

コンブによる溶存無機炭素の吸収・放出速度の実験的検討

Experiment of Absorption and Emission of Dissolved Organic Carbon due to Kelp

北見工業大学大学院工学研究科	学生員	千葉俊之 (Toshiyuki Chiba)
北見工業大学工学部地球環境工学科		大島寛豊 (Hiroto Oshima)
北見工業大学工学部社会環境系	正会員	駒井克昭 (Katsuaki Komai)
株式会社豊水設計	正会員	佐藤之信 (Yukinobu Sato)
神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻	正会員	中山恵介 (Keisuke Nakayama)

1. はじめに

海洋生物によって大気中のCO₂が取り込まれ、海洋生態系内に蓄えられる炭素は、陸上に存在する森林などに蓄えられる「グリーンカーボン」と比較して「ブルーカーボン」と呼ばれ、地球温暖化の緩和機能が期待されており、そのうちの70～80%程度が沿岸域に集中していると言われている¹⁾。既往の研究において、浅海域や汽水湖で、沿岸生態系の光合成等により、水中のCO₂分圧は大きく変動していることが報告されている^{2),3)}。また、アマモ場を中心とした光合成等の生物活動により、主に溶存無機炭素(DIC)の変動がCO₂分圧の挙動を決定付けるのに重要であることが示されている²⁾。北海道地方においてはコンブの水産資源が豊富であり、その炭素固定機構と沿岸域の物理環境の関係性を明らかにすることでより効果的な人工海藻礁の設計に役立てられる可能性がある。そこで本研究では、コンブによるDICの吸収・放出速度を水槽実験から計測するとともに、コンブとアマモとの特性比較を行うことを目的とした。

2. 研究手法

(1) 水槽実験

水槽と循環ポンプを組み合わせた実験装置を用いDICとTAの時間変化を測定した。水槽には水道水と河川水、食塩を用いて塩分約32に調製した人工海水120Lを満たし、北海道厚岸郡厚岸町愛冠地先で採取し現地の海中で保存されていたアツパコンブ (*L.coriacea* Miyabe) 4株を速やかに実験水槽内に配置した。根部はビニール袋で包み、水槽上面も通気性を保ちつつ雨水等が入らないようにした。水はポンプを用いて水槽内で上下に循環させる条件とした。採水は各層で水槽の底面から60cmの高さで行い、約250mLを一時間に一回採取し、速やかに200 μLの飽和塩化第二水銀溶液を添加してDICを固定した。DICとTAは全アルカリ度滴定装置(紀本電子社製, ATT-15)で測定した。水槽内にはメモリ式光量子計(JFEアドバンテック社製, DEF12-L)とメモリ式水温・水位計(Eijkkelkamp社製, SERA Diver)を設置して、光量子束密度と水温を連続測定した。実験は2020年6月24日～25日に行った。

実験後のコンブの生体試料は先述した葉先から根までを5層に分け、湿潤重量を測定した。その後、部位ごとに細かく裁断・均質化し、成分分析用試料とした。そのうちの一部を用いてクロロフィルaの含有量を測定した。クロロフィルaの含有量は水質試験法に準拠した方法に

従って、エタノールによるクロロフィルaの抽出を1日間行い、吸光度との関係⁴⁾からクロロフィルa濃度を算出した。また、残りの試料は電気炉を用いて乾燥させた後、有機元素分析装置(Perkin Elmer 2400II)を用いてC, H, Nの分析を行った。対照実験として30Lの水を入れた空の水槽を用意し、同じく採水と測定を行った。後述するモデルによる解析では、対照実験のDICをブランク値として用いた。

(2) コンブの光合成と呼吸によるDICの吸収・放出速度のモデル化

実験で求められた光・水温データを用いて、DICの吸収・放出モデル⁵⁾に準じてパラメータを求めた。

$$\frac{dC}{dt} = (G_m F_l F_{pt} + R_a F_{rt}) M \quad (1)$$

$$F_l = P_p \tanh \left[\frac{\alpha_p I}{P_p} \right] \quad (2)$$

$$F_{pt} = e^{\theta_p (T - T_0)} \quad (3)$$

$$F_{rt} = e^{\theta_r (T - T_0)} \quad (4)$$

ここに、 G_m ：生物活性の効果、 F_l ：強光阻害の効果、 F_{pt} 、 F_{rt} ：温度の効果、 R_a ：基準温度(20℃)における呼吸速度、 M ：コンブの湿潤重量、 P_p ：単位クロロフィル量当たりの最大光合成速度、 I ：光量子束密度、 α_p ：光量子に関するパラメータ、 θ_p 、 θ_r ：温度補正係数、である。

3. 結果と考察

(1) 水槽実験

実験は光合成が行われない深夜から開始したため初めは徐々に水温が低下し、早朝には最低17℃まで低下した(図-1)。その後、昼間にDICは22℃まで上昇した。光量子束密度は10時頃にピークとなり、その後、やや曇天となったため減少した後、14時に再び小さいピークを示した。一方、ブランク水槽は徐々に低下した。クロロフィルの総量はアマモに比べて多かったが、単位重量当たりの量は少なかった(表-1)。

(2) モデルによる解析

実験値を用いてモデルのキャリブレーションを行った。モデルでは光量子束密度が小さく水温が高いとDICの放出傾向が大きい。ブランクを考慮するとDICは徐々に上昇しながら、光量子の増減に対応してDICが変化した。モデルの実験値に対する決定係数は0.92であり、やや計算値が過大であるが傾向は良く表している。

実験では呼吸によるDICの放出が光合成による吸収に

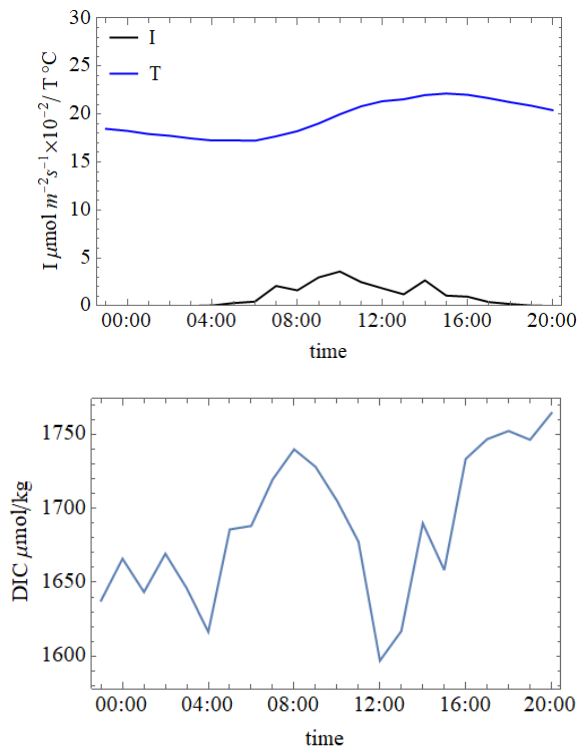


図-1 実験水槽の水温 T, 光量子束密度 I (上段), DIC (下段) の経時変化

比べて優位であった (図-2)。アマモを用いた同様の水槽実験⁹⁾では光合成による吸収量が大きく (図-3), コンプに比べて放出量が小さかった。これは, コンプの実験では曇天であったため光量子束密度が小さかったことと, コンプの実験水槽の水温が周辺の気温によって温められて上昇し, コンプの活性が低下していたことが原因と考えられる。実験中には徐々にコンプの色が落ちており, 実験後に測定した単位湿潤重量当たりのクロロフィル量 (表-1) の比較からも状態の良いアマモに比べて光合成活性が低下していたことが示唆された。

4. おわりに

本研究ではコンプを用いた水槽実験により, DIC の吸収・放出速度の実験を行い, モデルパラメータを導出した。しかし, 実験条件がコンプの光合成と呼吸による DIC の吸収・放出速度に影響を及ぼしたと考えられ, 現地の状態と異なる可能性が高い。今後, 実験条件と実験装置の見直しを行い, 再実験を行う予定である。

謝辞: 本研究の実験で使用したコンプは厚岸漁業協同組合から提供を受けている。本研究の一部は JSPS 科研費 (課題番号: 18H01545) の助成を受けて実施したものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, C. M., Valdes, L., De Young, C., Fonseca, L., Grimsditch, G. (Eds): *Blue carbon. A rapid response assessment.*, 80p, United Nations

表-1 クロロフィル量の比較

	株数	総量 mg	1g 当たり $\mu\text{g/g}$
コンプ(実験に使用)	4	45.89	37.61
アマモ(状態悪い)	4	1.27	23.90
アマモ(状態良い)	4	11.93	296.40

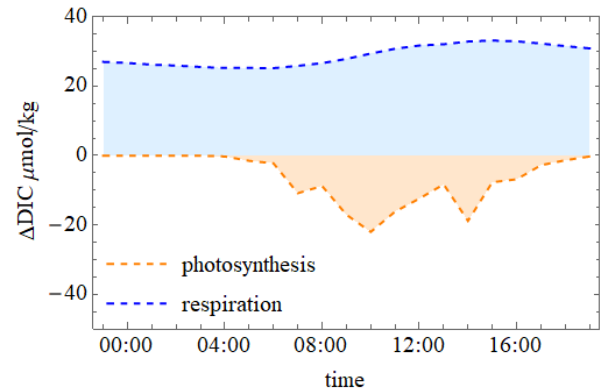


図-2 光合成と呼吸による DIC の変化量 (計算値・コンプ)

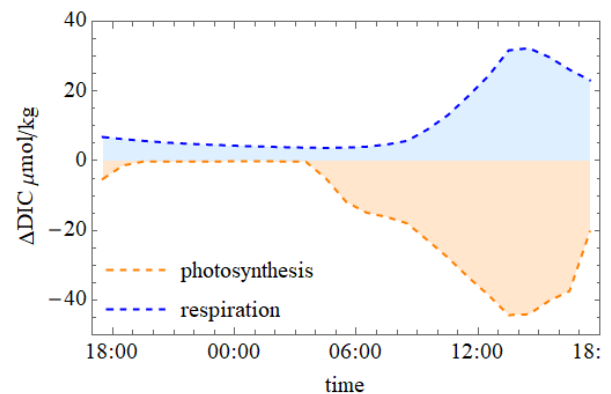


図-3 光合成と呼吸による DIC の変化量 (計算値・アマモ)

- Environmental Programme, GRID-Arendal, Norway, 2009.
- 2) 田多一史, 所立樹, 渡辺謙太, 茂木博匡, 桑江朝比呂: 北海道コムケ湖における大気-海水間 CO_2 フラックスの空間分布特性と要因解析, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.70, No.2, pp.1188-1193, 2014
- 3) 田多一史, 所立樹, 渡辺謙太, 桑江朝比呂: 北海道風連湖における大気-海水間 CO_2 フラックスに影響を及ぼす要因, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.69, No.2, pp.1252-1257, 2013
- 4) Komai, K., Nagao, A., Nunokawa, M., Watanabe, N., Maruya, Y. and Nakayama, K.: Influence of nutrient and fine sediment control to primary productivity by benthic attached algae in forest watershed, *Proceedings of IWA World Water Congress and Exhibition*, 2016
- 5) Nakayama, K., Komai, K., Tada, K., Lin, H.C., Yajima, H., Yano, S., Hipsey, M.R., Tsai, J.W., Modeling dissolved inorganic carbon considering submerged aquatic vegetation, *Ecological Modelling*, Vol. 431, 2020