

## 二酸化炭素増加に対する気候応答：海洋と海氷の役割

## Role of ocean and sea ices in climate responses to the increase in carbon dioxide

# 横畠 徳太 [1]; 江守 正多 [2]; 野沢 徹 [3]; 小倉 知夫 [4]; 阿部 彩子 [5]; 住 明正 [6]; 木本 昌秀 [7]

# Tokuta Yokohata[1]; Seita Emori[2]; Toru Nozawa[3]; Tomo'o Ogura[4]; Ayako Abe-Ouchi[5]; Akimasa Sumi[6]; masahide kimoto[7]

[1] 環境研; [2] 地球フロンティア; [3] 国立環境研; [4] 国環研; [5] 東大 CCSR; [6] 東大・気候システム研究センター; [7] 東大・気候システム

[1] NIES; [2] Frontier Research System for Global Change; [3] NIES; [4] NIES; [5] CCSR, Univ. Tokyo; [6] Center for Climate System Research Univ. of Tokyo; [7] Center for Climate System Research, Tokyo Univ

<http://www.nies.go.jp/atmos/member/tyokohata/index.html>

本研究では東京大学気候システムセンター (CCSR), 国立環境研究所 (NIES), 地球環境フロンティア研究センター (FRCGC) によって開発された全球大循環気候モデル (GCM) を用いて CO<sub>2</sub> 増加に対する気候応答実験を行った。新たに開発した手法 [1] を用いて気候変化の際に働くフィードバック過程について調べたところ, CO<sub>2</sub> 増加実験の結果が海洋および海氷に関わるフィードバック過程に大きく依存することが分かった。この結果は, 温暖化予測の不確実性を低減させる上で海洋・海氷過程に関する知見が重要であることを意味する。

地球の平均地表気温は 20 世紀に約 0.6 度の上昇が観測され, 特に 20 世紀後半の温暖化は人為起源温室効果ガスの増加が原因であった可能性が高いとされている [2]。気候モデルを用いた研究によると, 今後大気中の温室効果ガス濃度が上昇すればさらに温暖化が進むことが予測される。しかしどの程度まで昇温が進むかに関してはモデルによって結果が大きくばらつく [2]。これはモデルによって用いる解像度やパラメタリゼーションが異なるため, 気候システムを構成する要素の挙動が異なり, システムにおいて働く様々なフィードバック過程が異なるためである。

温暖化予測の不確実性を低減させるためには, 予測結果がモデルによって異なる原因を明らかにすることが重要である。本研究ではモデルの解像度とパラメタリゼーションが異なる大気海洋結合 GCM を用いて CO<sub>2</sub> 増加実験を行い, 地表気温変化が異なる原因について調べた。モデルは CCSR/NIES/FRCGC で開発された大気海洋結合 GCM, MIROC 3.2 のバージョンのうち, 高解像度版 (水平格子間隔 ~ 120km) および中解像度版 (水平格子間隔 ~ 280km) を用いた。2 つのモデルバージョンはともに現在気候をよく再現する, 温暖化予測を行う上で信頼のおけるモデルである。実験は CO<sub>2</sub> 倍増に対する平衡応答実験 (倍増平衡実験) と年率 1% で CO<sub>2</sub> を漸増させる過渡応答実験 (1% 漸増実験) を行った。倍増平衡実験では気候システムが平衡状態に達するまでの計算時間を節約するため, 大気大循環モデルに海洋混合層を結合させたモデルを用いた。大気海洋混合層モデルでは簡単な熱力学モデルによって海氷を記述する。一方 1% 漸増実験で用いる大気海洋結合モデルでは海氷の力学過程も考慮する。CO<sub>2</sub> 増加実験と気候フィードバック解析の結果明らかになったことは以下のとおりである。

1) 倍増実験では CO<sub>2</sub> 増加時の地表気温変化 ( $\Delta T$ ) が高・中解像度版で同程度であったのに対して, 1% 漸増実験では高解像度版のほうが中解像度版より大きかった。CO<sub>2</sub> 倍増時の高・中解像度版の  $\Delta T$  は倍増平衡実験で 4.3 K および 4.0 K であるのに対し, 1% 漸増実験では 2.4 K および 1.9 K であった。1% 漸増実験では気候システムが CO<sub>2</sub> 倍増時の平衡状態に達していないため, 倍増平衡実験より  $\Delta T$  が小さくなる。

2) 1% 漸増実験において高解像度版の  $\Delta T$  が中解像度版より大きくなる理由の 1 つは, 高解像度版の海洋熱吸収 (ocean heat uptake, OHU) が中高緯度域で小さいことである。高解像度版では海洋深層への熱輸送が小さいため, 海洋表層がより効率的に暖まり,  $\Delta T$  が大きくなる。この原因として, 高解像度版の深層循環が中解像度版より弱いことが挙げられる。倍増平衡実験では気候システムが平衡状態に達しているため, OHU の寄与は無視できる。

3) 1% 漸増実験において高解像度版の  $\Delta T$  が大きいもう 1 つの理由は, 高解像度版の氷アルベドフィードバック (Ice Albedo Feedback, IAF) が南半球高緯度で大きいことである。IAF の大きさを決める要素としては温暖化時の海氷の挙動が非常に重要である。このように 1% 漸増実験では高・中解像度版の IAF に差が生じるが, 倍増平衡実験では IAF に差が生じない原因として, 両実験で用いている海氷モデルが異なる (1% 漸増実験 = 海氷力学モデル, 倍増平衡実験 = 海氷熱力学モデル) ことが挙げられる。詳細については当日発表にて議論する。

[1] Yokohata et al. 2005. Geophys. Res. Lett., doi :10.1029/2005GL023673. [2] IPCC 2001. Edited by Houghton et al., Cambridge Univ. Press.