

アマモ場における海水中 CO₂動態の日周変化把握のための現地調査

九州大学大学院 学生会員 ○比屋根崇史・熊柄・小森博仁 フェロー 矢野真一郎
神戸大学 正員 中山恵介 北見工業大学 正員 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」については重要性が認識されているが¹⁾²⁾³⁾, 変化の大きい沿岸域での CO₂ 吸収量の推計値は不確実性が高い⁴⁾. 沿岸域は河口から流入する有機物の分解によって CO₂ 放出源と考えられることもあるが, 海草場の活発な光合成により CO₂ 吸収源とする研究事例もある⁴⁾. そのため, 推計精度向上のために, 流動構造や生態系等の多様な条件に基づく海水中 CO₂ 分圧 (以下, pCO₂) のデータ蓄積が求められている⁵⁾. しかしながら, 海草場で日周期変動を捉えた pCO₂ とその環境要因の同時観測事例は少ない⁶⁾.

そこで本研究は, これまで我々の研究グループが調査を行ってきた八代海において, アマモ場を対象とした一昼夜にわたる現地観測を実施し, pCO₂ 動態の日周変動を把握することを目的とする. 加えて, アマモ場における CO₂ 吸収量の算出を試みる.

2. 研究内容

(1) 調査対象地点

調査海域は, 八代海の東沿岸域に位置する芦北町地先の野坂の浦とした. 野坂の浦は, 佐敷川と湯浦川の二つの二級水系が流れ込む小さな入り江で, 北側に位置する佐敷漁港は長さ約 850m の防波堤が設置されている. 港内ではアマモが繁茂しており, 帯状に分布している⁷⁾. 観測地点として, 図-1 に示した地点 A, 地点 B(北緯 32°27' 30", 東経 130°27' 37"), 地点 C の 3 地点を選定し, 観測を実施した.

(2) 研究方法

調査日は大潮である夏季の 2021 年 6 月 26 日から 27 日である. 両日とも雨時々曇りであった (アメダス八代より). 26 日の干潮 18 時頃から 27 日の干潮 14 時頃までの概ね一昼夜間に, バケツにより表層水のサンプリングを行った. 採水サンプルについて, 溶存無機炭素濃度(DIC), 全アルカリ度(TA), 水温, 塩分などを測定した. 水温・塩分は多項目水質計 (ProDSS, YSI

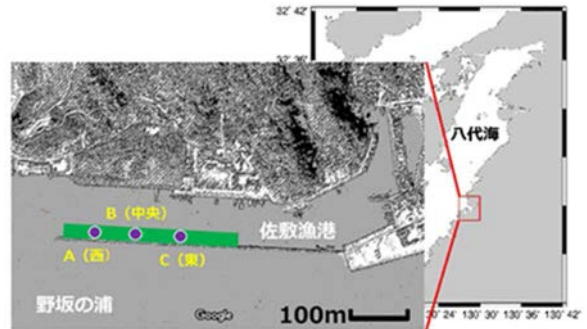


図-1 調査対象地と観測地点 [緑色はアマモの生息域]

社製) で測定した. 採水は全地点において, 26 日 18 時から 3 時間毎に, 同日 21 時, 27 日 0 時, 3 時, 6 時, 9 時, 12 時, 14 時の計 8 回行い, 合計 24 サンプルを採取した. サンプルは 250 mL の Duran 瓶に採取し, 直後に塩化第二水銀溶液を注入して DIC を固定した. これらは後日, 北見工業大学所有のフロースルー型炭酸系分断装置 (MDO-02, 木本電子社製), 全アルカリ度滴定装置 (ATT-15, 同社製) を用い, DIC と TA を同定した. また, 栄養塩類の測定のために原水と濾過水 (0.45 μm フィルター使用) を別途採取した.

pCO₂ は, 炭素系の化学的平衡関係⁸⁾より水温, 塩分, DIC および TA から算出した. 光合成などによる変動量 ΔDIC および石灰化による変動量 ΔTA は, 27 日に採取した佐敷川・湯浦川の河川水サンプル値と, 外洋海水として文献から得た黒潮海水値⁹⁾をエンドメンバーとし, 両者の混合割合 (塩分で同定) から推定される DIC および TA からの差として算出した.

大気-海水間 CO₂フラックス F は, 大気と海水間の CO₂分圧差, 交換係数 k , 溶解度 S を用いるバルク法 (式(1)) で算出した. 交換係数 k (m/s)は式(2)より, 溶解度 S (mol-C/m³/atm)は水温と塩分による既存の経験式¹⁰⁾から算出した. U_{10} は水面から地表 10m の風速 (m/s), S_c はシュミット数で水温と塩分による既存の経験式¹¹⁾から算出した.

$$F = kS(pCO_{2\text{water}} - pCO_{2\text{air}}) \quad (1)$$

$$k = 0.39 \times U_{10}^2 \times \left(\frac{S_c}{660}\right)^{-0.5} \quad (2)$$

キーワード：ブルーカーボン, 海水中 CO₂分圧, CO₂吸収量, 八代海

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

3. 結果

図-2に、 $p\text{CO}_2$ 、 CO_2 フラックス F 、 ΔDIC （佐敷川の値を利用）の観測結果を示す。 F が負値は大気から海水中への CO_2 吸収、正值は大気中への放出を表す。観測での平均 $p\text{CO}_2$ 値は地点Aで $403.5 \mu\text{atm}$ 、地点Bで $408.4 \mu\text{atm}$ 、地点Cで $406.2 \mu\text{atm}$ であり、大気中 CO_2 分圧 $416 \mu\text{atm}$ より低かった。 F は地点Aで $-0.36 \text{ mg-CO}_2/\text{m}^2/\text{h}$ 、地点Bで $-0.24 \text{ mg-CO}_2/\text{m}^2/\text{h}$ 、地点Cで $-0.52 \text{ mg-CO}_2/\text{m}^2/\text{h}$ となり、平均的には吸収傾向であった。しかしながら日中（6～14時）のみ抽出すると、放出傾向を示していた。一般的には日中は光合成による炭素の同化のため、 $p\text{CO}_2$ は低下し、吸収傾向になるが、それとは逆の結果を示した。この理由は不明であるが、観測当日が曇天または小雨であったため、光合成が十分に行われなかったことに原因があると推測される。 ΔDIC は全時間帯で負値であった。18時には負のピーク値が見られた。

次に、 $p\text{CO}_2$ を目的変数とした重回帰分析を行った。説明変数は水温、塩分、 ΔTA 、 ΔDIC 、風速、潮位変化、降水量、気温、全天日射量とした。佐敷川での重回帰係数は順に0.56, 0.20, -0.97 , 1.48, 0.03, -0.06 , -0.03 , -0.02 , -0.00 、湯浦川での重回帰係数は順に0.57, 0.23, -0.95 , 1.52, 0.03, -0.06 , -0.03 , -0.02 , -0.00 となり、いずれも水温、塩分、 ΔTA 、 ΔDIC に対する強い相関がみられた。

所ら¹²⁾による風連湖（ほぼ全域がアマモ場）の終日の CO_2 フラックス $-19.0 \sim 1.6 \text{ mg-CO}_2/\text{m}^2/\text{h}$ と比べ、観測地点の吸収フラックスは小さい値となった。原因として、曇天であったためアマモ場において一次生産が活発でなかったことが考えられる。また、観測での一日平均 CO_2 フラックス値にアマモ場の面積 $12,079.4 \text{ m}^2$ を乗じて CO_2 吸収量を算出したところ、地点Aの測定結果で $4,348.6 \text{ mg-CO}_2/\text{h}$ 、Bで $2,899.1 \text{ mg-CO}_2/\text{h}$ 、Cで $6,281.3 \text{ mg-CO}_2/\text{h}$ となった。

本試算結果は、今後実施する予定である様々な気象条件での八代海におけるアマモ場の調査の際、比較・考察を行うためのベースとなることが期待される。

4. 結論

八代海沿岸のアマモ場を対象に現地観測を実施し、 $p\text{CO}_2$ の日周変動を調べた。観測値を用いた重回帰分析から、水温、塩分、 ΔTA 、 ΔDIC が $p\text{CO}_2$ への影響

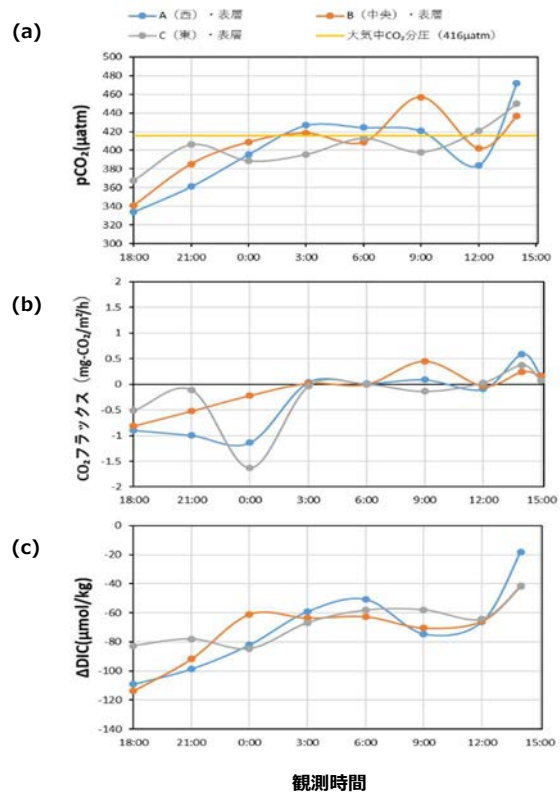


図-2 2021年6月26日18時から6月27日14時までの観測結果。(a) $p\text{CO}_2$ 、(b) CO_2 フラックス、(c) ΔDIC

が大きいことが分かった。加えて、アマモ場の CO_2 吸収量を試算した。今後は、アマモ場の生物影響を詳細に把握するために様々な観測条件下のデータ蓄積が必要となる。

[謝辞] 本研究は科研費基盤研究(B)(JP18H01545)により実施された。現地調査では佐敷港の防波堤を利用し、芦北高校と芦北漁港にご協力いただいた。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 & Kuwae (2015): *Global Change Biology*, 21, 2612-2623., 4) Tokoro et al.(2014): *Global Change Biology*, 20, 1873-1884., 5) Macreadie et al.(2019): *Nature Communications*, 10(1), 3998., 6) Gazeau et al.(2005): *Biogeosciences*, 2, 43-60., 7) 矢北ら(2014): 土論 B3, 70(2), I_1038-I_1043., 8) Zeebe et al.(2001): *CO2 in seawater: Equilibrium kinetics, isotopes.*, 9) Qu et al.(2018): *Sustainability*, 10, 791., 10) Weiss(1974): *Marine Chemistry*, 2, 203-215., 11) Jähne et al.(1987): *Journal of Geophysical Research*, 92, 10767-10776., 12) 所ら(2013): 港空研報告, 52(1), 3-49.