

## 平成 20 年度厚岸湖・別寒辺牛湿原学術研究奨励補助金研究調査報告書

### 厚岸湖海草群落における溶存態有機炭素の動態

小川光平(静岡大学院), 鈴木款(静岡大学院), 宗林留美(静岡大学理),  
坂西芳彦(水研セ), 石川義朗(環境科技研),  
村上ゆか(静岡大学理・学部 4 年)

#### はじめに

海草群落とは、海洋沿岸域の浅海底において、単子葉植物綱に属する種子植物である海草が形成する群落である。海草の多くの種は世界各地の熱帯域から亜熱帯域にかけて分布するが、*Zostera* sp. と *Phyllospadix* sp. は主に温帯域から亜寒帯域にかけて分布することが知られている。本研究の観測場所である亜寒帯域に属する北海道東部太平洋側の厚岸湖では、主にアマモ(*Zostera marina*)が繁栄し、広大な海草群落が形成されている。

海草群落の生産力については多くの研究がなされており、高い一次生産を持つことが報告されている。例えば Duarte and Chiscano (1999)では、海草群落は地球上で最も生産性の高い生態系の一つとして報告されている。また一方で、海草群落は沿岸域の生態系に多量の炭素を供給していることが知られている(Duarte and Cebrián, 1996; Duarte and Chiscano, 1999; Hemminga and Duarte, 2000)。したがって、海草群落は陸域と海洋の炭素循環を繋ぐ場所であると言える。

海洋中の溶存有機物(DOM)は海洋の有機炭素のリザーバーの90%以上を占めており、その炭素現存量は大気中における二酸化炭素の現存量(約700Gt C)に匹敵すると見積もられている(Hedges, 1992)。溶存態有機炭素(DOC)濃度は外洋の貧栄養海域では低濃度であるが、沿岸域や河口域に近づくにつれ徐々に増加していく。特に沿岸域や河口域では、独立栄養生物の生産性が高く、また河川から多量の有機炭素が流入するために、DOC濃度が高くなっていることが知られている(Head, 1976)。海草群落では、河川など群落外から供給される有機物を取り入れ、その一部をDOCとして再び

水柱に放出している(Barron *et al.*, 2004). 海草群落からのDOC放出は、海草や藻類の光合成生産に伴い放出される場合と、微生物群集による海草組織などのデトリタスの分解過程で放出される場合、堆積物の擾乱で水柱に放出される場合が考えられる。

海草群落における DOC の動態を研究することは、海洋沿岸域の DOC 動態を理解するうえで重要である。しかし海草群落における炭素動態の研究は、主として熱帯域から温帯域で行われており、亜寒帯域の海草群落における DOC の研究は少ない。

### 2007 年度までの研究概要

2007 年度までの研究で、厚岸湖および厚岸湾の DOC 濃度分布及び季節変化を明らかにした。厚岸湖の海草群落では、8 月から 10 月にかけて DOC が高濃度となることが明らかになり、海草群落からの DOC 付加が示唆された。厚岸湖の海草群落では、9 月、10 月では水柱 DOC 濃度に対し 33%から 55%の DOC が付加され、また、11 月では DOC 付加は減少し、12 月ではほとんど DOC 付加がなくなるという DOC 濃度の季節的な変化があることが示された。

これは、アマモやコアマモの生育期が 3 月から 9 月であることや、厚岸湖海草群落の海草と着生藻類のバイオマスは 7 月から 9 月にかけて最大となり、10 月から 4 月にかけて減少する(Hasegawa *et al.*, 2007)という報告があることから、海草群落のバイオマスが大きい時期に DOC が水柱に付加され、海草群落が衰退する冬季には、DOC 付加は減少することが明らかになった。

### 目的

以上のことをふまえ、本研究では亜寒帯域である北海道厚岸湾、厚岸湖の海草群落を中心とした海水中の DOC の濃度分布、季節変動を明らかにし、海草群落における DOC の付加や分解を含めた DOC 動態について明らかにすることを目的とした。本報告書では、海草群落のバイオマスが増加する 2008 年 6 月の厚岸湖の DOC 濃度分布と、アマモからの DOC 付加を調べるために 2008 年 8 月に行ったアマモ DOC 溶出実験に

ついて報告する。

## 方法

### 1. 観測場所

観測は北海道厚岸郡の厚岸湾、厚岸湖、別寒辺牛川で行った。厚岸湾は北海道の東部(北緯 43 度 02 分,東経 144 度 52 分)に位置しており、太平洋に面した湾である(図)。湾奥では幅約 600m、水深約 10m の狭水路によって厚岸湖と繋がっており、ここを通じて湖水が厚岸湾へ流入している。厚岸湖は面積約 32km<sup>2</sup>のほぼ楕円形の汽水湖であり、砂州を除く全域に海草群落が生息している。厚岸湖の北部及び東部の後背地には別寒辺牛湿原が広がっており、北西部の別寒辺牛川から河川水が流入している。厚岸湖に分布する海草群落は、主にアマモ(*Zostera marina*) とコアマモ(*Zostera japonica*)により形成される。季節ごとの厚岸湖の海草群落の写真を図 2~4 に示した。

### 2. DOC 濃度分布

2008 年 6 月に厚岸湖と厚岸湾の DOC 濃度分布を調べた。DOC 濃度分布の採水地点は図 5 に示した。採水した試水は実験室に持ち帰り、12 時間以内に孔径約 1 $\mu$ m の GF/F フィルターで濾過し、褐色ガラスバイアルに入れ、ただちに冷凍され、分析まで -30 $^{\circ}$ C で保存した。

### 3. アマモ DOC 溶出実験

アマモから溶出される DOC 量を調べるため、アマモ DOC 溶出実験を行った。サンプリングはアマモの新鮮な葉と、枯死脱落した葉が湖上にある 2008 年 8 月に行った。10L ポリカーボネイトボトルを用いて厚岸湖海草群落の水を採水し、同時にアマモの新鮮で緑色の葉と、枯死脱落した茶褐色及び白色の葉を採取した。採取した試料を実験室に持ち帰り、実験に用いた。未処理の湖水を入れた 4 本のポリカーボネイトボトルを用いて、湖水のみを入れた系(コントロール)、湖水に新鮮な葉を入れた系(+緑葉)、茶色の葉を入れた系(+茶葉)、白色の葉を入れた系(+白葉)の計 4 つの実験系を用意した。ポリカーボネイトボトルには試水を満たさず、バクテリアが十分好気呼吸を行えるようボトル上部に空気の空間を設けた。培養は暗室のインキュベーターで、8 月の厚岸湖の最

高水温である 20°Cで、静置状態で行った。サブサンプリングは、0, 14, 24, 37, 48 時間後の計 5 回行った。サンプリング時はボトル内の溶液中の粒子を均一化するため手でボトルを振って攪拌した。試水はただちに孔径約 1 $\mu$ m の GF/F フィルターで濾過し、褐色ガラスバイアルに入れ、ただちに冷凍され、分析まで -30°C で保存した。

#### 4. サンプル処理と分析方法

DOC 濃度測定は高温触媒酸化法(粒状有機物を GF/F フィルターを用いたろ過により取り除いた海水中の有機炭素を、680°C に熱した触媒で酸化することにより二酸化炭素を生成し、その二酸化炭素濃度を測定する)を用いて行った。二酸化炭素濃度測定は SHIMADZU TOC-5000A(島津社製)を用いた。標準物質としてフタル酸水素カリウム(関東化学)を用いて検量線を作成し、その傾きから DOC 濃度を算出した。冷凍保存された試水入りの褐色バイアル瓶は、自然解凍か超音波洗浄機に入れ約 10 分かけて解凍し、溶液中の粒子を均一化するため分析前に手でボトルを振って攪拌した。

採水ボトル、DOC 測定用サンプルの保存容器、および実験器具はすべてあらかじめ 5% エキストランと 3N 塩酸で洗浄、滅菌処理したものを用いた。DOC 測定用サンプルの保存容器である褐色ガラスバイアルは、洗浄後さらに 550°C で 5 時間加熱し、燃焼処理をした。ろ過に用いた GF/F フィルターは 450°C で 5 時間加熱し、燃焼処理をして用いた。

### 結果と考察

#### 1. 2008 年 6 月の DOC 濃度分布

DOC 濃度は別寒辺牛川河口で 201.3  $\mu$  molC/L、厚岸湖海草群落で 140  $\mu$  molC/L 程度、厚岸湾湾口で 80.0  $\mu$  molC/L となった(表)。DOC 濃度と塩分の関係(図 6)を見ると、厚岸湖海草群落の DOC 濃度は、低塩分で高い DOC 濃度の河川水と、高塩分で低い DOC 濃度の海水の希釈混合の影響が強いと考えられ、海草群落からの明確な DOC 付加は見られなかった。これは、6 月と同様に海草のバイオマスが多い 8 月から 10 月に、海草群落からの DOC 付加がみられたことと異なる結果となった。Hasegawa *et al.*, 2007 によると、厚岸湖の海草バイオマスは 6 月から 7 月にかけて最大となり、8 月から 10

月にかけて減少する。このことから、海草群落では海草が枯死脱落する時期に水中に DOC が付加されると考えられる。

## 2. アマモ DOC 溶出実験

実験開始直後(培養 0 時間目)の初期 DOC 濃度は、コントロール、+緑葉、+茶葉、+白葉でそれぞれ  $178.2 \mu\text{molC/L}$ ,  $193.2 \mu\text{molC/L}$ ,  $184.6 \mu\text{molC/L}$ ,  $196.0 \mu\text{molC/L}$  となり、葉を入れたことによる DOC 添加が見られた(図 7)。そこで、経時 DOC 濃度から初期 DOC 濃度を引き、初期濃度からの DOC 濃度差を求めた(図 8)。

コントロールは、実験 0 時間目と 48 時間目の DOC 濃度に有意差はなく、海草群落中の DOC は 2 日間では減少しないことを示唆した。+緑葉では、実験 48 時間後で  $8.7 \mu\text{molC/L}$  の DOC が減少した。+白葉は、実験 0 時間目と 48 時間目の DOC 濃度に有意差はなかった。一方+茶葉では、DOC 濃度は増加傾向にあり、実験 48 時間後では  $24.0 \mu\text{molC/L}$  の DOC が増加した。これは枯死海草内部のバクテリアに利用されにくい準易分解性の DOC が海草表面から水中に溶出し蓄積したためと考えられる。したがって、新鮮な葉からは準易分解性の DOC は溶出しにくい、脱落しある程度時間の経った茶色の葉は、傷ついた葉の表面から準易分解性の DOC が溶出しやすく、内容物がほとんど流出し白色となった葉からは DOC 溶出が少ないと考えられる。これらのことは、枯死脱落し茶色や白に変色した海草が湖面を覆う 8 月から 10 月にかけて海草群落から水中に DOC が付加されるが、枯死脱落した葉がほとんど見られない 6 月、11 月、12 月では海草群落からの DOC 付加がほとんどみられないことと一致する。

## 引用文献

- Barrón, C., Marbà, N., Terrados, J., Kennedy, H. and Durshte, C. M., 2004, Community metabolism and carbon budget along a gradient of seagrass (*Cymodocea nodosa*) solonization. *Limnology and Oceanography*, **49**, 1642–1651.
- Duarte, C. M. and Cebria'n, J., 1996, The fate of marine autotrophic production. *Limnology and Oceanography*, **41**, 1758–1766.
- Duarte, C. M. and Chiscano, C. L., 1999, Seagrass biomass and production: a reassessment. *Aquatic Botany*, **65**, 159–174.
- Hasegawa, N., Hori, M. and Mukai, H., 2007, Seasonal shifts in seagrass bed primary producers in a cold-temperate estuary: Dynamics of eelgrass *Zostera Marina* and associated epiphytic algae. *Aquatic Botany*, **86**, 337–345.

- Head, P. C., 1976, Organic processes in estuaries. *In* Burdon, J. D. and Liss, P. S. (eds.) *Estuarine Chemistry*. Academic Press, London, 53–91.
- Hedges, J. I., 1992, Global biogeochemical cycles; progress and problems. *Marine chemistry*, **39**, 67–93.
- Hemminga, M. A. and Duarte, C. M., 2000, *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.



図1. 厚岸湾, 厚岸湖の地図

上, <http://info.town.akkeshi.hokkaido.jp/>を改変. 下, <http://map.yahoo.co.jp/>.



図 2. 6 月の厚岸湖海草群落湖面の写真.



図 3. 8 月の厚岸湖海草群落湖面の写真.





図 4. 11 月の厚岸湖海草群落湖面の写真.



図 5. 採水ポイント ● 海草群落有り、● 海草群落無し  
(<http://map.yahoo.co.jp/> 改変)

表. 別寒辺牛川, 厚岸湖, 厚岸湾の DOC 濃度と塩分分布

	塩分	DOC 濃度 ( $\mu\text{molC/L}$ )	標準偏差
別寒辺牛川	0.0	225.3	0.8
河口	18.7	201.3	2.1
海草群落 1	29.5	138.2	2.1
海草群落 2	29.1	143.8	1.8
橋下	26.9	164.1	1.7
湾奥	31.8	101.0	1.2
湾央	32.2	83.0	1.6
湾口	32.6	80.0	1.8

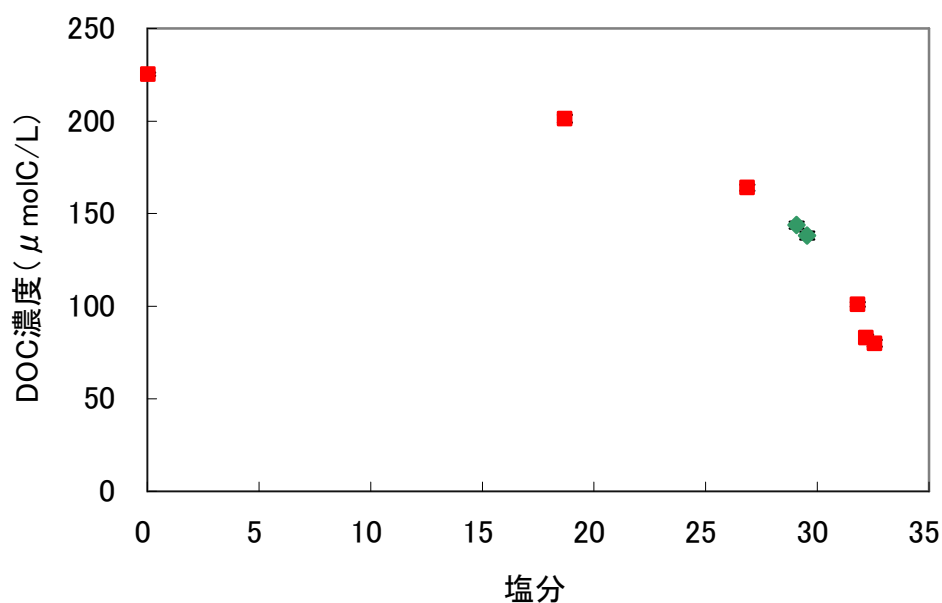


図 6. 別寒辺牛川, 厚岸湖, 厚岸湾の DOC 濃度と塩分分布. ■は海草群落, ■は海草群落以外を表す. エラーバーは測定値の標準偏差 ( $n=3$ ) を表す.

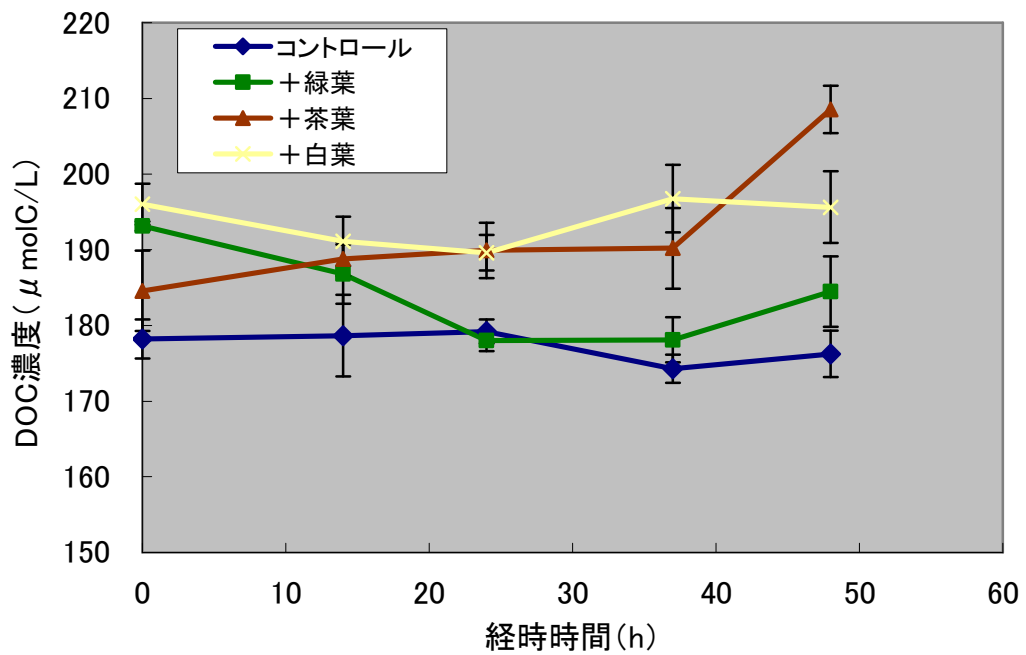


図 7. アマモ DOC 溶出実験の DOC 濃度経時変化. エラーバーは測定値の標準偏差 (n=3) を表す.

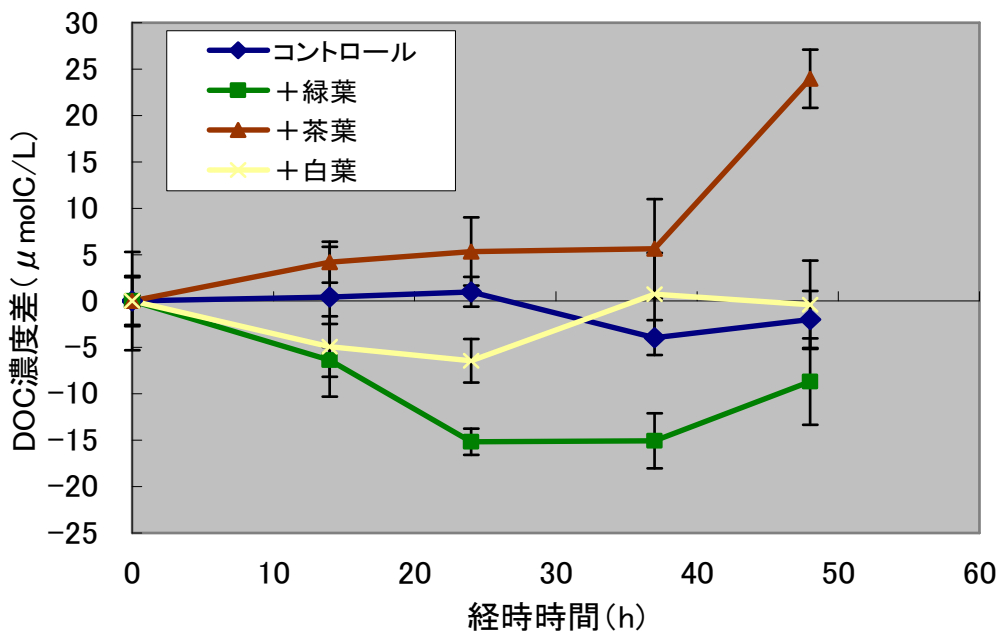


図 8. アマモ DOC 溶出実験における初期濃度からの DOC 濃度経時変化. エラーバーは測定値の標準偏差 (n=3) を表す.