



# 気候科学の再検討

## 地球システムモデルによる Z650シナリオの気候復元性の検討

---

電力中央研究所 環境科学研究所

上席研究員 筒井純一

2012年7月24日

 電力中央研究所

# 概要

---

## ◆ Z650の要点

➤ Matsuno et al. (2012) Part 1, Part 2

## ◆ 地球システムモデル(CESM1)による詳細計算

➤ ゼロ排出後の温度応答に注目

# Z650の論文

Matsuno, Maruyama, and Tsutsui (2012, Proceedings of the Japan Academy, Ser. B, 印刷中)

“Stabilization of atmospheric carbon dioxide via zero emissions — An alternative way to a stable global environment”

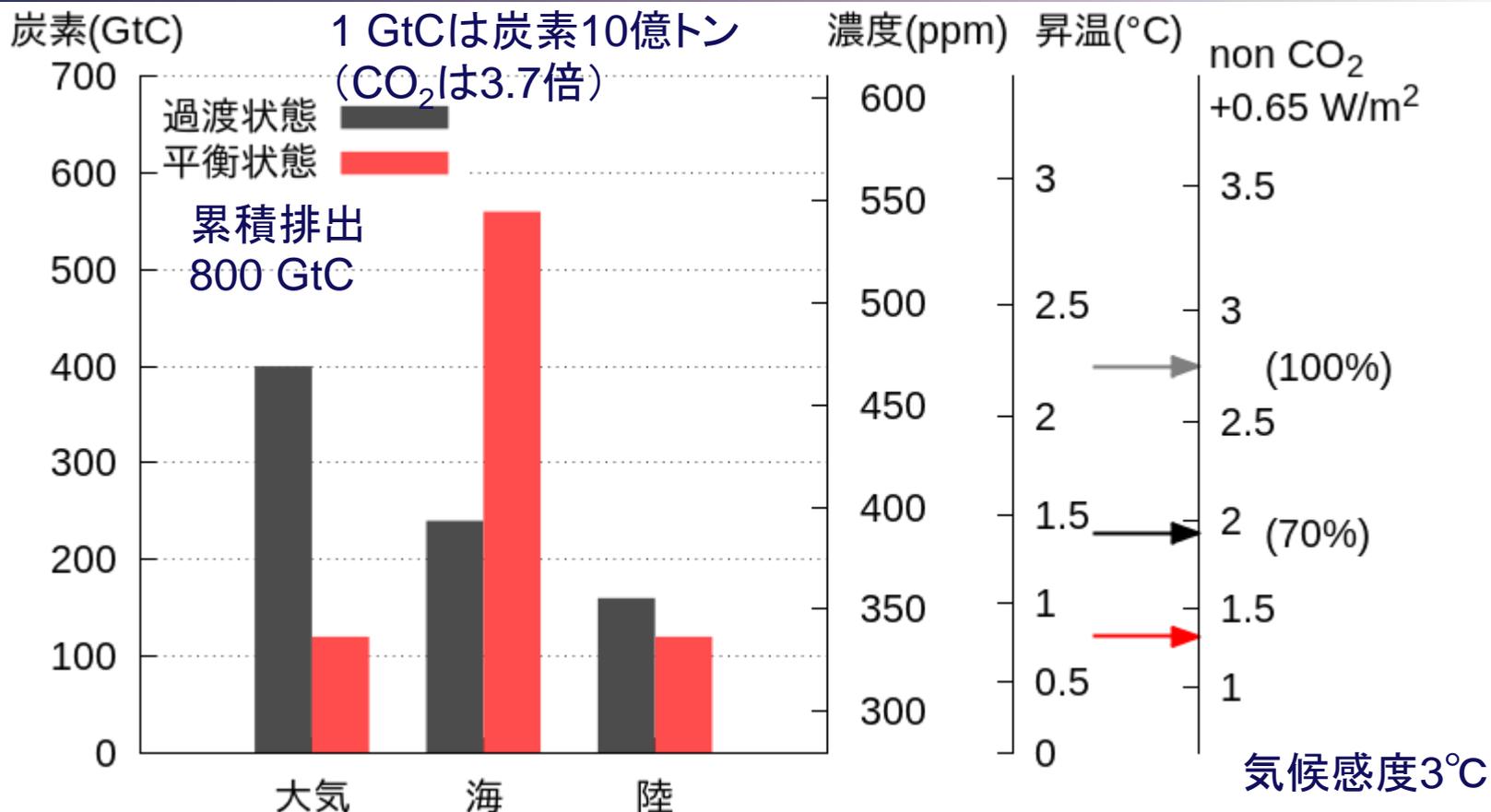
Part 1: Examination of the traditional stabilization concept.

21世紀前半のCO<sub>2</sub>排出増加を許容しつつ、長期的な気候変化リスクを回避する考え方を提唱。CO<sub>2</sub>のみの強制力の場合で、従来の濃度安定化と新しいゼロ排出安定化を比較。

Part 2: A practical zero-emissions scenario.

非CO<sub>2</sub>強制力を考慮して、「2050年半減」の観点からゼロ排出安定化の利点を示し、現実的な排出パスとしてZ650を提示。

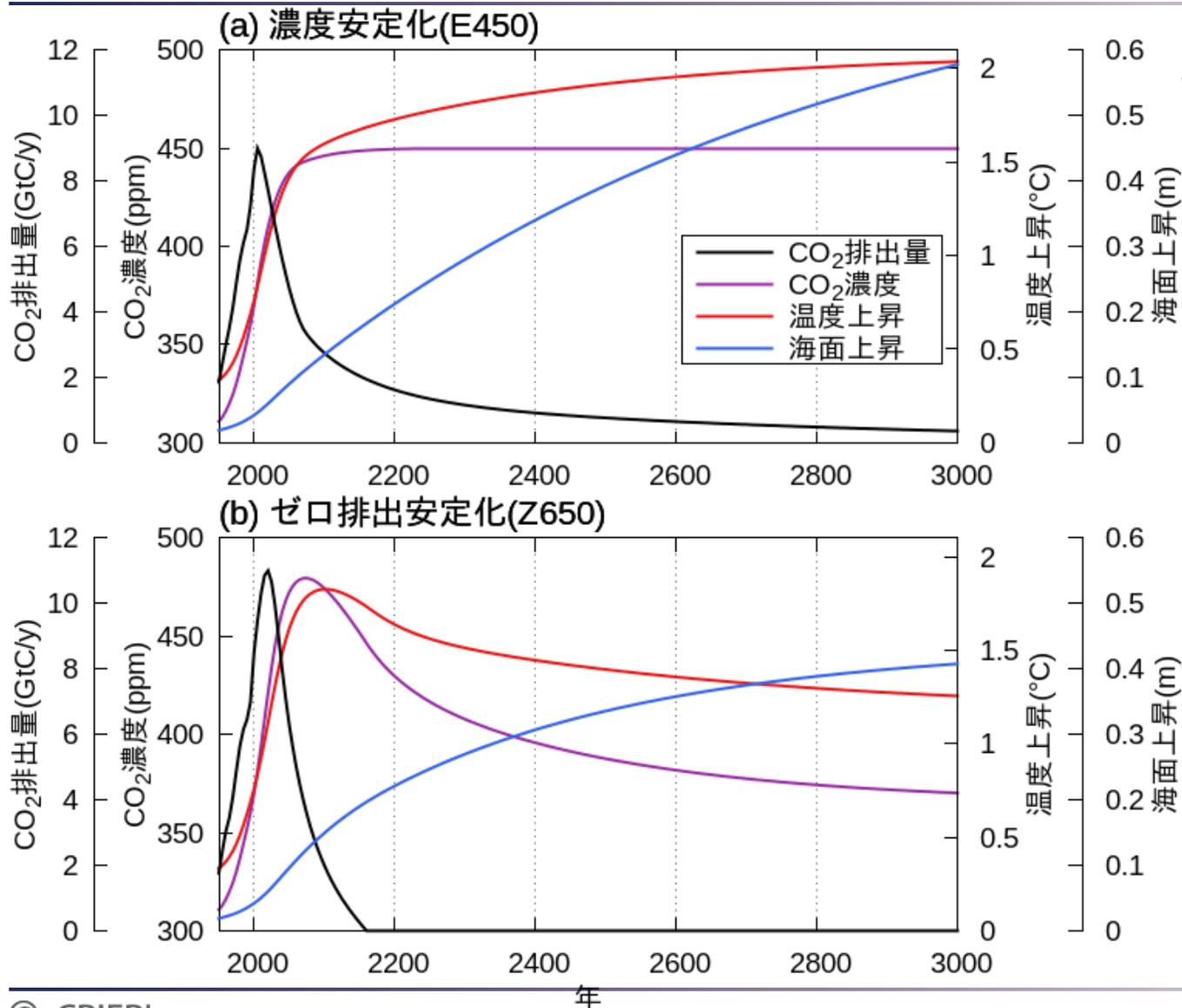
# 人為起源CO<sub>2</sub>の蓄積と温度応答



排出ゼロの下で平衡に向かう過程 → 「ゼロ排出安定化」

一時的には排出されたCO<sub>2</sub>の半分程度が大気に蓄積されるが、温度が平衡値に達するには時間がかかる。時間の経過とともに、海洋が大半のCO<sub>2</sub>を吸収し、濃度、温度とも低下する。

# 濃度安定化とゼロ排出安定化

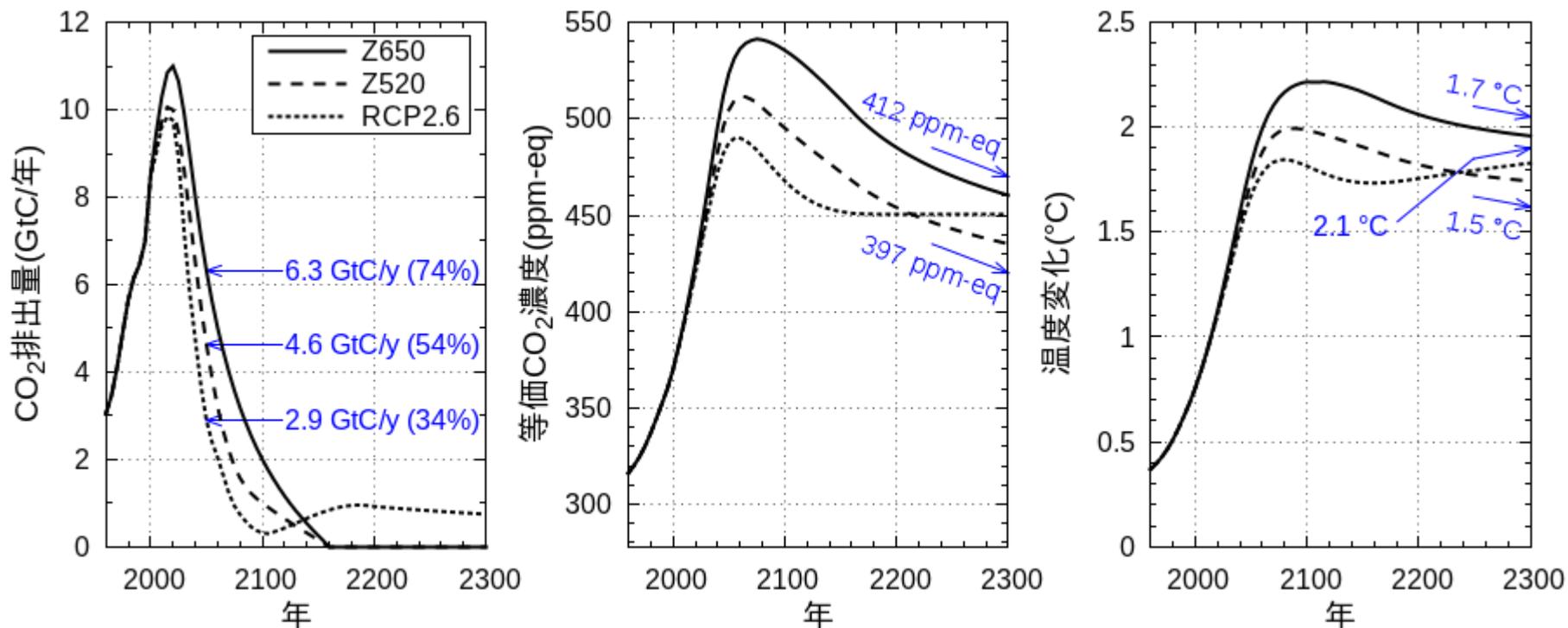


非CO<sub>2</sub>なし、海面上昇は海水の熱膨張のみ。

濃度安定化は、自然吸収とバランスする人為排出が何百年も続くことを暗に仮定。

排出をゼロにすれば、温度は低下し、海面上昇も抑制される。

# 2°C制約の観点からの比較



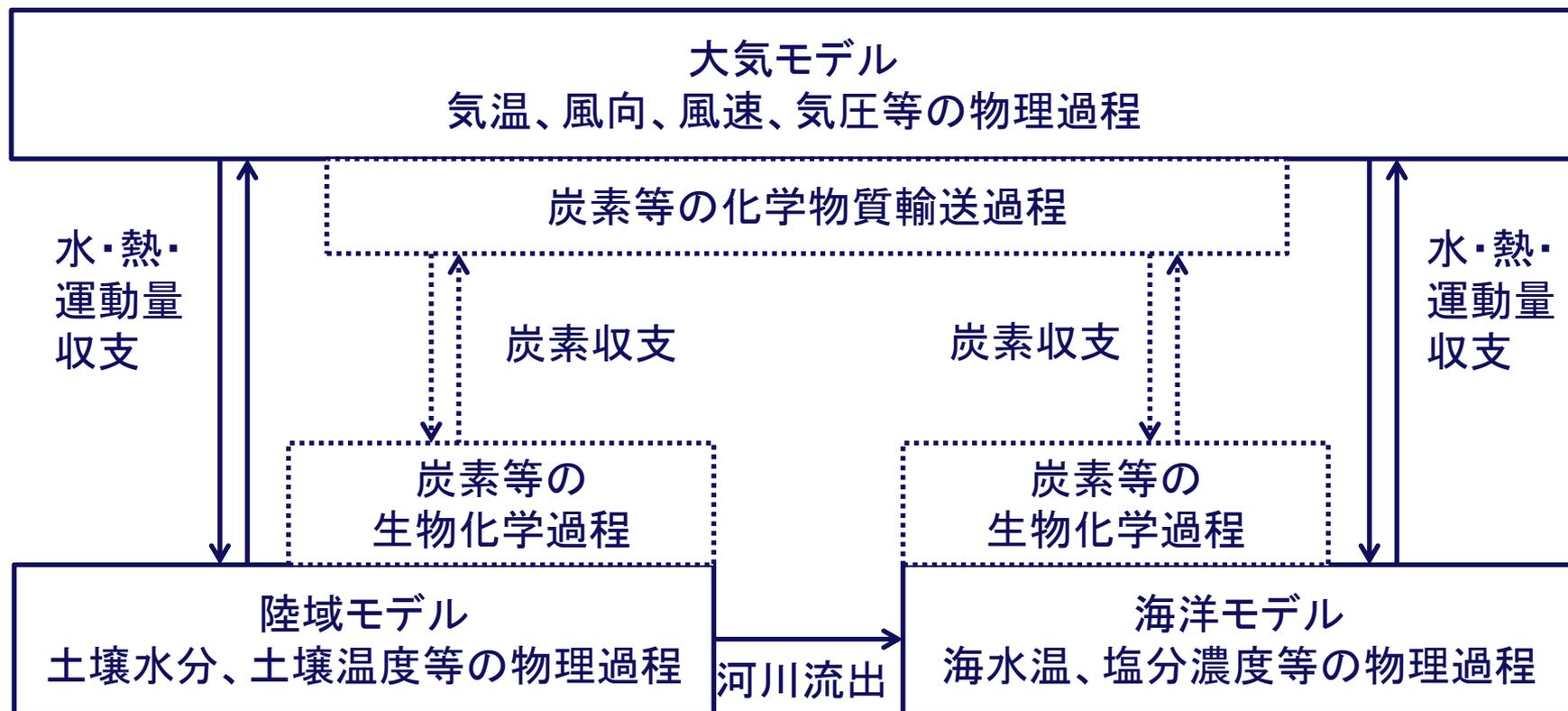
濃度安定化(RCP2.6準拠)では、遠い将来の目標達成のために、近い将来に厳しすぎる排出削減を課すことになる。温度目標が、変化の遅いグリーンランド氷床融解の制約による場合は、一時的な目標超過を許容して、さらに多くの排出が可能。(Z520とZ650の名称は、GtC単位での21世紀中の排出量を表す。)

# Z650の温度変化の論点

- ◆ 21世紀前半の比較的急激な温度上昇への適応。
  - 気候感度が想定以上に高い場合のリスク管理。
- ◆ ゼロ排出達成後の気候復元(温度低下)がどの程度期待できるか。
  - 自然のCO<sub>2</sub>吸収による濃度低下と、平衡状態に向かう温度応答の兼ね合いによる。
  - 非CO<sub>2</sub>強制力の推移にも依存。

これまでの検討では、簡易気候モデルを使用。

# 地球システムモデルCESM1



野原ほか(2012, 電中研報告)

大気海洋結合モデル(実線)に生物化学過程(点線)を結合し、気候の変化と炭素循環(海洋と陸域生態系によるCO<sub>2</sub>吸収)を詳細に計算。

CESM1は米国大気研究センターで開発された最新の地球システムモデル。

# CESM1の概要

## ◆空間解像度

- ▶ 水平: 約1度、鉛直: 大気26層、海洋60層

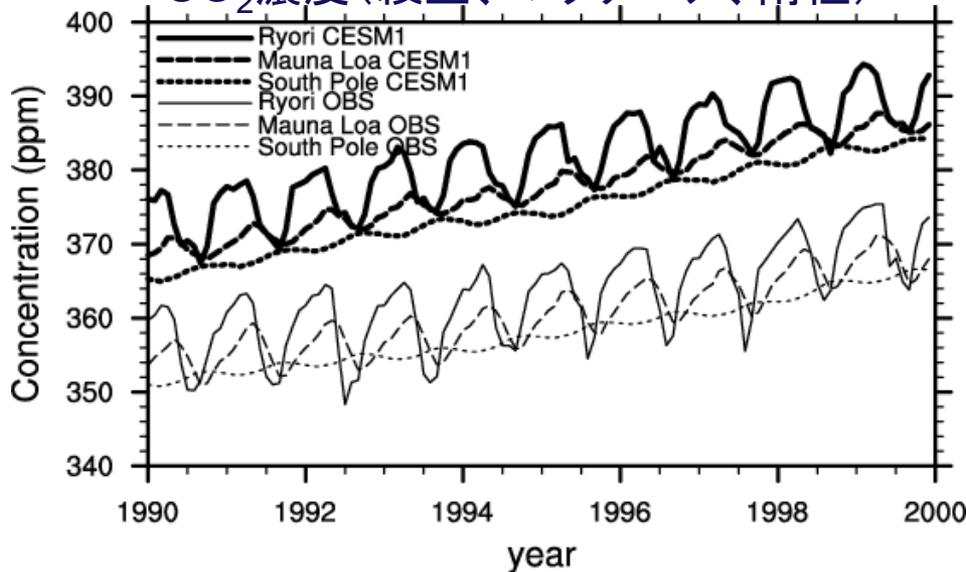
## ◆海洋の生物化学過程

- ▶ 炭酸系の化学平衡
- ▶ 生物活動による化学物質の変遷

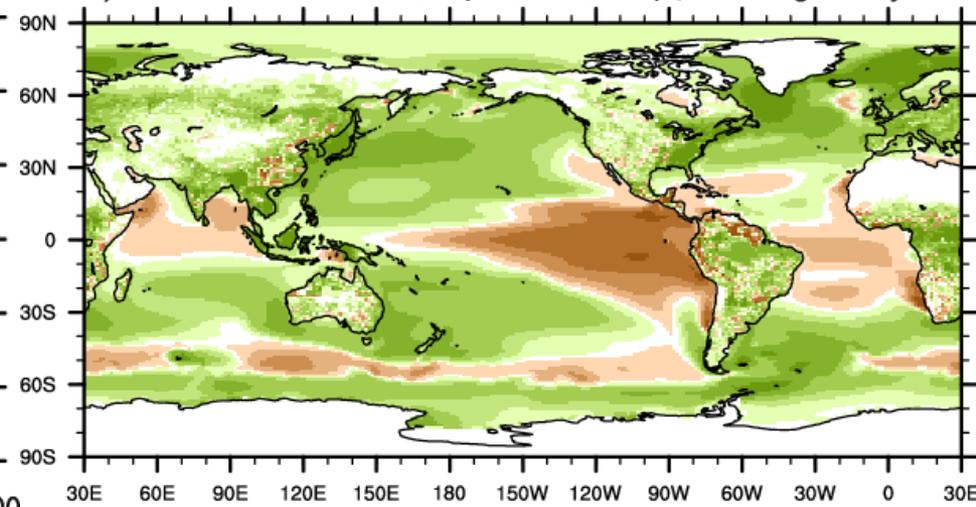
## ◆陸域の生物化学過程

- ▶ 窒素制限を含む炭素循環
- ▶ 光合成・呼吸・有機物分解が、気温・降水量・日射量などに依存

CO<sub>2</sub>濃度(綾里、マウナロア、南極)



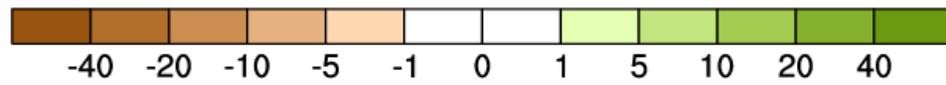
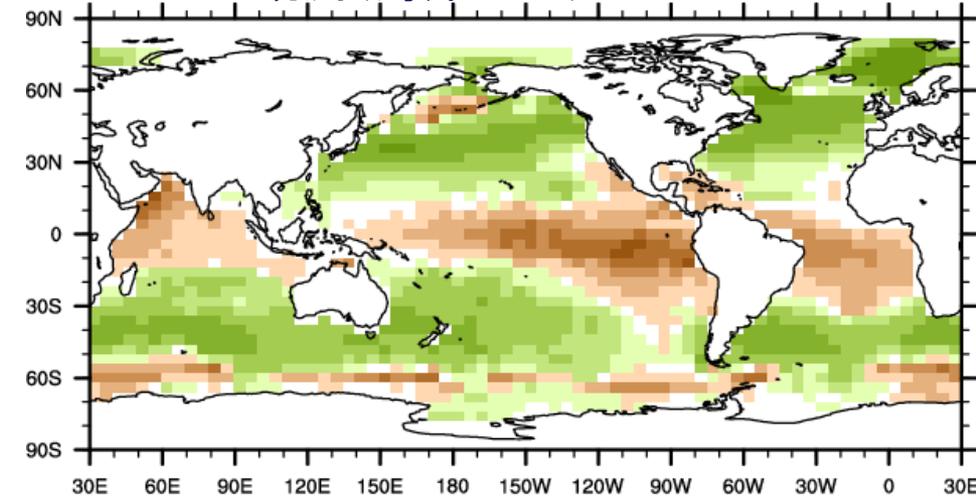
a) 1980-1999 20世紀再現計算 gC m<sup>-2</sup> year<sup>-1</sup>



## 大気中CO<sub>2</sub>濃度の時間変化 と海洋および陸域によるCO<sub>2</sub> 吸収量の空間分布

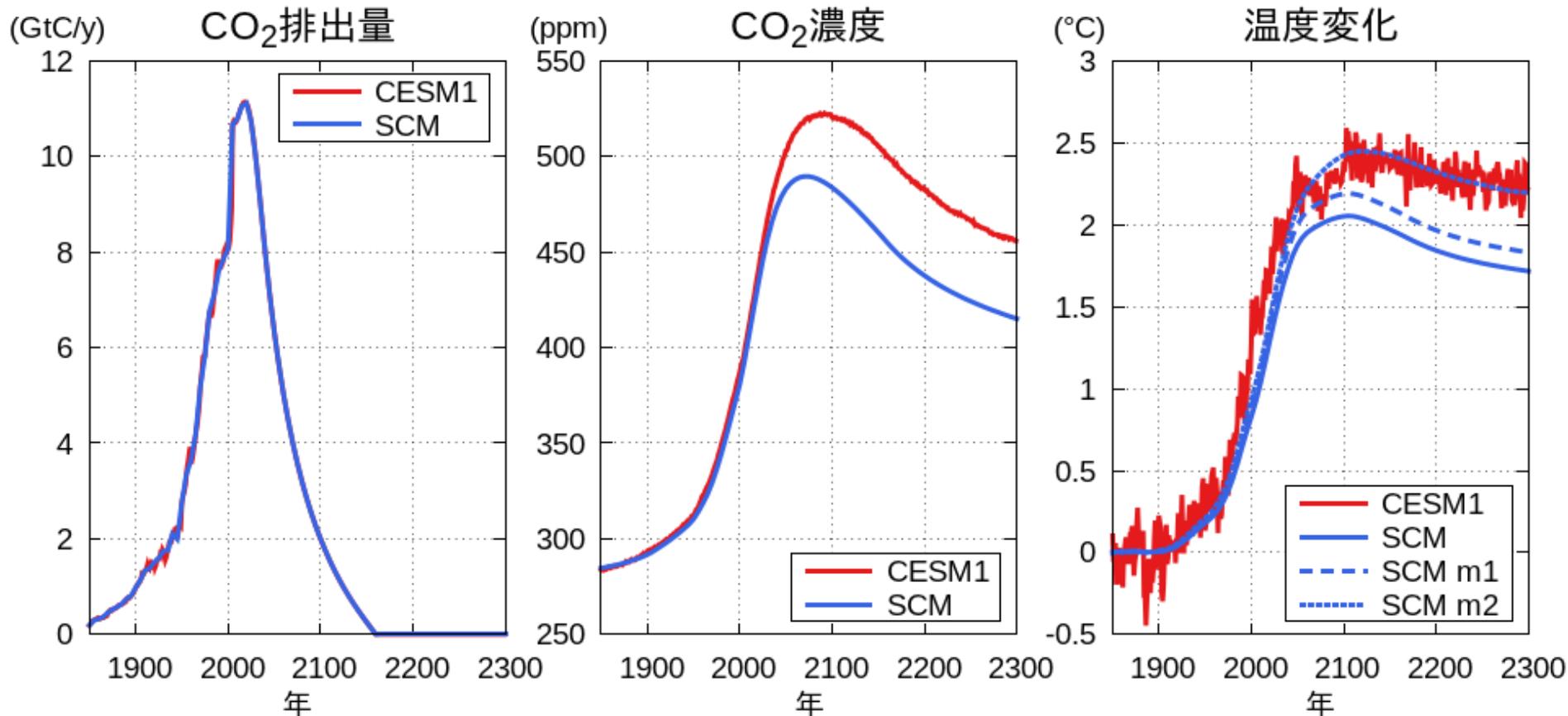
濃度の季節変化やその地理的特性、  
海洋によるCO<sub>2</sub>吸収の空間分布は、  
観測と概ね一致。ただし、20世紀中  
の再現計算で濃度がやや過大。

b) OBS 観測(海洋のみ)



野原ほか(2012, 電中研報告)

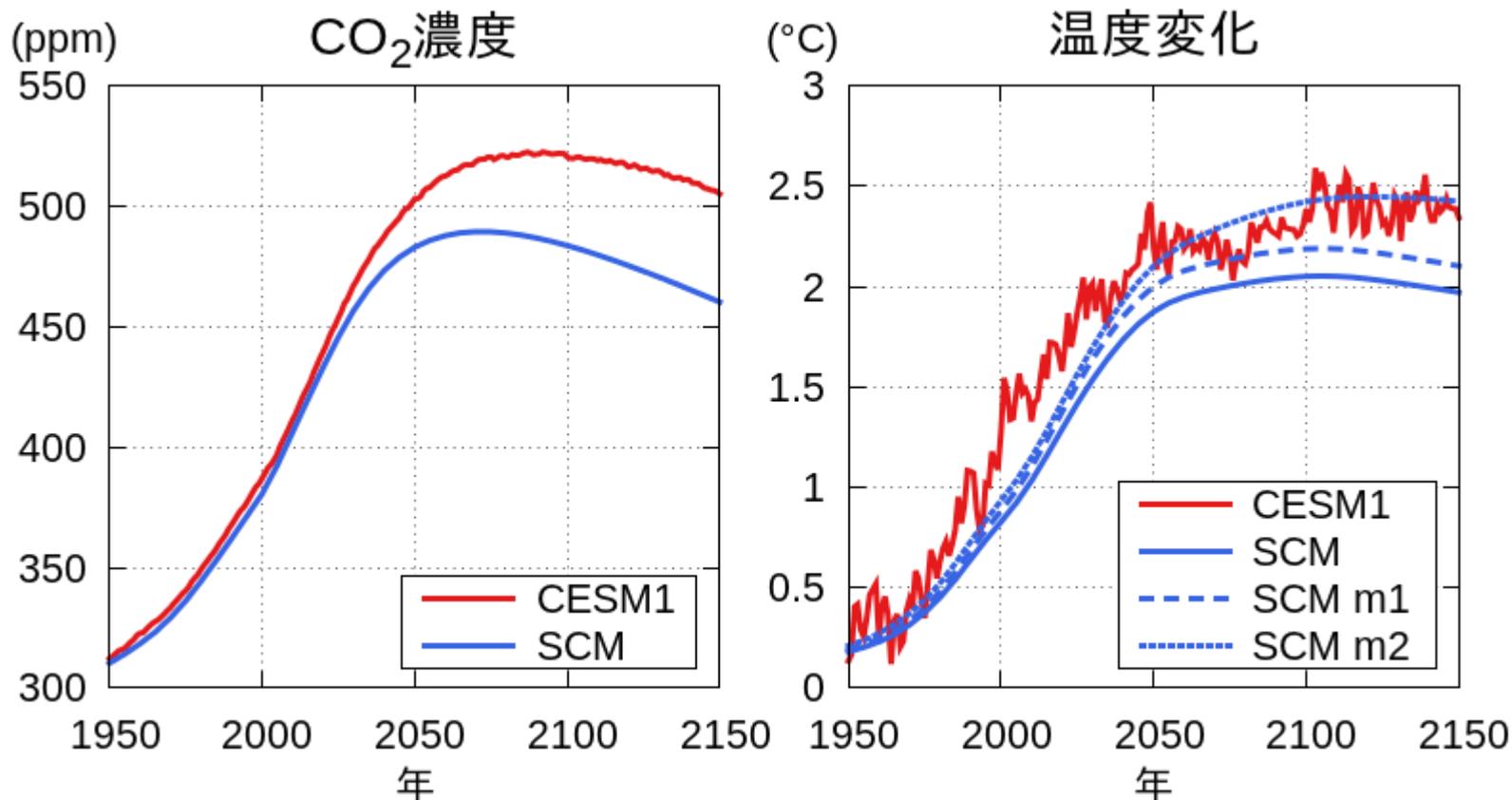
# CESM1と簡易モデルの比較



CO<sub>2</sub>排出: 2000年まで過去の実績、05年以降Z650、00-05年遷移期間  
非CO<sub>2</sub>: RCP 2.6

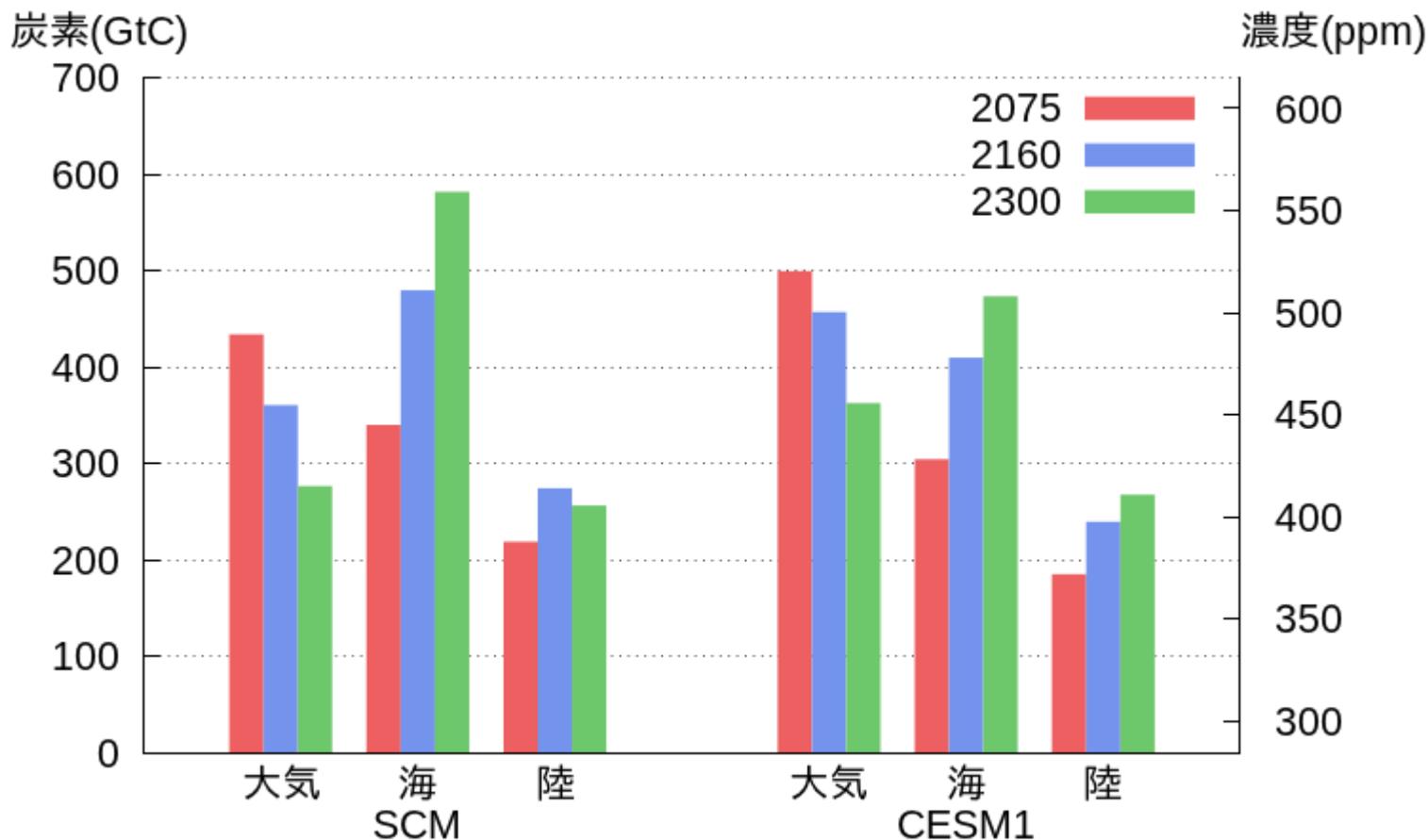
SCM: 簡易気候モデル(SEEPLUS)、気候感度3°C  
SCM m1: 気候感度をCESM1の値(3.2°C)に調整  
SCM m2: CESM1の濃度から、気候感度3.2°Cで計算

# 1950-2150年の変化傾向



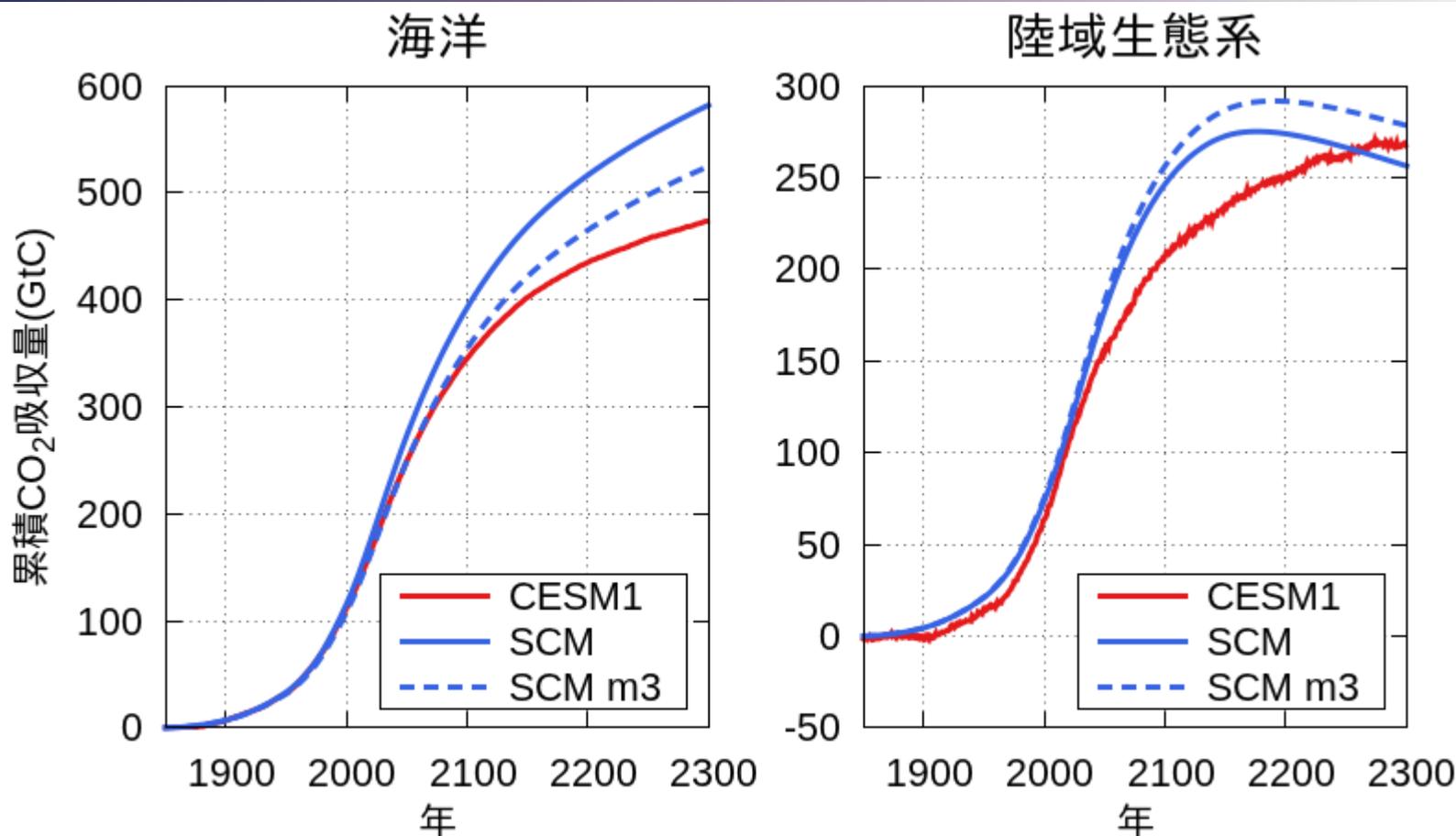
2030年頃までは、濃度差は小さいが、温度応答に大きな違いがある。

# 人為起源CO<sub>2</sub>蓄積量の推移



大気の蓄積量は、2300年時点で86 GtCの差(41 ppmの濃度差)。21世紀後半以降、大気で減少、海で増加する傾向は共通。CESM1では、陸域のバイオマスが増加する傾向。

# CO<sub>2</sub>吸収の温度依存性(試算)



海洋の吸収量の差は、大気・海洋表層間のCO<sub>2</sub>交換に関する温度依存性を考慮したテストケース(SCM m3)で、半分程度になる。ただし、陸域の差は拡大。陸域の吸収量は、もともとモデル間のばらつきが大きい。

# まとめ

## ◆ ゼロ排出後の温度応答

- CESM1による詳細計算でも温度は低下する。
- モデル間の差は自然のCO<sub>2</sub>吸収量(炭素循環)と気候感度に起因。
  - 気候復元について、簡易モデルはやや楽観的。

## ◆ 今後の検討課題

- 気候復元に関する平均的な傾向と不確実性。
  - より多くの地球システムモデルの傾向を比較。
- 21世紀前半の急激な変化に対するリスク評価。
  - 過渡応答に関する気候感度の不確実性考慮。