

氷期の古海洋環境と炭素循環

Plaeoceanography and carbon cycle during the glacial period

池田 敬 [1], 田近 英一 [2]

Takashi Ikeda [1], Eiichi Tajika [2]

[1] 東大・理・地質学, [2] 東大・理・地質

[1] Geological Inst., Univ. of Tokyo, [2] Geological Institute, Univ. of Tokyo

地球表層における炭素循環は、大気CO₂濃度の変化を通じて地質時代の気候変動に重要な役割を果たしてきた。過去十数万年間の氷期・間氷期変動においては、南極氷床コア及び海底堆積物コアの分析から大気CO₂濃度や海水の炭素同位体比の変動が明らかになっている。しかしながら、この時間スケールにおける炭素循環の標準的なモデルはまだ確立されていない。本研究では、現代の地球温暖化問題などでも用いられている海洋鉛直1次元移流拡散モデルに生物過程や化学過程及び風化・堆積などの地質学的過程を組み込み、先に延べた地質学的データを境界条件として過去13万年間の時間積分を行い、氷期・間氷期変動における炭素循環の復元を試みる。

地球表層における炭素循環は、大気CO₂濃度の変化を通じて地質時代の気候変動に重要な役割を果たしてきた。過去十数万年間の氷期・間氷期変動においては、南極氷床コア及び海底堆積物コアの分析から大気CO₂濃度や海水の炭素同位体比の変動が明らかになっている。しかしながら、この時間スケールにおける炭素循環には、海洋深層水循環、生物生産性、陸上生物圏といった複数の古海洋学的要因が相互に密接に関係しており、現在のところこれらの地質学的データを定量的に結びつけることができる標準的なモデルはまだ確立されていない。本研究では、現代の地球温暖化問題などでも用いられている海洋鉛直1次元移流拡散モデルに生物過程や化学過程及び風化・堆積などの地質学的過程を組み込み、先に延べた地質学的データを境界条件として過去13万年間の時間積分を行い、氷期・間氷期変動における炭素循環の復元を試みる。

モデルによる予報変数は、陸上生物圏サイズ、海洋深層水循環強度、海洋表層における有機物生産量、及び海洋表層における炭酸塩生産量であり、それらの時系列変動を推定した。陸上生物圏サイズは、寒冷ステージ (Stage 2, 4, 及び stage 5 の寒冷期) に縮小し、逆に温暖ステージ (Stage 1, 3, 及び stage 5 の温暖期) に拡大する様子を示す。最終氷期極相期 (約18 ky) における本研究の推定値は、陸上植生分布の復元から得られた従来の推定結果と調和的である。一方、海洋深層水循環強度は、寒冷ステージに低下することが示される。これにより、海洋中の栄養塩及び溶存全炭酸は中層水から深層水に移動し、結果として海洋深層水の全炭酸貯蔵量が増加する。氷期において海洋中層水の栄養塩濃度が低下し、海洋深層水の栄養塩濃度が増加するという結果は、炭素同位体比データや底性有孔虫殻のCd/Ca比を用いた推定と調和的である。最終氷期極相期においては海洋全体としての栄養塩濃度は増加していたことが予測されるが、これは陸上生物圏の縮小に伴って大気・海洋系に栄養塩が流入したためである。

モデルにより計算された海洋中層水の炭素同位体比曲線は、海洋深層水の変動パターンとは逆に、寒冷ステージに最も重く、寒冷ステージから温暖ステージへの移行期に最も軽い値を示す。これは、深層水循環強度の低下に伴って栄養塩が海洋中層から海洋深層へ移動したことによってもたらされたものと理解することができる。海洋中層水の炭素同位体比の復元結果は、大西洋赤道域において地質学的証拠から得られた変動のパターンと類似している。また、海洋深層水の炭酸イオン濃度及びpHの計算結果は、氷期に海洋底堆積物中の炭酸塩の溶解が促進されるという、従来大西洋域において報告されてきた地質学的証拠を支持する。これらの結果は、大西洋において得られた従来の地質学的研究とは調和的である。しかしながら、氷期・間氷期変動においては、太平洋においてしばしば逆のパターンの変動が報告されている。一方で、海洋表層及び海洋深層における炭素同位体比記録は大西洋と太平洋とで類似した変動パターンを示す。今回用いたモデルは鉛直1次元モデルであるため、海洋深層における水平移流の効果が適切に表現されていない可能性がある。得られた結果の太平洋における妥当性についても、水平方向の移流を考慮したモデルを用いて議論する予定である。