

2009年8月27日
21世紀気候変動予測
革新プログラム公開シンポジウム

21世紀気候変動予測革新プログラム

2007～2011年度

革新プログラム立案の背景

□ IPCC第4次報告書(2007年)

- 地球の温暖化に疑問の余地はない
- 20世紀後半の温度上昇の大部分は人為起源温室効果ガスの増加による
- 温暖化に伴う気象の変化、環境への影響既に現れ始めている

□ 京都議定書の第一約束期間

2008-2012年

→ 「地球温暖化は既に現実である」との認識
京都議定書後の「安定化」に向けた削減案提案(EUほか)

一方、日本の研究は「地球シミュレータ(ES)を用いた日本全体の地球温暖化予測研究「人・自然・地球共生プロジェクト」(2002-2006年度)で大きく進展→世界の中位からトップ集団に

ポスト共生プロジェクトの方向性

地球温暖化・気候変化の進行とそれをめぐる社会の必要に応じる、次の(IPCC第5次報告書を含む)ステップ

1. 安定化レベル選定への基礎情報→安定化後を含む
長期気候変化・環境変化予測が必要(複数シナリオ)

AR4では2100年までの予測→一部「つぎはぎ」の安定化実験
しかしWGIIIの新しい安定化向け排出シナリオには対応していない
2. 避けられない気候変化への対応策立案の基礎情報
 - 当面20～30年間はシナリオに余りよらない
→自然変動をも含めた20～30年気候予報(prediction)
 - 詳細な地域的变化、極端現象の変化の予測
3. 2.の予測情報を遅滞なく対応策立案に活用する

革新プログラムの構成

A) 目的に応じた3主要予測モデル開発と実験

- シナリオ別の長期(300年)にわたる地球環境変化の推定→安定化目標
(植生分布変化、深層循環変化……)
- 近未来(30年)の不可避の気候変化予測
自然変動を含む30年予報
- 温暖化地球での気象特に極端現象の予測
(台風はどうなる、集中豪雨は……)

B) それぞれに応じた予測の不確実性評価

C) 気候変化予測データを利用した影響評価・対策立案

災害(水災害、風災害、海岸…)＋環境省プロジェクト連携

A)補 先端的要素モデル開発5課題

革新プログラムにおけるモデル開発と予測実験の役割分担

チ-ム	略称	主目的	モデル種別	解像度		担当機関
				大気	海洋	
1	長期	ポスト京都の安定化目標選定のためシナリオによる300～500年予測	地球システムモデル（気候・炭素循環・化学）	280 ^{km}	100 ^{km}	海洋機構・地球フロンティア 国立環境研 東大気候センター
		不確定性定量化：簡略モデル多数実験から不確定幅推定				
2	近未来	2030年までの近未来（シナリオによる差なし）の詳しい予報	大気・海洋・陸面結合モデル（気候モデル）	50 ^{km}	20 ^{km}	東大気候センター 国立環境研 海洋機構・地球フロンティア
		不確定性定量化：アンサンブルデータ同化による初期値設定				
3	極端現象	21世紀中葉と末期における極端な気象（台風など）の変化予測	大気・陸面モデル（海面温度指定）	20 ^{km}	-	気象庁・気象研 地球科学技術推進機構
			同上日本周辺	5 ^{km}		
		不確定性定量化：複数高解像度モデルによる比較実験				

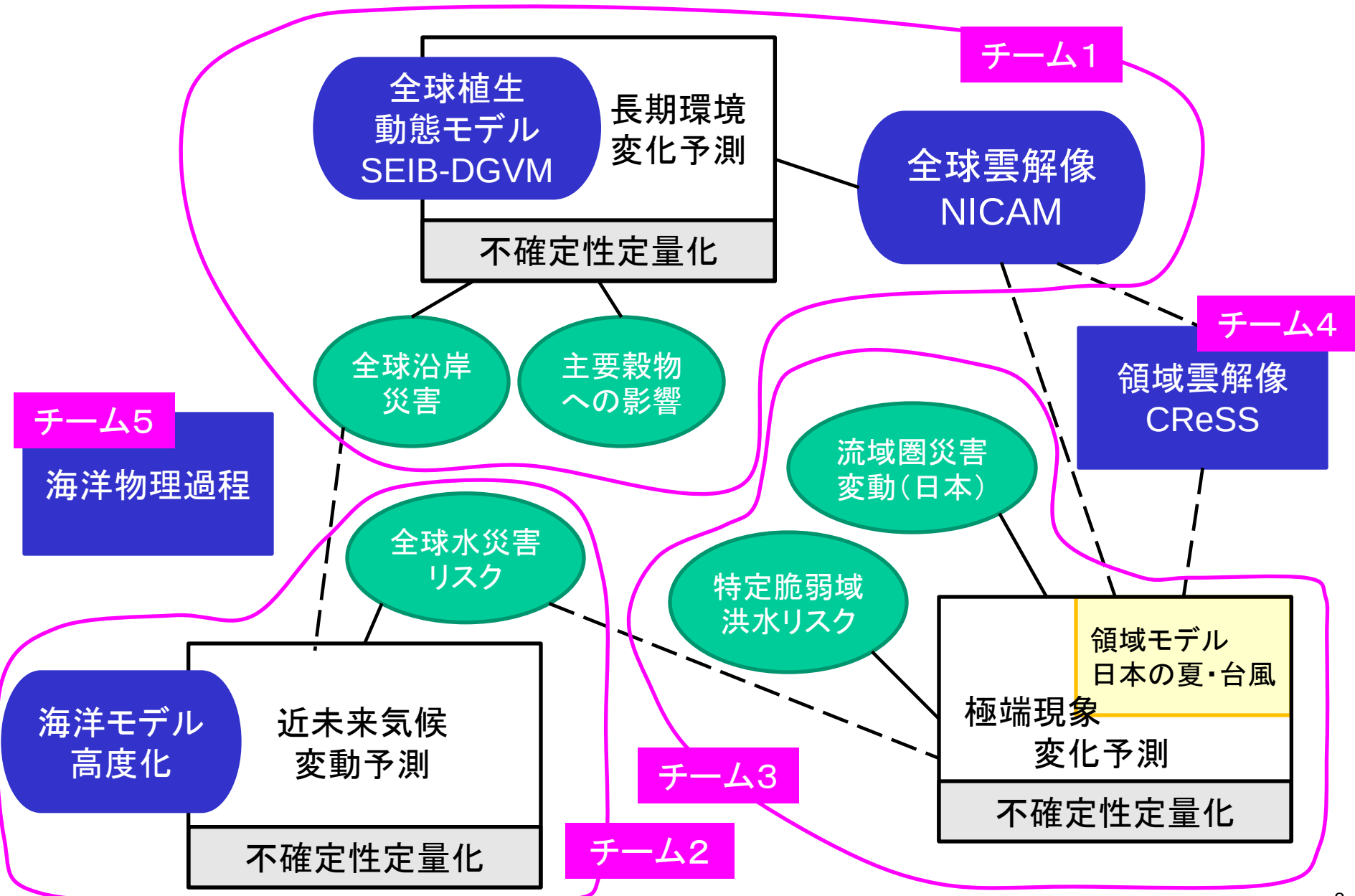
先端要素モデルの開発(主モデルを補強,次世代)

チーム 所属	主目的	モデル種別	解像度	担当機関
1	対流雲を直接計算、 熱帯域の気象を正しく表わす	非静力学・全球大気 名称 NICAM	3.5～ 7km	FRCGC, CCSR
1	気候変化に伴う植生の 種の変化を表わす	格子別、個体ベース 名称 SEIB-DGVM	280km	FRCGC
2	海洋の小スケール変動を 直接表わす	領域(日本周辺ほか), 全球海洋	3～ 18km	CCSR, MRI, FRCGC
4	台風・集中豪雨など 激しい気象を詳しく表わす	領域(日本周辺ほか)	1～ 2km	名大・水循環センター 地球シミュレータセンター
5	海洋混合層(深さ 100mまで)内の乱流 混合機構	小領域・海洋	10m 以下	東大・理 九大・応力研

自然災害を主とした影響評価

チーム 所属	研究課題	影響評価モデル	担当機関
1	長期気候変化による世界の沿岸災害評価		茨城大学
1	気候変化に伴う異常気象が主要穀物生産に及ぼす影響	穀物生産への気候影響モデル	農環技研
2	不確実性を考慮に入れた世界の水災害リスク評価	全球河道流出モデル 名称TRIP	東大・生産研
3	日本の主要流域圏における災害環境変動評価	流域別・流出モデル (淀川, 吉野川・・・)	京大・防災研
3	全球および特定脆弱地域での洪水リスク変化と減災対策	流域別・流出モデル (メコン河・・・)	土木研究所

16課題 チーム構成図

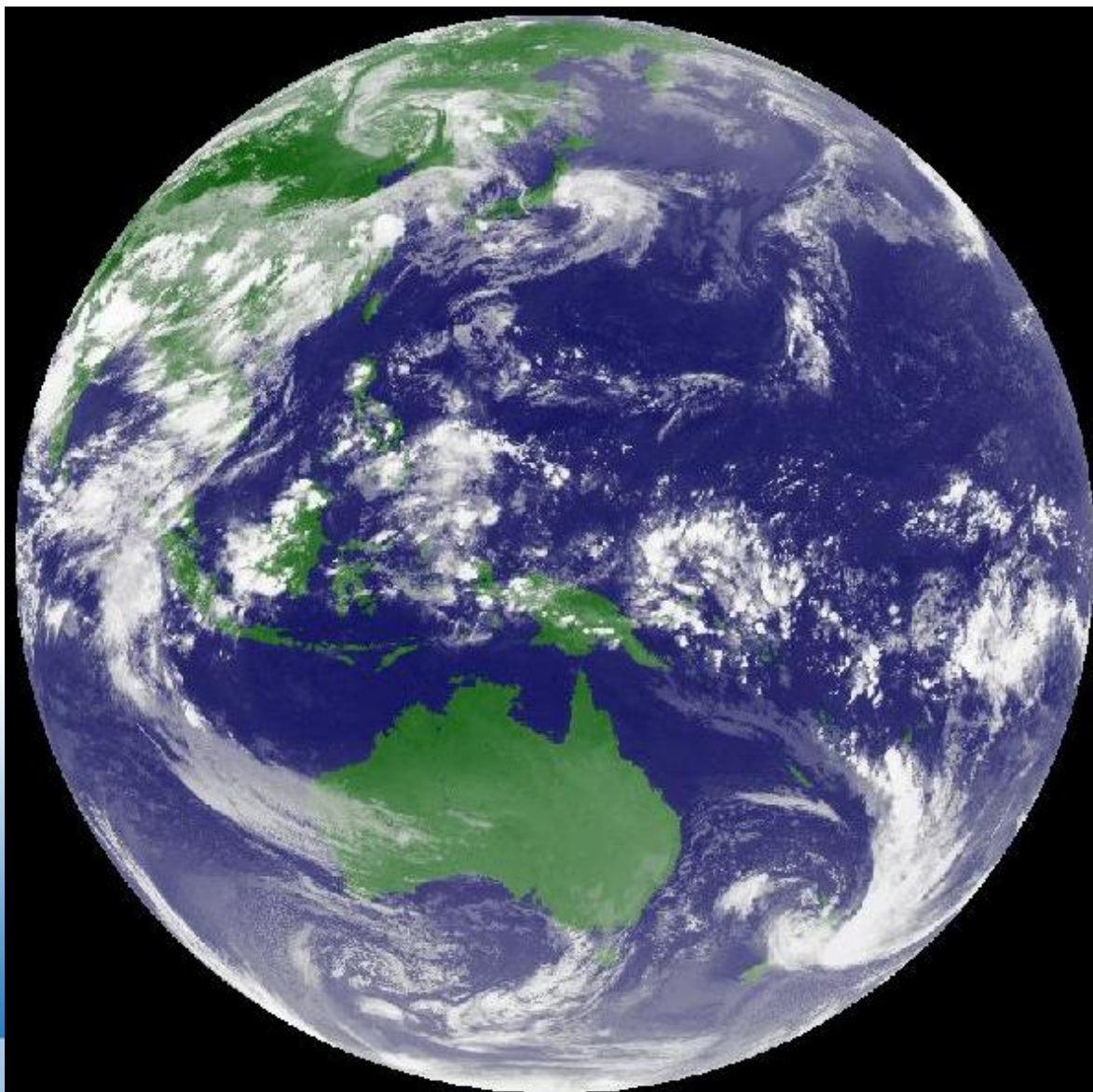


世界初の全球雲(システム)解像モデル Non-hydrostatic ICosahedral Atmosphere Model (NICAM)

地球環境フロンティアの挑戦

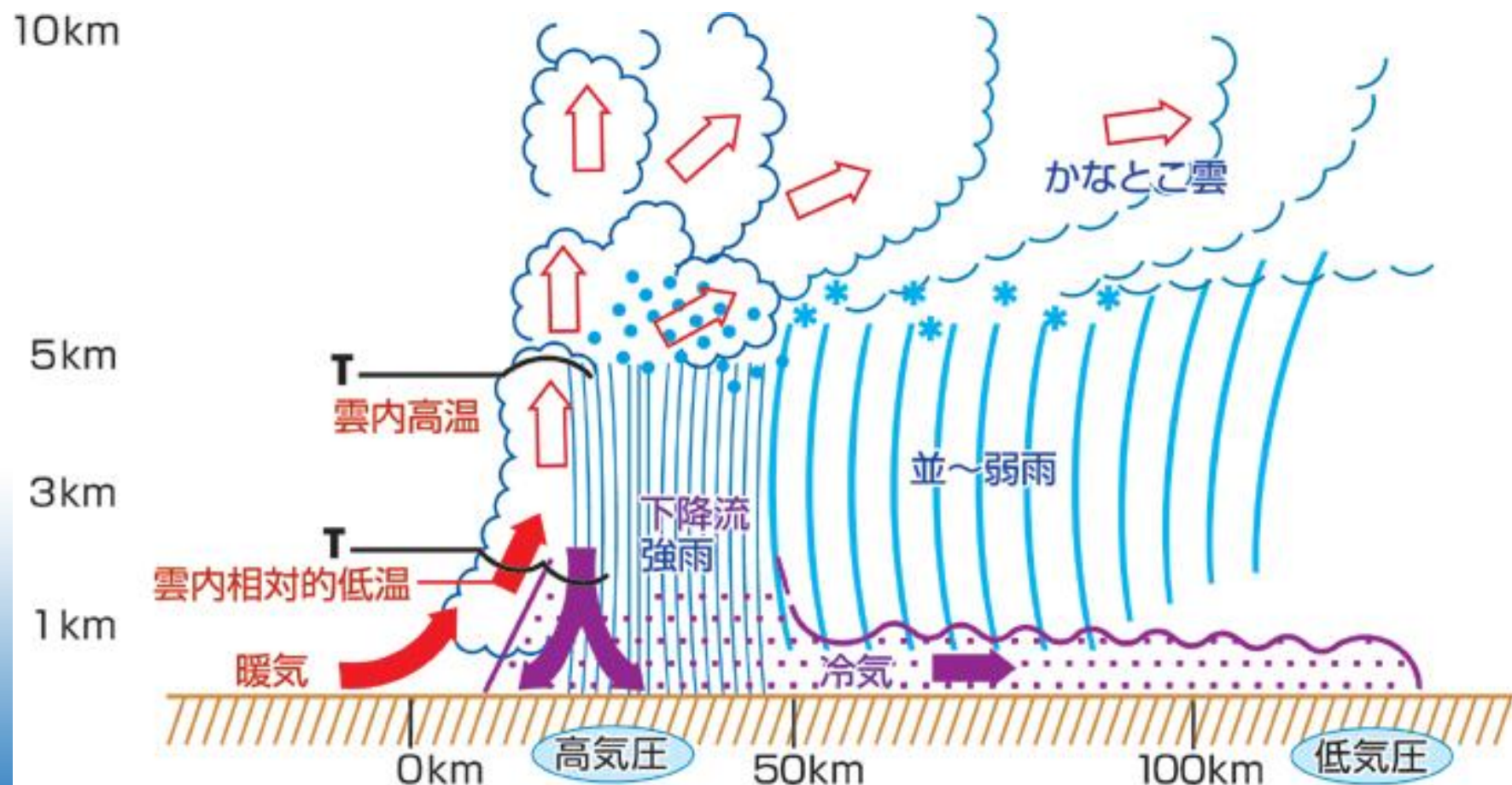
衛星(MTSAT)画像で見る熱帯の対流と(南半球)中緯度の温帯低気圧・前線(大規模システム)の対照

21:00 JST
28 JUNE 2009



KAKUSHIN

熱帯域のクラウドクラスターの構造



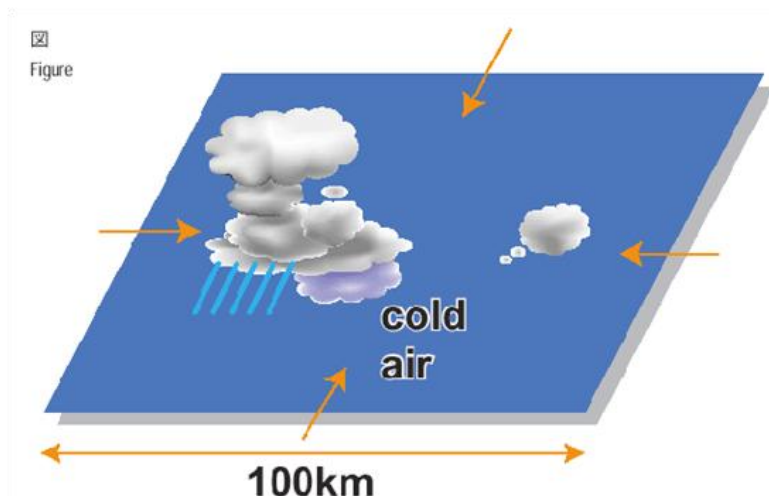
全球雲解像モデル

これまでの天気予報・気候モデル 格子間隔～100km

- 温帯低気圧や前線の雲・雨は直接計算
- 格子より小さな対流雲（入道雲）
安定度 T （上層）－ T （下層）から対流雲の発生・雨量決定
→パラメタリゼーション

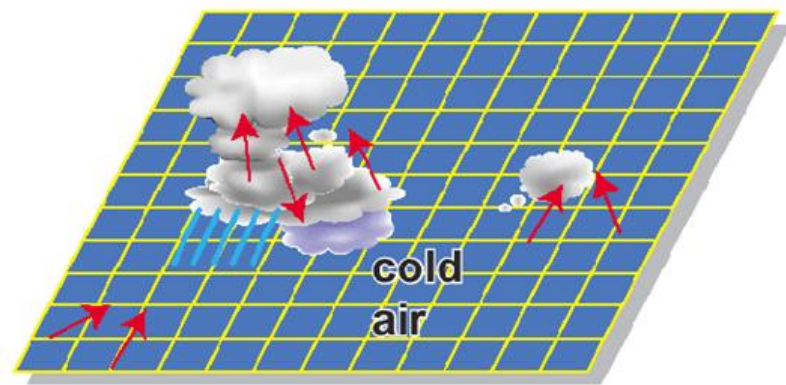
[天気予報]

上空に寒気が入って大気が不安定となり、
所により強い雨が降るでしょう



全球雲解像モデル

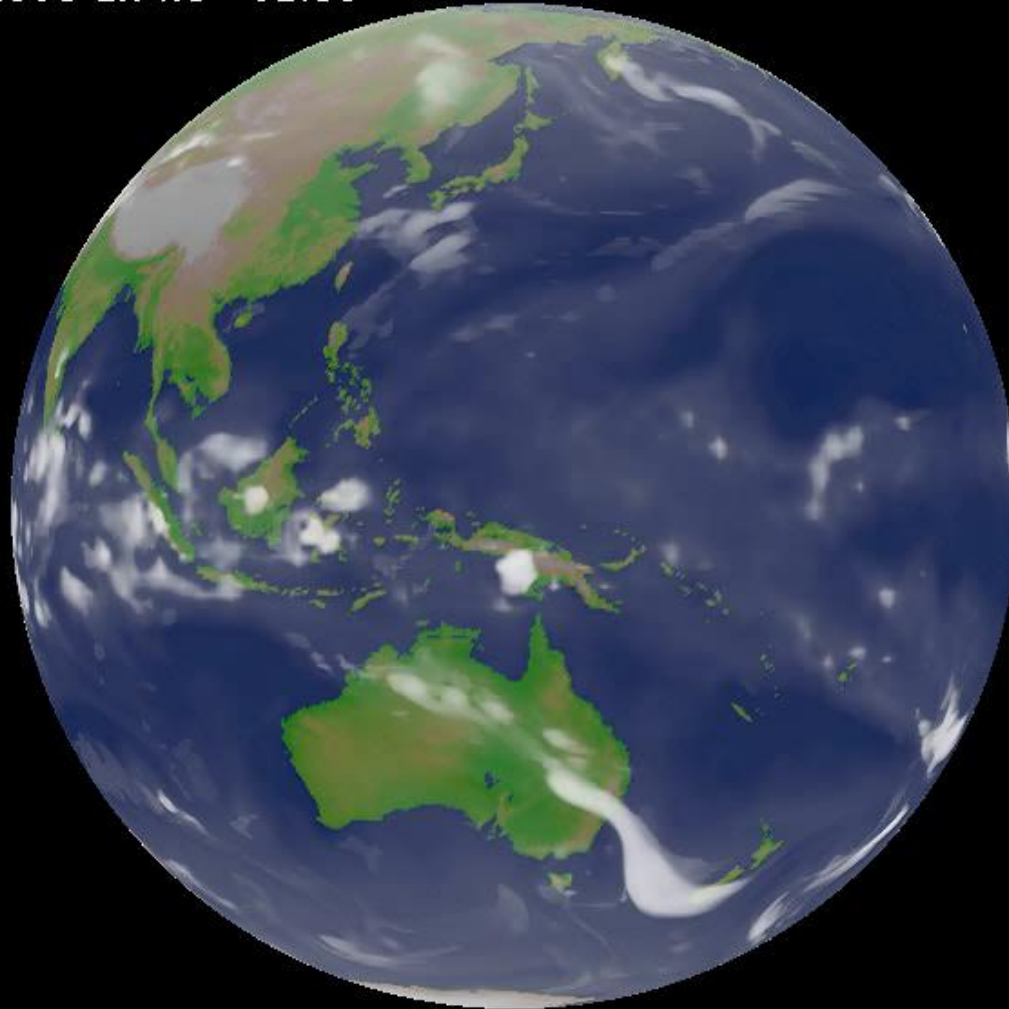
- 熱帯域の対流雲とその集団を格子を用いて直接表現 $\Delta x \leq 5\text{km}$
地球シミュレータを用いて初めて可能に



マッデンジュリアン振動(MJO)の予報実験

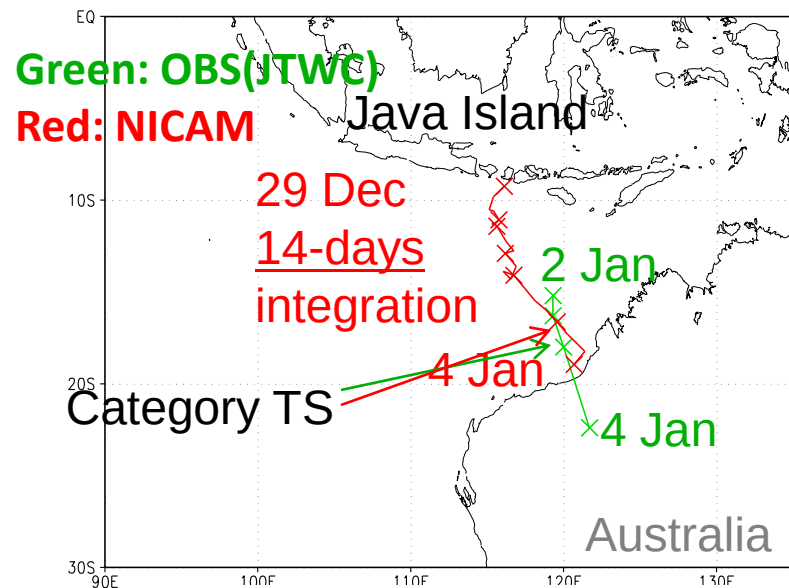
2006年12月15日 – 2007年1月15日

2006-12-25 01:30



KAKUSHIN

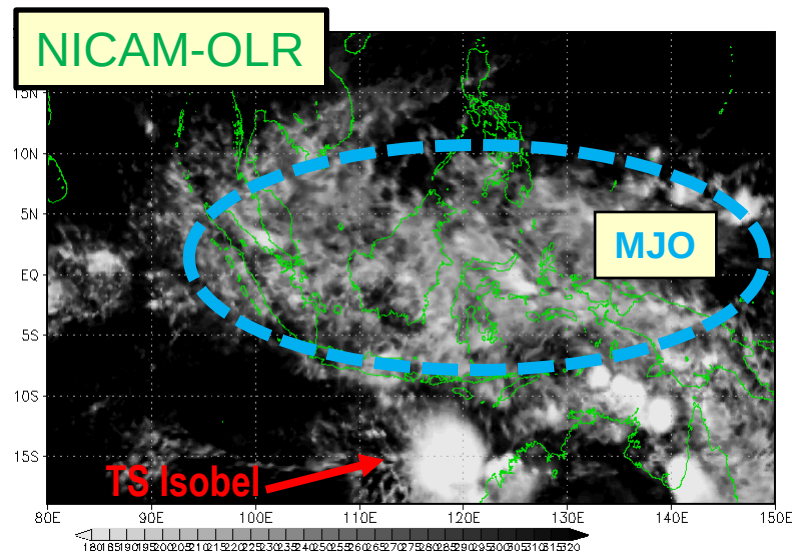
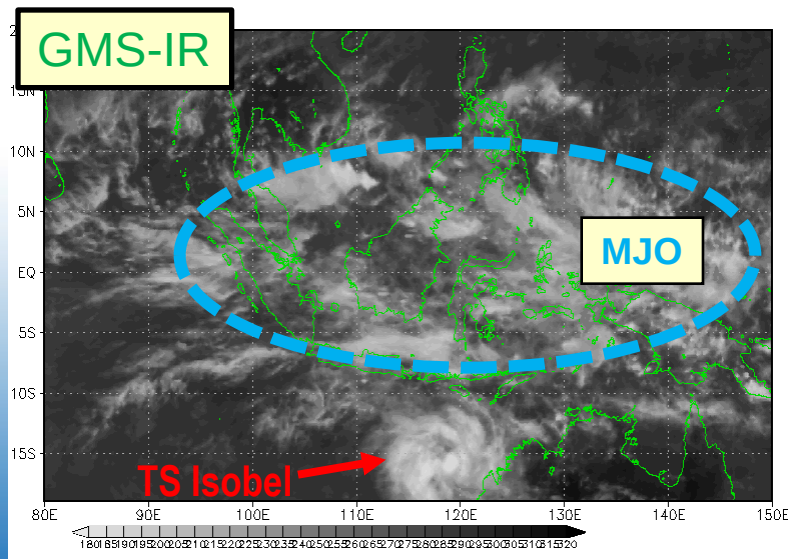
台風イソベルの発生(14日予報)



NICAM simulated the overall lifecycle of Isobel more than two weeks in advance.

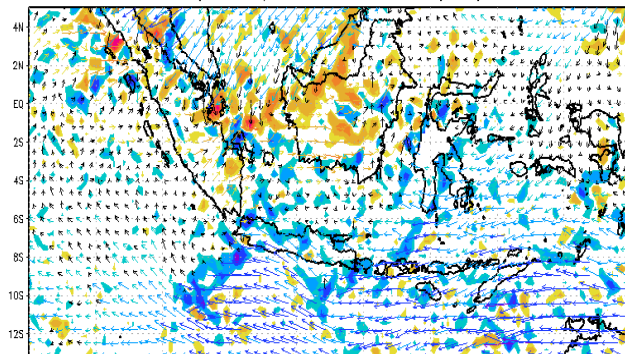
Large-scale environment condition around the Maritime Continent was characterized by the onset of MJO (Miura et al. 2007).

MJO provided the conditions favorable for the genesis of Isobel.

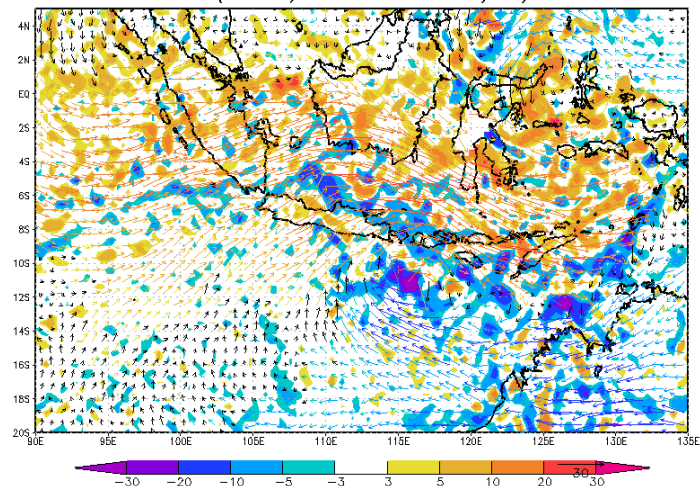


西風バースト(Westerly Wind Burst)の生成

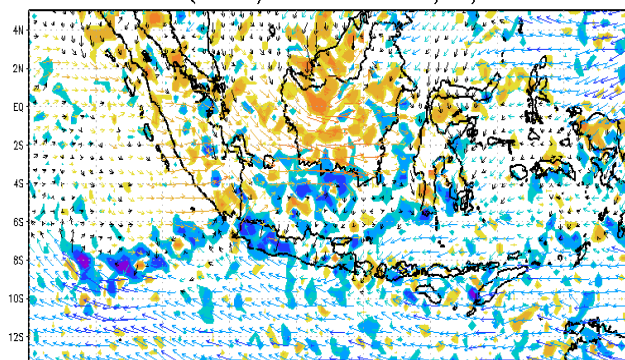
1km-wind(sha=u) rel-vor*10⁵ 12/25/0 T=40



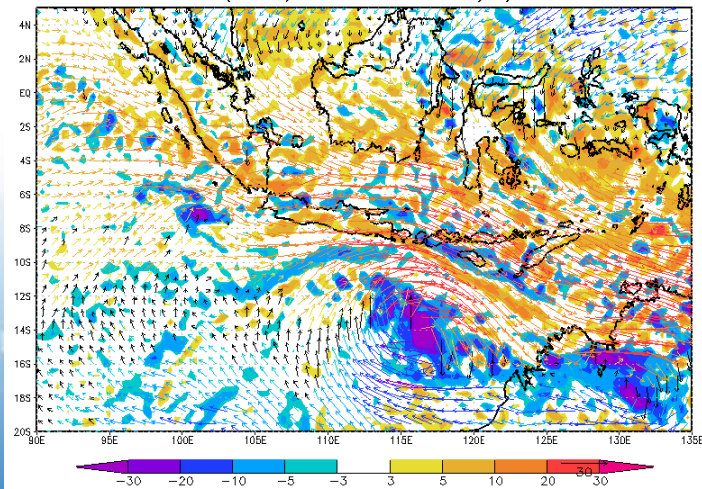
1km-wind(sha=u) rel-vor*10⁵ 12/30/0 T=60



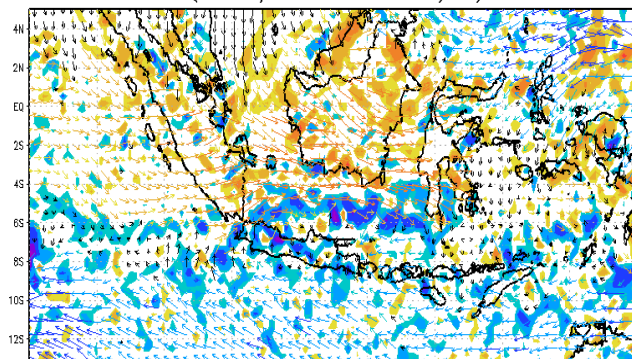
1km-wind(sha=u) rel-vor*10⁵ 12/26/12 T=46



1km-wind(sh=u) rel-vor*10⁵ 01/1/12 T=70

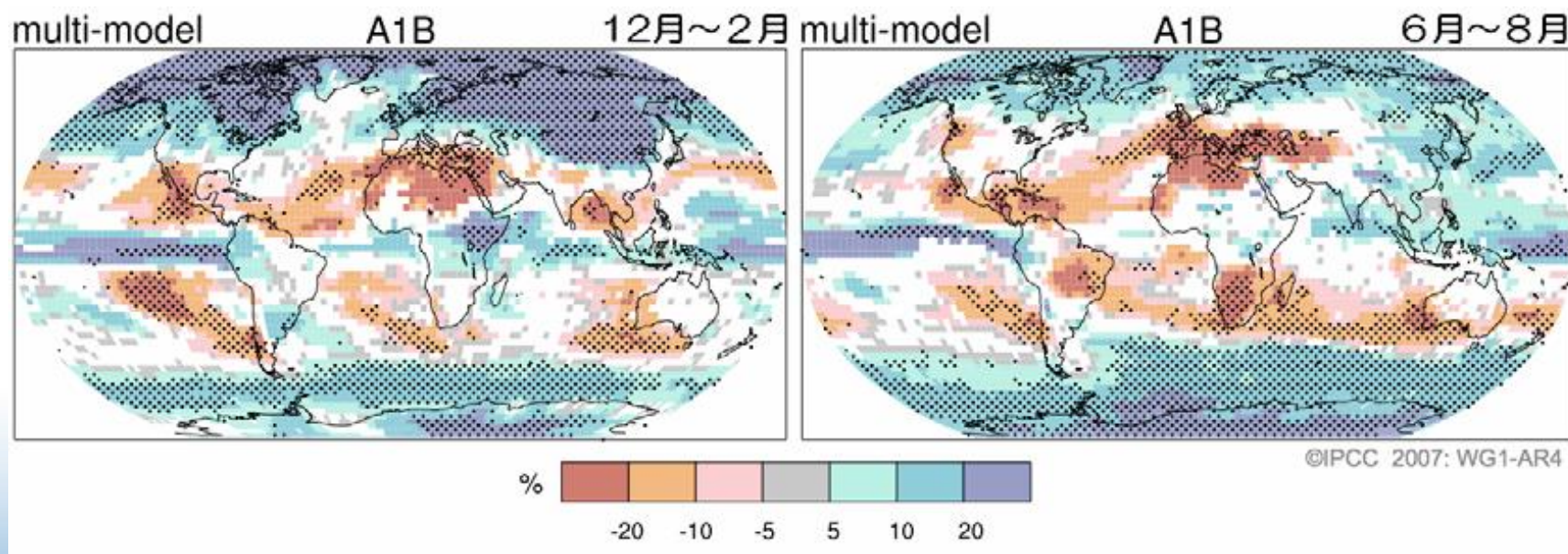


1km-wind(sha=u) rel-vor*10⁵ 12/27/12 T=50



季節平均降水量変化の分布

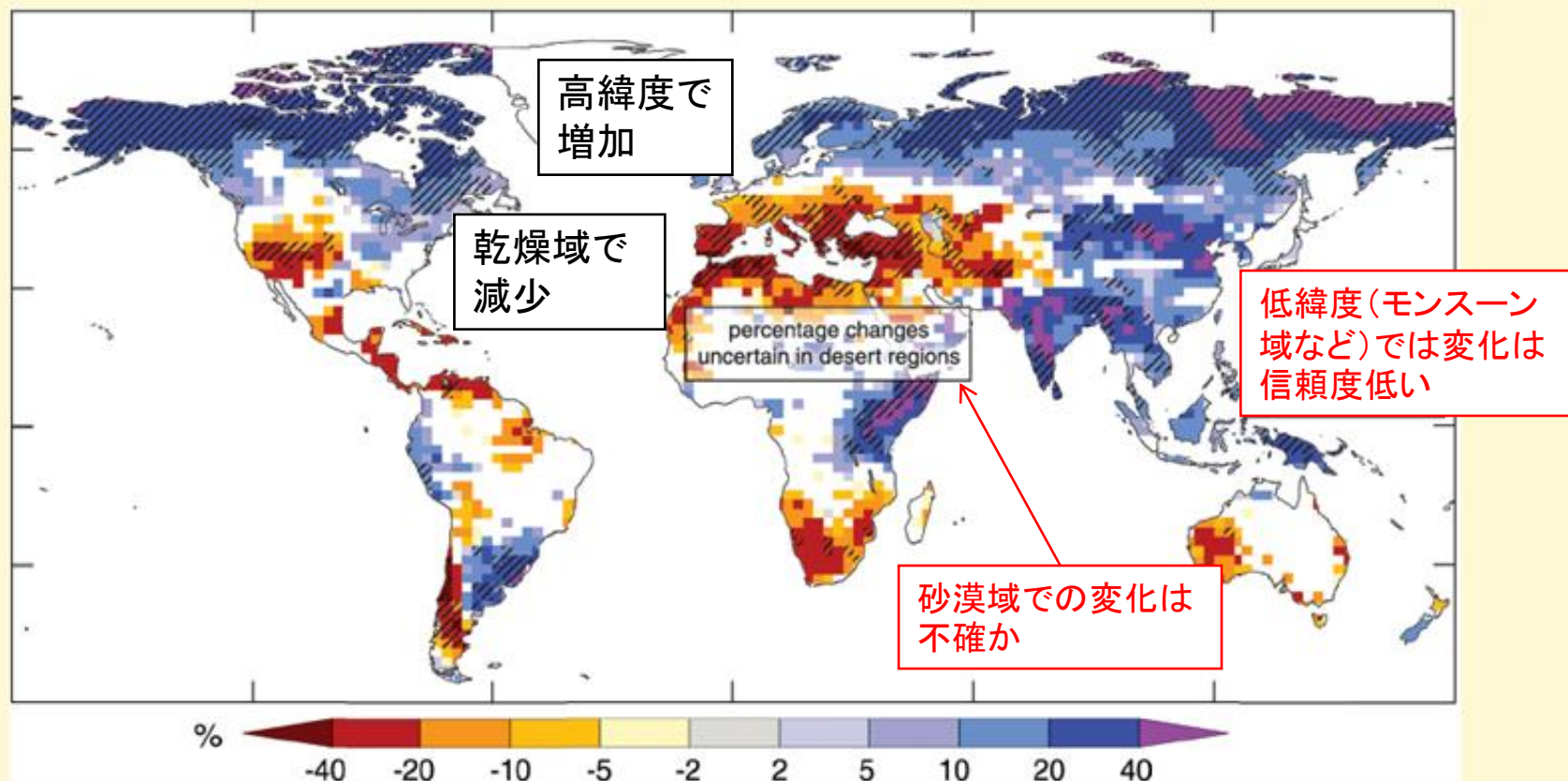
IPCC第4次報告 WGI報告書(2007)



21世紀末における河川流量の変化(相対値、%)

IPCC第4次報告 統合報告書(2007)

Projections and model consistency of relative changes in runoff by the end of the 21st century



革新プログラムの特色

熱帯域や日本(東アジア)の夏の対流性降雨を
高解像度モデルで直接計算 → 第一原理に近い

極端現象チーム	日本周辺	5km	}	夏季5カ月
	西南日本	2km		25年分(予定)
NICAMチーム	全球	7km		(詳細未定)
CReSSチーム	台風進路	2km		約30例

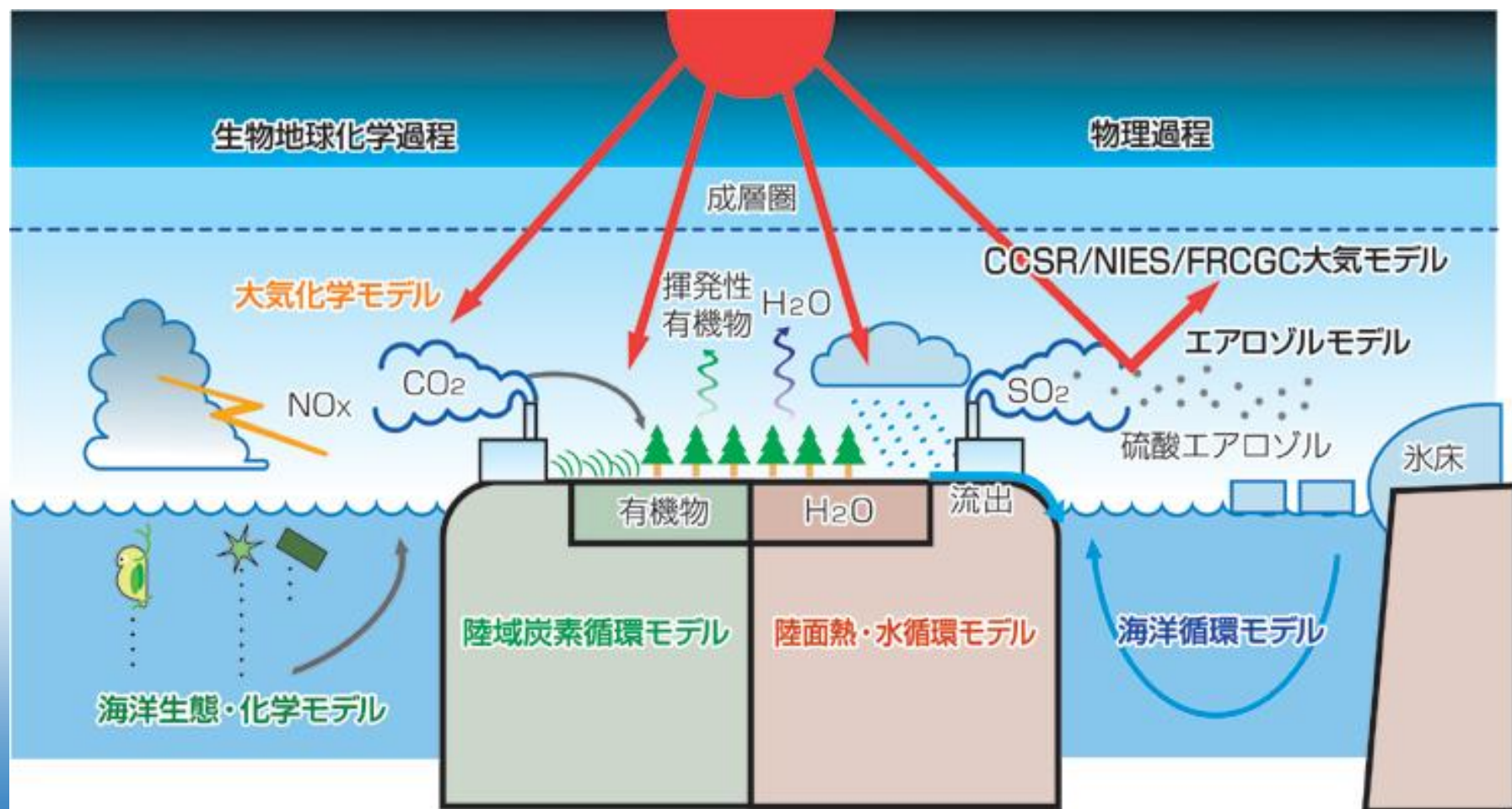
対流性降雨(熱帯気象)の変化の信頼度高い予測
世界で唯一



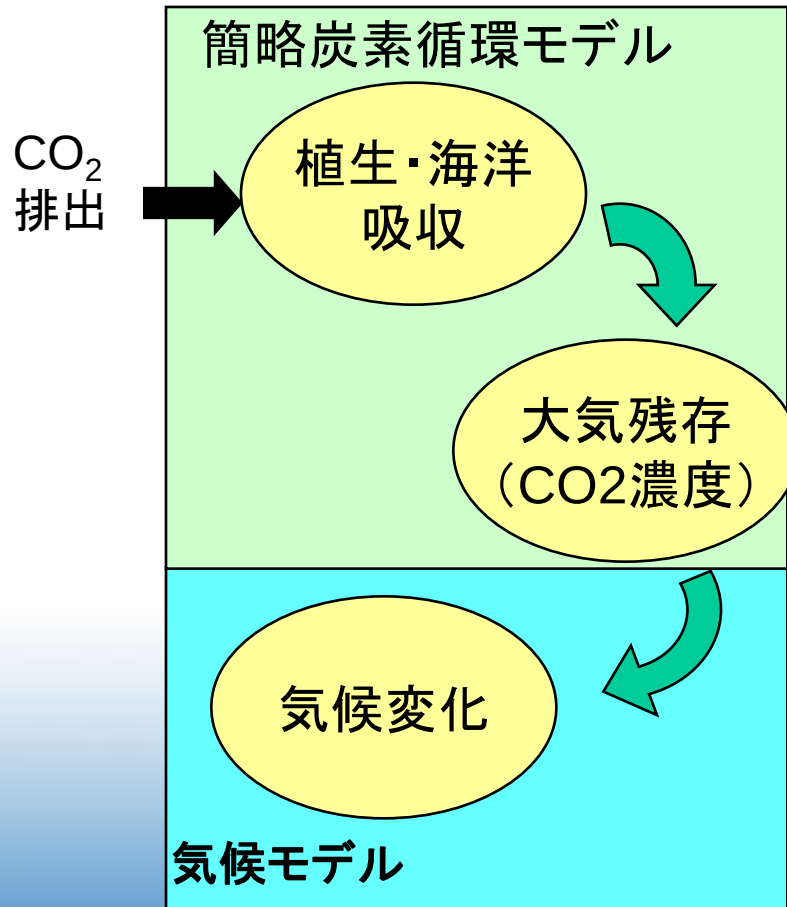
地球システム統合モデルによる 長期気候変動予測実験

海洋研究開発機構
東京大学気候システム研究センター
国立環境研究所

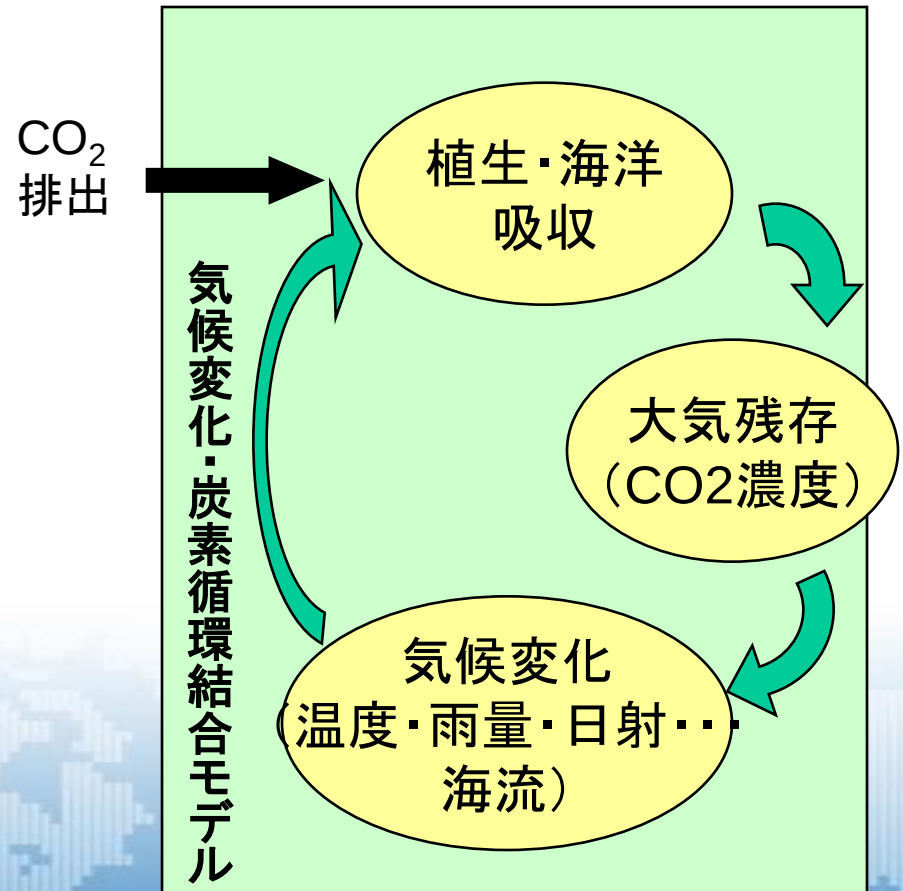
地球環境システムの概念図



これまでの温暖化予測

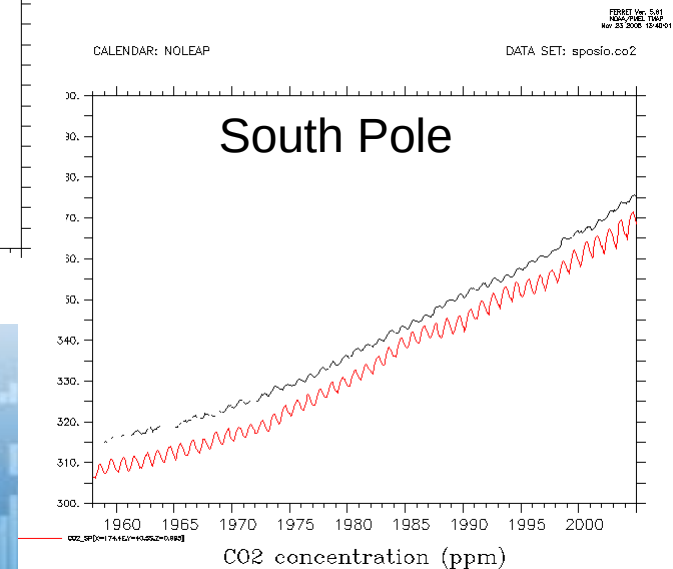
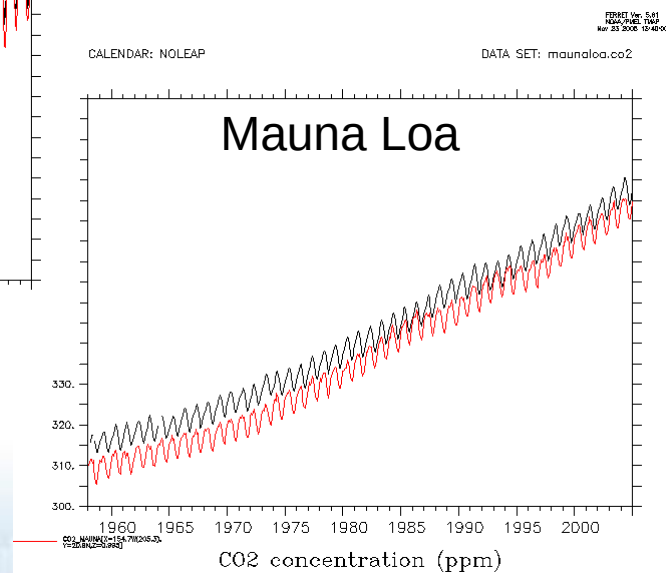
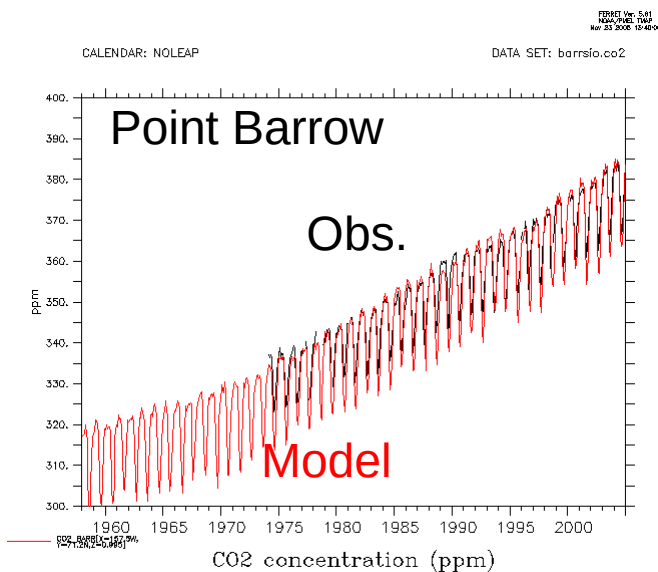


地球環境システム統合モデル



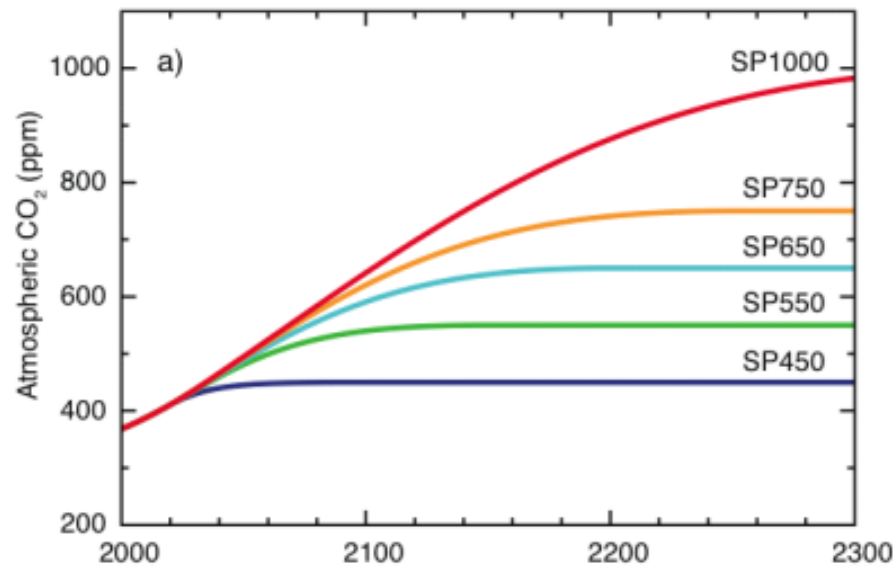
CO₂ 濃度変化

モデルと実測の比較

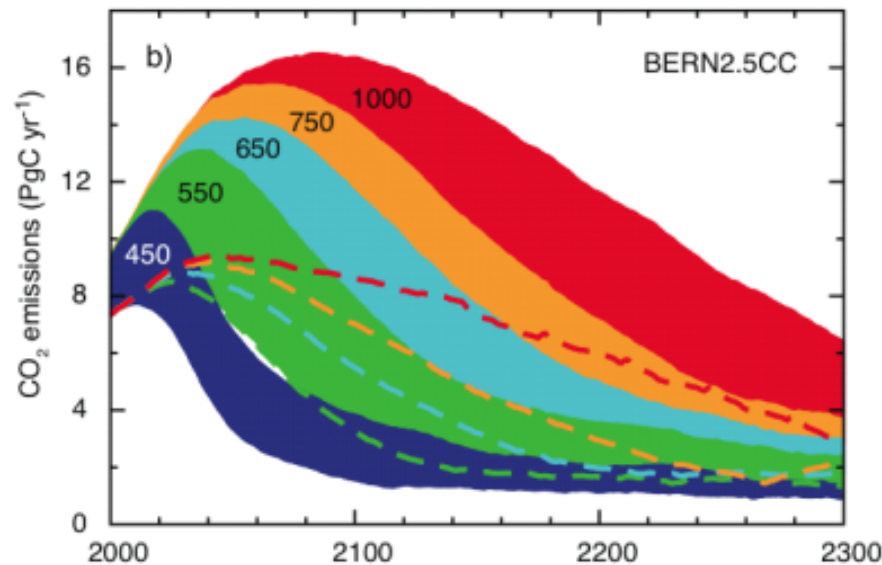


CO₂排出削減によるCO₂濃度と 気候の「安定化」

IPCC第三次報告書での安定化シナリオ

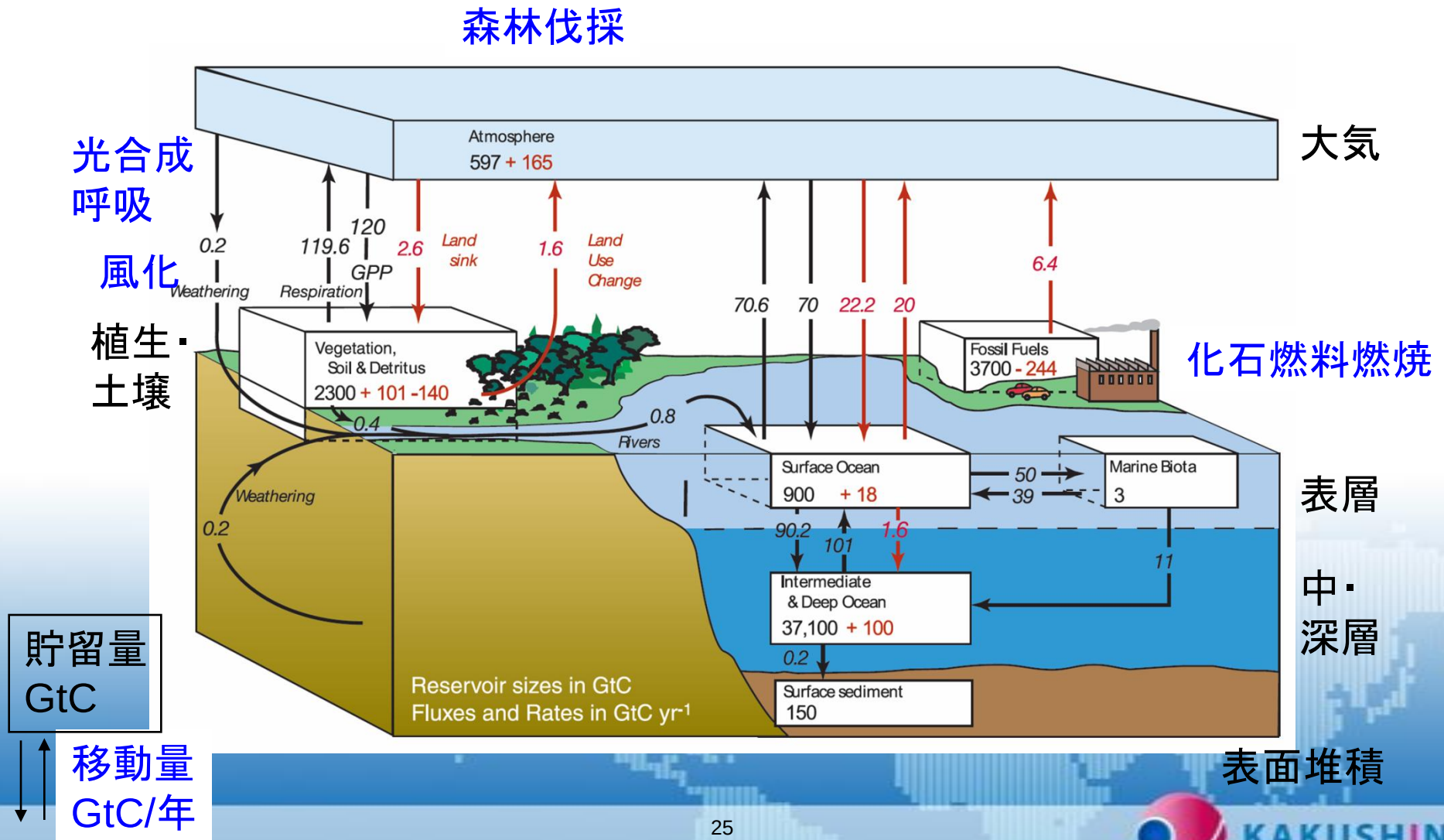


CO₂濃度

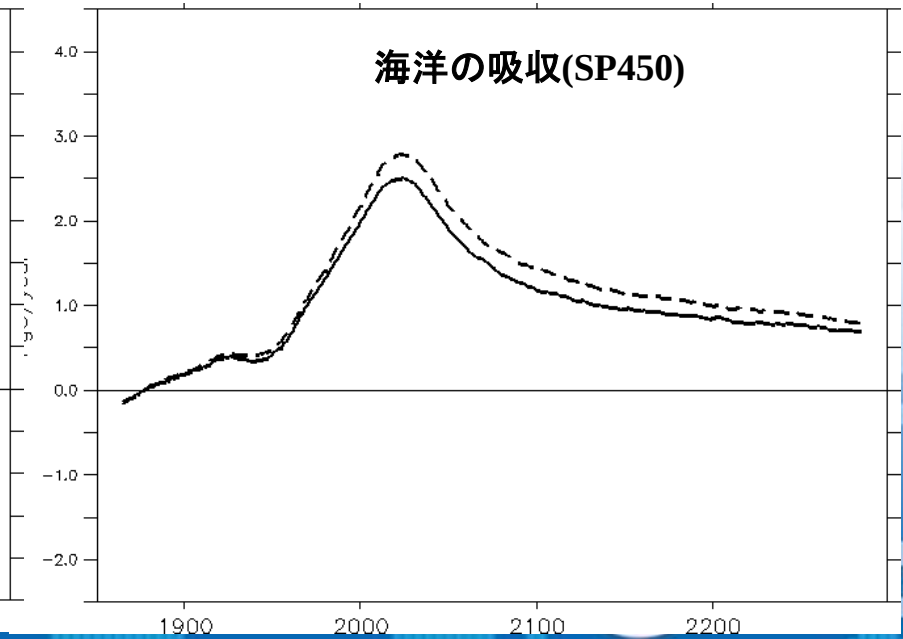
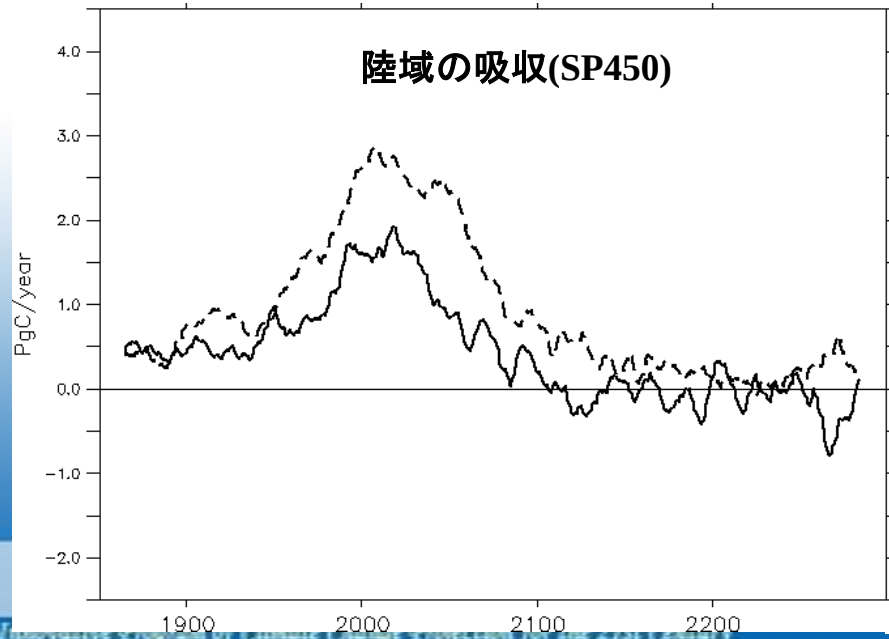
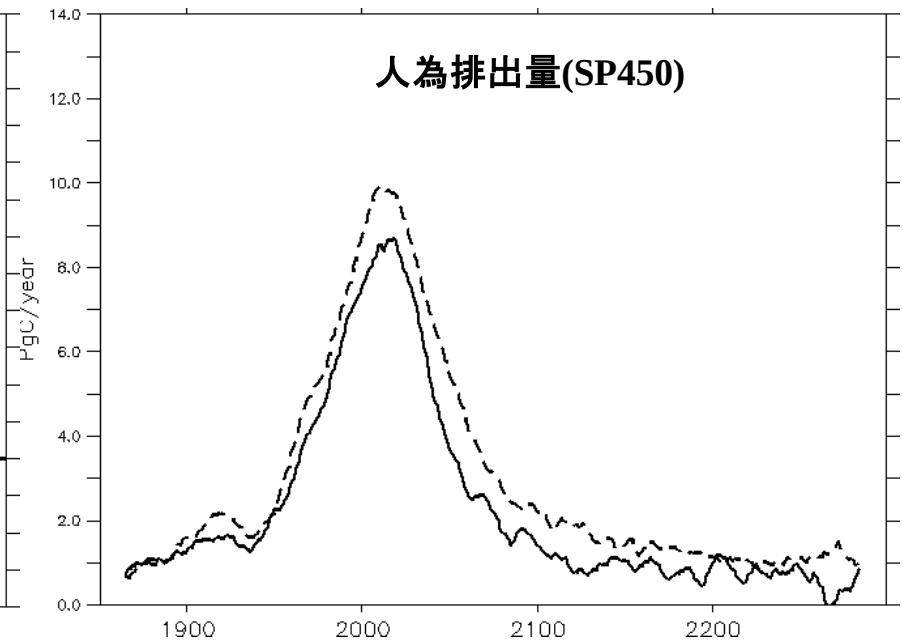
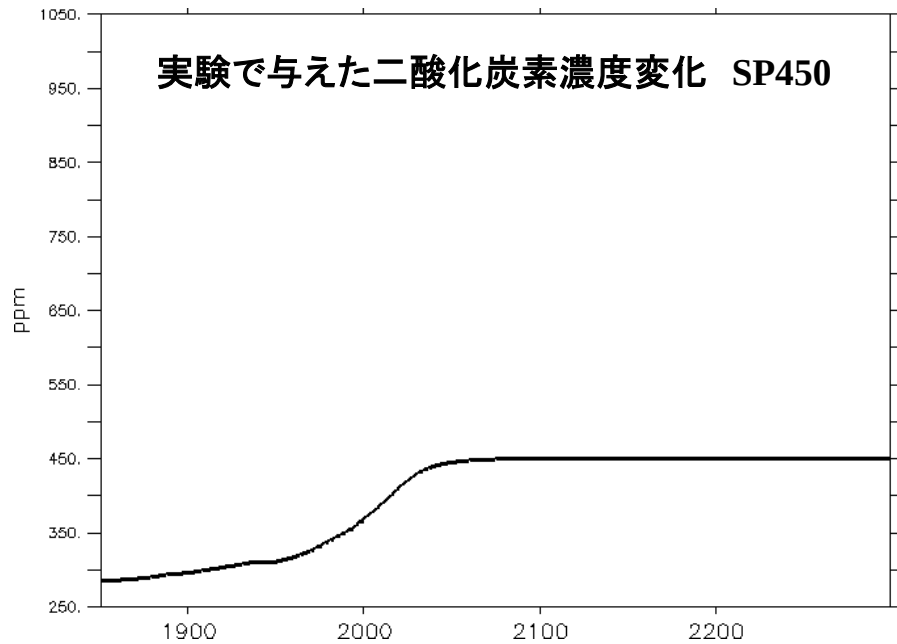


対応する排出量
(不確定幅つき)

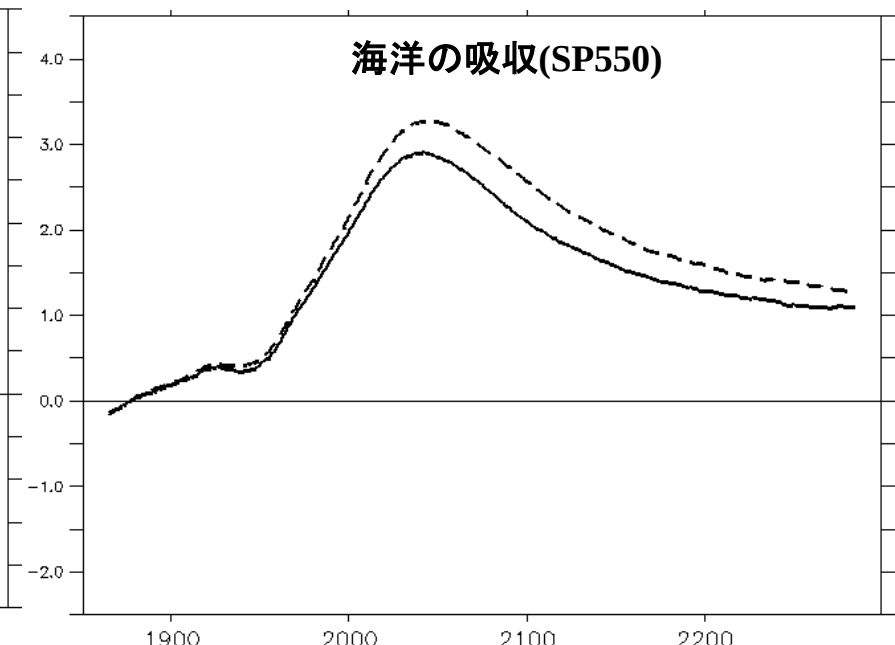
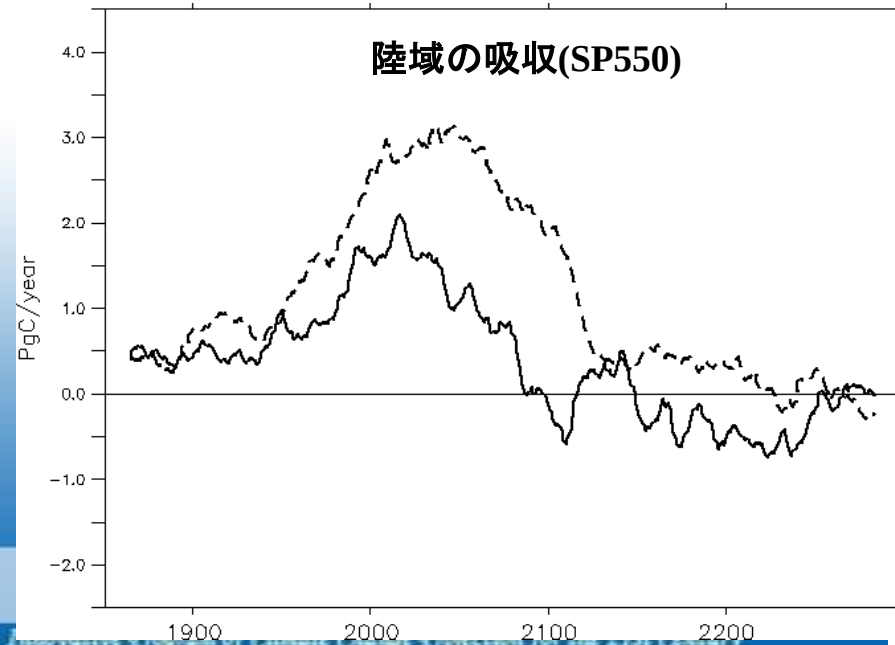
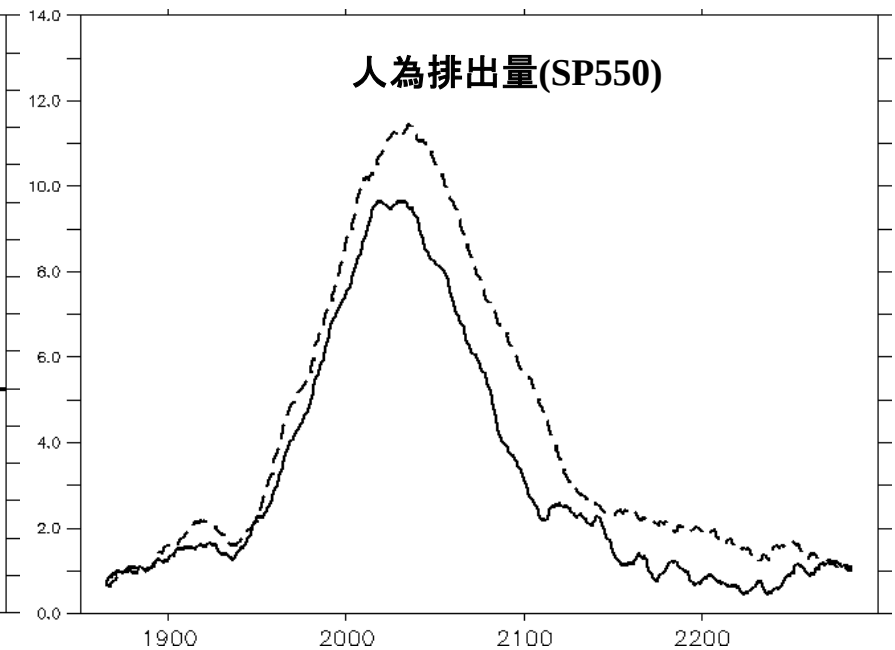
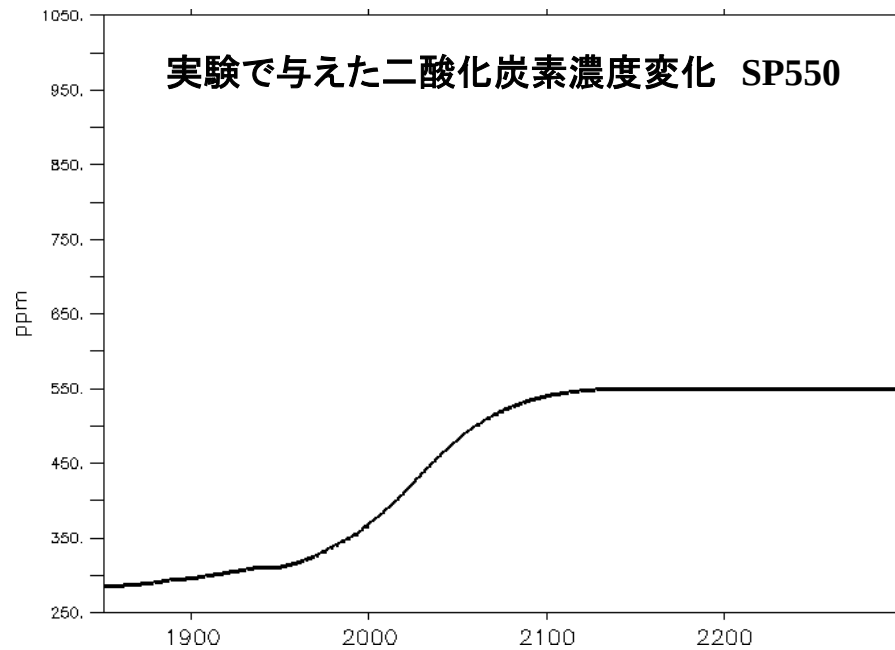
炭素循環の模式図



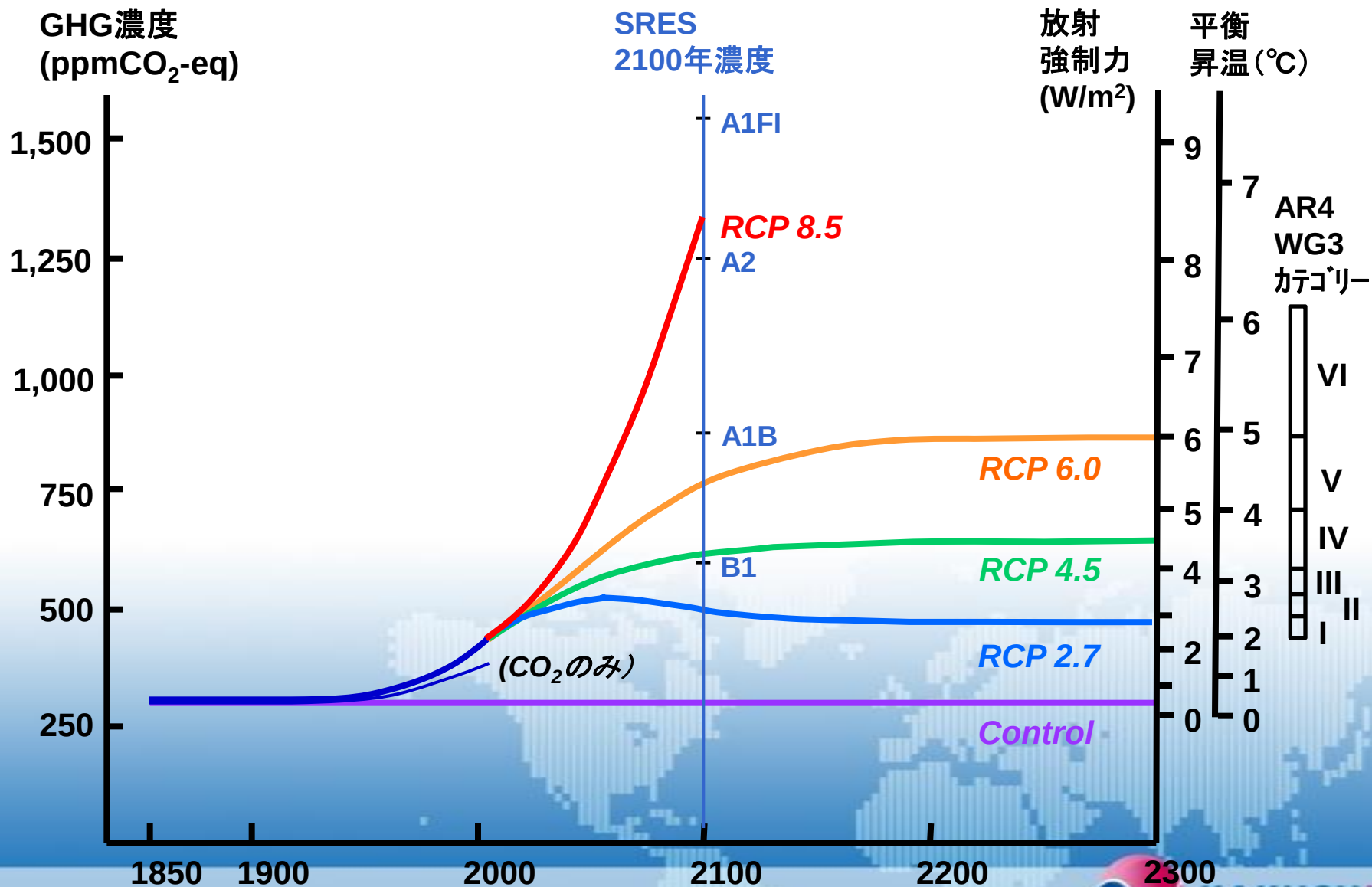
450ppm安定化実験



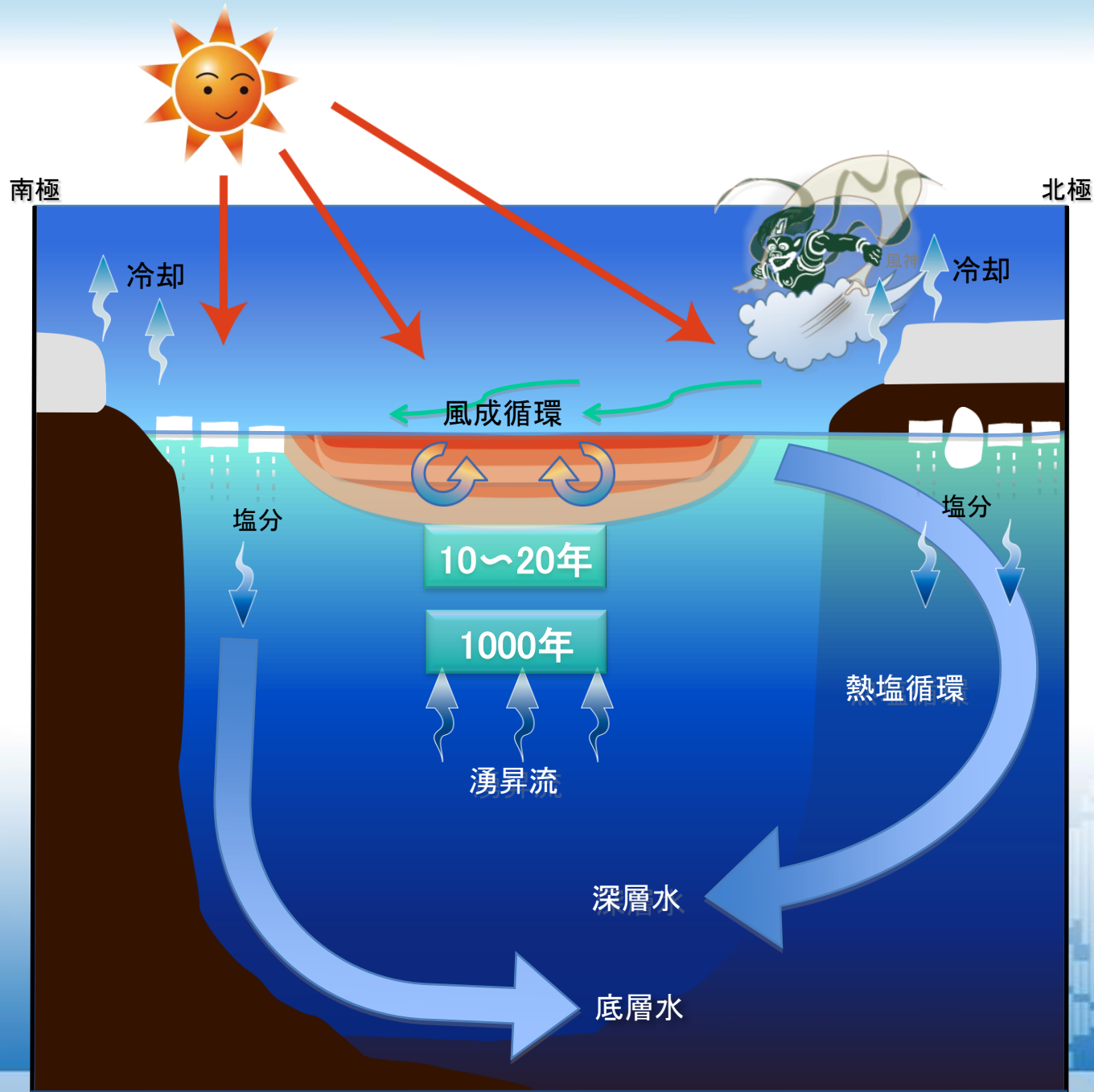
550ppm安定化実験



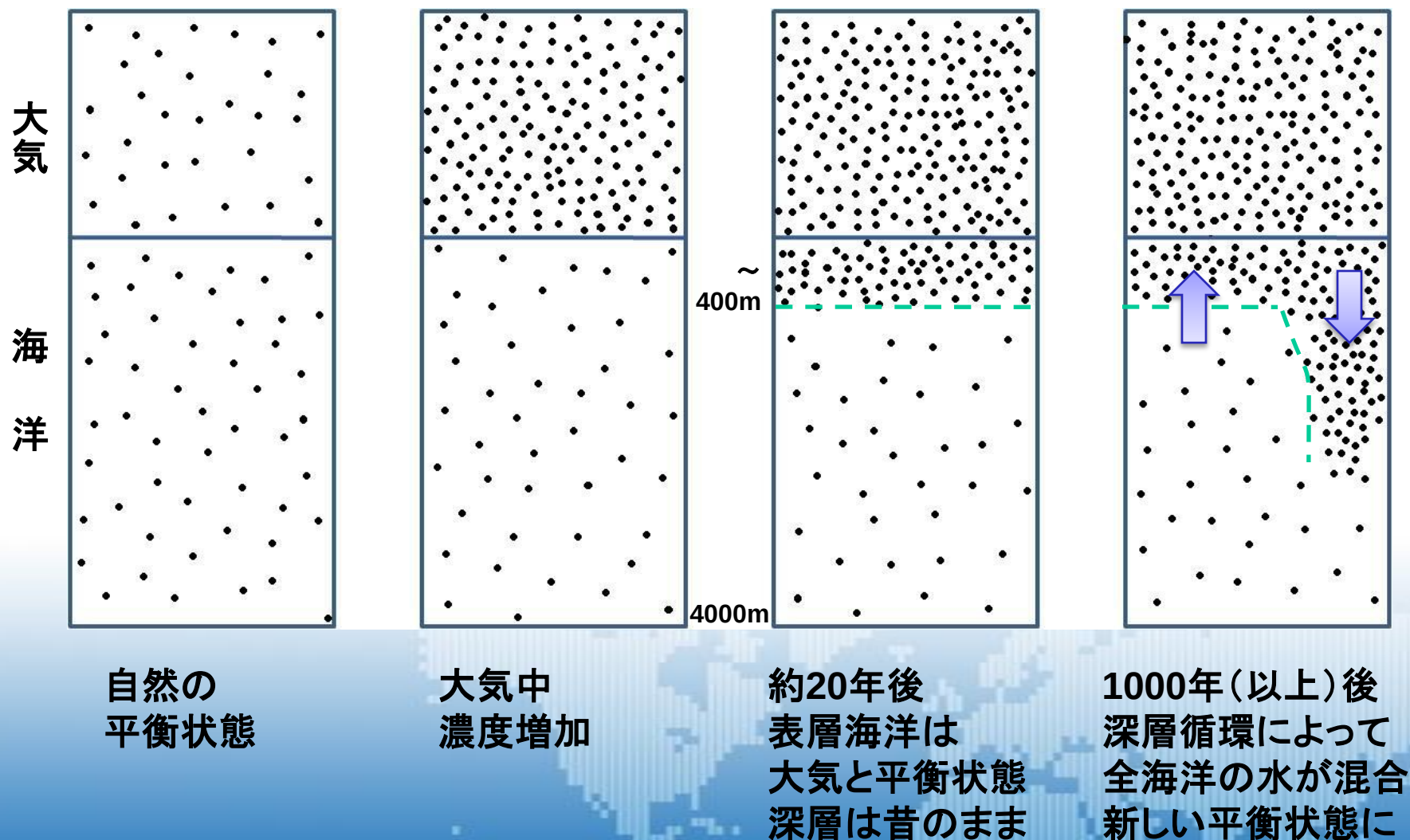
AR5での気候変化実験用濃度シナリオ(検討中)



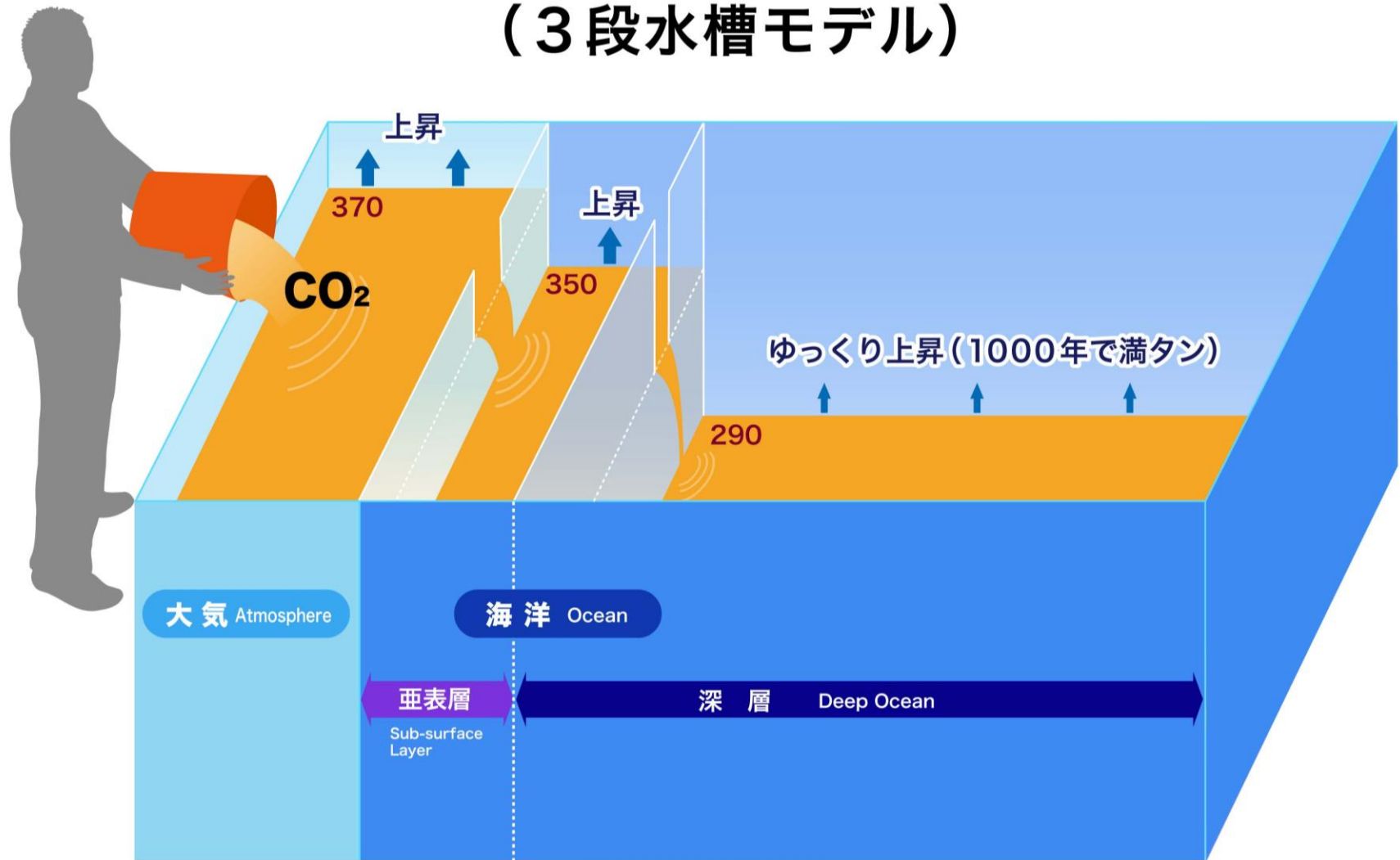
安定化のメカニズム 海洋による吸収



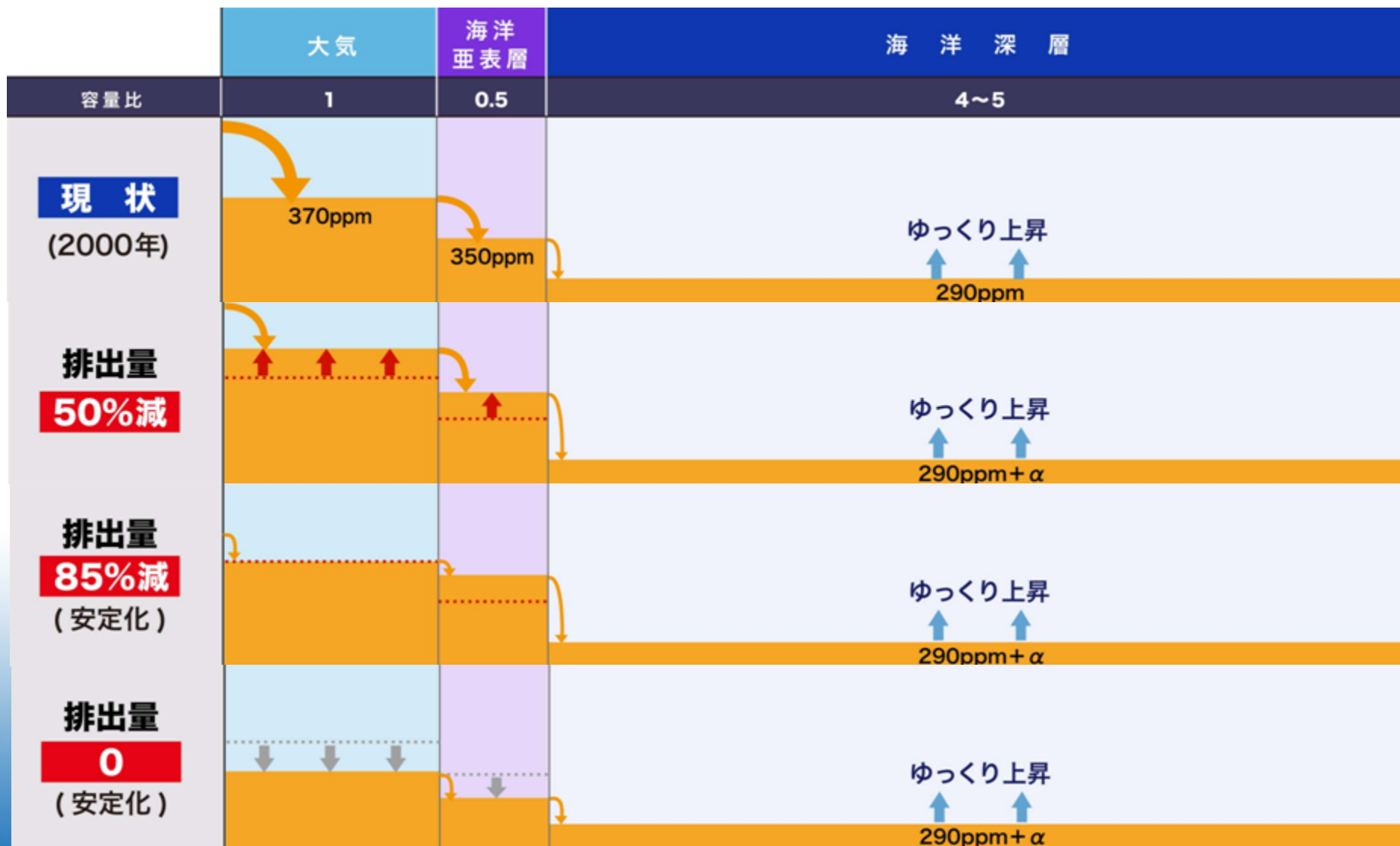
海洋によるCO₂吸収の模式図



現状での大気海洋中のCO₂の流れ (3段水槽モデル)



人間活動で放出されたCO₂の大気海洋系中での移動(3段水槽モデル)



CO₂濃度オーバーシュートとゼロ・エミッションを考えた200年(以上)にわたる排出シナリオ（提案）

海洋のCO₂吸収と温度上昇の遅れを考えれば500～1,000年後の危険は回避可能



IPCC 第4次報告 WGIII 報告書より (安定化シナリオ)

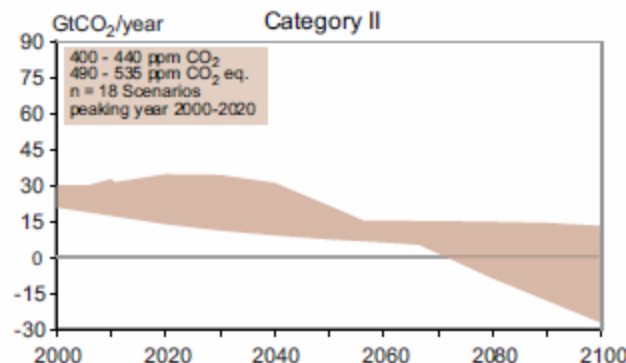
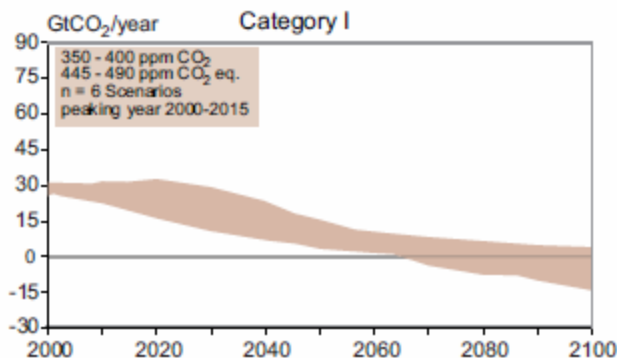
Table TS.2: Classification of recent (Post-Third Assessment Report) stabilization scenarios according to different stabilization targets and alternative stabilization metrics [Table 3.5].

Category	Additional radiative forcing (W/m ²)	CO ₂ concentration (ppm)	CO ₂ -eq concentration (ppm)	Global mean temperature increase above pre-industrial at equilibrium, using "best estimate" climate sensitivity ^{a), b)} (°C)	Peaking year for CO ₂ emissions ^{c)}	Change in global CO ₂ emissions in 2050 (% of 2000 emissions) ^{c)}	No. of assessed scenarios
I	2.5-3.0	350-400	445-490	2.0-2.4	2000 - 2015	-85 to -50	6
II	3.0-3.5	400-440	490-535	2.4-2.8	2000 - 2020	-60 to -30	18
III	3.5-4.0	440-485	535-590	2.8-3.2	2010 - 2030	-30 to +5	21
IV	4.0-5.0	485-570	590-710	3.2-4.0	2020 - 2060	+10 to +60	118
V	5.0-6.0	570-660	710-855	4.0-4.9	2050 - 2080	+25 to +85	9
VI	6.0-7.5	660-790	855-1130	4.9-6.1	2060 - 2090	+90 to +140	5
Total							177

Notes:

- a) Note that global mean temperature at equilibrium is different from expected global mean temperatures in 2100 due to the inertia of the climate system.
- b) The simple relationships $T_{eq} = T_{2\times CO_2} \times \ln([CO_2]/278)/\ln(2)$ and $\Delta Q = 5.35 \times \ln([CO_2]/278)$ are used. Non-linearities in the feedbacks (including e.g., ice cover and carbon cycle) may cause time dependence of the effective climate sensitivity, as well as leading to larger uncertainties for greater warming levels. The best-estimate climate sensitivity (3 °C) refers to the most likely value, that is, the mode of the climate sensitivity PDF consistent with the WGI assessment of climate sensitivity and drawn from additional consideration of Box 10.2, Figure 2, in the WGI AR4.
- c) Ranges correspond to the 15th to 85th percentile of the Post-Third Assessment Report (TAR) scenario distribution. CO₂ emissions are shown, so multi-gas scenarios can be compared with CO₂-only scenarios.

Note that the classification needs to be used with care. Each category includes a range of studies going from the upper to the lower boundary. The classification of studies was done on the basis of the reported targets (thus including modelling uncertainties). In addition, the relationship that was used to relate different stabilization metrics is also subject to uncertainty (see Figure 3.16).



IPCC AR4 WGIIIの表の読み方

安定化レベル(濃度)に対応する平衡昇温→1,000年後の昇温
問題なのは100～200年後の実現する昇温！

WGIの実験結果

2100年安定化(以後濃度一定)の場合

2100年 65%～70%、2200年 80%

Case		Temperature Change (°C at 2090-2099 relative to 1980-1999) ^a		Sea Level Rise (m at 2090-2099 relative to 1980-1999)
		Best estimate	Likely range	Model-based range excluding future rapid dynamical changes in ice flow
Constant Year 2000 concentrations ^b				
	CO ₂	CO ₂ -eq	(ΔT) ΔT _{eq}	
B1 scenario	550	590	1.8 (2.3) 3.3	0.18 – 0.38
A1T scenario			2.4	0.20 – 0.45
B2 scenario			2.4	0.20 – 0.43
A1B scenario	715	835	2.8 (3.3) 4.8	0.21 – 0.48
A2 scenario			3.4	0.23 – 0.51
A1FI scenario			4.0	0.26 – 0.59

安定化後長期にわたる海水位上昇

安定化しても対応策なし？

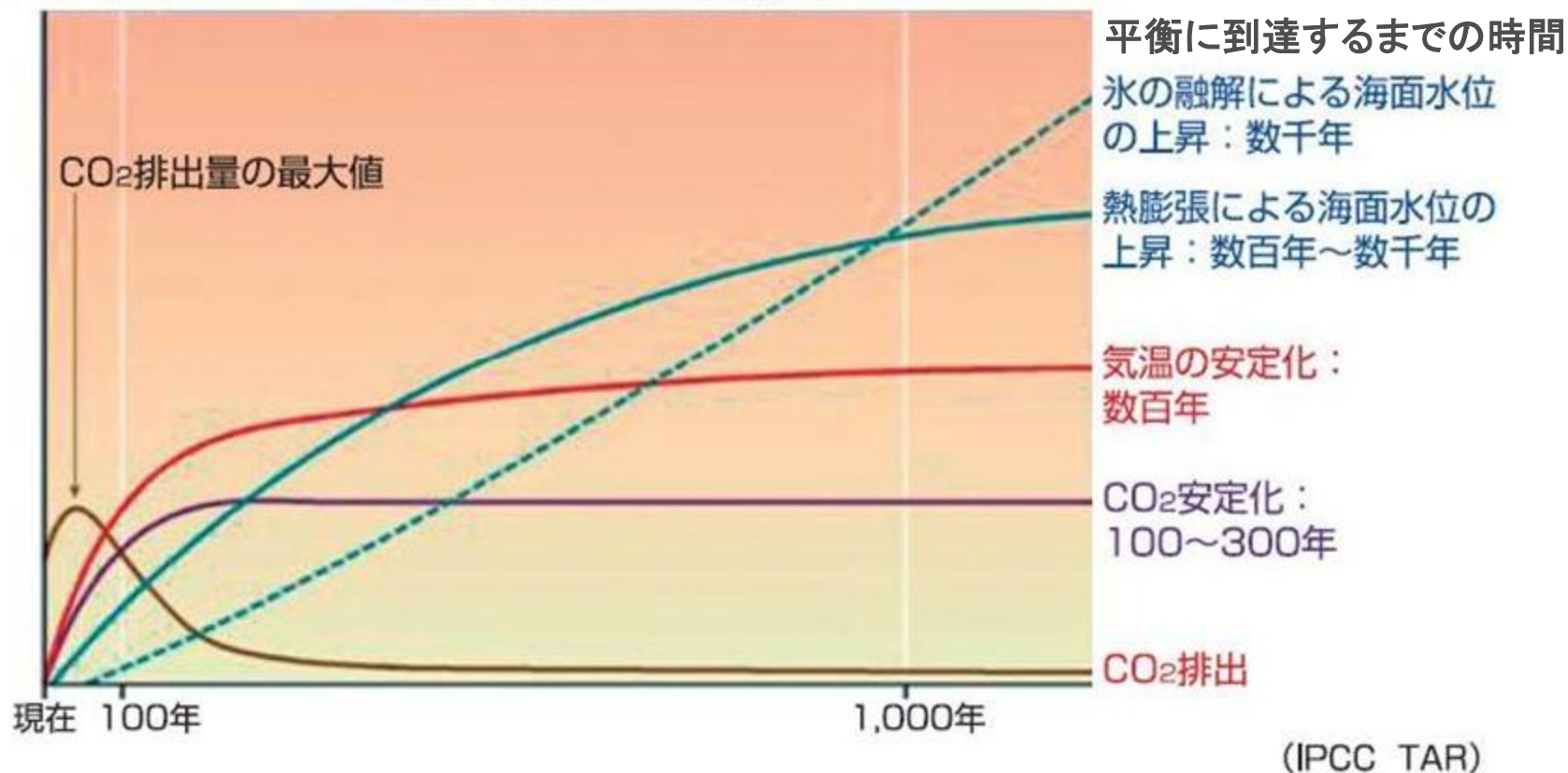
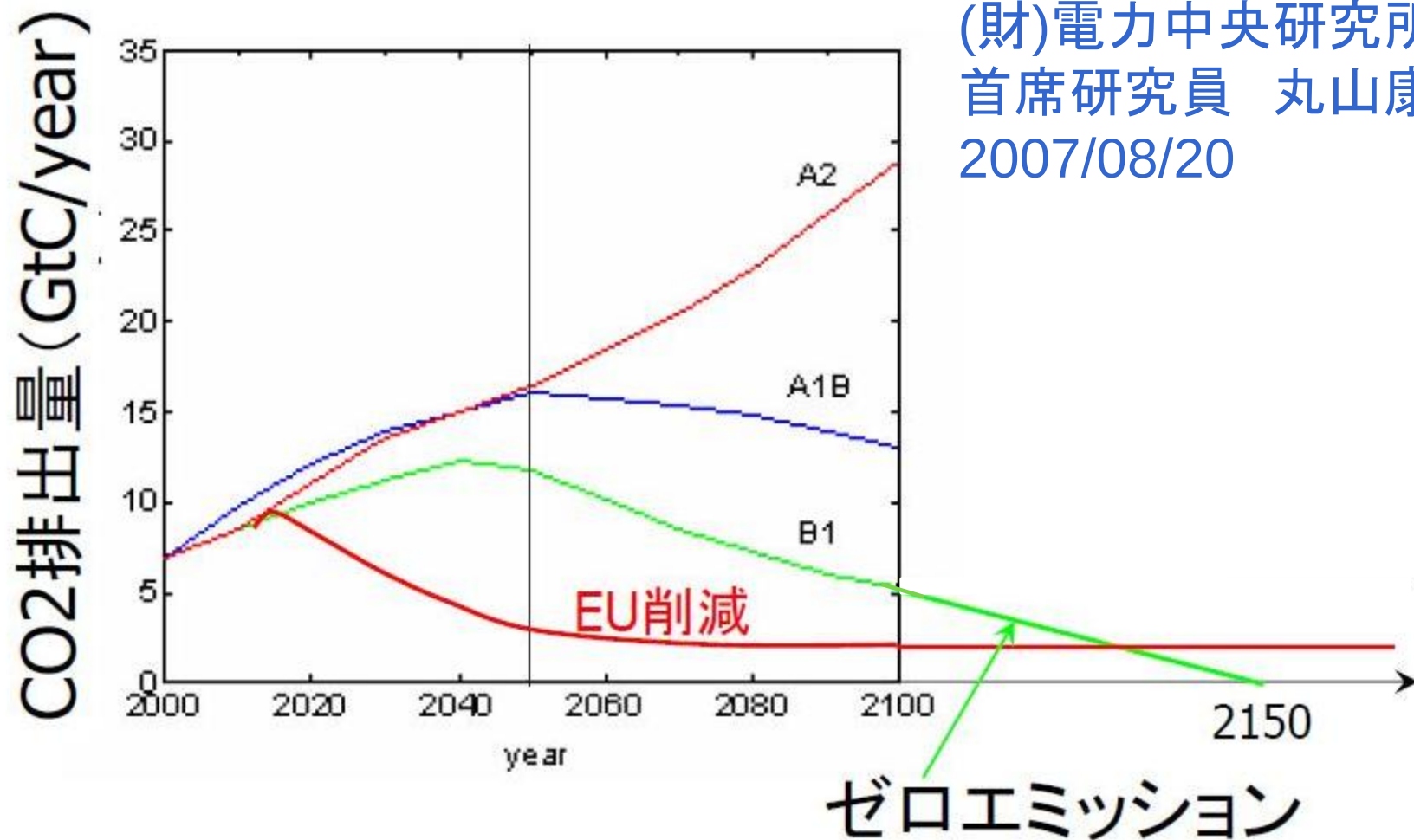


図9 200年後に大気中CO₂濃度を安定化させた場合に予測される気温と海面水位の変化の模式図 (IPCC TAR)。海面水位上昇、とりわけ氷床融解によるものはCO₂濃度と気温が安定化した後も数千年間続く

B1シナリオをベースに、2150年でゼロ排出

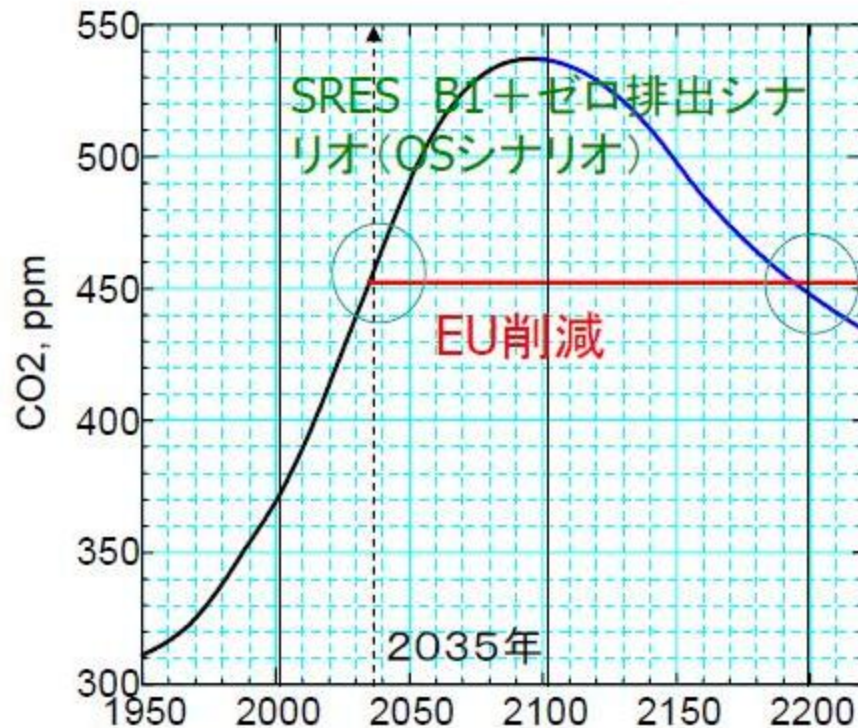
(財)電力中央研究所
首席研究員 丸山康樹
2007/08/20



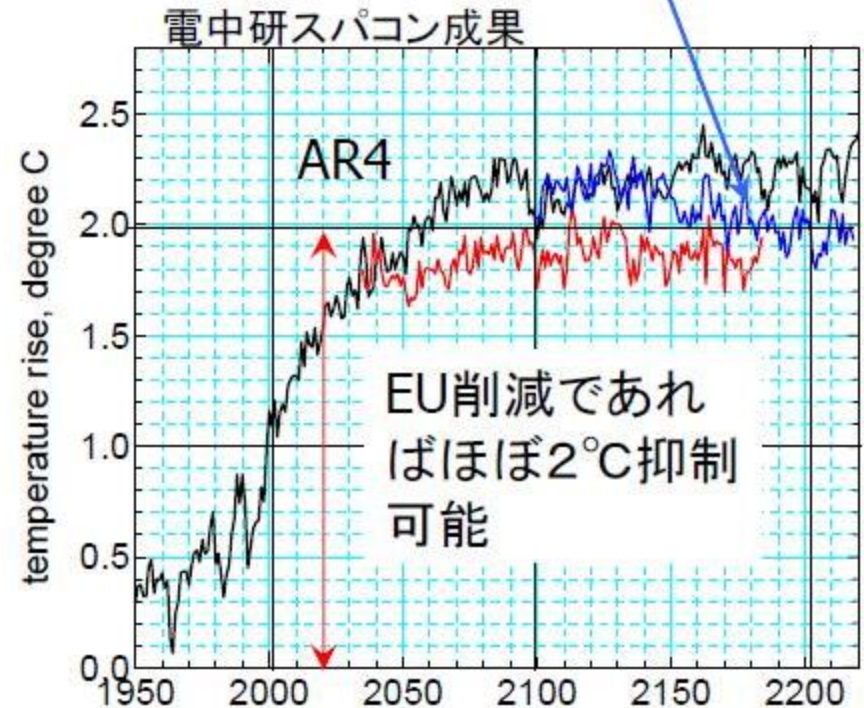
気候復元の可能性

丸山康樹氏による

B1+ゼロエミッションでは、気温は2100年から徐々に低下し、2200年には 2°C を下回る可能性あり。

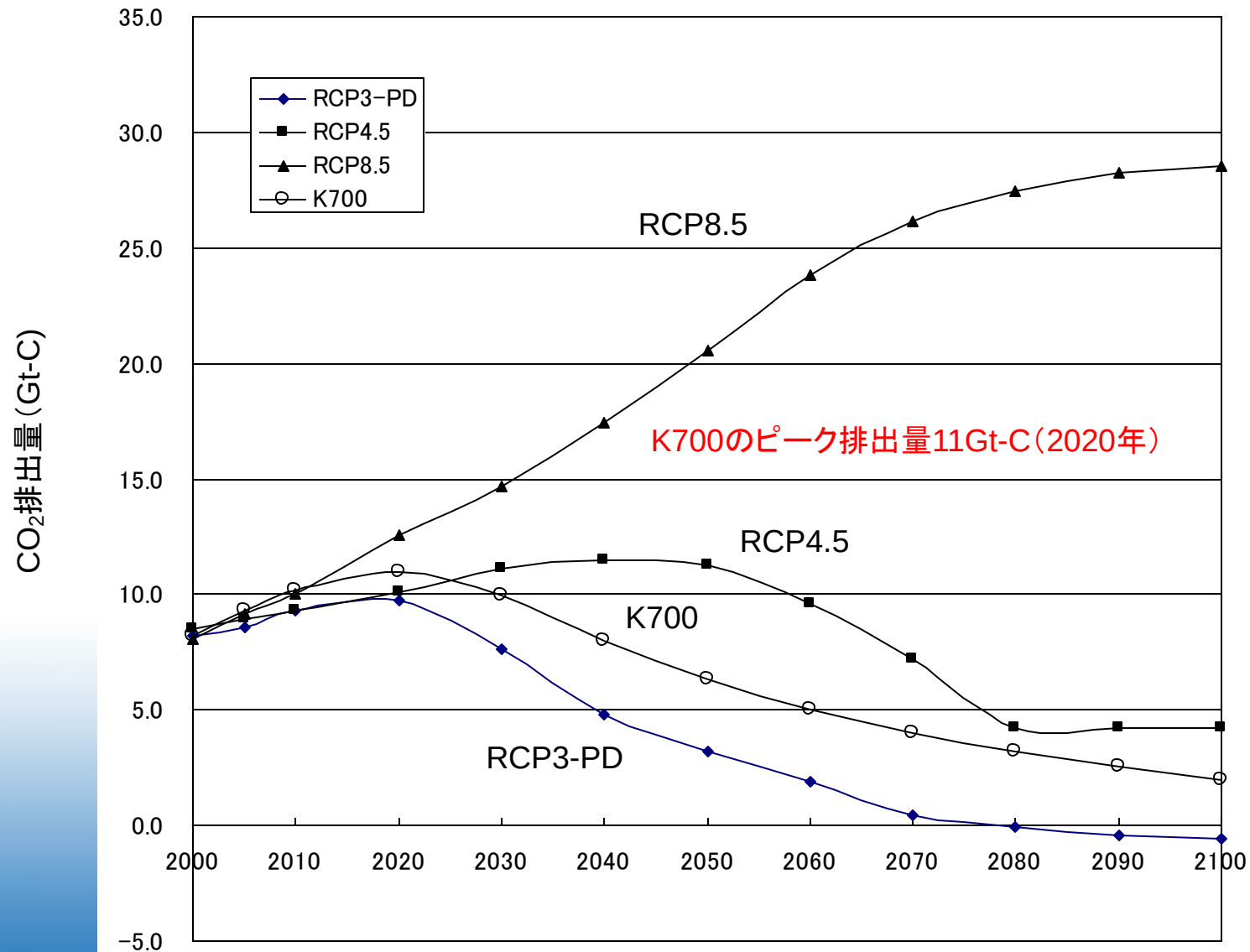


大気中CO2濃度



気温上昇(産業化以降)

CO₂排出量の比較 (IPCCのRCPシナリオ、K700シナリオ)



革新プログラム 実施ロードマップ

21世紀気候変動予測革新プログラム(2007(H19)~2011(H23))

