

## CO<sub>2</sub> 海洋隔離における有効投入地点の検討

日本大学生産工学部 学生会員 ○入江 寛  
 日本大学大学院 学生会員 中村倫明  
 日本大学生産工学部 正会員 落合 実  
 日本大学大学院 正会員 和田 明

### 1. はじめに

大気中の CO<sub>2</sub> 削減に直接的な方法ではないが海洋に長期隔離することによって大気中の CO<sub>2</sub> 濃度を抑制する方法が海洋隔離である。

本研究では、数値シミュレーションを用い日本近海の中層域に CO<sub>2</sub> を投入した場合の CO<sub>2</sub> の濃度特性を把握することを目的とする。

### 2. 数値解析モデル

#### 2.1 流動モデル概要

本研究で使用した流動モデルは、長谷川<sup>1)2)3)</sup>らが再現してきたモデルのメッシュサイズを細分化する。海洋の流速成分は Primitive な方程式形を使用している。計算対象範囲(太平洋全域; 110E ~ 70W、60N ~ 74S、C grid) 全てを細分化させると計算負荷が大きいため、投入海域近傍の解像度の細分化を行った。細分化の方法として、元の 2 度メッシュに 0.2 度メッシュを導入するネスティング手法を用いる。また鉛直方向では 16 層で可変メッシュとする。

#### 2.2 CO<sub>2</sub> の挙動予測モデル

次に CO<sub>2</sub> 濃度拡散の概要を示す。流動モデルと同様に CO<sub>2</sub> 放出点近傍の格子を細分化させたモデルを構築した。モデルでは海洋表面の境界条件として、大気・海洋の CO<sub>2</sub> 分圧差から交換量を算出し Tans<sup>4)</sup> のガス交換係数を乗じることにより大気・海洋間の CO<sub>2</sub> 収支を考慮した。また Brger<sup>5)</sup> の基礎生産量から生物活動による炭素の鉛直移送(生物ポンプ)を投入した数値モデルを構築した。以下に解析に使用した計算式を示す。

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

ここで、C : 全炭酸濃度 (μmol/kg) λ : 時間 (s) K<sub>H</sub> : 水平方向拡散係数 (1×10<sup>3</sup> m<sup>2</sup>/s) K<sub>r</sub> : 鉛直方向拡散係数 (1×10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>/s) F<sub>ocean-air</sub> : 大気海洋間の CO<sub>2</sub> 収支 (μmol/kg) F<sub>ini</sub> : CO<sub>2</sub> 投入量 (μmol/kg・yr) F<sub>bio</sub> : 生物ポンプ (μmol/kg・yr) λ: 球面座標の緯度、φ: 球面座標の経度である。

#### 2.2 生物ポンプ

海洋表面では大気から溶け込んだ CO<sub>2</sub> が光合成により有機炭素を生産している。これを基礎生産と呼び、この生成された有機炭素は基礎生産の行われる有光層から中・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。これらの過程を生物ポンプと称している。

中村ら<sup>6)</sup>による手法と同様で、基礎生産に対する新生産の割合を用いて算出し、この新生産量を生物ポンプによる炭素の鉛直輸送量として、有光層において輸送量相当分を海洋中の炭素量から削減し、中層において沈降量(輸送量)を海洋中の炭素量に加算する手法を用いる。

### 3. 使用したデータ

使用した水温・塩分データは JODC 所蔵の 1906 ~ 1988 年にわたる約 80 年間のデータを用いる。風速のデータは、NASA の Goddard Space Flight Center(GSFC)から提供された太平洋全域の 1988 年 ~ 1998 年までの 6 時間毎のデータを使用した。全炭酸濃度、全アルカリ度は Chen<sup>7)</sup>らの式を用いる。

また、基礎生産量のデータは Breger<sup>3)</sup>に基礎生産量分布図の対象海域の値を抜粋し使用した。

### 4. CO<sub>2</sub> 濃度の予測結果

計算では図-1 に示す海洋域を対象に、海洋中の既存 CO<sub>2</sub> 量を見捨て、0.052 Gt/yr の CO<sub>2</sub> を 10 層(1250 ~ 1500m)に 10 年間連続投入した場合

キーワード 海洋隔離, 数値計算, 生物ポンプ, 海洋循環, CO<sub>2</sub>

連絡先 〒275-8587 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学生産工学部 TEL : 047-474-2452

E-mail : a53037@cit.nihon-u.ac.jp

を仮定する。図-2 に投入地点の位置と海流ベクトルを、表-1 に投入地点の座標を示す。各地点に投入した場合の計算から最大  $\text{CO}_2$  濃度を求めた結果を表-2 に示す。地点が最も低い濃度となり、他の地点よりより有効な希釈効果が得られた。この場合の濃度分布を図-3 に示す。

### 5.まとめ

本研究では水平方向解像度  $0.2^\circ \times 0.2^\circ$  メッシュ系内におき、投入地点による濃度の違いを比較し、濃度が低くなる投入地点と  $\text{CO}_2$  の広がる面積が小さい投入地点が判別できた。

今後は生物ポンプモデルの改良と生物影響評価が必要であると考えられる。

### 参考文献

- 1) 長谷川一幸,和田明,西村玲輔,高野憲治:太平洋全域での二酸化炭素中層放流の検討,水工学論文集,Vol.47,pp.1297-1302,2003
- 2) 長谷川一幸,和田明,西村玲輔,高野憲治:NSCAT・SSM/I 衛星観測データを用いた太平洋 3 次元流動場による二酸化炭素の海洋隔離の可能性に関する研究,水工学論文集,vol,pp.1063-1068
- 3) K.Hasegawa,A.Wada,R.Nishimura,K.takano:Calculations of the concentration of radionuclides (Cs-137,Sr-90,Pu-239/240)in The Pacific Ocean,Journal of Hydrosience and Hydraulic Engineering,Vol,20,No2,pp.277-237, 2002
- 4) Tans, P.P., I.Y. Fung and T.Takahashi: Observational constraints on the global Atmospheric  $\text{CO}_2$  budget, Science, No.247, pp.1431-1438, (1990).
- 5) Berger. W.H.:Ocean Productivity and Paleoproductivity-An Overview Productivity of the Ocean,pp.429-455,(1989).
- 6) 中村倫明,和田明,長谷川一幸,落合実:日本近海での  $\text{CO}_2$  海洋隔離における濃度予測及び生物影響,水工学論文集,Vol51,pp1475-1480 80,(2007).

表-1 投入地点の座標

|                |                |
|----------------|----------------|
| (129.5E,22.5N) | (130.5E,20.5N) |
| (126.5E,16.5N) | (133.5E,19.5N) |
| (135.5E,16.1N) | (137.9E,24.5N) |

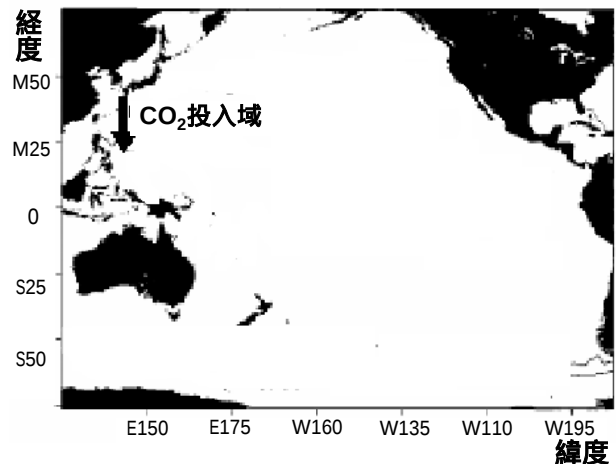


図-1 計算対象海域と  $\text{CO}_2$  投入域

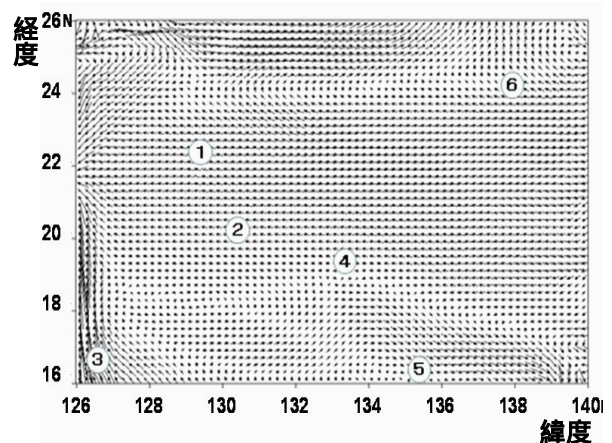


図-2 10 層海流のベクトル図及び投入地点

表-2  $\text{CO}_2$  濃度最大値( $\mu\text{kg/mol}$ )

|        |         |        |
|--------|---------|--------|
| 720.28 | 815.69  | 232.65 |
| 993.95 | 1462.39 | 954.42 |

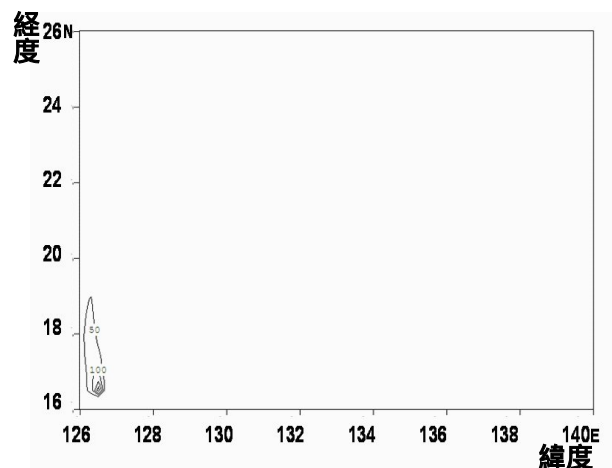


図-3  $\text{CO}_2$  濃度上昇分布(投入地点)