

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24510008

研究課題名(和文) 沿岸生態系におけるアマモ場からの懸濁態有機物移出過程の定量的評価に関する研究

研究課題名(英文) Quantitative study on the role of transport of particulate organic matter from a seagrass bed in coastal ecosystem

研究代表者

福田 秀樹 (Fukuda, Hideki)

東京大学・大気海洋研究所・准教授

研究者番号：30451892

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：沿岸域におけるアマモ場は流入する懸濁態有機物を捕捉することで、陸域からの流入負荷を緩衝する機能を持つとされている。東日本大震災に伴う津波により被害を受けた岩手県大槌湾の回復状態の異なるアマモ場における懸濁態有機物および沈降粒子の特性を比較することで、アマモ場が持つ緩衝機能が周辺の生産性の乏しい生態系に対する役割を検討した。アマモ繁茂状況により底質の再懸濁のしやすさと懸濁態有機物の蓄積状況に差異が見られることが明らかとなり、アマモの群落が砂浜域からの親生元素の移出過程に影響を与えていることが示された。

研究成果の概要(英文)：Seagrass ground in the coastal ecosystem has a function to mitigate inflow load of particulate organic matter (POM) from the land area by inducing settling of POM and by following biological decomposition. We examined the role of the buffering function of seagrass ground in the material cycling in a low productive coastal ecosystem by comparing characteristics of suspended material and settling particle among seagrass grounds in Ostuchi Bay (northeastern Japan) damaged by the tsunami following the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. Our results revealed that a difference in coverage of seagrass changes physicochemical characteristic of biophilic elements transported from seagrass ground by affecting re-suspension process of sand and accumulation process of POM within seagrass ground.

研究分野：生物地球化学

キーワード：生物地球化学 沿岸生態学 アマモ場 東日本大震災

1. 研究開始当初の背景

(1) 藻場や干潟に代表される沿岸海洋生態系は、単位面積あたりの生産性が熱帯雨林の2~11倍と極めて高く見積もられているのみならず(国連環境計画, 2009)、海水の流れを和らげることで陸域から流入してきた栄養塩類や懸濁態有機物を捕集し、沿岸域への過剰な有機物や栄養塩類の流入負荷を緩衝する役割を果たしている。藻場内に流入した栄養塩類の一部は系内の一次生産を起点とする生物群集に利用され、生物体やデトリタスなどの懸濁態有機物として系外へと流出していくと考えられるが、この懸濁態有機物の移出が周辺生態系に及ぼす物質循環レベルの影響は十分に解明されていない。

(2) 2010年三月に三陸沿岸を襲った大津波は沿岸生態系に物理的な破壊をもたらしたが、拡散速度の大きい孢子により短期間で再生・回復すると期待されている岩礁帯の海藻群落に対して、海藻が固着し難い砂質で繁茂する海草帯では生活の基質となる砂州自体が流出するなどの問題点が指摘されておりその回復に時間を要することが懸念されている(日本海洋学会 2011、永田・福田 2011)。これらアマモ場に加えられたかく乱は痛ましい悲劇である一方で、その後の遷移過程の追跡は多くの基礎的な知見をもたらすものと考えられる。

2. 研究の目的

(1) 三陸沿岸域における生産的な生態系であるアマモ場では、東日本大震災に伴う大津波により成体が減少し、堆積物を含むアマモ場内の環境も大きな攪乱を受けた。本研究はこの回復途上にあるアマモ場が、懸濁態有機物の移出過程を通して周辺の生産力の低い生態系(砂泥質堆積物系など)に与える影響を評価することによって、沿岸生態系間での物質レベルでの連結性を明らかにすることを目的としている。拡大の途上にあるアマモ場を経年的に追跡することにより、アマモ場の規模と周辺生態系への移出の効果の関係を定量的に明らかにすることを試みた。

(2) 通常、異なるアマモ場間の比較の際には外側に広がる環境条件の違いの影響を排除することが困難であるが、2011年の大津波による攪乱から回復の過程にあるこの地点を経年的に観測することにより、アマモ場の規模を含む遷移過程とアマモ場からの移出過程の定量的な関係を明らかにすることが可能であると考えられる。そこで本研究はアマモ場内外の懸濁態有機物および栄養塩類の分布状況の把握し、その分布特性を検討する。

係留式流速計を用いてアマモ場周辺の流れ場の解析を行い、で明らかにした懸濁態有機物の分布状況から周辺生態系への有機物の移出範囲を明らかにする。

に関する観測を各年、夏季と冬季の二回、三年間に亘って行い、アマモ場の遷移過程との関係を検討し、アマモ場からの有機物の移出過程を規定する要因を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 震災前にアマモが繁茂していた大槌湾の湾奥南部に位置する箱崎地区(津波による物理的被害の少なかった地区)の根浜地区(津波による砂浜が大きな損傷を受けた地区)にそれぞれ6点ずつ設けた地点において試料を採取した(図1)。採水地点はいずれの地区においても、かつてアマモが繁茂していた水深帯(水深4~5m)に3点、生育限界以深の水深9~10mの範囲に3点ずつ設けた。観測は2012年5月、7月の予備調査を経て、2012年11月より2015年11月まで、主として9月に夏季調査を、11月に冬季調査を行った。2014年11月までは2か月に一度の頻度で重点的に観測を行った。また2014年の4月頃より根浜地区の砂浜域に隣接する砂防林の復旧工事が開始され、調査地域にはこの工事現場より排出される泥水が流れ込むこととなった。本復旧工事は当初2014年度末で終了するとされていたため、研究期間を一年延長し、2015年度も調査を行うこととしたが、実際は2015年10月頃まで放水が続いたため、2015年の夏季調査の実施は断念した。

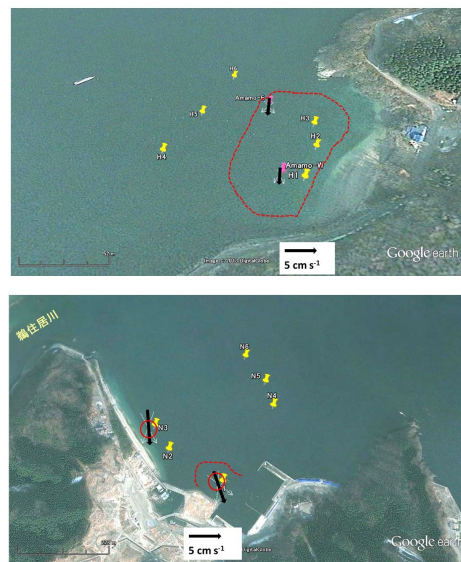


図1 箱崎地区(上段) 根浜地区(下段)に設けた観測点。点線で囲まれた部分は2013年9月の段階でアマモが繁茂していた範囲。図中の太線の矢印は流向・流速の平均値を、点線の矢印は ± 1 SDを表している。

(2) 採水は全ての測点においてニスキン採水器を用いて行い、水柱の中間程度に相当する水深2mまたは5mより採取した。水温・塩分の鉛直プロファイルはCTDを用いて測定した。採取した試水は栄養塩類、Chl. *a*の各濃

度の分析に供し、懸濁態粒子はガラス繊維ろ紙 GF/F 上に捕集し、元素分析、質量分析に供した。また測点 H2, H5, N2, N5 の海底から 2 m の位置にセジメントトラップを約 24 時間設置し、沈降粒子を採取した。採取した粒子は元素分析・質量分析に供したほか、3D ホログラフィ式粒子測定装置(LISST-Holo、セコイア・サイエンティフィック社)で撮影し粒子サイズなどを計測した。

(3) アマモの繁茂状況を確認するために2013年9月および2016年1月に水中ビデオカメラを用いて海底を撮影した。ビデオカメラは専用のフレームを用いることで、カメラを海底から一定の距離に保ちながら撮影を行った。また流向および流速を測定するために電磁式流速計(INFINITY AEM-USB、JFE ADVANTEC)を48~72時間の間、係留した。流速計は採水と同様、水柱の中央付近に設置した(図1)。

4. 研究成果

(1) アマモの繁茂限界深度以浅に設定した観測点(図2ではH2またはN2)と限界深度以深に設定した観測点(同H5、N5)での懸濁態有機炭素(POC)の濃度を比較したところ、2012年11月から2013年11月までの期間についてはアマモが水柱内に立ち上がり、アマモ場内の流速を押さえる夏季に限界深度以浅の観測点で高くなる傾向がみられたが、この現象は当初の予想とは異なり、アマモの回復状況が異なる根浜地区、箱崎地区の両地区において見られた(図2)。得られた懸濁態粒子の有機体炭素と窒素の比(POC/PON比)は根浜地区での泥水の放流が始まる前の期間では、レッドフィールド比に近いおおよそ7付近で推移しており、これらの粒子が主として植物プランクトンであることを示唆していた。一方で工事が始まった2014年の11月には根浜地区では12を越える値となり、堆積物の影響を受けている可能性が考えられた。2014年9月と2015年11月には採取した懸濁物に異常は見られなかったが、現時点での解析は主に工事が始まる前の2013年11月までの結果を対象とする。

(2) POCと同様に全無機態窒素(DIN)とリン酸塩についても夏季に限界深度以浅で高くなる傾向が見られたが、この時期のDINとリン酸塩の比率(DIN/P比)は限界深度以深の測点に比して高くなる傾向が見られた。震災直後の一年目には栄養塩類のDIN/P比が低下する傾向が見られたが、同時期の湾内の栄養塩類の同比では異常が報告されておらず、また夏季の大槌湾には相対的に無機態窒素に富む亜熱帯起源の海水が流れ込むことが報告されていることから(Fukuda et al., 2016)、この比率の低下は藻類の取り込みによる栄養塩類濃度の低下に伴うものであり、栄養塩類の起源となった有機物の組成の違い

や、陸起源の栄養塩類の寄与ではないと考えられる。河川水の寄与に関しては、近傍の鵜住居川に含まれる栄養塩類の濃度およびアマモ場内の塩分の分布からも、このDIN/P比が単純な河川水の混合によりもたらされたものではないことを示していた。

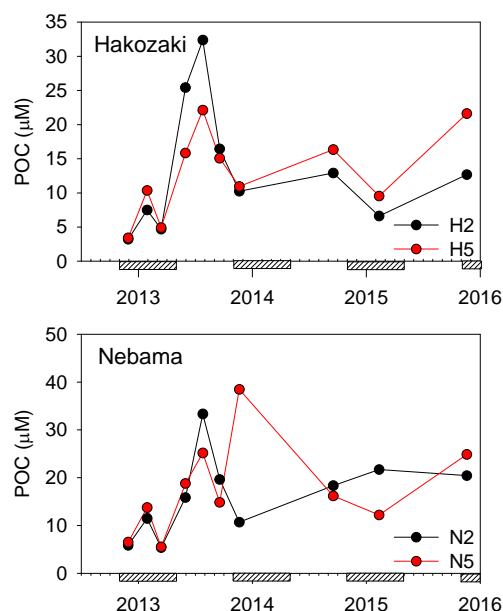


図2 各地区における懸濁態有機炭素(POC)の経時変化。横軸に斜線で影をつけた期間はアマモが海底に仰臥する冬季を示している。

(3) 有機炭素の沈降フラックスについて箱崎地区の限界深度以浅の測点(H2)と同以深の測点(H5)で比較を行ったところ、当初の想定と同じく、アマモが水柱に立ち上がる夏季にH2で沈降フラックスが高くなり、冬季にH2とH5の差が小さくなる傾向が見られた。一方で根浜地区では当初の想定と異なり、夏季、冬季問わず限界深度以浅の測点(N2)での有機炭素の沈降フラックスが同以深の測点(N5)での沈降フラックスを上回る結果となった。得られた沈降粒子をLISST-Holoで撮影し粒度分布と粒子の総体積を計測したところ、測点N5を除いて直径約60μmの砂粒が見られたほか、このN5では他の三つの測点に比して、有機炭素フラックスを粒子の総体積のフラックスで除した有機炭素の含量が最も高くなる傾向が見られた(図3)。しかしながら大槌湾の親潮流入期に見られるような鎖状の大型珪藻などは見られず(Fukuda, 2015)、主に楕円型の粒子から成っていた(図4)。一方で有機炭素含量はN2で最も低く(図3)、得られた画像の中でも砂粒の寄与が高かった。箱崎地区ではH2とH5の間で有機炭素の沈降フラックスは見られたものの、有機炭素含量の違いは見られなかった(図3)。箱崎地区および根浜地区に二つ地区では、沈降粒子の組成という点で最も顕著な差となった。

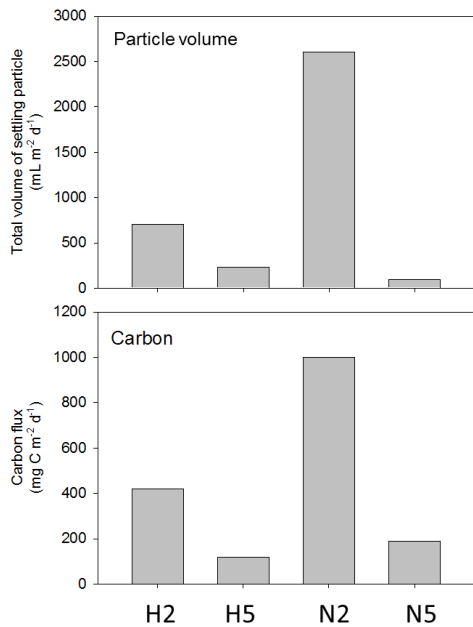


図3 2013年9月の各測点における沈降粒子束（上段：総体積、下段：有機炭素）

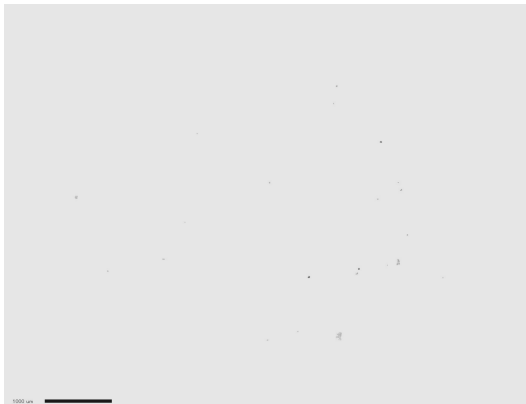


図4 2013年9月に測点H5で採取した沈降粒子のLISST-Holo像。

(4) 隣接する地域の復旧工事に伴い、一つの地区で震災からの回復段階の異なる状態の間の比較は行うことが出来なかったものの、回復状態の異なるアマモ場を比較することで、懸濁態有機物および沈降粒子の性状ならびにその分布特性を明らかにすることが出来た。アマモの乏しい砂浜域では砂質の再懸濁と速やかな沈降により栄養塩類が周辺域に比して高い状態が生み出される一方、アマモの繁茂により底質が安定するアマモ場では沈降粒子における再懸濁した砂粒の寄与は乏しく、季節によりアマモ場内外の沈降粒子束の違いが変化することが明らかとなった。これらの結果はアマモの繁茂状況が、砂浜域から移出する炭素や窒素、リンといった親生元素の物理的な形態を変化させ、砂浜域内で再生されたこれらの元素の移出量とその輸送範囲に影響を与えている可能性を示しており、沿岸域の物質循環過程およびその生産力に対するアマモ群落が果たす機能

を考えるうえで新しい知見をもたらすものである。

<引用文献>

国連環境計画 (2009) Blue Carbon : The Role of Healthy Oceans in Binding Carbon

日本海洋学会 (2011) 東日本大震災による海洋生態系影響の実態把握と今後の対応策の検討 (提言) http://kaiyo-gakkai.jp/jos/archives/geje2011_artcl/1589

永田・福田 (2011) 大槌湾の物理化学環境およびプランクトン調査 (速報) <http://www.aori.u-tokyo.ac.jp/shinsai/j/research01.html>

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計5件)

Hideki Fukuda, Ryosuke Katayama, Yanhui Yang, Hiroyuki Takasu, Yuichiro Nishibe, Atsushi Tsuda, Toshi Nagata (2016) "Nutrient status of Otsuchi Bay (northeastern Japan) following the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake" *Journal of Oceanography*, 72: 39-52. 査読有

Hideki Fukuda (2014) "Application of in line-holography for underwater particle imaging system (LISST-HOLO)" *Bulletin of Plankton Society of Japan*, 61: 1-5. 査読有

[学会発表](計18件)

福田秀樹、三陸沿岸の栄養塩、日本海洋学会沿岸海洋研究会、2016年3月14日、

永田俊、地震と津波が栄養塩環境と物質循環プロセスに及ぼした影響、日本水産学会、2015年9月21日、東北大学、宮城県・仙台市

福田秀樹、東日本大震災による大槌湾の栄養塩環境の攪乱と回復過程、日本海洋学会、2014年9月14日~15日、長崎大学、長崎市

福田秀樹、大槌湾の栄養塩環境の動態、日本海洋学会、日本海洋学会、2013年9月17日~21日、北海道大学、北海道・札幌市

福田秀樹、In-Line ホログラフィック技術による水中パーティクル・イメージングシステム (LISST-HOLO) 日本海洋学会 (日本プランクトン学会シンポジウム) 2013年03月25

日、東京海洋大学（東京都・港区）

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

取得状況（計 0 件）

〔その他〕

ホームページ等

6．研究組織

(1)研究代表者

福田 秀樹 (FUKUDA, Hideki)

東京大学・大気海洋研究所・准教授

研究者番号：30451892

(2)研究分担者

宮島 利宏 (MIYAJIMA, Toshihiro)

東京大学・大気海洋研究所・助教

研究者番号：20311631