

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 7 日現在

機関番号：15201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11726

研究課題名(和文) 中海における海藻類の刈り取りが底生生物群集および藻場生物群集に及ぼす影響

研究課題名(英文) Effects of seaweed mowing on the benthic and phytal community in Lake Nakaumi

研究代表者

倉田 健悟 (Kurata, Kengo)

島根大学・学術研究院環境システム科学系・准教授

研究者番号：40325246

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：中海の沿岸帯には主にオゴノリ類から成る藻場が広がっている。オゴノリ類は初夏から増え始めて秋には枯死した藻体が浅い場所に集積する様子が観察される。湖底に堆積したオゴノリ類はアサリなどの底生生物を斃死させると言われている。近年、海藻類を刈り取って肥料にする取り組みが再開された。しかし、海藻類の刈り取りが無脊椎動物群集に及ぼす影響は明らかでない。本研究は中海において海藻類の存在と無脊椎動物群集の関係を明らかにすることを目的に行った。海藻群落の生物群集の種数は堆積物の生物群集より大きい傾向が見られ、多様性指数も高かったことから、中海の浅い水域では海藻類は底生生物の重要な生息場であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

2002年に自然再生推進法が施行され、失われた自然を回復させる取り組みが日本各地で行われている。中海では高度経済成長期より前まで、沿岸に生育する海藻類を刈り取り、陸上で肥料として利用されていた。しかし、化学肥料の普及、水質の悪化、干拓淡水化事業の進行などを背景に、海藻類の刈り取りは次第に行われなくなった。近年、自然再生事業として海藻類の刈り取りが再び行われるようになったが、適切な時期や量などの知見を得るためには、海藻類に関わる生物群集の評価が必要である。本研究により、海藻類と砂泥堆積物を生息場所とする生物群集は異なることが示され、今後、海藻類の刈り取りの影響をさらに詳しく調べる必要がある。

研究成果の概要(英文)：Seaweed beds consisting mainly Gracilariaceae are distributed in the coastal zone of Lake Nakaumi. These seaweeds are increased from early summer followed by the accumulation of dead algal biomass in the shallow area in fall. Decaying biomass of Gracilariaceae on the bottom is reported to cause the mortality of benthic organisms such as clams. In recent years, seaweed mowing for utilizing fertilizer have been resumed, however, the effects of the activity on the invertebrate communities are not elucidated. The present study aimed at investigating the relationships between the algal biomass and invertebrate community in the shallow area of Lake Nakaumi. The number of species of benthic invertebrates in the seaweed bed showed a relatively higher value compared with that observed in bottom sediment community. Biodiversity index H' was also high in the seaweed bed community, indicating that seaweed bed provided important habitat for benthic invertebrates in shallower area of Lake Nakaumi.

研究分野：汽水域生態学

キーワード：Estuarine Ecosystem Seaweed Gracilariaceae Benthic community

1. 研究開始当初の背景

中海の沿岸帯には主にオゴノリ類から成る藻場が広がっている。オゴノリ類は初夏から増え始めて秋には枯死した藻体が岸に打ち上げられる様子が観察される。湖底では枯死して堆積したオゴノリ類がアサリなどの底生生物の斃死をもたらすと報告がある。中海では昭和30年代頃まで肥料としての海藻類の刈り取りが行われていたが、化学肥料の普及に伴い、海藻類の刈り取りは行われなくなった。近年、地元のNPO法人らの活動により、中海において海藻類を刈り取って肥料にする取り組みが再開された。しかし、中海における海藻類の刈り取りが底生生物群集に及ぼす影響はこれまで明らかになっていない。

2. 研究の目的

本研究は、海藻類の存在が底生生物群集にどのような影響を及ぼしているかを検討するための基礎的な知見を収集することを目的に行った。また、持続的利用に向けた基礎情報となる大根島周辺におけるオゴノリ類群生の分布と季節変化を音響手法により明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

中海のオゴノリ類と底生生物群集の関係およびオゴノリ類の藻体色の変化

2017年7月～11月、2018年4月～11月に毎月1回の頻度でオゴノリ類と底生生物群集の定量採集調査を実施した。中海の江島港の水深が2.5m程度の場所を4ヶ所選び、2017年7月から11月まで毎月1回程度の頻度でサンプリングを実施した。サンプリングは潜水作業により行い、適宜、水中カメラで状況を撮影した。調査水域におけるオゴノリの現存量を推計するため、1m²の被度を目視にて10段階で評価し、各地点の岸から沖合いへの方向に1m間隔で5ヶ所計測した。

各地点で0.5mm目合いのサーバネットを用いて50cm*50cmの範囲のオゴノリを1回採集し、船上でポリ袋に入れて実験室に持ち帰った。試料から藻体を生息場所とする生物(藻場生物と呼ぶ)を選別し、可能な分類レベルまで同定後、個体数の計数と湿重量の測定を行った。また、オゴノリの湿重量を測定した。オゴノリが生育している湖底の堆積物について調べるため、2017年7月に各地点で堆積物のサンプリングを行った。直径5cmのアクリルコアを湖底に挿して堆積物を深さ約10cmまで採取し、底生生物を選別した(倉田ほか2020)。

藻体に堆積している懸濁物(藻体懸濁堆積物と呼ぶ)を集めるため、140mlのプラスチックボトルをオゴノリの一部に被せて藻体ごと採取した。各地点5本採取して実験室に持ち帰った。あらかじめ400度で8時間焼いたガラス繊維ろ紙(Whatman GF/F)の上にアスピレーターを使って藻体懸濁堆積物を集めた。3本分は60度で24時間乾燥させて乾燥重量を測定後、400度で6時間焼いて強熱減量を算出した。残りは炭素・窒素安定同位体比の測定用に冷凍保存した。

当初の計画では、4ヶ所の地点のうち、1地点は海藻類の刈り取りを定期的に行い、残りの3地点は海藻類の刈り取りを行わないこととしたが、刈り取り範囲の設定が不十分で結果的に4地点とも刈り取りを行わなかった地点であるとした。

2019年度は、オゴノリ類の季節的消長を調査するとともに、藻体色の変化について調査を行った。また、室内実験にて藻体色の経時変化や藻体色の違いによる生長量の差異を検討した。

中海大根島周辺におけるオゴノリ類群生の分布と季節変化

調査エリアは、大根島周辺において調査船が航行可能な水深1.5mから水深10m以浅の2.58km²とした。調査は2018年9月から2020年6月にかけて約3ヵ月ごと(9月、12月、3月、6月)に計8回の分布推定を実施した。オゴノリ類群生の分布は、周波数200kHzの魚群探知機(FCV628,古野電機社製)を用い、船速約4knotsで航行しながら海中の音響反射強度を1秒毎に記録した。水中カメラによりオゴノリ類群生が確認された場所での音響反射強度から-54.1dBから-84.3dBの領域をオゴノリ類群生として、群生の有無および高さを抽出した。音響解析ソフトはEchoview ver. 9.0(Echoview Software社製)を用いた。オゴノリ類群生の分布は、ArcGIS ver. 10.6.1(ESRI社製)により空間補間し、これら有無と高さの両方の分布推定の結果を重ね合わせることで可視化した。なお、オゴノリ類群生の形成が確認された大根島北西部においてCastAwayCTD(SofTek社製)により海底直上(水深2.5m付近)の水温を計測し、分布変化と比較した(南ほか2020)。

4. 研究成果

中海のオゴノリ類と底生生物群集の関係およびオゴノリ類の藻体色の変化

2017年は夏から秋にかけてオゴノリ類の現存量は増加したが、2018年においては春から夏にかけて減少し、秋にあまり増加しなかった。2017年7月の時点でオゴノリ類が生育している場所の堆積物には底生生物が皆無であったが、アサリ、ヒメシラトリ、オオノガイなどの死殻が多数含まれていた。実体顕微鏡の観察から、オゴノリ類にホトトギスガイの付着が多数見

られると懸濁堆積物が顕著に高くなることが分かった。オゴノリ類を生息基盤とする生物として 10~15 の種類数が確認された。個体数や出現頻度が多かったのは、ホトトギスガイ、タカノケフサイソガニ、ワレカラ科であった。ホトトギスガイが優占種である場合、多様度指数 H' が低かった。2018 年 4 月における底生生物群集の種類数は、2017 年の結果より多い傾向が見られた。

2017 年に採取したオゴノリ類の藻上の懸濁堆積物の炭素および窒素安定同位体比（平均値と標準偏差）は、それぞれ $-17.4 \pm 1.4\%$ と $6.4 \pm 0.6\%$ であった（倉田ほか 2020）。

オゴノリ類の存在が底生生物群集に及ぼす影響を調べるため、オゴノリ類または水流の有無によって堆積物の酸化還元電位（ORP）、pH、アサリの生存率に差異があるか野外実験を行った（立石 2019）。その結果、水流の有無に関わらず、オゴノリ類を入れた区において堆積物の ORP が低下する傾向があった。

2016 年夏の中海の底生生物相を解析した結果（倉田ほか 2018）によると、沿岸の浅い水深の地点、湖心を含む水深の深いほとんどの地点、潮通しの良い地点、といった生息場所に分けられることが示唆されている。浅い場所には主に砂泥場や藻場が存在し、中海の底生生物の多くがこのような場所に生息していると考えられる。中海全体の植物および動物の生産量のどのくらいの割合が、海藻類や海草類が生育する浅い沿岸に依存しているかは分かっていない。オゴノリ類の藻体で観察された底生生物群集の季節変化が、近傍の水塊を含めた物質循環とどのように関係しているかを調べる必要がある。

2019 年 5 月から 12 月の調査期間中において中海のオゴノリ類は 5 月に最も繁茂し、8 月に最も衰退することが分かった（安永 2020）。また、野外調査の環境データとオゴノリ類の現存量と藻体長のデータより、オゴノリ類の生長の季節変化には光量と水温が、オゴノリ類の生長の垂直分布には光量が重要な役割を果たしていることが示唆された。

中海の深場で赤色のオゴノリ類が見られた要因としては、光量が不足し、本来生長に利用する窒素を構造タンパク質やフィコエリスリンなどの色素、硝酸態や遊離アミノ酸として貯蔵している可能性があることが考えられた。また、黄色のオゴノリ類は窒素含有率が一般的な紅藻類よりも低い状態であり、赤色のオゴノリ類に比べ、単位重量あたりの生長に利用できる窒素量が少ない可能性があることが示唆された。本実験で示唆された藻体色の異なるオゴノリ類の特徴をまとめると、黄色のオゴノリ類は水温、光量ともに生長に適した環境で見られ、そのような環境では窒素を盛んに生長に利用するため、今回のように単位重量あたりの窒素含有率が少ない結果となったと考えられる。一方で赤色のオゴノリ類は深場や高水温時に見られ、現存量としては小さいが、窒素含有率は高いことが明らかとなった（安永ほか 2020）。

これらのことから、窒素含有率の高い赤色のオゴノリ類が採取の容易な浅場に生育する 7 月以降が藻刈りに適した時期であると言える。また、効率の良い栄養塩除去の観点から見ても、黄色のオゴノリ類よりも赤色のオゴノリ類を刈り取る方が望ましい。しかし、年や地点によって生育環境が異なる可能性があるため、藻体色を観察しながら刈取り時期を調整するとよい。

中海大根島周辺におけるオゴノリ類群落の分布と季節変化

調査 1 年目（2018 年 9 月から 2019 年 6 月）と 2 年目（2019 年 9 月から 2020 年月）のオゴノリ類群落の各調査月の分布とその変化は同じ傾向を示した（南ほか 2020）。大根島周辺のオゴノリ類群落は、9 月に高さのある大きな群落が形成され、12 月になると分布域が急激に減少した。分布域の減少は 12 月以降も続き、3 月に分布および高さともに最も低い結果となった。その後、6 月になると群落の高さは変化しないものの分布域が再び大きく広がり、9 月には分布域の拡大はみられないものの高い群落が形成されるようになった。これらの分布変化は、オゴノリ類の成長に適した水温とそうでないかと一致していた。今後、水温・流れなどのオゴノリ類の分布に影響を与える環境との関係を明らかにすることで、大根島周辺のオゴノリ類群落の分布変化の特性の解明がさらに期待できる。

< 引用文献 >

- 倉田健悟・園田武・山口啓子・瀬戸浩二（2018）2016 年夏の中海における底生生物相．Laguna（汽水域研究）24: 49-63.
- 立石愛一（2019）オゴノリ類の繁茂がアサリの移動行動と生存に及ぼす影響．島根大学生物資源科学部地域環境科学科 卒業論文．2018 年度．32 pp.
- 安永志織（2020）島根県中海における紅藻類オゴノリ類の季節的消長と藻体色の变化．島根大学生物資源科学部地域環境科学科 卒業論文．2019 年度．52 pp.
- 南憲史・倉田健悟・安永志織・金相暉（2020）音響計測手法を用いた中海大根島周辺におけるオゴノリ類群落の分布と季節変化．Laguna（汽水域研究）27: 21-31.

< 学会発表 >

- 倉田健悟・安永志織・立石愛一・南憲史・須崎萌実・藤井貴敏・伊達勇介・渡部敏樹・David Dettman（2020）中海における海藻類の刈り取りが底生生物群集へ及ぼす影響[2017-2018 調査]．汽水域合同研究発表会 2020．島根大学（松江市）．11-12 January 2020
- 安永志織・倉田健悟・南憲史・須崎萌実・藤井貴敏・渡部敏樹（2020）中海の異なる環境条件におけるオゴノリ類の現存量と生長量．汽水域合同研究発表会 2020．島根大学（松江市）．11-12 January 2020

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 安永志織	4. 巻 2019年度
2. 論文標題 島根県中海における紅藻類オゴノリ類の季節的消長と藻体色の变化	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 島根大学生物資源科学部地域環境科学科 卒業論文	6. 最初と最後の頁 1-52
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 南憲史・倉田健悟・安永志織・金相暉	4. 巻 27
2. 論文標題 音響計測手法を用いた中海大根島周辺におけるオゴノリ類群落の分布と季節変化	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Laguna（汽水域研究）	6. 最初と最後の頁 21-31
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 倉田健悟・安永志織・立石愛一・南憲史・須崎萌実・藤井貴敏・伊達勇介・渡部敏樹・David Dettman
2. 発表標題 中海における海藻類の刈り取りが底生生物群集へ及ぼす影響[2017-2018 調査]
3. 学会等名 島根大学研究・学術情報機構EsReC第27回汽水域研究発表会 汽水域研究会第8回例会 汽水域合同研究発表会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安永志織・倉田健悟・南憲史・須崎萌実・藤井貴敏・渡部敏樹
2. 発表標題 中海の異なる環境条件におけるオゴノリ類の現存量と生長量
3. 学会等名 島根大学研究・学術情報機構EsReC第27回汽水域研究発表会 汽水域研究会第8回例会 汽水域合同研究発表会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 倉田健悟・伊達勇介・藤井貴敏・須崎萌実・渡部敏樹
2. 発表標題 中海における海藻類の刈り取りが生物群集に及ぼす影響（予報）
3. 学会等名 島根大学エスチュアリー研究センター第25回新春恒例汽水域研究発表会・汽水域研究会第6回例会・合同研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 南憲吏・倉田健悟・安永志織・金相暉
2. 発表標題 音響手法を用いた中海大根島周辺のオゴノリ類群落の分布推定
3. 学会等名 島根大学研究・学術情報機構エスチュアリー研究センター第28回汽水域研究発表会汽水域研究会第12回大会（第9回例会）汽水域合同研究発表会2021
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

中海自然再生協議会 https://www.nakaumi-saisei.org/ 認定NPO法人自然再生センター https://www.sizen-saisei.org/
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	南 憲吏 (Minami Kenji) (50793915)	島根大学・学術研究院環境システム科学系・助教 (15201)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	伊達 勇介 (Date Yusuke) (80505537)	米子工業高等専門学校・その他部局等・准教授 (55101)	
研究分担者	藤井 貴敏 (Fujii Takatoshi) (40649216)	米子工業高等専門学校・その他部局等・助教 (55101)	
研究分担者	須崎 萌実 (Suzaki Moemi) (40782074)	米子工業高等専門学校・その他部局等・助教 (55101)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	デットマン デヴィッド (Dettman David)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関