

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 学生会員 ○比屋根崇史 九州大学大学院 学生会員 小森博仁・熊柄 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

近年、海洋生態系の光合成によって固定される炭素「ブルーカーボン」が国際的に注目されており、地球全体の生物が固定する炭素のうち約 55%に相当すると見積もられている¹⁾。特に、アマモ等の植生が存在する沿岸域は炭素固定の場として重要であると考えられている^{2),3)}。このことから、CO₂動態を正確に把握するためにも、沿岸域のブルーカーボン動態の評価が必要である。

しかしながら、ブルーカーボンとしての CO₂吸収については未解明ことが多い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が多いが、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⁵⁾。そのため、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。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)に関わるデータを蓄積する必要がある⁶⁾。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、極めて少ない⁷⁾。

本研究は、これまで我々が調査を行っている八代海において、アマモ場を対象とした一昼夜に亘る現地観測を実施し、pCO₂の日周変化を把握することを目的とした。

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⁸⁾。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。

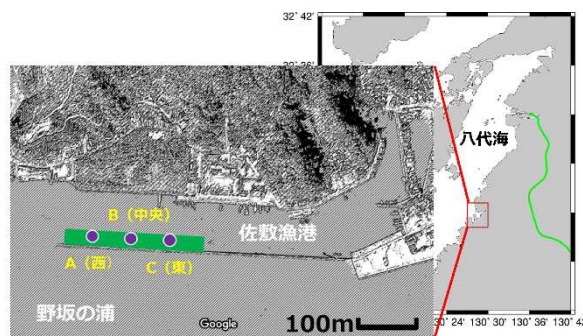


図-1 調査対象地と観測地点[緑色はアマモの生息域]

(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、採水を行った。採水は、防波堤からバケツサンプリングで実施した。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 社製)を用いた。採水は 3 地点全てで、26 日 18 時から 3 時間おきに、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⁹⁾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¹⁰⁾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 CO_2 フラックス F は、大気と海水間の CO_2 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 $k(\text{m/s})$ は式(2)より、溶解度 $S(\text{mol-C/m}^3/\text{atm})$ は水温と塩分による既存の経験式¹¹⁾から算出した。 U_{10} は水面から地表 10m の風速(m/s)、 S_e はシュミット数で水温と塩分による既存の経験式¹²⁾から算出した。

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

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

3. 結果

図-2 に、 $p\text{CO}_2$ 、 CO_2 フラックス F 、 ΔDIC (佐敷川河川水の値を利用) の観測結果を示す。 F は、海面から大気への CO_2 放出を正值、大気から海への CO_2 吸収を負値と定義した。

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 時~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、 $p\text{CO}_2$ は減少し、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、全ての時間帯で負の値であった。18 時には負のピーク値が見られた。

最後に、 $p\text{CO}_2$ 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、 ΔDIC 、 ΔTA とした。目的変数に対する影響度を示す t 値は順に 21.01, 12.37, 57.25, -31.81 となった。また、外的要因として説明変数を気温、日射量、風速、降水量、潮位として同様に行った結果、 t 値は順に -1.71 , 2.85, 0.49, -0.32 , 0.77 となり、気温や日射量に対する相関が強く出た。

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、内的要因として水温、 ΔDIC 、 ΔTA 、外的要因として日射が $p\text{CO}_2$ への影響が大きいことが分かった。今後は、 $p\text{CO}_2$ 変動の詳細な考察やアマモ場に

よる影響を評価する予定である。

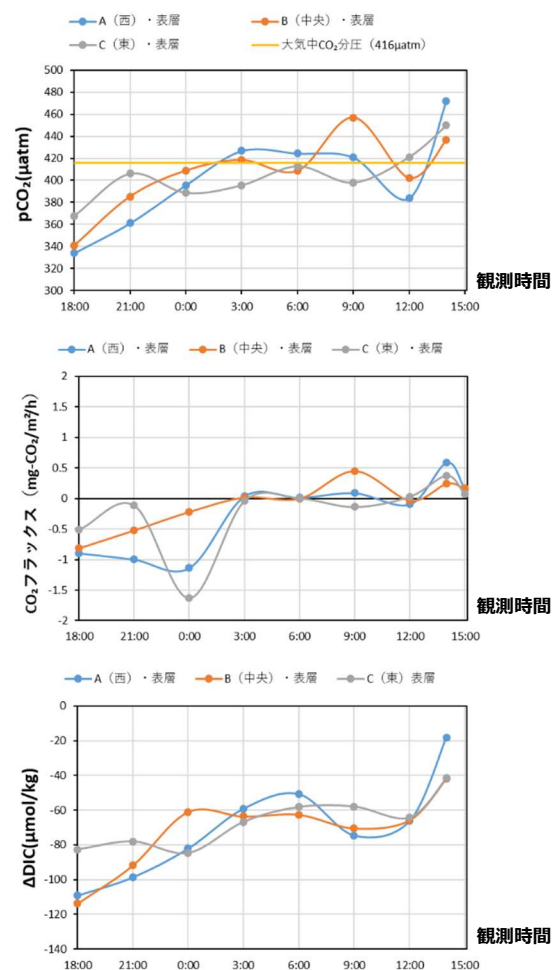


図-2 (a) $p\text{CO}_2$, (b) CO_2 フラックス, (c) ΔDIC の観測結果

[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 et al.(2015): *Global Change Biology*, 21, 2612-2623., 4)Tokoro et al.(2014):*Global Change Biology*, 20, 1873-1884., 5)Tokoro et al.(2014): *Global Change Biology*, in press., 6)Macreadie et al.(2019): *Nature Communications*, 10, 1, 3998., 7)Gazeau et al.(2005): *Biogeosciences*, 2, 43-60., 8)矢北ら(2014): 土論 B3, 70(2), I_1038-I_1043., 9)Zeebe et al.(2001): *CO2 in seawater: Equilibrium kinetics, isotopes.*, 10)Qu et al.(2018): *Sustainability*, 10, 791., 11)Weiss(1974): *Marine Chemistry*, 2, 203-215., 12)Jähne et al.(1987): *Journal of Geophysical Research*, 92, 10767-10776.