

成層の影響を考慮した八代海における 大気-海水間 CO₂フラックスに関する現地調査

九州大学 学生会員 ○小森博仁 九州大学大学院 学生会員 齋藤直輝・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 駒井克明 島根大学 正員 矢島啓

1. 目的

近年、海洋生態系の光合成等によって固定される炭素「ブルーカーボン」の制御が気候変動緩和策の重要なオプションとして注目されている。地球全体で光合成活動によって固定される炭素のうち約 55%に相当すると見積もられている¹⁾。特に、アマモなどに代表される藻場等の植生が存在する沿岸域は炭素固定の場としての活用が期待されている^{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、沿岸域における海水中 CO₂分圧の研究事例はまだ少ない。また海水中 CO₂分圧は、流動等の物理過程や光合成などの生物過程等による影響を複雑に受けて時空間的に大きく変動する。すなわち、沿岸域の海水中 CO₂分圧の動態に関わる推定精度を向上させるためには、様々な物理条件、地形、ならびに生態系等に基づいたデータを蓄積する必要がある。さらに、過去の研究において、成層が発達すると表層の溶存無機炭素濃度(DIC)が低下し、海水中 CO₂分圧が小さくなると報告されている^{4),5),6),7)}。

本研究は昨年実施した齋藤ら(2019)⁸⁾の現地調査に引き続き、植物プランクトン、アマモなどの海草、ならびにサンゴが同時に生息する八代海を対象に観測を実施した。昨年実施した弱い成層期と混合期に加えて、今回実施した強い成層期の結果を比較し、成層が海水中 CO₂分圧に及ぼす影響を把握することを目的とした。また、強い成層期、弱い成層期、混合期における大気-海水間 CO₂フラックスの時間変動とその環境要因の関係を明らかにすることを試みた。

2. 研究内容

(1) 調査対象地点

調査対象地点は図-1 に a 点(北緯 32°27' 30", 東経 130°27' 37", 水深 20m 程度)である。八代海では、約 1,141ha におよぶ藻場の存在が確認されている⁹⁾ほか、

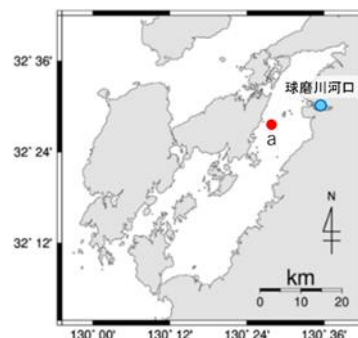


図-1 調査対象地点

天草諸島の南西部は造礁サンゴの主要な生息地となっている¹⁰⁾。観測地点は八代海の流入河川のうち最大の約 60%の流域面積を占める球磨川からの淡水流入の影響が強く塩淡水成層が発達する海域を選定した。

(2) 研究方法

調査日は共に大潮である夏季成層期の 2018 年 8 月 26 日、冬季混合期の同年 12 月 7 日、加えて夏季成層期の 2019 年 8 月 2 日である。夏季 2 回は終日晴れ、冬季は終日曇りであった[アメダス八代より]。当日の満潮 9 時頃から干潮 15 時頃までの半潮汐間に、採水と水質測定を行った。調査項目は水温・塩分等の鉛直分布、また採水サンプルから DIC、全アルカリ度(TA)とした。水温・塩分等は多項目水質計(ProDSS, YSI 社製)を用い、20 分毎に計測した。採水は満潮時、満潮 1.5 時間後、下げ潮最大時、干潮 1.5 時間前、干潮時の計 5 回で、水深 0m, 3m, 6m, 9m, 12m, 15m の計 6 層において、合計 30 サンプルを採取した。サンプルは 250mL の Duran 瓶に採取し、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。海水中 CO₂分圧は、炭素系の化学的平衡関係¹¹⁾より水温、塩分、DIC および TA から算出した。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 を用いるバルク法によって式(1)から算出した.

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

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

ここで, 交換係数 $k(\text{m/s})$ は式(2)から算出した. 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¹²⁾から算出した. U_{10} は水面から 10m の高さの風速 (m/s) である. 風速は, 気象庁の松島観測所のデータを用いた. S_c はシュミット数で, 水温と塩分による既存の経験式¹³⁾から算出した.

3. 結果

2019 年 8 月 2 日において, σ_t の結果から強い成層の発達を確認された(図-2). 2018 年 8 月 26 日においては弱い成層の発達を確認されている(図は省略).

また図は省略するが, 強い成層期において表層と底層の海水中 CO_2 分圧差が大きいことから, 成層の影響が確認された. 弱い成層期も同様であったが, 海水中 CO_2 分圧差は強い成層期に比べて小さかった. また, 混合期においては全体的に海水中 CO_2 分圧は一樣であった.

図-3 に大気-海水間 CO_2 フラックスの時間変動を示す. 大気から海水への CO_2 の吸収を負の値として扱っている. CO_2 フラックスは成層期, 混合期のどちらとも大気から海水への吸収傾向となった.

次に, 図-4 に大気-海水間 CO_2 フラックスに対する感度分析の結果を示す. 八代海においては, 海水中 CO_2 分圧の変動が水温と塩分に比べて CO_2 フラックスに与える影響が大きいことが確認された.

4. 結論

八代海を対象に現地観測を実施したところ, 強い成層期と弱い成層期において, 表層と底層の海水中 CO_2 分圧差が大きく, 混合期においてどの水深においても海水中 CO_2 分圧は同程度であったことが確認された. また, 大気-海水間 CO_2 フラックスは成層期, 混合期のどちらとも大気から海水への吸収傾向であった. 感度分析の結果, 海水中 CO_2 分圧が水温と塩分に比べて CO_2 フラックスに与える影響が大きいことがわかった.

今後は, CO_2 フラックスの説明変数に生物影響を加えて分析し, 八代海の CO_2 フラックスの変動要因の検討結果を講演時に説明する予定である.

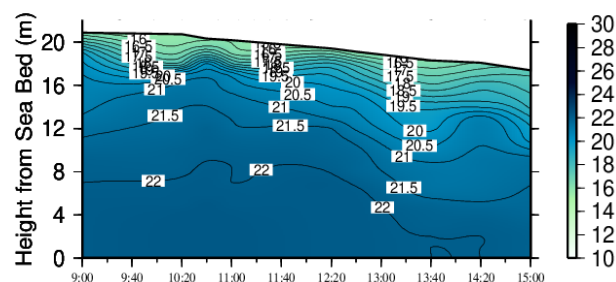


図-2 σ_t (kg/m^3) の等値線図 (2019/8/2)

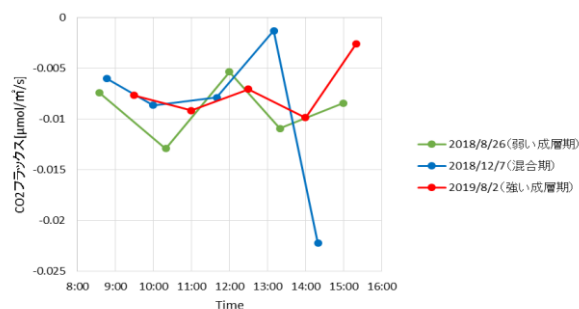


図-3 大気-海水間 CO_2 フラックスの時間変動

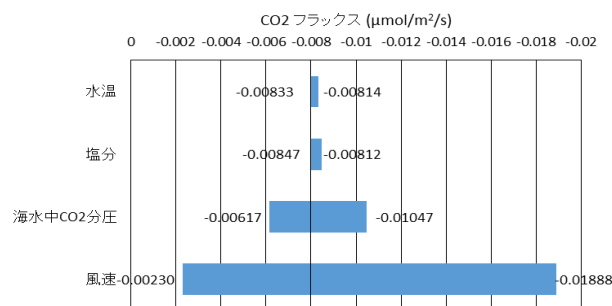


図-4 大気-海水間 CO_2 フラックスに対する感度分析

[謝辞] 本研究は科研費基盤研究(B)(18H01545)により実施された. 冬季調査では長崎大学水産学部所有の実習船鶴洋丸を利用し, 長崎大学多田彰秀教授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)藤井ら(2013): 土論 B2, 69(2), I_1111-I_1115., 5)藤井ら(2012): 土論 B2, 67(2), I_911-I_915., 6)藤井ら(2011): 土論 B2, 68(2), I_1061-I_1065., 7)田多ら(2018): 土論 B3, 74(2), I_444-I_449., 8)齋藤ら(2019): 年講, 74, II-191., 9)環境省(1997): 第5回自然環境保全基礎調査., 10)野島(2004): みどりいし, 15, 5-11., 11)Zeebe & Wolf-Glandrow (2001): *CO2 in seawater: Equilibrium kinetics, isotopes.*, 12)Weiss(1974): *Marine Chemistry*, 2, 203-215., 13)Jähne et al.(1987): *Journal of Geophysical Research*, 92, 10767-10776.