

太平洋における大気・海洋間の二酸化炭素交換量の検討

日本大学大学院 学生会員 ○島根 彰男
日本大学大学院 正会員 和田 明
(財)海洋生物環境研究所 正会員 長谷川 一幸

1. はじめに

産業革命以後、人類は石油、石炭、天然ガス等の化石燃料を消費し続けてきた。そのため大気中の二酸化炭素(CO₂)濃度が次第に増加し、地球が温暖化するのではないかと指摘されてきた。人為的に放出された CO₂ は、地球上の生物や海洋がその約半分を吸収し、大気中の CO₂ 濃度増加を引き止める役割を果たすと考えられている。IPCC の報告書によると、全海洋の CO₂ 吸収量は年間、2.0 ± 0.8 GtC/yr (炭素換算) とされている。

本研究では海洋、特に太平洋に着目し、太平洋がどの程度 CO₂ の吸収に寄与しているかを検討する。そして、どの海域でどの程度の CO₂ の交換が行なわれているのかを推定することを目的とする。

2. 大気・海洋間のCO₂交換量

(1) CO₂交換量の算定

大気・海洋間の CO₂ の移動は、大気と海洋の CO₂ 分圧の高い相から低い相へと生じ、そこに風が存在することによって大気・海洋間で CO₂ の交換が起きる。以下に大気・海洋間の CO₂ 交換量の式を示す。

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

ここで、F : CO₂ 交換量 (mol/m²・yr)、E : ガス交換係数 (mol/m²・yr・μatm)、pCO_{2-OCEAN} : 海洋の CO₂ 分圧 (μatm)、pCO_{2-AIR} : 大気中の CO₂ 分圧 (μatm) である。CO₂ 交換量の値は、プラスであれば海洋から大気へ CO₂ を放出し、マイナスであれば大気から海洋へ CO₂ を吸収していることを意味する。

ガス交換係数は風速の関数であり、報告者により様々な係数が提案されている¹⁾。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。そこで本研

究では以下に示す Tans ら²⁾と石田ら³⁾が提案した係数を使用した。

Tans ら²⁾は長期的な平均風速データを用いる場合に以下の係数を提案している。

$$E = 0.016(U - 3) \quad (2a)$$

$$E = 0.0 \quad (2b)$$

ここで、U : 風速 (m/s) である。風速が 3m/s 以上であれば式(2a)を用いて、風速が 3m/s 未満であれば式(2b)を用いる。

一方、石田ら³⁾はより簡単な係数を提案している。これは、ガス交換係数の大きさは風速に依存しないとしたものである。以下に式を示す。

$$E = 0.065 \quad (3)$$

海洋の CO₂ 分圧は、海水と平衡状態にある気相を仮想導入し、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 CO₂ 分圧は、場所による変動が小さいと見なせるため、一定値と仮定した。

(2) 使用した風速のデータ

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) を緯度・経度方向 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

キーワード 太平洋、二酸化炭素、二酸化炭素分圧

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 TEL047-474-2420

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、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。

(3) CO₂交換量の計算結果

CO₂ 交換量を求める際に式(1)を用いて、風速による影響を考慮したケース 1(式(2)を使用)と、風速による影響を無視したケース 2(式(3)を使用)の 2 ケースで大気・海洋間の CO₂ 交換量を算出し、その交換量の合計を求めたのが表-1 である。大気中の CO₂ 分圧は、およそ 1900 年代以降と等しい、300～380 μatm までの範囲を考慮した。

表-1 より本計算結果では、ケース 2 の方が CO₂ 交換量の合計が大きくなった。また、大気中の CO₂ 分圧の値が小さければ、CO₂ は海洋から大気へ放出するが、大気中の CO₂ 分圧の値が大きくなるにつれて大気から海洋に CO₂ を吸収する傾向にあることが分かる。

大気中の CO₂ 分圧の平均増加率は、1970 年以降 1.3 μatm/yr であったが、最近では 1.8 μatm/yr と増加率も大きくなっている⁴⁾。大気中の CO₂ 分圧が約 10 μatm 増加すると、海洋に取り込まれる CO₂ の量は本計算結果から、ケース 1 では 0.4GtC/yr 程度増加し、ケース 2 では 1.46GtC/yr 程度増加することが明らかになった。

以上のことから、大気中の CO₂ 分圧の大きさやガス交換係数によって大気・海洋間の CO₂ 交換量は変動することが確かめられた。

図-1 に大気中の CO₂ 分圧を 360 μatm(現在の大気中の CO₂ 分圧)と設定し、ケース 1 を用いた場合の太平洋における CO₂ 交換量を示す。図-1 から、CO₂ の吸収域は北太平洋亜寒帯海域、北赤道海流海域、北赤道逆流海域、南極環流海域に沿って分布していて、放出域はペルー沖から南赤道海流海域、南赤道逆流海域に沿って分布しているのが分かる。以上のことから、CO₂ の吸収域、放出域と海流には関連性があることが明らかになった。

3. おわりに

本研究では、太平洋における大気・海洋間の CO₂ 交換量を大気と海洋の CO₂ 分圧差と風速から算出した。太平洋の CO₂ 吸収域を見ると北太平洋亜寒帯海域、北赤道海流海域、北赤道逆流海域、南極環流海域に沿って分布していることから、海流と CO₂ の吸収域には関連性があることが示唆された。

表-1 CO₂ 交換量 (GtC/yr)

大気中の CO ₂ 分圧	ガス交換係数	
	ケース 1	ケース 2
300	0.63	0.09
310	0.16	-1.37
320	-0.30	-2.84
330	-0.76	-4.30
340	-1.22	-5.76
350	-1.68	-7.22
360	-2.14	-8.68
370	-2.60	-10.14
380	-3.06	-11.60

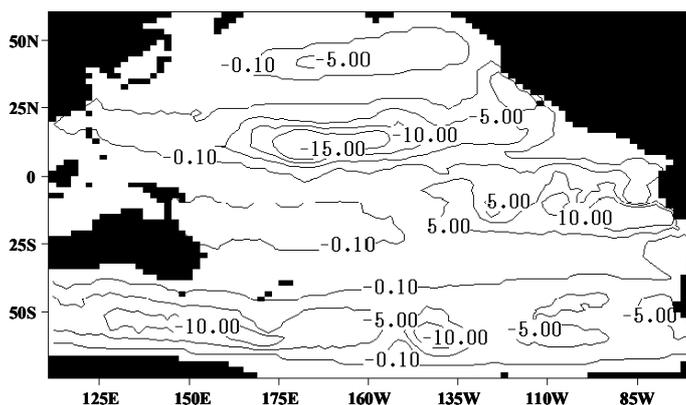


図-1 CO₂ 交換量 (×10⁻³Gt/yr)

太平洋の CO₂ 交換量の合計を見るとケース 1、ケース 2 の両ケースとも大気中の CO₂ 分圧が増加すると CO₂ の吸収量が大きくなる傾向が見られ、大気中の CO₂ 分圧と海洋の CO₂ の吸収量には関連性があることが示唆された。

また、表-1、図-1 から太平洋は CO₂ の吸収に大きく貢献していることが明らかになった。

今後は大気・海洋間の CO₂ 交換量の算出精度を高めるために場所ごとの大気中の CO₂ 分圧を求めて、これを考慮して CO₂ 交換量を算出していきたい。

参考文献

- 1) 井上久幸: 海洋における二酸化炭素, 月刊海洋, 号外 No. 8, pp. 66-71, 1995.
- 2) Tans, P. P., I. Y. Fung and T. Takahashi: Observational constraints on the global atmospheric CO₂ budget, Science, Vol. 247, pp. 1431-1438, 1990.
- 3) 石田明生, 中田喜三郎, 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.
- 4) 加藤義久: 地球の水圏-海洋と陸水, 東海大学出版会, 新版地学教育講座, 第 10 巻, pp. 95, 1995.