

二酸化炭素の海洋隔離に係わる濃度解析手法の高度化

日本大学大学院 学生会員 ○島根 彰男
日本大学生産工学部 正会員 和田 明

1. はじめに

地球温暖化防止京都会議(COP3)では、温暖化に寄与するとされている二酸化炭素(CO₂)を含めた温室効果ガスを基準年(1990年)に対して2010年までに6パーセント削減することを日本は義務付けられている。しかし、地球温暖化ガスの代表とされているCO₂は、増加の一途を辿っており具体的な対策が遅れているのが現状である。そこで、発電所などから排出されるCO₂を回収し、液化したCO₂を中深層に放出することで隔離するCO₂海洋隔離技術が現在CO₂の処分方法として注目されている。

本研究では、大気と海洋間のやりとりの影響を考慮した数値モデルを構築し、CO₂を海洋に投入した場合どのような挙動を示すのかを検討した。

2. 大気・海洋間のCO₂交換量

大気・海洋間のCO₂のやりとりについては、大気側のCO₂分圧(pCO_{2air})と海洋側のCO₂分圧(pCO_{2ocean})の差、(ΔpCO₂)から算出することができる。

海洋側のCO₂分圧(pCO_{2ocean})を次式で表す¹⁾。

$$pCO_{2ocean} = \frac{\sum CO_2}{\alpha_s} \frac{2 - \frac{Ac}{\sum CO_2}}{2 + \frac{K_1}{[H^+]}} \dots (式-1)$$

ここで、pCO_{2ocean}：海洋側のCO₂分圧(atm)、ΣCO₂：全炭酸濃度(μmol/kg)、α_s：溶解度(μmol/kg・atm)、Ac：アルカリ度(eq/kg)、K₁：CO₂の見かけの解離定数(μmol/kg・atm)、H⁺：水素イオン濃度(mol/l)である。

大気・海洋間のCO₂分圧差(ΔpCO₂)を次式で表す。

$$\Delta pCO_2 = pCO_{2ocean} - pCO_{2air} \dots (式-2)$$

ここで、ΔpCO₂：大気・海洋間のCO₂分圧差(μatm)、pCO_{2air}：大気側のCO₂分圧差(360μatm)である。

pCO_{2ocean} > pCO_{2air} であれば放出域、pCO_{2ocean} < pCO_{2air} であれば吸収域となる。

大気・海洋間のCO₂交換量を次式で表す²⁾。

$$E = K(pCO_{2ocean} - pCO_{2air}) \dots (式-3)$$

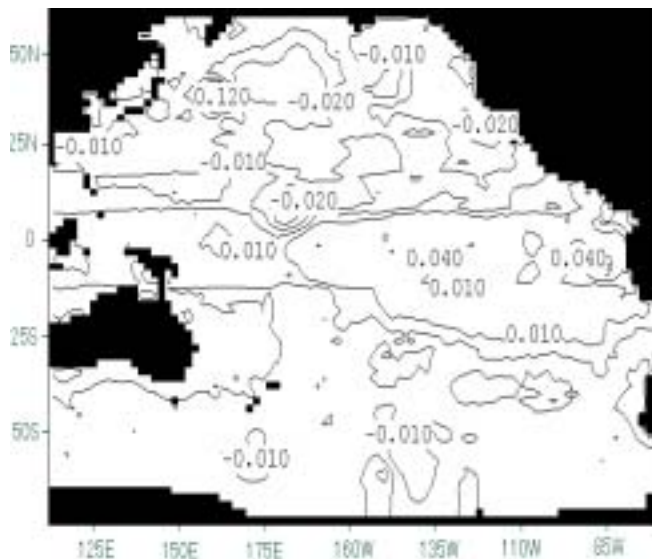


Fig.1 太平洋におけるCO₂の交換量 (Gt/year)

ここで、E：CO₂交換量(mol)、K：ガス交換係数(0.065mol/m²・yr・μatm)である。

式-3を用いて太平洋におけるCO₂交換量を算出した結果、Fig.1の結果が得られた。Fig.1を見ると南半球、亜寒帯域(北緯40度・西経170度付近)にCO₂吸収域があり、日本近海では、日本列島南方が年間0.01Gt/yrのCO₂を吸収していることがわかった。また、放出域については、ペルー沖からの北赤道海流に沿って広く分布していて、日本の東方(北緯40度・東経170度付近)に大きな放出域があることがわかった。

太平洋全体での吸収量については、年間1.1Gt/yr吸収しているという結果が得られた。IPCCの報告書によると全海洋におけるCO₂交換量は、2.0±0.8Gt/yrとなっており、全海洋に対して太平洋は50%を占めていることから、太平洋では約1.0±0.4Gt/yrと考えられるので、今回の結果は妥当なものと考えられる。

3. 全炭酸濃度

現在の海洋中のCO₂分布は、船舶などによって観測され、次第に明らかになってきている。本研究では、CDIAC(Carbon Dioxide Information Analysis Center)から無償で入手できるCO₂濃度データ(NDP-76)を使用

キーワード 海洋隔離・二酸化炭素

連絡先 〒275-8575 千葉県習志野市泉町1-2-1 日本大学大学院生産工学研究科 TEL 047-474-2420

した。Fig.2 に全炭酸濃度分布図を示す

4. CO₂濃度解析手法

投入点は、日本近海で吸収域が特定できたため、東経 132～136 度、北緯 22～26 度の範囲で 2 度おきに(計 9 点)1 年毎に投入点を変えて CO₂ を投入することとする。また、同海域で同一点(東経 134 度・北緯 24 度)に連続投入した場合との比較も行う。

CO₂ の投入濃度については、COP3 で採択された京都議定書を達成することができる 0.046Gt/yr とした。

投入層については、第 7 層(深度 1150m、層厚さ 800～1500m)とした³⁾。

濃度計算式を次式で表す。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \vec{u} \cdot \vec{\nabla} C = K_H \nabla^2 C + K_V \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \dots (\text{式-4})$$

$$-F_{air-sea}(\lambda, \phi) + F_{inj}(\lambda, \phi, z)$$

ここで、左辺第一項は濃度の時間変化項であり、左辺第二項は移流項、右辺第一・二項は拡散項、右辺第三項は海表面での大気と海洋間の交換量、右辺第四項は CO₂ の投入量である。λ：経度、φ：緯度、C：CO₂ の濃度変化(μmol/kg)、z：深さ、K_H：水平方向拡散係数 = 1.0 × 10²(m²/s)、K_V：鉛直方向拡散係数 = 1.0 × 10⁻³(m²/s)、である。また移流項で使用する流速場は、データ同化手法を用いて算出した流速場を使用した。

5. 解析結果

CO₂ 濃度解析結果の鉛直濃度分布図を Fig.3 に示す。Fig.3 は、東経 134 度・北緯 24 度に 50 年連続投入したもの(Case.1)と、同点を含む周囲の 9 点を移動しながら 1 年ごとに投入した場合の平均値(Case.2)との比較である。Case.1 において投入層(第 7 層)の濃度値は 2380 μmol/kg、同層において Case.2 では 2348 μmol/kg となり、今回の投入方法では投入層において 32 μmol/kg の希釈効果があることがわかった。

6. まとめ

本研究では、CO₂ 分圧の算出、分圧差から大気・海洋間の CO₂ 交換量の算出、吸収・放出域の特定、これらを考慮した CO₂ 濃度解析を実施した。また、CO₂ を 1 地点に連続投入するよりも、投入地点を変えつつ投入した方が、CO₂ 投入層付近において希釈効果が高いことがわかった。

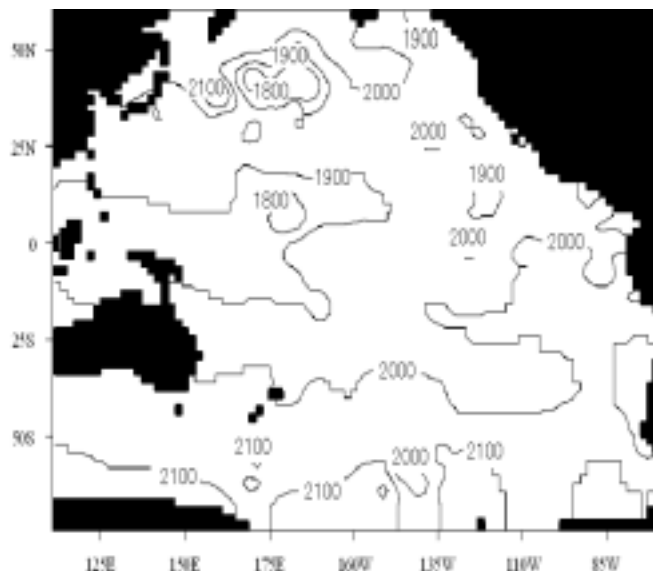


Fig.2 太平洋における表層の全炭酸濃度分布
(μmol/kg)

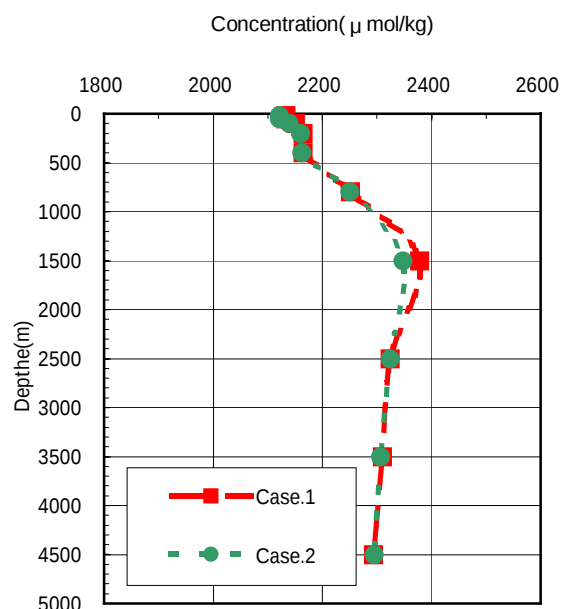


Fig.3 1 点連続投入と 9 点投入平均値の CO₂ 鉛直濃度分布図

7. 参考文献

- 1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構、委託先 株式会社 関西総合環境センター：平成 7 年度 海洋の二酸化炭素吸収固定能力の調査、平成 7 年度調査報告書 NEDO-GET-9508、1996。
- 2) 石田明生、中田喜三朗、青木繁明：北太平洋における人間活動起源 CO₂ の挙動に関する数値実験、資源と環境、Vol.4、No.1、pp.53-60、1995
- 3) 長谷川一幸、和田明、高野憲治、西村玲輔：データ同化手法による太平洋 3 次元流動場モデルの構築と二酸化炭素海洋隔離の可能性の検証、土木学会論文集、No.719、pp67-79、2002