

大阪市立大学工学部 学生員 ○宮田 侑真

大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 相馬 明郎

1.はじめに

産業革命以降、化石燃料利用などの人間活動により、気候変動の主要因とされる大気 CO_2 濃度が上昇している。海洋は大気 CO_2 を吸収することで炭素を貯留し、堆積物として固定した炭素を埋没によって隔離する機能をもつことが知られており、2009年に発表された国連環境計画 (UNEP) 報告書は、海洋によって貯留・隔離された炭素を「ブルーカーボン」と称した。同報告書では、湿地・海藻場・マングローブなど、高い一次生産を伴う沿岸海域では、炭素の貯留・隔離機能が極めて高く、全 CO_2 排出量 $7200 \pm 300 \text{ Tg-C yr}^{-1}$ に対し、 $2200 \pm 400 \text{ Tg-C yr}^{-1}$ (約 31%) を吸収しているとした。こうした事実は、陸域から多くの栄養塩が流入し、高い一次生産性を伴う都市沿岸海域は、炭素の貯留・隔離機能を持ち、気候変動の緩和に大きく影響する可能性を示唆する。しかしながら、都市沿岸海域における炭素貯留・隔離機能についての研究は、近年始まったばかりであり、また、既往の知見では、 CO_2 吸収源とするもの、放出源とするもの共に存在し、吸収・放出を決める要因も明らかにされていない。

本研究では、都市沿岸海域の代表として東京湾を取り上げ、一次生産プロセスを組み込んだ数理生態系モデルを適用し、炭素循環の状況を解析することで、東京湾での炭素貯留・留機能を評価する。また、一次生産速度を変化させ一次生産と炭素貯留・隔離機能の関係性を解析した。

2.モデルの概要

東京湾に適用した生態系モデルは、内湾複合生態系モデル (Sohma ら) に炭酸科学理論を加えたモデルである。本モデルの特徴は以下の通りである。

- 1) 大気―海面境界における CO_2 吸収フラックスに大きな影響を与える炭酸化学理論 (DIC, pCO_2 , Alkalinity, pH) を組み込む。(図1の①矢印)
- 2) 生物過程に伴う炭素の貯留機能である植物プランクトン、動物プランクトン、底生動物 (懸濁物食者、堆積物食者) の生物代謝や食物連鎖を解析する。(図1の②矢印)

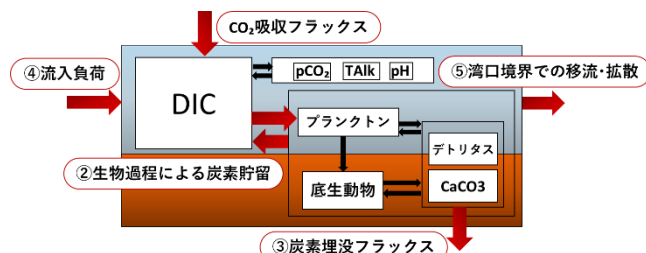


図1 モデルの概略図

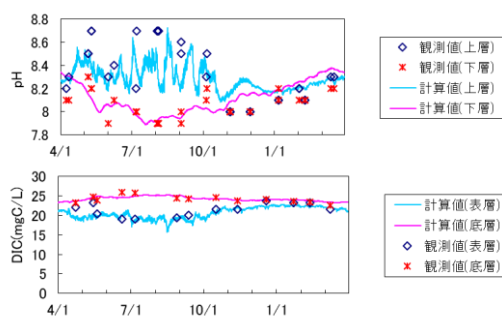


図2 モデルによる計算値と観測値との比較

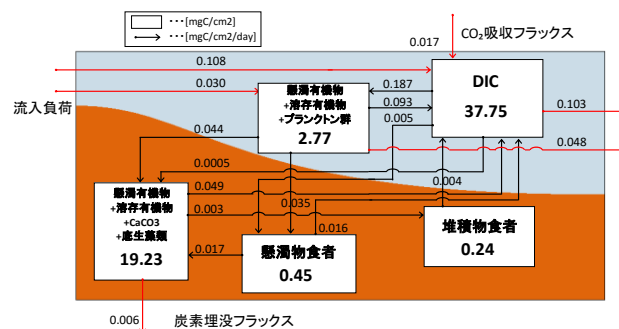


図3 東京湾における年間平均の炭素循環図

- 3) 堆積物への炭素埋没フラックスを解明するため、浮遊系―底生系をカップリングし、かつ堆積物の続成過程を表現する。(図1の③矢印)
- 4) 陸域からの流入負荷を考慮する。(図1の④矢印)
- 5) 湾口境界での移流・拡散による DOC・DIC のフラックスを解明するため、流動場を考慮する。(図1の⑤矢印)

3.モデルの適用と検証

本研究では、東京湾の1998年から2002年までの観測データより、平年的な東京湾の季節変動を再現することを試みた。再現性の検証は、観測値のある全てのモデル変数において行った。図2に、湾央域でのDICとpHにおけ

るモデルによる計算値と観測値との比較を示す。DIC, pH 共に季節変動を概ね再現できている。

4.炭素循環像の把握

図 3 に東京湾における年間平均の炭素循環図を示す。DIC を減少させる要素は植物プランクトンの一次生産・底生藻類の一次生産・懸濁物食者の殻形成があるが、図 3 より、これらの値を比較すると、およそ 97%が植物プランクトンの一時生産であった。

5.炭素貯留・隔離機能の評価

表 1 に CO₂吸収フラックス・炭素埋没フラックスに関する本研究の結果(東京湾の現状)と既往の知見(マングローブ、塩性湿地、外洋)との比較を示す。

表 1 CO₂吸収フラックスと炭素埋没フラックスの比較

	CO ₂ 吸収フラックス	炭素埋没フラックス
東京湾	6.21	2.19
マングローブ	22.4	13.9
塩性湿地	25.9	15.1
外洋	0.584	1.80×10^{-3}

(Tokoro ら 2014 より作成) [mgC/cm²/yr]

表 1 より、東京湾はマングローブや塩性湿地と比較すると炭素貯留・隔離機能は小さいが、外洋と比較すると遥かに大きいことが示された。

6.炭素貯留・隔離機能の一次生産速度に対する依存性

東京湾の炭素循環の現状より、植物プランクトンの一次生産が沿岸海域の炭素貯留・隔離機能に重要な影響を与えている可能性が示された。そこで、一次生産が沿岸域の炭素循環にどのような影響を与えているかを解析するために一次生産速度に関して感度解析を行った。今回の解析では、植物プランクトンの一時生産速度に倍率 k を乗じることで一時生産の速度を変化させた。なお、 $0.0 \leq k \leq 1.5$ において 0.1 刻みの 16 ケースで解析を行った。図 4, 5 に一次生産速度を変化させたときの CO₂吸収フラックス・炭素埋没フラックスの変動をそれぞれ示す。

図 4, 5 より、一次生産が大きくなる程 CO₂吸収フラックス・炭素埋没フラックス共に増加することが示された。また、CO₂吸収フラックスに関しては、一次生産速度の変化に対する応答が季節によって異なることが示された。一次生産は温度の関数であるため、水温が低い冬季の応答が小さくなり、水温が高くなる夏季での応答が大きく

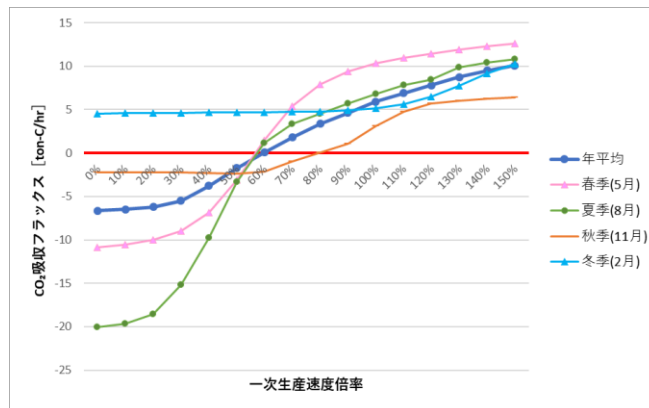


図 4 次生産速度と CO₂吸収フラックスの関係

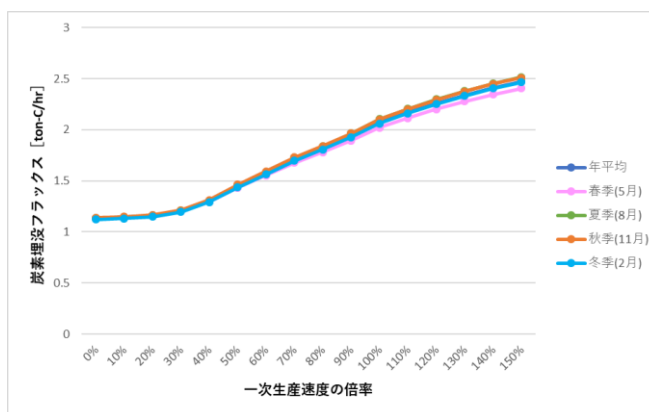


図 5 一時生産速度と炭素埋没フラックスの関係

なることは当然であるが、冬季において一次生産速度が 0 になった場合でも、CO₂が放出に転じていないことや、一次生産が大きくなった時の夏季の応答が年平均の応答とほぼ同じであることが明らかになった。一次生産速度が大きくなった時の夏季の応答が大きにならないのは、一次生産速度の増加に伴い有機物が大量に発生・無機化されることで大量に CO₂が発生したためと考えられる。

7.おわりに

本研究では、東京湾の炭素循環の現状と炭素貯留・隔離機能が定量的に示された。また、都市沿岸域においても、大気-海面間における CO₂吸収フラックスは一次生産に大きく依存し、一次生産が炭素貯留・隔離機能に重要な影響を与えることを示した。さらに、一次生産速度を変化させた場合、大気-海面間における CO₂吸収フラックスは、季節によって、応答性の違いがあることが示された。

<参考文献>

- 1) UNEP(2009):Blue Carbon : The Role of Healthy Oceans in Bonding Carbon
- 2) A.Sohma(2008):A benthic-pelagic coupled ecosystem model to estimate the hypoxic estuary including tidal flat Model description and validation of seasonal/daily dynamics. Ecological Modelling 215.
- 3) T.Tokoro(2014):Net uptake of atmospheric CO₂ by coastal submerged aquatic vegetation.Global Change Biology 20,p1822