

CO₂ 海洋隔離における拡散解析手法に関する研究
 —生物ポンプモデルにおける基礎生産量の感度解析—

日大生産工（院）○渡邊道人 日大総研大学院（院）中村倫明
 日大生産工 落合 実 日大総研大学院 和田 明

1. はじめに

地球温暖化の主な原因の一つとして、現在、大気中のCO₂量が増加し続けていることが考えられており、CO₂削減はこれからの世界各国の共通課題となっている。その解決策として、発電所等の大規模排出源より排出したCO₂を海洋中に長期隔離し、大気中CO₂濃度を抑制する方法(海洋隔離)が考えられている。海洋は自然条件下でも、移流・拡散や溶解ポンプ(大気-海洋間のCO₂交換)、生物ポンプ(鉛直方向へのCO₂移送)の効果によって炭素循環が行われている。

著者らはこれまでに、海洋の炭素循環をモデルに考慮し、CO₂拡散モデルの精度向上を図ってきた。その結果、生物ポンプ項には更なる精度向上を行う必要が分かった¹⁾。そこで、本研究は生物ポンプに大きく寄与する基礎生産量をパラメータとして生物ポンプ項の検討を行う。本文では、基礎生産量のオーダーを変更した感度解析を行い、生物ポンプ項への寄与を検討する。

2. 数値解析モデル

2.1 流動モデル概要

使用した流動モデルは、中村ら²⁾が展開してきた太平洋の一部を細分化したモデルを使用する。細分化は投入海域近傍とし、投入地点(東経132度、北緯22度)を中心に経度127~139度、緯度17~25度を10分割する。すなわち、元の2度メッシュ(粗メッシュ)に0.2度メッシュ(密メッシュ)を導入するネスティング手法を用いる。また鉛直方向の計算メッシュは16層で可変メッシュ区切りとした。

2.2 CO₂の挙動予測モデル

CO₂濃度の解析は、次式を用いる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \vec{u} \cdot \nabla C = K_H \nabla^2 C + K_V \frac{\partial^2 C}{\partial Z^2} - F_{OCEAN-AIR}(\lambda, \phi) + F_{inj}(\lambda, \phi, Z) + F_{bio}(\lambda, \phi, Z) \quad (1)$$

ここで、C:全炭酸濃度(μmol/kg), t:時間(s), \vec{u} :流速(m/s), ∇ :水平ナブラ演算子, K_H :水平方向拡散係数(1×10³ m²/s), K_V :鉛直方向拡散係数(1×10⁻⁴ m²/s), $F_{OCEAN-AIR}$:大気・海洋間のCO₂収支(μmol/kg), F_{inj} :CO₂投入量(μmol/kg・yr), F_{bio} :生物ポンプ(μmol/kg・yr), Z:鉛直方向深さ, λ :球面座標の緯度, ϕ :球面座標の経度である。

式(1)の右辺3項は、単位面積当たり海洋表面を通して交換されるCO₂量(大気・海洋間のCO₂収支)であり、大気と海洋表面のCO₂分圧差によって変化する。即ち、CO₂は大気分圧が高ければ大気から海洋に吸収され、海洋分圧が高ければ海洋から大気へ放出される。また大気のCO₂分圧は現在でも上昇し続けていることから、大気CO₂濃度は1.8ppm/yrずつ増加させて計算を行う。

海洋表面では大気から溶け込んだCO₂と栄養塩を材料にして植物プランクトンが光合成により無機炭素(CO₂)から有機炭素を生産している。これを基礎生産(Primary production)と呼ぶ。この生成された有機炭素は基礎生産の行われる有光層(~200m)からやがて中・深層へと落下し、そこで分解・消費を受け再び無機炭素へ戻る。こうした有光層から下層への炭素物質による移送過程のことを生物ポンプと称されている。本研究における、基礎生産に対する新生産の割合および生物ポンプは、式(2),(3),(4)に示す中村ら²⁾による手法を用いる。

Study on analytical method of diffusion for CO₂ in ocean sequestration

—Sensitivity analysis on primary production in biological pump—

Michihito WATANABE, Tomoaki NAKAMURA, Minoru OCHIAI and Akira WADA

$$f = pp/410 \quad (2)$$

$$f = pp/400 - pp/340000 \quad (3)$$

$$F_{bio} = pp \times f \quad (4)$$

ここで、 f : 基礎生産に対する新生産の割合、 F_{bio} : 生物ポンプ($\text{gC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{year}^{-1}$)、 pp : 基礎生産量($\text{gC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{year}^{-1}$)。基礎生産が $150 \text{gC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{year}^{-1}$ 以下であれば式(2)を用い、基礎生産が $150 \sim 500 \text{gC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{year}^{-1}$ までは式(3)を用いる。

3. 生物ポンプモデルの検討

本研究では、生物ポンプにおける基礎生産量の影響を検討することから CO_2 投入量をゼロとして計算する。著者らのこれまでの検討¹⁾から、基礎生産量の過少設定が考えられている。そこで、現在使用している基礎生産量を基本として、10倍、100倍と1/10倍の基礎生産量に対する濃度変化を比較することで、生物ポンプ項の感度をみた。図-1、2、3は生基礎生産量の各倍率における CO_2 鉛直分布及び実測値³⁾の鉛直分布を示す。これらの図から、基礎生産が0.1倍、現在(1倍)、10倍までは大きな変化は見られないが、基礎生産を100倍にした場合に観測値に近くなる傾向が見られる。一方で、図-2、図-3を見ると表層付近の効果には大きな違いが見られる。このことは、現在の基礎生産量を一律に増加させれば良いわけではなく、基礎生産の地域差も考慮する必要性を示している。つまり、詳細な基礎生産のデータを与える必要がある。

4. まとめ

研究は、基礎生産量のオーダーを変更することで、生物ポンプ項に対する感度解析を行った。その結果、生物ポンプに及ぼす影響が大きく、基礎生産量の多地点における観測データの必要性が確認された。今後は電中研⁴⁾やVGPM⁵⁾による基礎生産量の算定を生物ポンプモデルに考慮することを検討する。

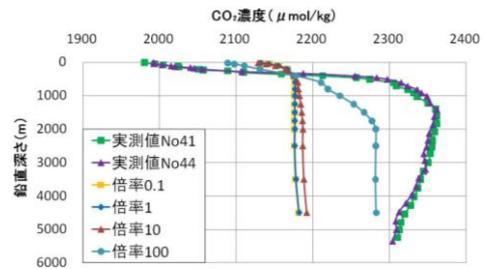


図-1 CO_2 鉛直濃度分布(10年後)(N:15.W:135)

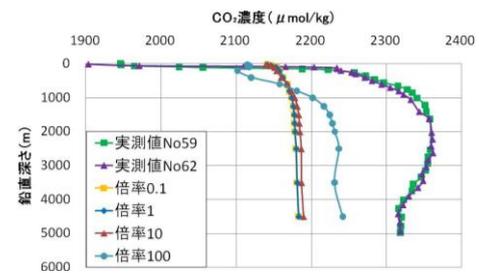


図-2 CO_2 鉛直濃度分布(10年後)(N:21.W:135)

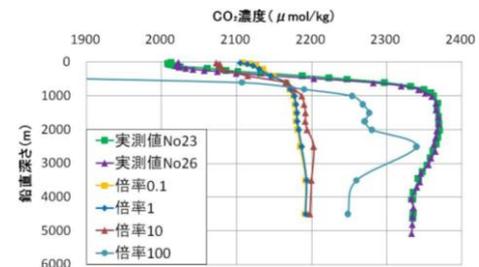


図-3 CO_2 鉛直濃度分布(10年後)(N:27.W:135)

参考文献

- 1) 渡辺道人ほか: CO_2 海洋隔離における拡散解析手法に関する研究—海洋中炭素循環パラメータによるモデル精度の検討—, 第65回年次学術講演会講演概要集, II-295
- 2) 中村倫明ほか: 数値モデルを用いた日本近海における CO_2 海洋隔離による CO_2 濃度影響評価, 海洋調査技術学会誌, Vol.42, pp.1-13, 2009
- 3) CARBON DIOXIDE INFORMATION ANALYSIS CENTER, URL- <http://gcmd.nasa.gov/>
- 4) 西岡純ほか: 東部北太平洋亜寒帯域における生物学的炭素移送量評価のための海洋プランクトン生態系モデルの構築, 電力中央研究所報告 U00010
- 5) Behrenfeld, M. J., E. Marañón, D. A. Siegel and S. B. Hooker (2002): Photoacclimation and nutrient-based model of light-saturated photosynthesis for quantifying oceanic primary production. Mar. Ecol. Prog. Ser., 228, 103-117.