

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 10 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01885

研究課題名(和文) 粒状有機物中生体分子の化学組成分析を基軸にした気候変動下の内湾生態系モニタリング

研究課題名(英文) Monitoring ecological processes in inner bay systems under environmental changes based on analyses for biomolecular composition of particulate organic matter

研究代表者

坂巻 隆史 (SAKAMAKI, TAKASHI)

東北大学・工学研究科・准教授

研究者番号：60542074

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：志津川湾における現地調査と実験より、同湾内・湾口付近における海洋物理環境と脂肪酸をはじめとした粒状有機物の化学組成の時空間変動パターンに関する知見が集積された。また、海洋長期再解析データと連続観測からは、長期傾向や躍層形成などに関する同湾で特に注目すべき海洋物理学的な事象が整理された。そして、粒状有機物の脂肪酸組成が一次生産過程の湾外起源水流入への応答や、呼吸・酸素消費活性を捉える有効な指標となることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

環境科学分野における分析・解析技術の発達にともなって、海域環境中の有機物の生物的起源・空間的起源を詳細に分離し、大規模なデータに基づいて物質動態や食物網を解析することが可能となってきた。しかし、それらの化学マーカーと海域における物理的・生物的諸過程の関係についての理解は未だ不十分である。そこで本研究では、様々な環境変動と生物学的諸過程の間に介在する粒状有機物の生体分子(特に脂肪酸)組成の変動についての調査や実験を行い、それを内湾の環境・生態系モニタリングに利用することの有効性について検討した。これは、環境変動に対する地域社会の影響緩和と適応を支援するための研究と位置づけられる。

研究成果の概要(英文)：Field data collections and experiments were conducted to enhance understanding of spatiotemporal variations of physical environments and chemical compositions of particulate organic matter (POM) in Shizugawa Bay. Based on analyses of long-term high-resolution reanalysis datasets, some notable processes, such as long-term trends and stratifications, in the study bay were also found out. Our results support that the fatty acid composition of POM can be a useful indicator to capture responses of primary production, respiration, and oxygen consumption to environmental changes in inner bay systems.

研究分野：物質動態解析

キーワード：貧栄養海域 N/P比 一次生産 栄養塩競合 酸素消費 沈降有機物 海洋物理環境

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

内湾海域は、重要な漁業生産の場であるとともに、レジャーなど幅広い生態系サービスを提供する。しかし、気候変動や流域での人間活動による海洋環境の変化が、内湾生態系に対して様々な影響をもたらさう。海洋物理環境の数値モデルによる解析は急速に進歩しており、2ヶ月予報の公開や気候変動影響の予測なども広く取り組まれている。一方で、それらは沿岸・内湾域など局所的な生物地球化学・生態学的過程を直接の対象とはしていない。広域的海洋物理過程との関係を含めながら、内湾の生物地球化学・生態学的過程を適切にモニタリングする方法・体制の確立が課題である。

2. 研究の目的

志津川湾内における異起源水塊に由来する有機物・栄養塩等の流入・混合、粒状有機物の化学組成、生物学的諸過程（一次生産、有機物分解等）の3者の関係を明らかにする。そして、中長期的な環境変動と生物学的過程の関係に介在する粒状有機物の生体分子（特に脂肪酸）組成をモニタリングすることの有効性を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 志津川湾内・湾口域における海洋物理環境および粒状有機物濃度・組成の時間変動の調査
志津川湾奥部から湾口域にかけての3点（2018年まで5点に観測定点を設け季節サンプリングを実施した。また、湾奥部の位置定点には、植物プランクトン観測のための蛍光強度センサ、塩分センサ、DOセンサ等を設置して、連続観測を行った。さらに、湾奥から湾口にかけての4地点（うち最も沖側で湾口境界外側の地点については度重なる流失のため断念）に水温鉛直プロフィールを連続観測するための水温センサーを設置した。

(2) 湾内プランクトン群集の脂肪酸生産におよぼす湾外起源水 N/P 比の影響の実験的検討
観測の結果、湾奥部への流域起源の栄養塩流入が、温暖期を中心に海水中植物プランクトンの生産を高めていると考えられた。一方で、2017・2018年度に周辺流域で行った広域的な河川調査では、河川水中の無機態 N/P 比が地点間で大きく異なった（4.5—596）。そこで、貧栄養の同湾の植物プランクトン群集による脂肪酸生産におよぼす湾外起源水の影響を、特にその N/P の影響に着目して実験的に検討した。第1段階の検討では、志津川湾で採取された海水への栄養塩・微量元素等の個別添加による各種脂肪酸生成の制限因子の検討、第2段階では、流域の河川水等湾外起源水の直接的添加により脂肪酸生産の応答を検討した。これらの実験では、2018年9月に採取した同湾海水に、個別の栄養塩や湾外水濾水を添加し、屋内で12時間明暗周期・20℃の条件で10日間培養を行った。

(3) 湾内粒状有機物の酸素消費活性におよぼす脂肪酸組成の影響の調査・実験的検討
現地観測から、志津川湾の底層では、温暖な時期に DO 濃度が非常に短期的に大きく変動していることが示された。その DO の挙動から、河川栄養塩の供給や植物プランクトンの生産・枯死サイクルに対応して粒状有機物の組成が変化し、浮遊・沈降過程での DO 消費活性が大きく変化しているのではないかと仮説を立てた。そして、粒状有機物の化学組成と酸素消費活性の関係を解析するため、湾内の水平方向・水深方向、養殖場内外などにおいて粒状有機物を採取し分析を行った。

(4) 志津川湾沖の海洋物理環境の時空間変動パターンの解析
海洋開発研究機構より提供を受けたデータセット（FORA-WNP30およびJCOPE）を活用して、志津川湾沖合い域における海洋物理環境の時空間変動パターンを整理した。また、広域的な現象の特徴的パターンの整理や同湾口部環境と他海域環境の相関性を評価するため、上記大規模データへのPCAの適用を試みた。さらに、上記の時系列データに基づき、一定の周波数帯で特異的な現象を抽出するためのハイパスフィルターを適用したアルゴリズム構築を試みた。

4. 研究成果

(1) 湾内における海洋物理環境と脂肪酸をはじめとした粒状有機物の化学組成の時空間変動に関する知見が集積された。湾奥から湾口にかけての水温鉛直分布の連続観測からは、湾内における水温成層の形成時期・パターンとともに、夏季に比較的高温かつ鉛直方向に均質化された分布が時折捉えられた(図1)。湾奥部における底層の溶存酸素(DO)濃度の観測では、温暖期にDOが大きく変動し、時折、2mg/L以下にまで低下することもあった。開放性が高いため、比較的貧栄養で有機汚濁が少ないと考えられる同湾においても、短期的には底層が貧酸素状態になることが明らかとなった。

湾内の粒状有機物の脂肪酸組成について、その時空間変動のパターンが明らかになった(図2・3)。湾奥部では、湾口側の地点よりも藻類起源と考えられる多価不飽和脂肪酸(PUFA)を含む各種脂肪酸濃度が温暖な季節を中心に高く、さらに脂肪酸組成の年・季節間での変動が大きかった。寒冷な季節には、湾全体で藻類起源の脂肪酸濃度が下がる一方、主に陸域高等植物起源と考えられるLCFAの相対的割合が増す傾向がみられた。

(2) 湾内プランクトン群集による脂肪酸生産の化学的制限因子は、脂肪酸の種類によって異なった(図4)。プランクトングループ間での制限因子の違いを反映したと考えられた。特に、バクテリア由来と考えられるC15/C17の分枝脂肪酸(BCFA)や18:1 ω 7は、Nの添加により生産が増大した。一方、珪藻や渦鞭毛藻などに多くが由来すると考えられる18:4 ω 3, 20:5 ω 3(=EPA), 22:6 ω 3(=DHA)等のPUFAは、Pにより生産が顕著に増大するとともに、微量金属によっても増大が認められた。また、同湾プランクトン群集の脂肪酸生産におよぼす湾外起源水混合の影響を検討した実験では、比較的貧栄養である志津川湾の植物プランクトン群集が栄養塩の供給に非常に敏感であることが示された。無機態窒素濃度として0.02mg/L程度であった湾内海水に、同流域の河川水を混合して0.05mg/L程度にするだけで、数日で海水中の粒状有機炭素濃度が0.3—0.4mg/L程度にまで上昇した。この実験では、添加する湾外起源水の無機態窒素/リン比(N/P)によって、生産される脂肪酸の組成も大きく異なった。あらゆる動物の代謝において重要な役割を果たすとされるPUFAは、その生産割合(生産される全脂肪酸に占める割合)が、N/Pの上昇とともに減少した(図5)。中でもEPA(エイコサペンタエン酸)は珪藻が主要な生産者となる重要な必須脂肪酸であるが、N/Pが高い場合には他の藻類グループや細菌群が

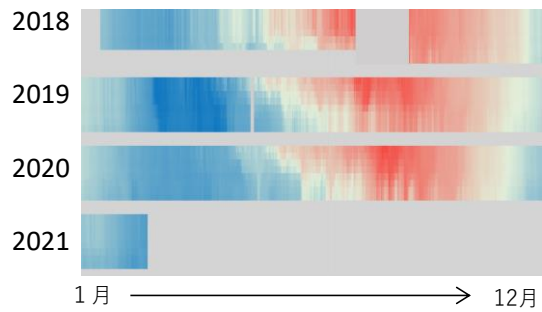


図1. 2018年1月~2021年2月にかけての湾口付近水深58m地点における水温鉛直分布の時系列コンター(全期間の最高29度, 最低4度, 平均14度をそれぞれ濃赤, 濃青, 白で表示)。2018年は底層部および一部期間で設備トラブルによりデータ欠損あり。

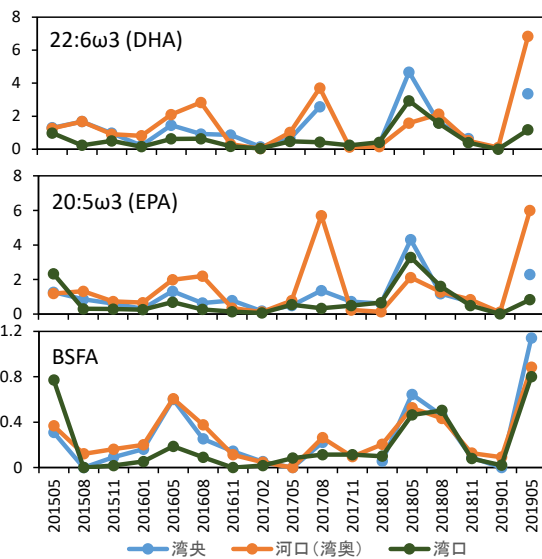


図2. 志津川湾3地点(水深2m)における3種脂肪酸濃度(μg/L)の季節変化

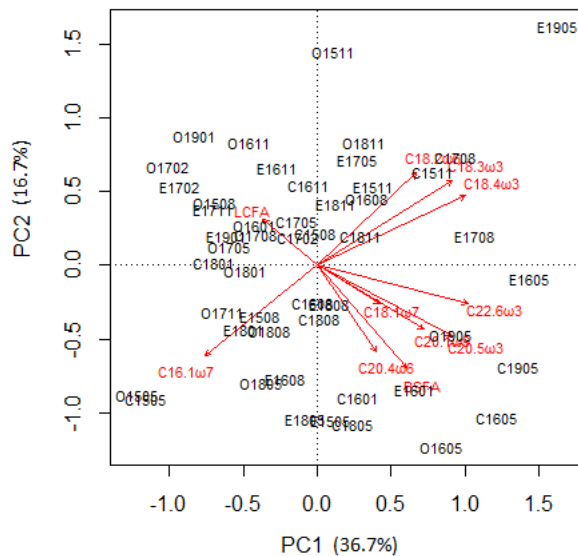


図3. 志津川湾3地点(水深2m)における粒状有機物脂肪酸脂肪酸組成の季節変化(O:湾口外側, C:湾央, E:湾奥河口付近, 数値表記例“1611”→2016年11月)

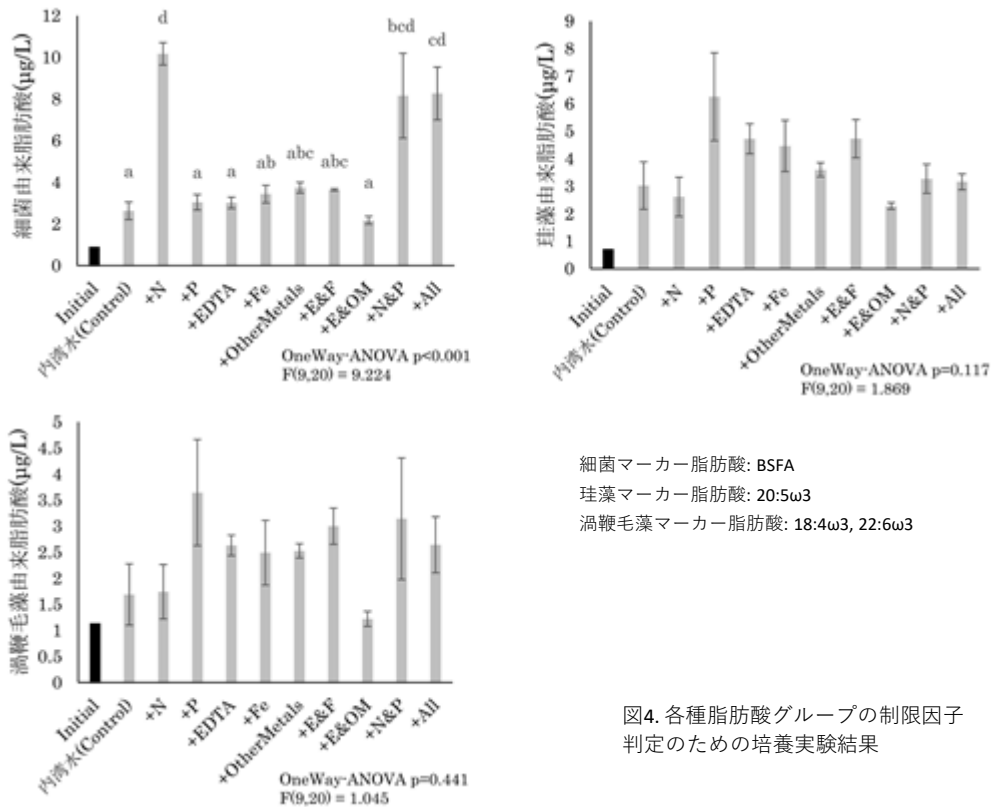


図4. 各種脂肪酸グループの制限因子判定のための培養実験結果

栄養塩の

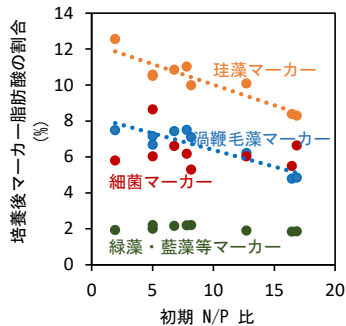


図5. 湾外起源地と湾内海水の混合実験で生産された各種マーカー脂肪酸グループと海水中のN/Pの関係

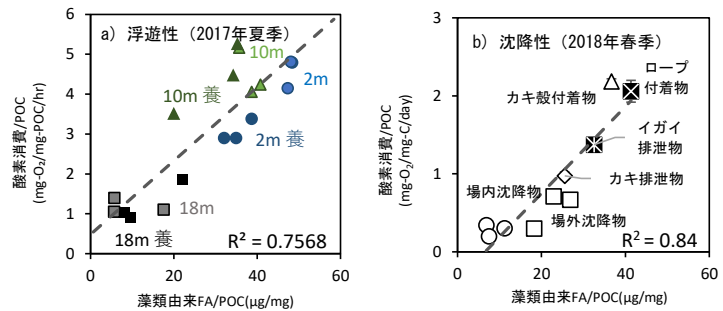


図6. 浮遊性(a)と沈降性(b)の粒状有機物中の藻類由来脂肪酸含有量と酸素消費速度の関係、湾外起源地と湾内海水の混合実験で生産された各種マーカー脂肪酸グループと海水中のN/Pの関係

獲得で有利となって、その生産が抑制されていると考えられた。さらに、生産される脂肪酸の多様性は、N/Pの上昇とともに有意に低下した ($R^2=0.68$, $p=0.006$)。

人為的な窒素消費の増大により、全球規模での環境中の反応性N/Pの上昇傾向が指摘されている。本研究からの知見は、N/P上昇が必須脂肪酸の生産性や脂肪酸の多様性の低下を通じて、消費者生物の生産に不利に働く可能性を示唆する結果であったといえる。

(3) 浮遊性・沈降性粒状有機物の酸素消費活性

底層海水中の粒状有機物は 2m・10m 層のそれと比べて藻類マーカー脂肪酸の含有量が顕著に低かった。沈降過程で脂肪酸の分解が進行するとともに底質上に堆積している分解の進んだ有機物が再懸濁していることなどが原因として考えられた。一方で、2m・10m層と類似の傾向をもって、底層の粒状有機物の脂肪酸組成も季節的に変化しており、水深帯で粒状有機物の脂肪酸組成には大きな差異がありつつも、水中で生産される藻類分類群の季節変化が底層有機物の脂肪酸組成にも緩やかに反映されていることが示された。

温暖な季節を中心に、沈降性および浮遊性の粒状有機物の酸素消費速度が藻類由来マーカー脂肪酸含有量と正の関係を示した (図 6)。藻類由来の有機物が酸素消費に大きく働いていたと考えられる。季節によっては藻類と細菌のマーカー脂肪酸量の間にも正の関係が認められ、藻類自身による呼吸とともに、それらの時期には従属栄養細菌による呼吸も酸素消費に大きく働いていたと考えられる。

本研究では、POC濃度と水塊中の酸素消費速度の間に有意な関係が認められなかった。このことは、酸素消費を粒状有機物の量的指標のみをもって予測あるいはモデル化することが不適切であることを示している。本研究で用いた脂肪酸マーカーは、粒状有機物の酸素消費と有意な関

係性を示したことから、酸素消費に関わる粒状有機物の質的側面を捉える有用な指標になりうる。しかし、そのような明瞭な関係性を示したのは温暖な季節のみであり、他の季節については酸素消費と有意な関係性を示さなかった。これは、有機物の分解過程・酸素消費がその脂肪酸組成には反映されない他の要因にも依存していることを意味しており、それについても今後さらに検討が必要である。

(4) FORA-WNP30 を活用して、同データがカバーする 1982 年から 2014 年までの期間について、志津川湾沖合海域における海洋物理環境の中長期的変動パターンを整理した。志津川湾沖合部では水温の長期的な上昇傾向が統計的に有意であった(図 7)。また同データを用いて、温暖化の実情と合わせ、沖合部における親潮の挙動など海洋物理環境変動の状況を現地漁業者コミュニティとも共有することができた。

本研究期間中の志津川湾湾口付近における水温実測データとの比較検証からは、JCOPE2の同湾湾口付近における水温推定の精度が十分確保されることが確認された

(図8)。また、東日本沖合海域における海洋物理環境動態についてのJCOPE2からの大規模な出力データを、主成分分析により次元圧縮して海域間の相関関係等を見通しやすくするためのツールを構築した。さらに、JCOPE2からの志津川沖合のリアルタイム・予報データを活用して、「例年と異なる現象」「異常な現象」とよべるような短期的かつ特異的な海洋環境変動のイベントを自動的に検出するための基礎的検討と位置付け、ハイパスフィルターを適用した検出ツールを作成した。これらのツールについては、特に、特異的事象を捉えるための閾値設定や判定方法についての検討が引き続き課題である。

(5) まとめ・今後の課題

- ① 志津川湾における現地調査と実験より、同湾内・湾口付近における海洋物理環境と脂肪酸をはじめとした粒状有機物の化学組成の時空間変動パターンに関する知見が集積された。そして、一次生産される海水中粒状有機物の脂肪酸組成は、特にN/Pに大きく影響をうけることがわかった。さらに、粒状有機物の脂肪酸組成は、酸素消費活性とともに湾内地点間、水深方向、季節間で大きく変化しており、そのパターンが明らかとなった。脂肪酸組成が有機物の呼吸・酸素消費活性を捉える有効な指標となりうることも示された。
- ② 同湾において注目すべき海洋物理学的な事象が整理された。特に、海洋長期再解析データからは、長期的な水温の上昇傾向と水温環境の年変動が、湾内での連続観測からは短期的な水温躍層の形成と、一時的な鉛直方向へ均質化された水温分布の形成が捉えられた。それらの事象に対して、粒状有機物の量・質および活性がどの程度速やかに応答するのかやその生態影響については、本研究での調査期間や時間解像度が不十分であったため、引き続き検討を要する。
- ③ JCOPE2による同湾湾口付近水温の推定精度が良好であることが確認された。今後はリアルタイム・予報の出力結果をオンラインで取り込みながら、粒状有機物組成のモニタリングと組み合わせて、湾内環境・生態学的過程の応答予測や漁業施業へのフィードバック等の活用を具体的に検討することが期待される。

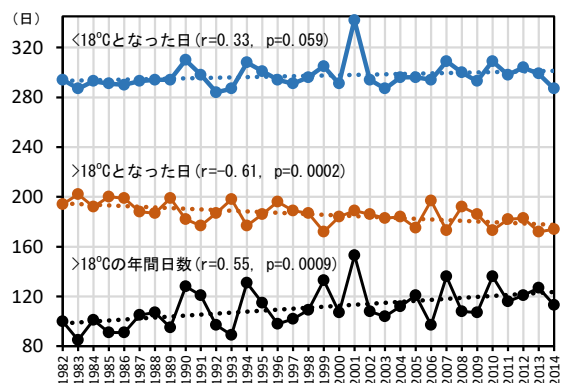


図7 志津川湾沖の海水温が18°Cを上回る/下回る時期 (FORA-WNP30データより算出)

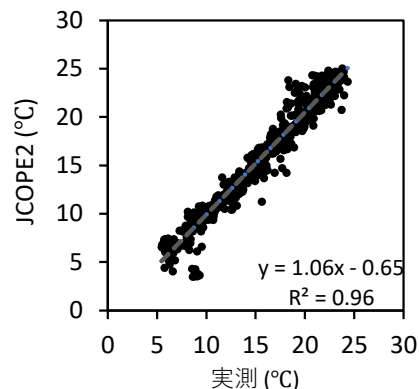


図8 志津川湾口表層の海水温実測結果とJCOPE2による湾口付近表層の海水温推定結果の関係 (2018年1月～2019年10月のデータに基づく)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Hatakeyama Yuji, Kawahata Tatsuya, Fujibayashi Megumu, Nishimura Osamu, Sakamaki Takashi	4. 巻 254
2. 論文標題 Sources and oxygen consumption of particulate organic matter settling in oyster aquaculture farms: Insights from analysis of fatty acid composition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Estuarine, Coastal and Shelf Science	6. 最初と最後の頁 107328 ~ 107328
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecss.2021.107328	査読の有無 有
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 Filgueira Ramon, Guyondet Thomas, Thupaki Pramod, Sakamaki Takashi, Grant Jon	4. 巻 288
2. 論文標題 The effect of embayment complexity on ecological carrying capacity estimations in bivalve aquaculture sites	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Cleaner Production	6. 最初と最後の頁 125739 ~ 125739
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jclepro.2020.125739	査読の有無 有
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 該当する
1. 著者名 Sakamaki T, Hayashi K, Zheng Y, Fujibayashi M, Nishimura O	4. 巻 644
2. 論文標題 Effects of oyster age on selective suspension-feeding and the chemical composition of biodeposits: insights from fatty acid analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Marine Ecology Progress Series	6. 最初と最後の頁 75 ~ 89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3354/meps13359	査読の有無 有
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 野中健太郎, 藤林恵, 松野匠, 西村修, 坂巻隆史	4. 巻 75
2. 論文標題 志津川湾の湾奥河口部と湾中部における動物群集のトロフィックマーカー組成の比較	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集G (環境)	6. 最初と最後の頁 255-263
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 畠山勇二, 川畑達矢, 西村修, 坂巻隆史	4. 巻 75
2. 論文標題 内湾のカキ養殖場における沈降有機物の起源と酸素消費速度	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集G (環境)	6. 最初と最後の頁 289-298
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 大原光司, 湯上洋平, 藤林恵, 西村修, 坂巻隆史	4. 巻 75
2. 論文標題 脂肪酸組成分析を利用した内湾の一次生産に及ぼす湾外起源水混合の影響評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集G (環境)	6. 最初と最後の頁 375-384
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 大原光司, 湯上洋平, 川畑達矢, 藤林恵, 西村修, 坂巻隆史	4. 巻 74
2. 論文標題 脂肪酸組成分析を利用した内湾一次生産の制限因子の評価	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集G (環境)	6. 最初と最後の頁 53-62
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 川畑達矢, 藤林恵, 湯上洋平, 西村修, 坂巻隆史	4. 巻 74
2. 論文標題 海水中粒状有機物の化学組成と酸素消費に及ぼすカキ養殖場の影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集G (環境)	6. 最初と最後の頁 63-72
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 小笠原央輔, 畠山勇二, 西村修, 坂巻隆史
2. 発表標題 内湾の粒状有機物の沈降過程における酸素消費と化学組成の変化
3. 学会等名 土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野中健太郎, 松野匠, 西村修, 坂巻隆史
2. 発表標題 志津川湾におけるトロフィックマーカーを用いた食物網構造解析
3. 学会等名 日本水環境学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大原光司, 山口慶, 西村修, 坂巻隆史
2. 発表標題 河川からの無機栄養塩供給が内湾の脂肪酸生産におよぼす影響
3. 学会等名 日本水環境学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山口慶, 大原光司, 西村修, 坂巻隆史
2. 発表標題 内湾の粒状有機物生産におよぼす栄養塩添加パターンの影響
3. 学会等名 土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 湯上洋平, 大原光司, 西村修, 坂巻隆史
2. 発表標題 志津川湾奥部の脂肪酸生産に及ぼす湾外からの窒素・リン流入の影響
3. 学会等名 日本水環境学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川畑達矢, 畠山勇二, 西村修, 坂巻隆史
2. 発表標題 脂肪酸分析を用いた内湾カキ養殖場の粒状有機物動態と酸素消費への影響評価
3. 学会等名 日本水環境学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 畠山勇二, 川畑達矢, 西村修, 坂巻隆史
2. 発表標題 カキ養殖場から発生する沈降有機物の空間的起源と酸素消費速度
3. 学会等名 土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Sakamaki, Tatsuya Kawahata, Youhei Yugami, Megumu Fujibayashi, Osamu Nishimura
2. 発表標題 The dynamics of particulate organic matter and implications for sustainable oyster aquaculture in Shizugawa Bay
3. 学会等名 The 12th International Conference on the Environmental Management of the Enclosed Coastal Seas (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Youhei Yugami, Koji Ohara, Osamu Nishimura, Takashi Sakamaki
2. 発表標題 Effects of river and offshore water on primary production in the inner part of Shizugawa Bay
3. 学会等名 The 12th International Conference on the Environmental Management of the Enclosed Coastal Seas (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Sakamaki, Megumu Fujibayashi
2. 発表標題 Testing connections of an inner-bay food web system with riverine material inputs
3. 学会等名 ASLO Summer Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tatsuya Kawahata, Youhei Yugami, Osamu Nishimura, Takashi Sakamaki
2. 発表標題 Assessing the dynamics of particulate organic matter and potentials of hypoxia formation in oyster farms of Shizugawa Bay
3. 学会等名 The 12th International Conference on the Environmental Management of the Enclosed Coastal Seas (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Takashi Sakamaki, Osamu Nishimura	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 8
3. 書名 Section 2.5. Is the Forest a Lover of the Sea?; Organic Matter. Integrated Coastal Management in the Japanese Satoumi; Restoring Estuaries and Bays, Ed. Tetsuo Yamanagi	

1. 著者名 坂巻隆史, 西村修	4. 発行年 2019年
2. 出版社 公益財団法人国際エメックスセンター	5. 総ページ数 14
3. 書名 森は海の恋人か, 持続可能な沿岸海域実現を目指した沿岸海域管理手法の開発 (柳哲雄編著)	

[産業財産権]

[その他]

-

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	野崎 真也 (Shinya Nozaki) (00390568)	琉球大学・工学部・准教授 (18001)	
研究分担者	野村 宗弘 (Munehiro Nomura) (70359537)	東北大学・工学研究科・助教 (11301)	

	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	宮澤 泰正 (Miyazawa Yasumasa)	国立研究開発法人海洋研究開発機構	
研究協力者	石川 洋一 (Ishikawa Youichi)	国立研究開発法人海洋研究開発機構	
研究協力者	立入 郁 (Tachiiri Kaoru)	国立研究開発法人海洋研究開発機構	

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
研究協力者	藤林 恵 (Fujibayashi Megumu)	九州大学	

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			
カナダ	Dalhousie University			