

# 八代海における球磨川の出水規模に伴う海水中 CO<sub>2</sub> 動態の変化

九州大学大学院 ○小森博仁・熊柄・矢野真一郎

産業技術総合研究所 齋藤直輝 神戸大学 中山恵介 北見工業大学 駒井克昭

## 1. 目的

海洋生物が固定する炭素「ブルーカーボン」の重要性が国際的に認識されているが<sup>1),2),3)</sup>, 変化の大きい沿岸域での CO<sub>2</sub> 吸収量の推計値は不確実性が高い<sup>4)</sup>. そのため, 推計精度向上のためには, 海水中 CO<sub>2</sub> 分圧 (以下, pCO<sub>2</sub>) に関わる多様なデータ蓄積が必要である. 既往研究では, pCO<sub>2</sub> は成層の発達に伴い変動することが分かっている<sup>5)</sup>. 齋藤ら<sup>6)</sup>は, 成層発達期には植物プランクトンの光合成により表層の pCO<sub>2</sub> が低下することが報告されている. しかし, 成層と pCO<sub>2</sub> の関係に着目した詳細な現地調査やモデル開発の事例は少なく, 成層が沿岸域の CO<sub>2</sub> 吸収量に及ぼす影響は未解明である.

本研究では, 沿岸域の CO<sub>2</sub> 動態に関する基礎的な知見を得ることを目的に, 齋藤ら<sup>6)</sup>による異なる成層条件下で実施された pCO<sub>2</sub> に関する現地調査結果に基づき, 各成層条件の pCO<sub>2</sub> 動態を再現できる数値モデルの開発を行った. さらにモデルを用いて, 出水後の CO<sub>2</sub> 吸収量の時空間的変動の解明を試みた.

## 2. 内容

### 2.1 現地調査

齋藤ら<sup>6)</sup>による調査地点は, 図-1 に赤点で示した地点である (水深 20m 程度). 調査日は大潮で弱い成層 (2018 年 8 月 26 日), 混合期 (同年 12 月 7 日), および強い成層 (2019 年 8 月 2 日) であった. 9 時頃 (満潮) から 15 時頃 (干潮) までの半潮汐間に水質測定と採水を行い, 水質測定で水温・塩分等の鉛直分布, 採水で溶存無機炭素濃度(DIC)と全アルカリ度(TA)を測定している. 得られた水温, 塩分, DIC, TA から炭素系化学的平衡関係<sup>7)</sup>より pCO<sub>2</sub> を算出した.

### 2.2 数値モデル

沿岸域流動モデル Delft3D を用いて pCO<sub>2</sub> 動態モデル開発を行った. モデルは流動モデルと低次生態系モデルで構成される. 流動モデルは, 田所・矢野<sup>8)</sup>と

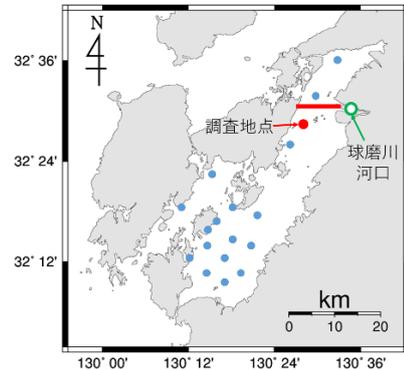


図-1 八代海の調査地点 (赤点)

[水色は鹿児島県水産技術センターの調査地点]

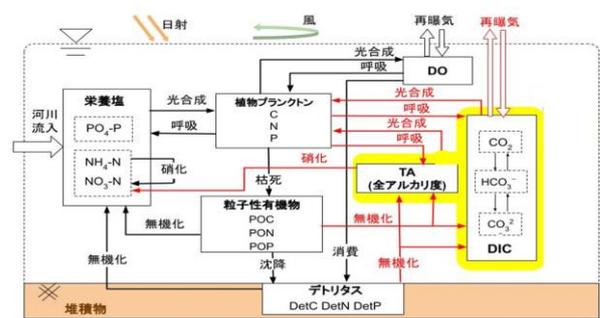


図-2 低次生態系モデルの概要

[黄色枠が田所・矢野のモデルから加えた部分]

同じである. 低次生態系モデルの計算は, 流動モデルの結果をカップリングして行った. モデルを構成する要素は, 植物プランクトン (一種類), 栄養塩 (三種類), 粒子性有機物, 溶存酸素 DO, DIC および TA とした (図-2). 主なプロセスは, 植物プランクトンの光合成・呼吸・枯死, 有機物の沈降・無機化, 硝化, 再曝気等である. 河川からの栄養塩負荷量は, 一級河川の水質データ (国土交通省) から作成した L-Q 式より推定した. モデル式については数が多いため説明を省くが, 既往研究<sup>8),9)</sup>を参考にパラメータを設定した. pCO<sub>2</sub> は, 観測同様に水温, 塩分, DIC, TA の計算値から炭素系化学的平衡関係より算出するため, モデル中で直接取り扱わない.

キーワード: ブルーカーボン, 海水中 CO<sub>2</sub> 分圧, 八代海, 成層, 数値モデリング

連絡先: 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 九州大学 W2 号館 1013 号室 TEL: 092-802-3412

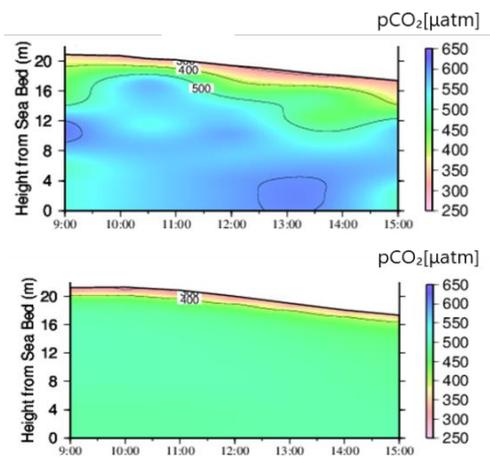


図-3 強い成層期（2019年8月2日）における pCO<sub>2</sub> の観測結果（上），再現計算結果（下）

### 2.3 結果と考察

調査日を含む期間を対象に再現計算を行い、モデルの再現性を検討した。図-3 に強い成層状態での pCO<sub>2</sub> の観測と計算結果を示すが、モデルは概ね良く再現できていた。同様に、弱い成層期と混合期についても良く再現できていた（図省略）。全観測値と比較して pCO<sub>2</sub> は相関係数  $R=0.868$ ，二乗平均平方根誤差率  $RMSPE=13.74\%$  であり、水温、塩分、DIC、TA も同様に強い相関と誤差が小さいことが確認された。

pCO<sub>2</sub> モデルを用いて、一年間の大気-海水間 CO<sub>2</sub> フラックスをバルク式で算出した。対象海域は球磨川の出水により成層が発達する八代海北部、対象期間は比較的大規模な出水があった2018年とした。図-4 より、出水期の5~7月以外は、月200ton前後の CO<sub>2</sub> が海水へ吸収され、最も河川流量が大きくなる7月には大気への CO<sub>2</sub> 放出量は約500ton となった。

図-1 の赤線を検査断面として、pCO<sub>2</sub> 等の鉛直分布の変動を確認した。出水直後の7月7日12時の塩分、pCO<sub>2</sub>、植物プランクトン量の鉛直断面図（図省略）より、出水直後は pCO<sub>2</sub> が高い河川水と pCO<sub>2</sub> が低い海水で成層が生じ、大気への CO<sub>2</sub> 放出の促進が確認された。一方、7月27日では、河口周辺海域を除き河川水の影響は弱まり、出水による栄養塩流出に起因して植物プランクトンが増殖し、それに呼応した海水への CO<sub>2</sub> の吸収が確認された（図-4）。

### 3. 結論

本研究では、pCO<sub>2</sub> 動態を精度良く再現できる数値モデルを開発した。モデルの計算より、出水による

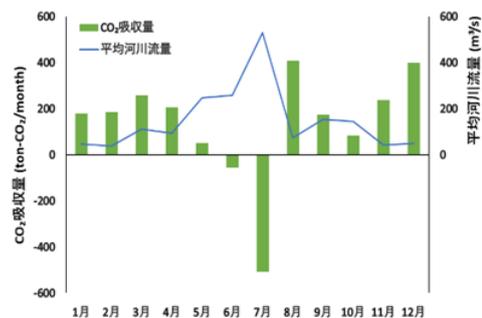


図-4 2018年の八代海北部全体の月別 CO<sub>2</sub> 吸収量と球磨川の月平均河川流量面図

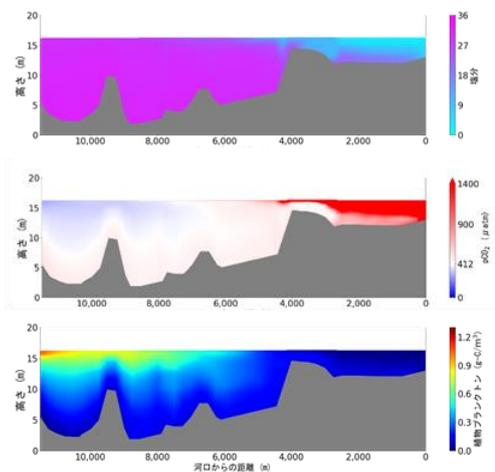


図-5 2018年7月27日12時の鉛直断面図  
（上：塩分，中：pCO<sub>2</sub>，下：植物プランクトン量）

成層が沿岸域の CO<sub>2</sub> 吸収量に及ぼす影響として以下の2つが確認された。①出水直後は海水と河川水の成層により、CO<sub>2</sub> 放出が促進される。②混合が進み成層が弱まると、表層に植物プランクトンが現れ、光合成により CO<sub>2</sub> 吸収が促進される。今後は、出水規模に応じた pCO<sub>2</sub> 動態の変動を調べる予定である。

【謝辞】本研究は科研費基盤研究(B)(JP18H01545)，ならびに河川財団2020年度研究助成により実施された。ここに記し感謝の意を表す。

【参考文献】1)UNEP(2009): *Blue Carbon, A rapid response assessment.*, 2)Mcleod et al.(2011): *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9, 552-560., 3)Watanabe et al.(2015): *Global Change Biology*, 21, 2612-2623., 4)Sohma et al. (2020) : *Journal of Coastal Zone Studies*, 32(4), 9-14., 5)藤井ら(2013) : 土論 B2, 69(2), I\_1111-I\_1115., 6)齋藤ら(2020) : 土論 B2, 76(2), I\_901-I\_906., 7)Zeebe & Wolf-Glandrow (2001): *CO<sub>2</sub> in seawater: Equilibrium kinetics, isotopes.*, 8)田所・矢野(2019) : 土論 B2, 75(2), I\_1231-I\_1236., 9)Sohma et al.(2018): *Ecological Modelling*, 384, 261-289.