

第Ⅱ部門

貧酸素化に伴う有機物無機化の変化が炭素吸収・貯留機能に与える影響

大阪市立大学工学部

学生員 ○石塚 航大

大阪市立大学大学院工学研究科

正会員

相馬 明郎

1. 背景と目的

世界的に「気候危機」への対策が急務とされている中、海洋は大気 CO_2 の重要な吸収源だと言われている¹⁾。Sohma et al.²⁾は、海洋が大気 CO_2 を吸収し、海底に貯蔵する一連の流れを気候変動緩和機能と定義し、この機能を(a)海洋が大気から CO_2 を吸収する炭素吸収、(b)生物が光合成等によって体内に炭素を固定する炭素固定、(c)永久堆積層に炭素が貯留される炭素貯留の3つに区分した(図-1)。

一方、貧酸素化が気候変動緩和機能に与える影響は複雑で未解明である。代表的な例として、底生動物の酸欠死に伴う(1)生物体への炭素固定量の減少、(2)有機体炭素貯留量の減少や、嫌氣的無機化の促進による有機物無機化速度の低下に伴う、(3)有機体炭素貯留量の増加、(4)溶存無機炭素(DIC)濃度の低下による CO_2 吸収量の増加などが挙げられる。

これらの影響の評価には、(i)底生生態系-浮遊生態系の食物連鎖及び炭素循環、(ii)有機物の無機化過程(好気・嫌気無機化)、(iii)酸素の生成消費過程、(iv)炭酸化学平衡を考慮した生態系ネットワークを解析する必要がある、(i)~(iv)を全て考慮しているモデル EMAGIN_B.C²⁾はその解析に有効である。

本モデル²⁾では、有機物の無機化に関して、有機物の質(易分解・難分解)による無機化速度の違いや、有機物を取り巻く環境(酸素・硝酸濃度)による無機化形態(好気・嫌気)の選択が表現されている。その一方で、ほぼ全ての先駆的な生態系モデル(EMAGIN_B.C²⁾・ERSEM³⁾など)では、有機物を取り巻く環境の違いによる無機化速度の差は表現されていない。しかし、幾つかの既往研究で、同性質の有機物でも、酸素濃度の低い環境下では無機化速度が低下した⁴⁻⁵⁾と報告されており、Bastviken et. al(2003)⁴⁾では、好氣的環境下での微生物のエネルギー獲得効率の高さ、分解能力の高い酵素分泌量の多さが要因に挙げられている。

本研究では、有機物無機化速度の酸素濃度依存性を定式化し、既存の生態系モデル EMAGIN_B.C²⁾ に組み込んだ EMAGIN_B.C_MR を構築し、貧酸素化が炭素吸収・貯留機能に与える影響を解明することを目的とする。

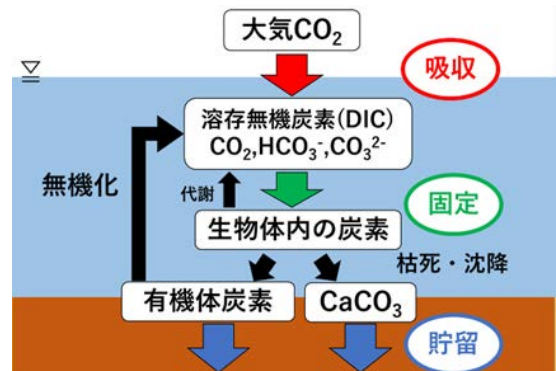
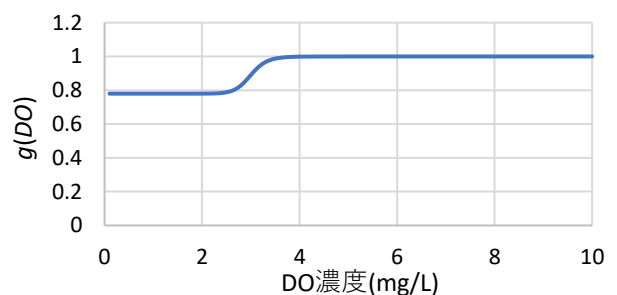


図-1 炭素循環概念図

2. 研究方法

2.1 無機化速度の酸素濃度依存性の定式化

有機物無機化速度の酸素濃度依存性に関する既往知見⁴⁻⁶⁾を統合し、酸素濃度の変化に伴う無機化速度の変化を表現した酸素濃度依存関数を定式化した。(図-2)また、本関数を EMAGIN_B.C²⁾ の浮遊系・底生系すべての有機物の無機化速度式に組み込み、新たな生態系モデル EMAGIN_B.C_MR を構築した。本モデルにより、更に現実には則した形での気候変動緩和機能の評価が可能となる。

図-2 酸素濃度依存関数 $g(\text{DO})$

2.2 モデルの適用と検証

新たに構築した EMAGIN_B.C_MR を東京湾に適用した。適用の際、淡水流入、流入負荷、日射量、湾口境界値などの境界条件(モデル駆動力)は、1998 から2002 年の観測データや届出値より作成した一年周期関数で与え、東京湾の平年的な季節変動を表現した。モデルの検証は、TOC(全有機炭素)、POC(懸濁態有機炭素)、酸素・NO₃濃度などのモデル変数の計算値と1998 から2002 年の観測値の比較をもって行い、計算値は観測値を概ね再現した。

3. 結果と考察

3.1 解析方法

貧酸素化が、炭素吸収・貯留機能に与える影響を評価するため、新モデル EMAGIN_B.C_MR を用いて、8月の1月間(8/1~8/31)の海底(浮遊系最下層)での酸素濃度を、1998 年から2002 年までの平年的な季節変動(Base case)を基準として、0mg/L, 2mg/L, 5mg/L の3 ケースに設定し(表-1)、各ケースの感度解析を行い、比較した。なお、出力結果は各ケース定常状態での年平均值である。

表-1 感度解析シナリオ一覧

8月の海底 酸素濃度	解析シナリオ
-	Base case
0 [mg/L]	case1
2 [mg/L]	case2
5 [mg/L]	case3

3.2 解析結果

図-3 は、新モデル EMAGIN_B.C_MR での炭素吸収・貯留機能の感度解析の結果である。貧酸素化は炭素吸収機能を高め、炭素貯留機能を低下させた。炭素吸収機能の向上は、DIC・TA(全アルカリ度)の変動に伴う、浮遊系表層のCO₂分圧の低下の影響と考えられた。また、炭素貯留機能の低下は、図-4 から、POC埋没量の増加とCaCO₃埋没量の減少の複合作用の結果であると示された。なお、CaCO₃埋没量の減少は、貧酸素化に伴い、二枚貝などの懸濁物食者(SFB)の現存量が減少したことが主要因だと考えられた。

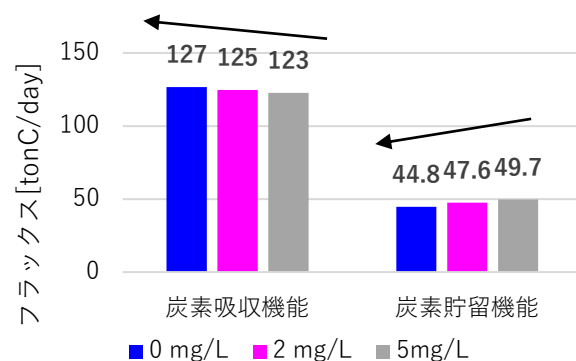


図-3 新モデル EMAGIN_B.C_MR の感度解析の結果

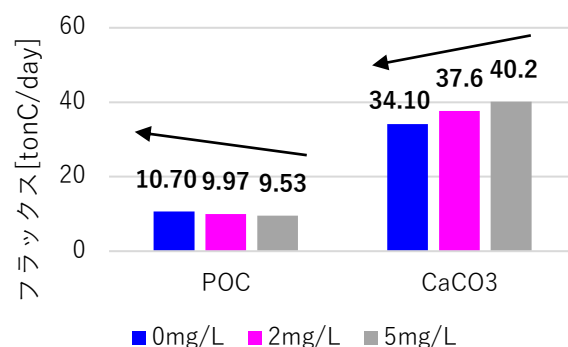


図-4 炭素貯留機能の感度解析の結果(成分別)

4. 結論

本研究から以下の2つが明らかとなった

- ・ 貧酸素化は炭素吸収機能を高めた。これは、DIC・TAの変動に伴い、浮遊系表層のCO₂分圧が低下したためと考えられた。
- ・ 貧酸素化は、炭素貯留機能を低下させた。これは、POC埋没量の増加と、二枚貝現存量減少に伴うCaCO₃埋没量の減少の複合作用の結果だと考えられた。

参考文献

- 1) Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, C.M., Valdes, L., DeYoung, C., Fonseca, L., Grimsditch, G. (Eds.): Blue carbon. A rapid response assessment, United Nations Environment Programme, 78p, 2009.
- 2) Sohma, A., Shibuki, H., Nakajima, H., Kubo, A., Kuwae, T., 2018. Modeling a coastal ecosystem to estimate climate change mitigation and a model demonstration in Tokyo Bay. Ecological Modelling, 384, 261-289.
- 3) Butenschon, M., et al. "ERSEM 15.06: a generic model for marine biogeochemistry and the ecosystem dynamics of the lower trophic levels." Geoscientific Model Development 9.4 (2016): 1293-1339.
- 4) Bastviken, D., Olsson, M. & Tranvik, L. Simultaneous Measurements of Organic Carbon Mineralization and Bacterial Production in Oxidic and Anoxic Lake Sediments. Microb Ecol 46, 73-82 (2003).
- 5) 永尾謙太郎・日比野忠史・松本英雄(2005): 広島湾における有機物の変動解析と栄養塩生成形態の把握, 海岸工学論文集, 第52巻, pp. 916-920.
- 6) Erik Kristensen, Marianne Holmer, Decomposition of plant materials in marine sediment exposed to different electron acceptors (O₂, NO₃⁻, and SO₄²⁻), with emphasis on substrate origin, degradation kinetics, and the role of bioturbation, Geochimica et Cosmochimica Acta, Volume 65, Issue 3, 2001, Pages 419-433