

# 大気・海洋間の CO<sub>2</sub> 収支を考慮した CO<sub>2</sub> 海洋隔離の研究

日大生産工(院) ○島根 彰男 日大総研大学院 和田 明  
(財)海生研 長谷川 一幸 日大生産工 遠藤 茂勝

## 1. はじめに

COP3 で、日本は二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を含む温室効果ガスを 1990 年の排出量に対し 2008～2012 年の期間で 6 パーセント削減することが義務付けられた。しかし、2003 年度の CO<sub>2</sub> 排出量は 1990 年度に比べ 12.2 パーセントの増加であり、温室効果ガスのうち CO<sub>2</sub> に関しては削減するどころか増加しているのが現状である。そして、現在のところ有力な CO<sub>2</sub> の処理方法が確立されたわけではない。

本研究では海洋の持つ CO<sub>2</sub> 吸収能力に着目し、発電所などから回収した CO<sub>2</sub> を海洋に隔離する比較的实现可能な処理方法の検討を行うこととする。

そこで、本研究では太平洋において、大気・海洋間の CO<sub>2</sub> 収支を考慮した海洋循環モデルを構築し、CO<sub>2</sub> を海洋に投入した際の CO<sub>2</sub> 濃度の影響予測を数値シミュレーションによって検討し、海洋隔離の可能性を検討した。

## 2. CO<sub>2</sub> 海洋隔離による濃度影響予測の検討

### (1) 海洋大循環モデルによる流れ場の算定

海洋に隔離された CO<sub>2</sub> は移流・拡散して海域全体に広がっていくため、対象とする海域の正確な流動場の把握が必要となる。

そこで本研究では、Wada and Nagoya<sup>1)</sup> が作成した海洋大循環モデルを使用して太平洋の流れ場をシミュレーション解析した。モデルの計算海域は太平洋全域とし、水平方向の計算メッシュは経緯度 2×2 度(110E～70W, 60N～74S, C grid)である。鉛直方向の計算メッシュは、第 1 層: 10m、第 2 層: 35m、第 3 層: 75m、第 4 層: 150m、第 5 層: 130m、第 6 層: 600m、第 7 層: 1150m、第 8 層: 2000m、第 9 層: 3000m、第 10 層: 4000m、第 11 層: 5000m、の 11 層に分割した。また、基礎方

式の座標系は水平方向に球面座標を用いた。また、ポテンシャル水温の保存式、塩分の保存式には、Sarmiento and Bryan<sup>2)</sup> にならい、計算値と観測値を同化させる項を導入するモデル<sup>3)</sup>を採用している。

### (2) 大気・海洋間の CO<sub>2</sub> 収支の算定

単位面積あたりに大気から海洋表面を通して海洋に交換される CO<sub>2</sub> の量は、大気と海洋の CO<sub>2</sub> 分圧によって変化する。すなわち大気分圧が高ければ大気から海洋に CO<sub>2</sub> は吸収され、海洋分圧が高ければ海洋から大気へ CO<sub>2</sub> が放出される。以下に大気・海洋間の CO<sub>2</sub> 収支の算定式を示す。

$$F = E \cdot (pCO_{2-OCEAN} - pCO_{2-AIR}) \quad (1)$$

ここで、F: CO<sub>2</sub> 収支量(mol/m<sup>2</sup>・yr)、E: ガス交換係数(mol/m<sup>2</sup>・yr・μ atm)、pCO<sub>2-OCEAN</sub>: 海洋の CO<sub>2</sub> 分圧(μ atm)、pCO<sub>2-AIR</sub>: 大気 CO<sub>2</sub> 分圧(μ atm)である。

ガス交換係数は風速に依存する係数である。この係数は報告者により様々な係数が提案されており、現在のところどの係数が最も現実に近いかが明らかにされていない。本研究では長期的な風速のデータを用いることから、長期平均風速データに対する係数を報告した Tans ら<sup>4)</sup>の係数値を用いて計算を行った。この係数は風速が 3m/s 以上でないと、大気・海洋間で CO<sub>2</sub> 収支が起きないという特徴がある。

海水の CO<sub>2</sub> の分圧は場所による変動が大きいため、水温、塩分、全炭酸濃度、全アルカリ度の 4 つのパラメータより算出した。

大気中の CO<sub>2</sub> 分圧は、化石燃料の燃焼の影響を直接受ける陸地の近くを除けば、その変化量は海洋の変化量に比べ小さいため、全海面上で同値とした。また、計算には大気 CO<sub>2</sub> 濃度の平均増加率(1.8ppm/yr)を考慮した。

---

A PREDICTION MODEL OF CONCENTRATION IN THE OCEAN RESULTING FROM AN OCEANIC SEQUESTRATION OF CARBON DIOXIDE

Akio SHIMANE, Akira WADA, Kazuyuki HASEGAWA and Shigekatsu ENDO

### (3) 使用したデータ

使用した水温・塩分データは、日本海洋データセンター (Japan Oceanographic Data Center: JODC) 所蔵の 1906 年～1988 年にわたる約 80 年間の東経 100 度～西経 60 度区間に存在する BT 類 (XBT, MBT, DBT, AXBT: ステーション数 924392 点)、SD 類 (各層観測, STD, CTD: ステーション数 298346 点) を整理し、全炭酸濃度は CDIAC (Carbon Dioxide Information Analysis Center) のデータ (NDP-76) を経度・緯度方向 2 度に補間して使用した。

風速のデータは、SSM/I 衛星風速観測値を使用した。SSM/I 海上風データは NASA の Goddard Space Flight Center (GSFC) から提供されたもので、本計算の対象としている太平洋全域の 1988 年～1998 年までの 6 時間毎のデータである。また、SSM/I の分解能は経度方向 2.5 度×緯度方向 2.0 度であったものを経度・緯度方向 2.0 度に補間して使用した。

### (4) CO<sub>2</sub> 濃度影響予測の計算モデル

本研究では、大気・海洋間の CO<sub>2</sub> 収支を考慮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。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \overline{u \nabla C} = K_H \overline{\nabla^2 C} + K_V \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - F_{OCEAN-AIR}(\lambda, \phi) + F_{inj}(\lambda, \phi, z) \quad (2)$$

ここで、C: 全炭酸濃度 ( $\mu\text{mol/kg}$ )、t: 時間 (s)、 $K_H$ : 水平方向拡散係数 ( $1.0 \times 10^6 \text{cm}^2/\text{s}$ )、 $K_V$ : 鉛直方向拡散係数 ( $1.0 \times 10 \text{cm}^2/\text{s}$ )、 $F_{OCEAN-AIR}$ : 大気・海洋間の CO<sub>2</sub> 収支、 $F_{inj}$ : CO<sub>2</sub> の年間投入濃度  $1.32 \times 10^2 (\mu\text{mol/kg} \cdot \text{yr})$  である。この年間投入濃度は COP3 で定められた削減目標量に対する超過量である。

CO<sub>2</sub> 投入海域は日本の排他的経済水域内である東経 132 度・北緯 22 度とし、同地点の第 7 層において 50 年間連続投入をし続けた。

### (5) CO<sub>2</sub> 濃度影響予測の結果

日本の南方 (東経 132 度・北緯 22 度) において CO<sub>2</sub> を第 7 層に 50 年間連続投入したケースと、CO<sub>2</sub> を投入しなかったケースを計算し、両ケースの差を図-1 および図-2 に示す。

図-1 は表層における CO<sub>2</sub> 濃度増加量の分布である。表層に達した CO<sub>2</sub> は亜熱帯海域の循環系の中で広がっていくのがわかる。

図-2 は第 7 層における CO<sub>2</sub> 濃度増加量の分布である。投入地点付近の海域に濃度が集中しているが、表層の結果と同様に循環系の中

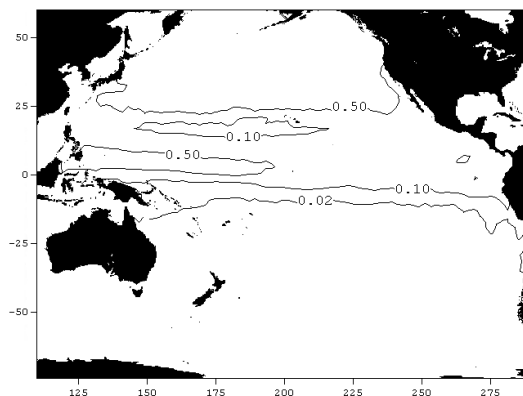


図-1 50 年後の CO<sub>2</sub> 濃度増加量第 1 層 ( $\mu\text{mol/kg}$ )

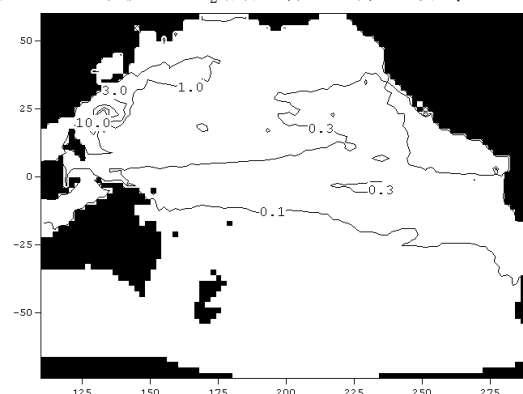


図-2 50 年後の CO<sub>2</sub> 濃度増加量第 7 層 ( $\mu\text{mol/kg}$ )

で広く拡散しているのがわかる。

### 3. おわりに

本研究では、大気・海洋間の CO<sub>2</sub> 収支を考慮した数値モデルを構築し、CO<sub>2</sub> を海洋に投入した際の CO<sub>2</sub> 濃度の影響予測について行った。その結果、投入した CO<sub>2</sub> は投入海域の循環系の中で広く拡散していくことがわかった。

### 参考文献

- 1) Wada, A. and Nagoya, S : Pacific ocean flow simulation using the data assimilation system, Flow Modeling and Turbulence Measurements IV, pp.631-637, 1996.
- 2) Sarmiento, J. L., and Bryan, K. : An ocean transport model for the North Atlantic, J. Geophys. Res., No.87, pp.394-408, 1982.
- 3) 長谷川一幸, 和田明, 西村玲輔, 高野憲治 : 北太平洋亜寒帯海域での CO<sub>2</sub> 海洋隔離による CO<sub>2</sub> 濃度変化予測, 海洋調査技術学会誌, No. 5, pp. 346-349, 1997.
- 4) Tans, P.P., I. Y. Fung and T. Takahashi : Observational constraints on the global atmospheric CO<sub>2</sub> budget, Science, Vol.247, pp.1431-1438, 1990.