

B-16 コアマモ群落における 懸濁態有機炭素の挙動解析

○中山 亮^{1*}・野村 宗弘¹・長濱 祐美²・武地 修一¹・西村 修¹

¹東北大学大学院工学研究科 (〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06)

²北海道大学高等教育推進機構科学技術コミュニケーション部門

(〒060-0817 北海道札幌市北区北17条西8丁目)

* E-mail: ryonaka@eco.civil.tohoku.ac.jp

1. 序論

近年、さまざまな恩恵を人間に与える干潟の機能が再認識され、全国で干潟の保全や創出が行われるようになった。しかし、干潟生態系内には有機物の動態を中心とした非常に複雑な生物化学的プロセスが存在し、これは未解明の部分も多い。そのため、干潟の保全・再生事業を進めた結果、望ましくない応答をもたらす場合もある。特に、底質の有機物含有量は底生生物相に大きな影響を与え、過度の蓄積により深刻な生物多様性の喪失の問題を引き起こすことから、重要な因子である。この底質の有機物含有量を支配する有機物の動態を明らかにすることは干潟の保全や創出を行ううえで必須の課題である。

干潟における生産者の中でも、海草により形成される海草群落は、単位面積あたりの一次生産量が最も大きい生態系の1つである¹⁾ことから、海草群落内には、懸濁態有機炭素 (particulate organic carbon: 以下、POC) が、デトリタスとして存在していると考えられる。海草群落内での POC の挙動に関しては、Komatsu et al.²⁾が、タイのアンダマン海において、数種類の海草からなる群落内外で、石膏球による流動測定とともに、セディメントトラップによる沈降粒子の捕集、および底質の粒度の計測により調査を行っており、その結果から、海草群落の密度の高いところでは流速が弱められ、粒子は沈降・堆積しやすくなることを示している。

海草群落内に限らず、干潟における POC の挙動に関する既往研究としては、坂巻³⁾が、宮城県の七北田川河口の砂質および泥質干潟において、流速と、POC の巻き上げや沈降といった底質-直上水間での物理的な輸送過程と、表層底質の有機物含有率との関係について検討している。その中で、両干潟においては、流速の違いが

あり、その違いが、砂質干潟の特徴である比較的低い表層底質の有機物含有率を、泥質干潟の特徴である比較的高い表層底質の有機物含有率をそれぞれ維持し、急激な変化を抑制する方向に働いていることを示し、さらに、流速の速い砂質干潟では巻き上げよりも沈降が卓越し、流速の遅い泥質干潟では沈降よりも巻き上げが卓越することを示している。

Komatsu et al.の既往研究²⁾の結果からは、流速が遅い環境では、POC の沈降が起こりやすいことが示されたが、坂巻の既往研究³⁾では、流速が遅い環境では、POC の巻き上げが卓越することが示された。これらの二つの結果は矛盾していると言えるが、この原因は、坂巻の既往研究³⁾は、沈降だけでなく巻き上げも考慮した調査を行ったことに対して、Komatsu et al.の既往研究²⁾は、巻き上げを考慮した調査を行わなかったためである。干潟における有機物の動態を明らかにするうえで、海草群落内での POC の挙動を明らかにすることは、一次生産量の高さから重要な知見となると考えられるが、そのためには、海草群落において、沈降だけでなく、巻き上げも考慮した調査を行う必要がある。そこで、本研究では、潮間帯においてしばしば確認されるコアマモ *Zostera japonica* に着目し、コアマモ群落での POC の挙動を明らかにすることを目的とした。そして、同一の干潟内に存在するコアマモ群落とその近傍の裸地にて、底質-直上水間における POC 輸送フラックスを算出、比較することで、コアマモ群落とその近傍の裸地での、巻き上げや沈降といった物理的な輸送過程の違いを明らかにし、海草群落が干潟における有機物の動態にどのような影響を与えているのかを評価した。

2. サンプルング及び算出方法

(1) サンプルング機材の設置方法

2010年11月に、宮城県松島湾内に位置する桂島の北西部の前浜干潟(WGS-84座標系：N 38° 20′ 7.79, W 141° 5′ 28.13)にて、距離的に近い藻場と裸地をそれぞれ1つずつ選定した。藻場と裸地それぞれにおいて10 m四方の正方形の領域を設定し、各辺の中心を、北から時計回りに、北地点、東地点、南地点、西地点とした。領域の中心には、小型メモリー流速計Compact-EM (JFEアドバンテック) と水位計データロガーU20-001-01-Ti (Onset) を地面から5 cmの高さに設置して、流速・流向および水深を測定した。なお、流速・流向は、10分毎に1分間の連続データ(1秒間隔)を、水深は10分毎の連続データを測定した。さらに領域外に固定したローイングボート(Achilles)上の自動採水器3700スタンダードサンプラー(ISCO)を用いて1時間おきに1Lずつ採水した。なお、採水口は、各辺の中心、地面から5 cmの高さに設置した。採水した直上水は実験室に持ち帰ったのち、試験方法JIS K0102 14.1⁹⁾に準拠して、全有機炭素計TOC-5000A (SHIMADZU) と固体試料燃焼装置SSM-5000A (SHIMADZU)を用い、孔径1.0μmのガラス繊維濾紙Whatman GF/B上に捕捉されたサンプルの全有機炭素量からPOC濃度を求めた。

(2) 輸送フラックスの算出方法

藻場と裸地での、各採水時刻での底質-直上水間におけるPOC輸送フラックスを、以下の式に従って、2つの流下方向へのPOC濃度の変化により算出した。

$$Flux = \frac{(C_E - C_W) \cdot V_{EW} \cdot H \cdot L + (C_N - C_S) \cdot V_{NS} \cdot H \cdot L}{L^2} \quad (1)$$

$Flux$: 底質-直上水間におけるPOC輸送フラックス (mg/m²/s)(巻き上げが正、沈降が負)

C_E : 東地点におけるPOC濃度 (mg/m³)

C_W : 西地点におけるPOC濃度 (mg/m³)

C_N : 北地点におけるPOC濃度 (mg/m³)

C_S : 南地点におけるPOC濃度 (mg/m³)

V_{EW} : 東方流向の流速 (m/s)(西→東方向が正)

V_{NS} : 北方流向の流速 (m/s)(南→北方向が正)

H : 水深 (m)

L : 測定領域の1辺の長さ (m)

ただし、採水開始後の数時間と採水終了前の数時間は、干出により採水が行えなかったため、POC輸送フラックスの算出はできなかった。

さらに、藻場と裸地での沈降・巻き上げ特性を見るため、各採水時刻のPOC輸送フラックスを1時間間隔で積

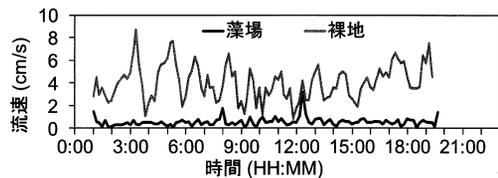


図-1 藻場と裸地での合成流速の経時変化

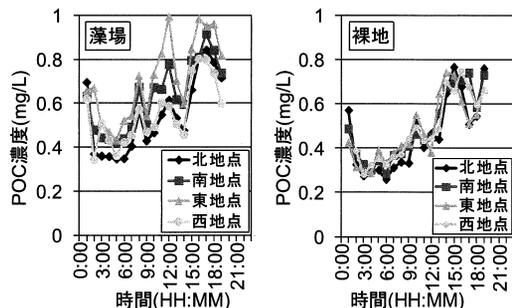


図-2 藻場と裸地での東西南北各4地点の POC濃度の経時変化

分し、全採水時間で割ることで、平均 POC 輸送フラックスを算出した。

3. 結果及び考察

(1) 流速

藻場と裸地での合成流速の特性を比較するため、図-1に藻場と裸地での合成流速の経時変化を示す。合成流速の平均値は、藻場では0.4cm/s、裸地では3.1cm/sであり、裸地より藻場の方が小さい値を示した。また、合成流速の変動を標準偏差の大きさで示すと、藻場では±0.4cm/s、裸地では±2.2cm/sであり、裸地より藻場の方が小さい値を示した。この2つの結果から、裸地よりも藻場の方が合成流速は小さく、変動も小さいことが示された。

(2) POC 濃度

藻場と裸地の POC 濃度を比較するため、図-2に藻場と裸地での各4地点の POC 濃度の経時変化を示す。藻場において、東地点、西地点、南地点、北地点の POC 濃度の平均値は、0.71mg/L、0.55mg/L、0.63mg/L、0.54mg/Lであり、藻場の各地点では POC 濃度に差があった。裸地において、東地点、西地点、南地点、北地点の POC 濃度の平均値は、0.47mg/L、0.49mg/L、0.49mg/L、0.46mg/Lであり、裸地の各地点では、藻場の各地点ほど差は認められなかった。

藻場4地点で得られた全ての POC 濃度の平均値は0.61mg/L、裸地4地点で得られた全ての POC 濃度の平均値は0.48mg/Lであり、2つの値を比較すると、裸地より

も藻場の方が POC 濃度は高い傾向にあったと言える。t 検定を用いて、藻場 4 地点で得られた全ての POC 濃度と、裸地 4 地点で得られた全ての POC 濃度に、有意な差があるか調べたところ、片側検定により、 $t(149) = 4.92$, $p < 0.05$ であり、藻場は裸地と比較して POC 濃度は有意に高いことが分かった。

(3) 水深および POC 輸送フラックス

水深と POC 輸送フラックスとの関係を見るため、水深と、藻場と裸地での POC 輸送フラックスの経時変化を図-3 に示す。藻場では、潮汐に伴う大きな沈降・巻き上げは見られなかった。裸地では、13:00 における POC 輸送フラックスの値は $-0.75 \text{ mg/m}^2/\text{s}$ であり、大きな沈降が起こっていた。さらに、16:00 における POC 輸送フラックスの値は $0.58 \text{ mg/m}^2/\text{s}$ 、17:00 における POC 輸送フラックスの値は $0.63 \text{ mg/m}^2/\text{s}$ であり、大きな巻き上げが起こっていた。中川らの既往研究⁹⁾では、満潮から下げ潮に転じた直後は巻き上げフラックスが大きくなる傾向が示されている。図-3 より、15:00 から 17:30 の間は、下げ潮初期から下げ潮加速期にあたるため、本研究対象の裸地においても、下げ潮初期に巻き上げが増大する傾向が見られた。また、中川らの既往研究⁹⁾は、満潮時に一旦静穏化した際に底泥表層に沈降した粒子は、下げ潮の発生とともに容易に巻き上げられると考察している。本研究対象の裸地においても、沈降していた POC が、下げ潮初期に巻き上がったことが考えられた。

(4) 平均 POC 輸送フラックス

さらに、藻場と裸地の巻き上げ、沈降特性を比較するため、二潮汐間の底質-直上水間における平均 POC 輸送フラックスを算出した。平均 POC 輸送フラックスは、藻場で $+4 \text{ mg/m}^2/\text{hr}$ 、裸地で $-50 \text{ mg/m}^2/\text{hr}$ であったことから、藻場では巻き上げが卓越し、裸地では沈降が卓越したことが明らかとなった。Komatsu et al. の既往研究²⁾では、海草群落の密度の高いところでは流速が弱められ、粒子は沈降・堆積しやすくなることが示されているが、本研究対象の藻場にて、沈降だけでなく巻き上げも考慮して調査を行ったところ、図-1 で示した通り、流速の低下は見られたが、巻き上げが卓越していたことが明らかとなった。よって、海草群落は、干潟において POC の供給源として機能している可能性が示された。しかし、図-2 の結果より、本調査はコアマモの枯死期に実施したため、コアマモがデトリタス化して浮遊、結果として海草群落が POC の供給源として評価された可能性も考えられる。故に、コアマモの繁茂期にも同様の調査を行い、海草群落が干潟における有機物の動態に与える影響を評価する必要がある。

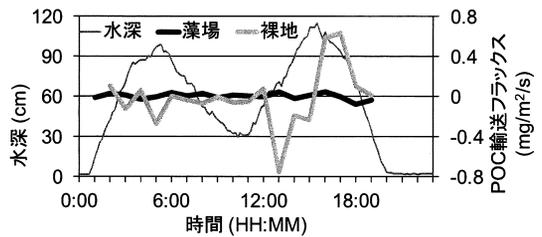


図-3 水深と藻場と裸地での POC 輸送フラックスの経時変化

4. 結論

同一の干潟内に存在するコアマモ群落とその近傍の裸地での、巻き上げや沈降といった物理的な輸送過程の違いを明らかにし、海草群落が干潟における有機物の動態にどのような影響を与えているのかを評価した。

- 1) 裸地よりも藻場の方が、流速は小さく、変動も小さかった。
- 2) 裸地よりも藻場の方が、POC 濃度は有意に高かった。
- 3) 藻場では、潮汐の変動に伴った大きな POC 輸送フラックスの変動は見られなかったが、一方、裸地では、潮汐の変動に伴った POC 輸送フラックスの変動が見られた。
- 4) 二潮汐間の底質-直上水間における平均 POC 輸送フラックスを算出した結果、藻場では巻き上げが、裸地では沈降が卓越していた。海草群落は、干潟における POC の供給源としての可能性が示された。

謝辞：本研究は、平成 22 年度環境省環境研究総合推進費（課題番号:B-1004）の交付を受けて実施した。また、現地調査を行うにあたり、宮城県漁業協同組合塩釜市浦戸支所の皆様にお世話になった。ここに記して、感謝の意を表する。

参考文献

- 1) Marten A. Hemminga, Carlos M. Duarte: Seagrass Ecology, Cambridge Univ. Press, 2000.
- 2) Teruhisa Komatsu, Yu Umezawa, Masahiro Nakaoka, Chatcharee Supanwanid: Water flow and sediment in *Enhalus acoroides* and other seagrass beds in the Andaman Sea, off Khao Bae Na, Thailand, 2004.
- 3) 坂巻隆史：干潟生態系の形成過程にかかわる有機物の動態解析，東北大学大学院工学研究科博士論文，2000.
- 4) 日本規格協会：JIS 規格番号 K0102，2003.
- 5) 中川康之，桑江朝比呂：有明海湾奥西部海域における懸濁物輸送に関する現地調査，土木学会論文集 B2，66 (1)，pp.966-970，2010.