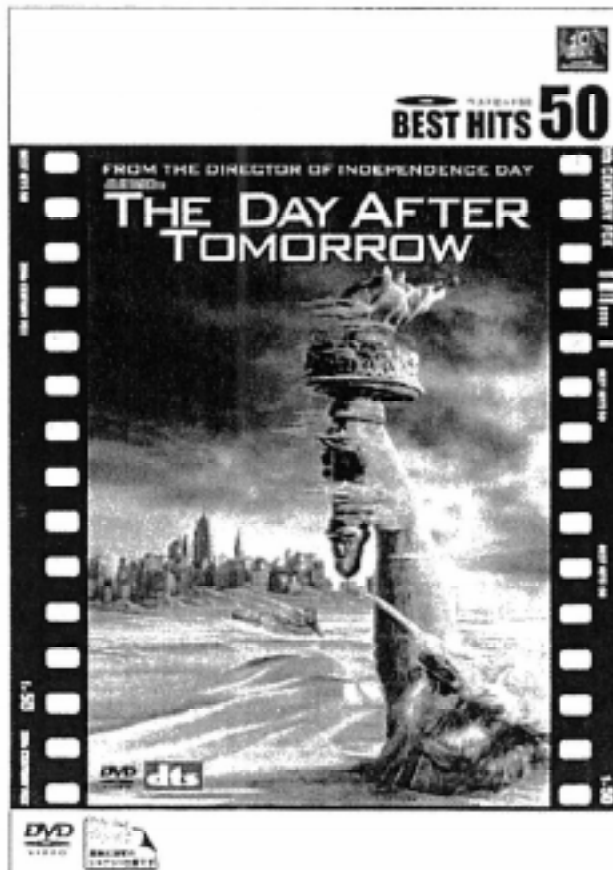
- 温暖化すると、全球平均では気温、降水量とも増加する。地中海性気候区分の地域(北アフリカ、オーストラリア、カリフォルニア北部等)では、逆に降水量が減少。
- 温度、降水量増加の複合影響は複雑で、内陸部では流出率(R/P)が減少する地域が増加(乾燥化)。洪水と旱魃の発生頻度の増加が懸念される。
- 主な高緯度地域では、土壤温度が上昇し、凍土融解が急速に進む可能性がある。さらに、降雪量増加と凍土融解の影響で、河川流量が増加し、洪水の発生が懸念される。

今回、新たに分かったこと

温暖化予測結果(その2)

-濃度安定化レベルと危険な人為的干渉-

- 熱塩循環の減少と寒冷化
- 南極、北極の海氷体積の減少
- 海面水位の上昇(熱膨張による)



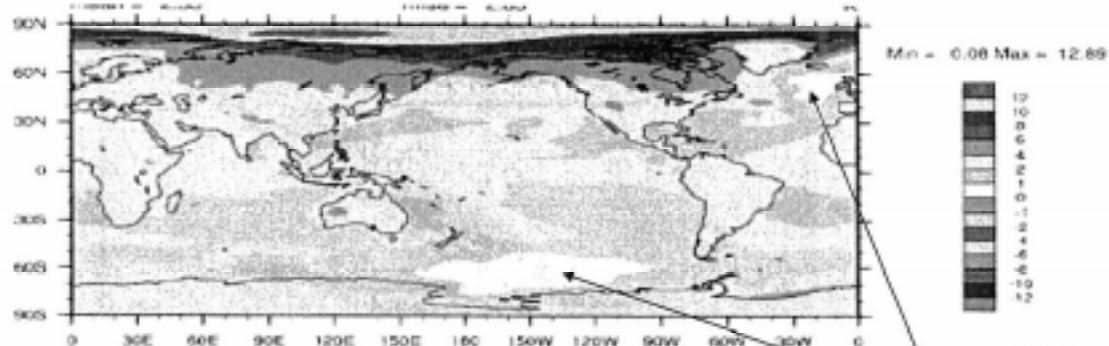
温暖化によっ
て寒冷化が発
生するか？

熱塩循環の減
少と寒冷化

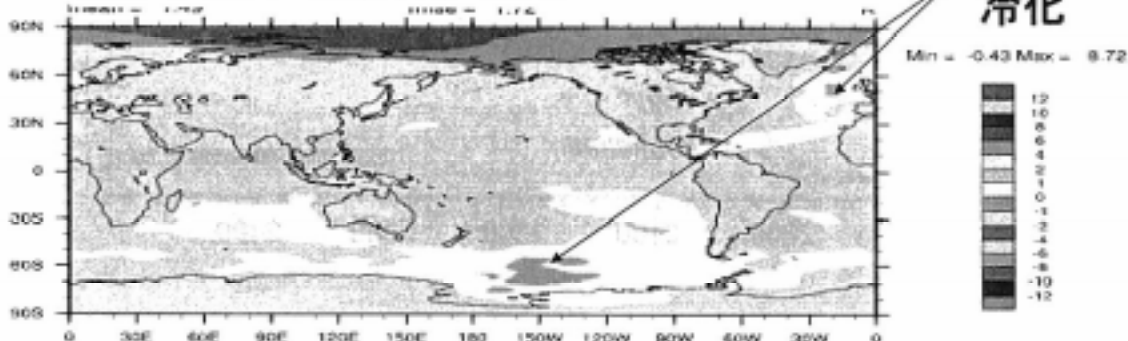
100年後の気温上昇:A1B、B1シナリオ

21世紀末と20世紀末の比較(100年後)

A1Bシナリオ: 全球平均 2.5°C

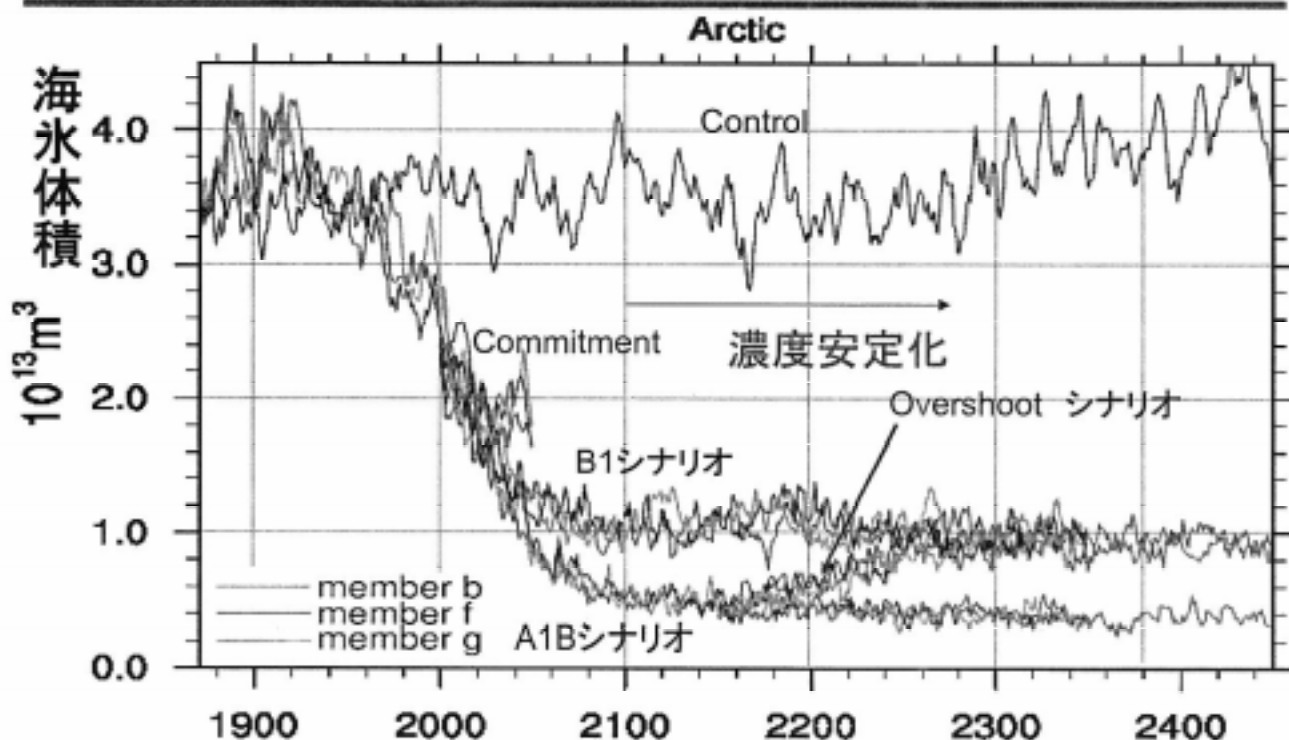


B1シナリオ: 全球平均 1.5°C



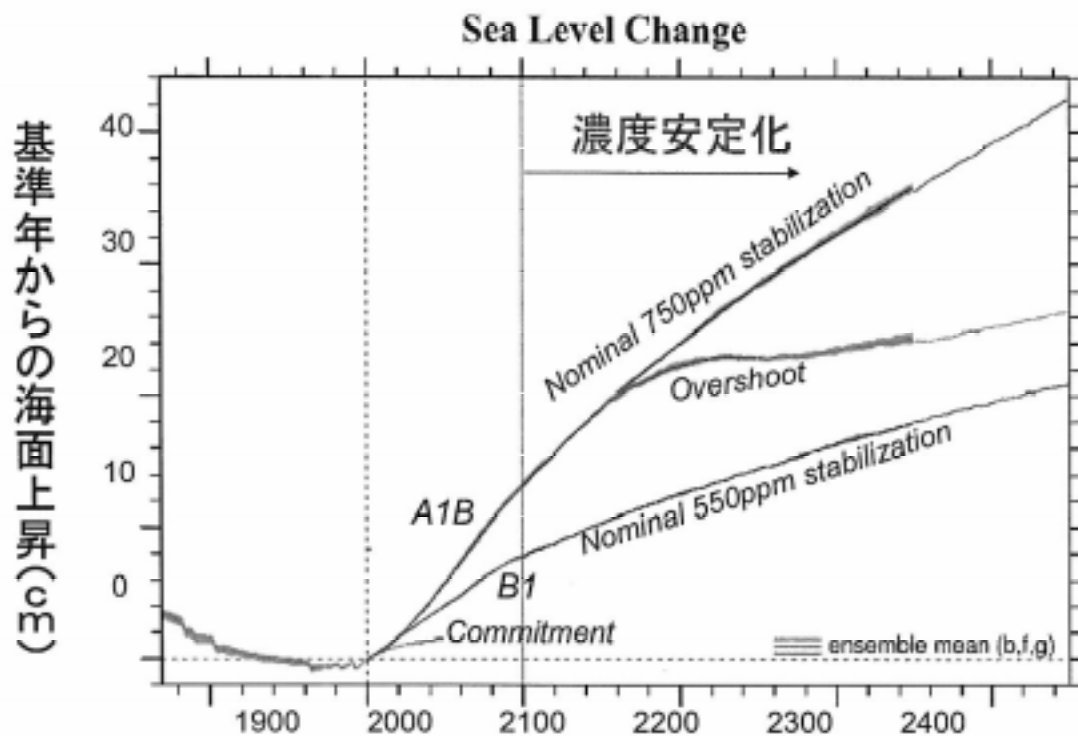
局所的な寒冷化

北極の海水体積は安定化後も減少続ける



- A1Bシナリオでは、濃度を安定化しても海水体積は減少を続ける
- 濃度を下げれば(Overshoot)、(B1+濃度安定化)に復元する

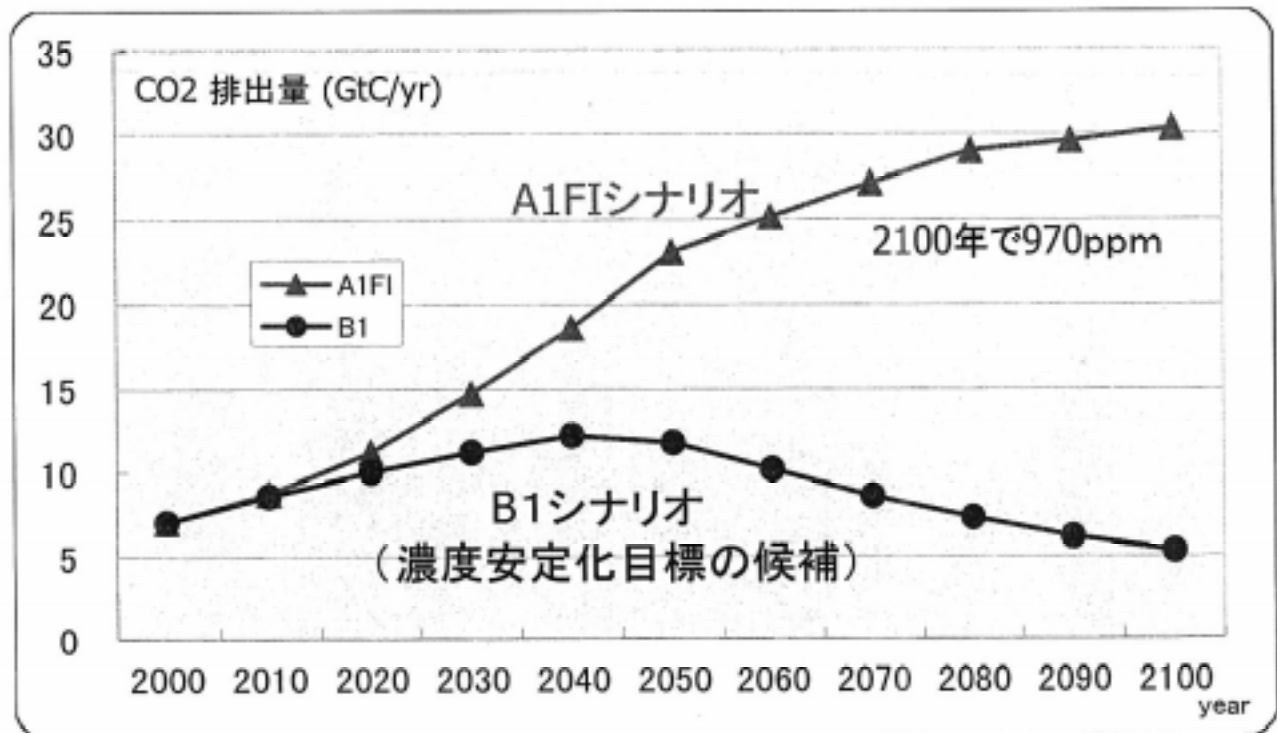
海面上昇(熱膨張)は濃度安定化後も上昇



世界エネルギー政策への示唆

- A1B+750ppm濃度安定化シナリオでは、海氷の消滅等の“危険な状況”に至る可能性があり、温暖化防止目標としては濃度が高すぎる可能性がある。
- B1+550ppm濃度安定化シナリオは、温暖化防止目標の一つの候補。しかしながら、適切な濃度レベルについては、今後、判断基準の明確化が必要。
- 濃度安定化のための排出量削減は相当の困難が想定される。Overshootシナリオは、全球的に排出削減が進まない場合のリスク評価の一環として、今後とも検討が重要。

今後、アジアの経済発展はB1を上回る？



A1FI シナリオは、途上国の経済発展により化石燃料(石炭)を大量に使用するシナリオ(IPCC SRES, 2001)

おわり

