

令和2年度漁場環境改善推進事業のうち
栄養塩、赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発

(1) 栄養塩の水産資源に及ぼす影響の調査 報告書

令和3年3月

国立研究開発法人水産研究・教育機構
国立大学法人香川大学
国立大学法人愛媛大学
兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター
和歌山県水産試験場
香川県水産試験場
一般社団法人全国水産技術協会

目 次

I. 本事業の目的および実施概要	1
II. 令和2年度成果報告	5
1) 栄養塩等の水質環境が沿岸海域の漁業生産に及ぼす影響の解明	
ア. 栄養塩等の水質環境が二枚貝等の餌となる底生性の微細藻類に及ぼす 影響の解明	7
イ. 栄養塩等の水質環境が二枚貝の生産量に及ぼす影響の解明	
① 播磨灘北西部における陸域からの栄養塩供給が二枚貝養殖漁場の生産力に 及ぼす影響の解明	20
② 紀伊水道の栄養塩環境が二枚貝生産に及ぼす影響解明	28
③ 瀬戸内海の栄養塩環境が二枚貝生産に及ぼす影響の評価	37
ウ. 栄養塩等の水質環境が藻場の生物生産力等に及ぼす影響の解明	44
エ. 栄養塩等の水質環境が植物プランクトン等の低次生産に及ぼす影響の解明	53
2) 栄養塩等の水質環境が小型魚類の生産量に及ぼす影響の解明	
ア. 栄養塩等の水質環境が小型魚類の餌料環境に及ぼす影響の解明	61
イ. 水質環境及び餌料環境と小型魚類生産量との因果関係の評価	71
3) 栄養塩管理方針の検討	80
III. 令和2年度栄養塩の水産資源に及ぼす影響の調査事業検討会	99

I . 本事業の目的および実施概要

本事業の目的および実施概要

事業の目的

近年、内海を中心としてノリをはじめとする養殖藻類の色落ち、二枚貝や小型魚類等の水産資源の減少など生産力の低下が顕著となっており、栄養塩の減少や偏在による生態系への影響が指摘されている。特に、瀬戸内海では貧栄養化による漁業生産の低迷が懸念されており、栄養塩濃度と漁業生産の因果関係についての科学的な検証が喫緊の課題となっている。また、平成 27 年 10 月に施行された改正瀬戸内海環境保全特別措置法では、瀬戸内海における栄養塩類の減少、偏在等の実態の調査、それが水産資源に与える影響に関する研究に努めることとされており、瀬戸内海における栄養塩類の管理の在り方についての検討が求められている。

そこで、本業務では、国立研究開発法人水産研究・教育機構、国立大学法人、県、一般社団法人から組織される研究機関が、瀬戸内海を主要なフィールドとして調査・研究を実施することにより、栄養塩が一次生産を通じてより高次の水産資源に与える影響を調査し、適切な栄養塩管理に資することを目的とする。

事業の内容

1) 栄養塩等の水質環境が沿岸海域の漁業生産に及ぼす影響の解明

ア. 栄養塩等の水質環境が二枚貝等の餌となる底生性の微細藻類に及ぼす影響の解明

潮間帯および潮下帯において底生性の微細藻類および各種環境要因の現場観測を行い、得られたデータから底生性の微細藻類の動態に影響を与える環境要因を抽出する。また、実環境中および研究室内で培養試験を行うことで栄養塩等が底生性の微細藻類の生産に与える影響を調べる。以上の現場観測および培養試験の結果を総合して水質等の環境要因が底生性の微細藻類に及ぼす影響を明らかにする。

イ. 栄養塩等の水質環境が二枚貝の生産量に及ぼす影響の解明

① 播磨灘北西部における陸域からの栄養塩供給が二枚貝養殖漁場の生産力に及ぼす影響の解明

播磨灘北西部沿岸海域（姫路～赤穂市）では、二枚貝養殖漁業（マガキ、アサリ）が盛んである。本研究では貧栄養化が課題となっている播磨灘で、偏在的に生産性の高い当海域の漁場環境特性（陸域からの栄養塩供給及び餌料環境等）を明らかにすることによって、兵庫県瀬戸内海域における今後の栄養塩管理のあり方を考える材料とする。本研究では、漁場の物質循環のうち陸域から漁場への栄養塩供給及び餌料環境に焦点をあてた調査とする。

② 紀伊水道の栄養塩環境が二枚貝生産に及ぼす影響解明

海域における栄養塩等の水質環境が二枚貝の生産性に及ぼす影響を解明するため、二枚貝漁場周辺海域における栄養塩・餌料等の水質等環境調査を実施するとともに、アサリ等二枚貝を用いた飼育試験を実施する。これらの調査により得られた栄養塩濃度や餌料環境、二枚貝の成長量等のデータを解析し、海域の栄養塩動態と二枚貝の生産性との関係を把握する。

③ 瀬戸内海の栄養塩環境が二枚貝生産に及ぼす影響の評価

これまでの浅海定線調査や環境省のデータなどを活用し、瀬戸内海のアサリ、ハマグリなどの二枚貝漁場をモデル海域として栄養塩類と二枚貝生産量の関係を解析する。既往知見に最新データを用いた解析を行うとともに、本事業で得られた成果を加え、最終的には瀬戸内海の二枚貝の生産に及ぼす栄養塩の影響を評価する。

ウ．栄養塩等の水質環境が藻場の生物生産力等に及ぼす影響の解明

近年の瀬戸内海の水質環境の変化が藻場（アマモ場・岩礁性藻場）の低次生産、餌料供給機能、有用水産生物の育成機能に及ぼす影響を、既往データの収集と解析、現地調査および操作実験等により明らかにする。低栄養塩化が進む沿岸生態系における藻場の意義を評価するとともに、藻場の生物生産力を適切に維持するために必要な栄養塩環境について提言を行う。

エ．栄養塩等の水質環境が植物プランクトン等の低次生産に及ぼす影響の解明

栄養塩等の水質環境が瀬戸内海における低次生物生産の質および量に及ぼす影響を明らかにするために、環境の異なる複数海域で各種珪藻休眠期細胞密度の分布や植物プランクトン群集のサイズ組成等について調査を行う。また、優占する珪藻類の生理・生態特性等について培養試験で調べる。これらの成果から、水質環境が珪藻類の出現種や発生量および植物プランクトン群集のサイズ組成に与える影響を検討する。また、既往データの収集および解析を行い、瀬戸内海における栄養塩等の水質環境の変動要因を明らかにする。

2) 栄養塩等の水質環境が小型魚類の生産量に及ぼす影響の解明

ア．栄養塩等の水質環境が小型魚類の餌料環境に及ぼす影響解明

湾・灘における餌料生物の時空間変動を調べる。そのことによって対象水域の餌料環境の特性を明らかにし、さらに年代間や海域間における変動傾向を明らかにする。また種毎の餌料生物の重要性の差異を明らかにするために、小型浮魚の胃内容物調査を行い、得られたデータを活用することで、数値生態系モデル等によって栄養塩および低次生態系の時空間変動について解析する。

イ．環境及び餌料環境と小型魚類生産量との因果関係の評価

鰥灘およびその周辺海域での海洋環境調査およびカタクチイワシの卵仔魚、成熟・産卵などの調査を進め、過去の調査結果と比較しながら、海洋環境と加入豊度との関連性を検証する。また、農林水産統計のデータベースや既往知見等を利用し、湾・灘の小型浮魚の漁獲量と海洋環境条件の関係などの経年変異を調べる。さらに、既存の生態モデルに使われている生物特性のパラメータを精査し、必要に応じてその情報を飼育実験等により更新する。最終的に得られた情報を統合し、鰥灘カタクチイワシをモデルケースとした魚類生産と貧栄養化の関係について考察を進める。

3) 栄養塩管理方針の検討

平成 29 年度には全国の 14 の内湾において、栄養塩と漁業との関連および栄養塩の偏在等による漁業上の問題点等を把握するための実態調査が行われている。本検討では、将来的に内湾漁業生産管理モデルを構築し、適切な栄養塩管理方策を策定することを目的としている。平成 30 年度は、平成 29 年度に実態調査が行われた中から博多湾をモデル海域に選定し、現地調査を実施してモデル構築に必要なデータ等を取得した。平成 31 年度は、取得した現地調査および既往データを活用して内湾漁業生産管理モデルを構築し、再現計算を行った。令和 2 年度は、下水処理場からの負荷量を変化させた感度解析を行い、博多湾の栄養塩管理に基づく望ましい漁業、養殖業のあり方を検討する。

Ⅱ．令和 2 年度成果報告

課題番号：1) -ア

課題名：栄養塩等の水質環境が二枚貝等の餌となる底生性の微細藻類に及ぼす影響の
解明

水産研究・教育機構 水産技術研究所

松原 賢，阿保勝之，阿部和雄

香川大学農学部

一見和彦，山口一岩

【背景・目的】

近年、我が国沿岸域ではアサリを始めとする二枚貝の水産資源が減少しており、その要因の一つとして餌料生物の不足が指摘されている。二枚貝の餌料生物として、水柱に浮遊する植物プランクトンに加え、潮間帯・潮下帯に生息する底生性の微細藻類が重要であると考えられる。これらのうち植物プランクトンについては、瀬戸内海沿岸の各府県等の観測結果から、栄養塩濃度の低下に伴い、とりわけ浅海域において減少している可能性が指摘されている。一方、底生性の微細藻類については、出現種やその現存量に関する基礎的な情報すら不足しており、栄養塩を始めとした環境変化に対する応答は不明である。そこで本課題では、底生性の一次生産者に焦点を当て、既往の観測データを解析すると共に、潮間帯・潮下帯に生息する優占種の増殖特性および底生性微細藻類の沈降特性や付着特性等を把握し、さらにマイクロゾム試験等の現場培養試験、定期および短期集中型のフィールド観測を実施することで、栄養塩等の水質環境が底生性の微細藻類の動態に及ぼす影響を解明し、二枚貝等の餌料環境を保つための適正な栄養塩管理モデルの構築に資することを目的とする。

【方法】

(1) 底生性微細藻類の栄養塩応答の解明

ア) 2020 年夏期に、新川河口干潟 (図 1) で優占する底生珪藻を新たに単離し、3 種の培養株を得た。これらの培養株について、 NH_4 濃度として 0~250 μM の 9 段階、 PO_4 濃度として 0~25 μM の 9 段階で培養を行い (20°C ないし 30°C, 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)、各濃度区の比増殖速度 (μ/d) から最大増殖速度に対する半飽和定数 (K_μ) を算出した。また昨年度までに得た底生珪藻 2 株についても同条件により栄養塩応答試験を実施した。

イ) 現場干潟の栄養塩濃度を測定する目的で、新川河口干潟域において毎月 1 回の頻度で干潮時と満潮時 (表層および海底直上海水) に海水試料を採取し、平成 30 年度から本年度まで DIN 濃度、 PO_4 濃度および DSi 濃度について 3 ヶ年分のデータセットを得た。

ウ) 河口干潟、前浜干潟に代表される様々な潮間帯において栄養塩濃度と底生性微細藻の現存量にどの程度の関連性があるのか検証する目的で、昨年度に引き続き 2020 年 4 月および 9 月に香川県沿岸域の複数の潮間帯 (図 1) において、表層堆積物中の Chl *a* 含量と直上海水中の栄養塩濃度を測定した。また、各調査地点における表層堆積物の粒度組成についても篩法により解析を行った。

(2) 底生性微細藻類の増殖抑制因子の解明

昨年度および一昨年度の観測結果から、水産技術研究所廿日市拠点（広島県廿日市市丸石）に近接する干潟（以降、丸石干潟）では、夏季に底生性微細藻類が減少する傾向が確認された。この要因として、夏季に海域で繁茂する植物プランクトンからの増殖抑制と高温・強光による増殖抑制が考えられた。そこで本年度は、これらの要因について室内試験で検討した。

ア) 植物プランクトンからの増殖抑制

試験には 2019 年 10 月に丸石干潟（図 2）から単離した、*Nitzschia longissima*（底生微細藻類）および *Chaetoceros socialis*（植物プランクトン）の培養株を用いた。*N. longissima* および *C. socialis* をそれぞれ初期密度 300 cells/mL および 1,800 cells/mL となるように塩分 32 の改変 SWM-3 培地に単独および混合で接種し、20℃、光量子束密度（PPDF）600 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、明暗周期 12 hL : 12 hD の条件下で培養した。経時的に両種の細胞密度を調べることで、*C. socialis* から *N. longissima* への増殖抑制作用の有無を調べた。

イ) 高温・強光による増殖抑制

試験にはア) と同じ *N. longissima* 培養株を用いた。培養温度 20℃ および 30℃、PPDF は 0, 10, 40, 90, 300, 600, 900, 1,200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、明暗周期 12 hL : 12 hD の条件下で *N. longissima* を培養し、経時的に細胞密度を調べた。得られた細胞密度のデータから、各培養条件下における *N. longissima* の最大増殖速度を算出し、高温による増殖抑制および高温条件下での強光阻害の有無を調べた。

(3) 潮間帯一潮下帯における微細藻類群集の現場動態

ア) 広島県廿日市市の干潟域における観測

2020 年 5 月から 12 月にかけて月に一度、丸石干潟における干潟観測と、水産技術研究所廿日市拠点のポンツーン（図 2）における表層水の観測を行った。干潟における観測項目は、泥温、水位 5 cm および 50 cm 時の干潟直上水の水温、塩分、栄養塩濃度、表層 0～5 mm の干潟堆積物および各干潟直上水における微細藻類の現存量（Chl *a* 濃度・含量）、サイズ組成および生物組成とした。なお、水位 50 cm 時の干潟直上水のサンプリングは 6 月より開始した。ポンツーンの表層水における観測項目は水温、塩分、栄養塩濃度、微細藻類の現存量（Chl *a* 濃度）およびサイズ組成とした。干潟堆積物は 10 mL シリンジをカットして作成した小型コアで採取した。水位 5 cm 時の干潟直上水およびポンツーン表層水はバケツで、水位 50 cm 時の干潟直上水は干潟上にシリコンチューブを設置してハンドポンプで吸引することで採取した。干潟の泥温は棒状温度計で測定し、干潟直上水およびポンツーンの表層水の水温、塩分はポータブル水質計（YSI, Pro30）で、栄養塩濃度はオートアナライザー（BL TEC, QuAAtro 39）で測定した。干潟堆積物は分析に先立ち、ろ過海水に懸濁後に静置して上清と沈殿物に分けた。そして上清はサイズ分画（0.2～2, 2～10, 10～20, >20 μm ）後に、沈殿物はそのまま Chl *a* 濃度および含量の測定に供した。また、上清に含まれる微細藻類の種組成を光学顕微鏡観察により調べた。干潟直上水およびポンツーンの表層水における微細藻類の現存量、サイズ組成および生物組成（ポンツーン表層水は除く）は上清と同様の方法で調べた。

イ) 潮下帯に生息する底生性微細藻類の現場動態

昨年度に引き続き、志度湾の Stn. S（図 1：水深約 6 m）において毎月 1 回の頻度で水柱光量子量の測定と海底泥の採取を行った。海底泥については柱状堆積物の表層から 1 cm 深までと 5 mm 深までを分取し、前者については間隙水中の栄養塩濃度（DIN, PO_4 および DSi）を測定した。また、後者については Chl *a* 含量を測定すると共に、蛍光顕微鏡を用いて底生珪藻

の計数を行った。得られた底生珪藻の生息密度とそれに対する栄養塩濃度および海底到達光量との相関性を検証することで、底生珪藻の増減に関わる物理化学環境因子を評価した。また、レンズティッシュ法により収集した底生珪藻を用いて 1 細胞当たりの平均 Chl *a* 含有量を見積もり、生息密度を乗じることで、堆積物中の Chl *a* 現存量に対する底生珪藻の寄与率について解析を行った。

【結果】

(1) 底生性微細藻類の栄養塩応答の解明

ア) 新川河口干潟域で分離された底生珪藻の NH_4 濃度および PO_4 濃度に対する半飽和定数 K_μ (μM) を表 1 に示す。今年度、新たに分離された底生珪藻は *Nitzschia* 属ないし *Cylindrotheca* 属であり、各培養株の NH_4 濃度に対する半飽和定数は $0.20 \mu\text{M} \sim 2.25 \mu\text{M}$ 、同様に PO_4 濃度に対する半飽和定数は $0.01 \mu\text{M} \sim 0.19 \mu\text{M}$ であった。豊富な栄養環境にある河口干潟に生息する底生珪藻は比較的高い半飽和定数を有すると予想されたが、 NH_4 濃度および PO_4 濃度に対するそれは沿岸性の植物プランクトンと類似する値を示し、比較的低栄養環境に適応した増殖ポテンシャルを有することが明らかとなった。

イ) 調査干潟における 3 ヶ年の栄養塩動態の観測として、満潮時および干潮時における DIN 濃度は $1.2 \sim 19.1 \mu\text{M}$ および $4.9 \sim 169 \mu\text{M}$ 、 PO_4 濃度のそれは $0.3 \sim 1.7 \mu\text{M}$ および $1.2 \sim 8.0 \mu\text{M}$ 、DSi 濃度のそれは $5.7 \sim 41.0 \mu\text{M}$ および $13.8 \sim 161 \mu\text{M}$ で推移し、観測のほぼ全期間を通して窒素が微細藻類の増殖に対する第一制限要因であった（図 3：窒素が第一制限要因であったため、図には窒素濃度の変動のみ示した）。また、DIN 濃度、 PO_4 濃度ともに常にア) で示した半飽和定数の濃度を上回っていることから、本調査干潟に生息する底生珪藻は周年を通して栄養塩不足による増殖律速を受けていないと考えられた。

ウ) 香川県下の 7 か所の潮間帯において表層堆積物の Chl *a* 含量と海底直上水の栄養塩濃度を観測した結果、相対的に栄養塩濃度が低い前浜干潟および洲（有明浜、父母ヶ浜、白方海岸、園の洲）では Chl *a* 含量も低く、栄養塩濃度が高い河口干潟（綾川、新川、鴨部川の各河口域）では Chl *a* 含量が高い明瞭な傾向が認められた（図 4）。また、堆積物の粒径が小さいほど Chl *a* 含量が高い傾向にあることが報告されているが（Underwood and Kromkamp, 1999）、本研究ではそのような傾向は認められなかった（図 5）。

以上より、豊富な栄養環境にある河口干潟では栄養塩による増殖律速を受けていないが、現存する面積が河口干潟よりも大きく比較的营养塩濃度が低い前浜干潟では、底生微細藻の現存量が栄養塩濃度により制御されている可能性が示唆された。

(2) 底生性微細藻類の増殖抑制因子の解明

ア) 植物プランクトンからの増殖抑制

図 6 に単独培養および混合培養における *Nitzschia longissima* および *Chaetoceros socialis* の細胞密度の経時変化を示す。*N. longissima* は *C. socialis* と混合培養すると培養 3 日目以降、単独培養した場合よりも細胞密度が低くなったが、それでも培養 6 日目には $109,000 \text{ cells/mL}$ に達しており、*C. socialis* からの著しい増殖抑制作用は確認されなかった。一方、*C. socialis* は *N. longissima* と混合培養しても単独培養した場合と変わらない増殖を示した。

イ) 高温・強光による増殖抑制

図 7 に 20°C および 30°C の各 PPDF 条件下における *N. longissima* の増殖速度を示す。 20°C で

は、PPDF の上昇に伴い増殖速度が高くなる傾向を示し、900 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ で 2.5 div./d の最高値を示したが、1,200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ では 2.0 div./d と低下した。30°C では、300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ で 2.8 div./d の最高値を示し、それより PPDF が高い区では PPDF の上昇に伴い増殖速度が低下したが、1,200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ でも 2.4 div./d の増殖速度が保たれており、高温・強光による著しい増殖抑制は確認されなかった。

以上のことから、夏季に繁茂する植物プランクトンや高温・強光が丸石干潟における底生微細藻類の増殖を抑制している可能性は低いことが推察された。今後は、夏季に現場で繁茂するアオサ等が底生性の微細藻類に与える影響について検討する予定である。

(3) 潮間帯一潮下帯における微細藻類群集の現場動態

ア) 広島県廿日市市の干潟域における観測

図 8 に丸石干潟の泥温、各干潟直上水およびポンツーンの表層水における水温、塩分および各種栄養塩濃度の変動を示す。泥温、水位 5 cm 時および 50 cm 時の干潟直上水、ポンツーンにおける水温はそれぞれ 10.5~31.5°C、14.0~30.5°C、14.6~29.5°C、16.1~29.5°C の範囲で変動した。5 月から 11 月までは泥温が水温よりも 0.4~4.5°C 高く、12 月は泥温が水温よりも 3.5°C 以上低くなった。水位 5 cm 時および 50 cm 時の干潟直上水、ポンツーンにおける塩分はそれぞれ 15.8~27.6、15.5~28.5、15.7~28.6 の範囲で変動した。令和 2 年 7 月豪雨の影響で、7 月の塩分は 16 未満まで低下した。栄養塩については、DIN、DIP とともに水位 5 cm 時の干潟直上水で高い傾向を示した。水位 5 cm 時の干潟直上水では 8 月以降、その他は 9 月以降に DIN、DIP とともに上昇傾向を示した。

図 9 に堆積物全体（上清+沈殿物）、上清、各干潟直上水およびポンツーンの表層水における Chl *a* 含量および濃度の変動を示す（干潟直上水以外は、2018、2019 年度の結果も合わせて示す）。堆積物全体における Chl *a* 含量は 0.4~2.1 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ の範囲で変動した。2018、2019 年度は 5 月から 6 月に高く 7 月以降に低下し、その後 12 月まで低濃度で推移するというパターンを示したが、2020 年度は 5 月の Chl *a* 含量が例年になく低かった。上清における Chl *a* 濃度は 0.2~1.2 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ の範囲で変動し、堆積物全体の Chl *a* 含量と類似した季節変動を示した。水位 5 cm 時および 50 cm 時の干潟直上水の Chl *a* 濃度はそれぞれ 2.5~22.6 $\mu\text{g}/\text{L}$ および 1.8~9.6 $\mu\text{g}/\text{L}$ の範囲で変動し、水位 5 cm 時よりも 50 cm 時の Chl *a* 濃度が低い傾向を示した。水位 50 cm 時の Chl *a* 濃度は、ポンツーンの Chl *a* 濃度と有意な正の相関を示した ($R^2=0.854$, $p<0.01$)。ポンツーンにおける Chl *a* 濃度は 1.0~12.7 $\mu\text{g}/\text{L}$ の範囲で変動し、2020 年度は 10 月にも 8.8 $\mu\text{g}/\text{L}$ と高い値が確認されたが、これは *Pseudo-nitzschia* 属の増加によるものである（データ未記載）。

図 10 に上清、各干潟直上水およびポンツーンの表層水における微細藻類群集のサイズ組成の変動を示す。上清では 5 月を除き 10~20 μm サイズの割合が高かったが、干潟直上水およびポンツーンでは >20 μm サイズの割合が高くなるが多かった。

図 11 に 6 月から 12 月の上清および各干潟直上水における、鞭毛藻類、浮遊性の微細藻類、浮遊性と底生性の両方の性質をもつ微細藻類（ここでは中間と標記する）、底生性の微細藻類の割合と、全微細藻類の細胞密度の変動を示す。また、底生性の微細藻類については、科レベルで分類した組成の変動も図 12 に示す。上清においては、8 月を除き底生性の微細藻類が優占していた。一方、両干潟直上水においては、7 月から 10 月は浮遊性の微細藻類が優占しており、11 月以降に底生性の微細藻類の割合が大きくなった。上清における微細藻類の細胞

密度は観測期間を通じて 10,000 cells/cm² を上回っていた。6 月から 7 月にかけての底生性の微細藻類の細胞密度は概ね半分程度に減少しており、2018、2019 年度に見られた夏季の底生性微細藻類の減少は今年度も確認された。科レベルで分類した底生性の微細藻類の組成に着目すると、上清においては *Navicula* 科が常に優占していた。一方、干潟直上水においては 6 月から 10 月は *Bacillaria* 科 (*Nitzschia* 科) が優占することがほとんどであり、11 月以降に *Navicula* 科の割合が大きくなった。

今年度は、5 月の堆積物全体の Chl *a* 含量が例年になく低かった。別予算で実施した 2020 年 2 月から 4 月の観測の結果、2 月の堆積物全体における Chl *a* 含量は 3.0 µg/cm² を上回っていたが、3 月には 1.0 µg/cm² 未満に低下しその後は横ばいであった。この 2 月から 3 月にかけての減少が 2020 年に特異的か否か、またその理由については現段階では不明であり、今後も周年の観測データを蓄積し解析する必要がある。

今年度は新たに、アサリ等の二枚貝が実際に濾水を開始すると想定される、水位 50 cm 時の干潟直上水のサンプリングも実施した。6 月から 10 月の上清および水位 50 cm 時の干潟直上水における生物組成を見ると、上清、すなわち干潟堆積物中には底生性の微細藻類が多く存在していたが、実際に二枚貝が取り込むことが想定される干潟直上水中には浮遊性の微細藻類が優占していた。このことから、丸石干潟のような前浜干潟においては、夏から秋にかけて底生性の微細藻類はあまり再懸濁されず、二枚貝の餌としては浮遊性の微細藻類が重要である可能性が考えられた。一方、11 月以降になると干潟直上水においても底生性の微細藻類が優占するようになった。この要因として、浮遊性の微細藻類の現存量が減少したことに加え、底生性の微細藻類が 10 月までよりも再懸濁されやすくなったことが考えられた。干潟直上水における底生性の微細藻類の組成を見ると、*Bacillaria* 科よりも付着力が強い *Navicula* 科の割合が 11 月以降に上がっていることから、11 月以降底生性の微細藻類の付着力が低下し再懸濁されやすくなった可能性が考えられた。懸濁物食者である二枚貝類の餌料環境を評価するうえで、干潟堆積物中の底生性の微細藻類が再懸濁されやすいか否かは重要である。今後は、栄養塩濃度や水温等が底生性の微細藻類の付着力に与える影響について検討を進める予定である。

イ) 潮下帯に生息する底生性微細藻類の現場動態

底生珪藻の生息密度と海底到達光量の季節変動を図 13 に示す。3 ヶ年の観測結果から、2019 年の夏季を除き、底生珪藻の生息密度は冬季から春季にかけて高く、海底到達光量は春季に高い明瞭な傾向が認められた。2018 年～2019 年は底生珪藻の細胞密度と海底到達光量に有意な相関関係が認められたが、2020 年は冬季～春季を主に両者の同調性が見られなかった (図 14)。一方で底生珪藻の生息密度と栄養塩濃度の変動傾向については、いずれの栄養塩とも相関関係は認められなかった (図 15)。以上の結果から、底生珪藻現存量の増減は基本的には海底到達光量に依存していると考えられるが、今後、二次生産者による捕食圧等も考慮する必要があると考えられた。

2020 年における表層堆積物の Chl *a* 現存量と、底生珪藻の 1 細胞当たり Chl *a* 含有量 (mgChl*a*/cell) × 生息密度(cells/m²)により算出された底生珪藻由来の Chl *a* 現存量を図 16 に示す。2020 年の Chl *a* 現存量は 1 月から徐々に低下していく傾向にあったが、底生珪藻由来の Chl *a* 現存量もほぼ同調して低下する傾向にあり、全 Chl *a* 現存量のおおよそ 40%を占めると見積もられた。以上の結果は、底生珪藻が底生生態系の一次生産者として重要な生物群

であること示すものである。

【参考文献】

Underwood G.J.C. and Kromkamp J. Primary production by phytoplankton and microphytobenthos in estuary. *Advances in Ecological Research*, **29**, 93-153, 1999.



図1 観測を実施した潮間帯および潮下帯の定点

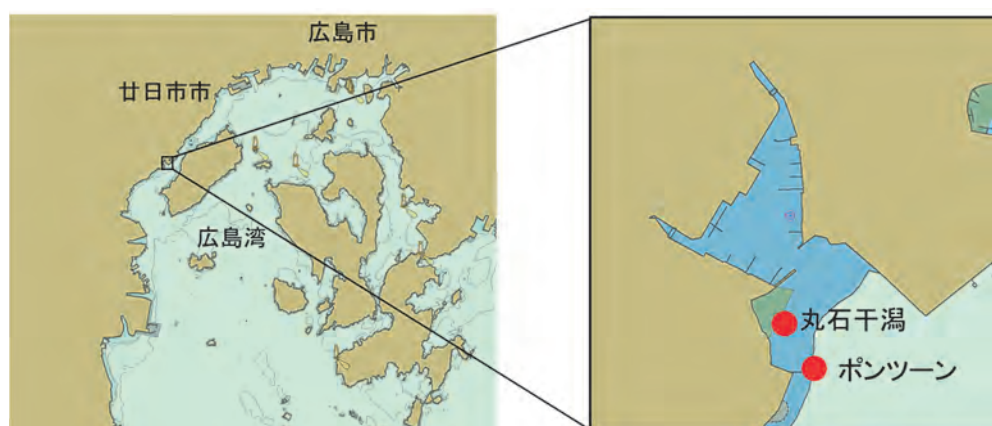


図2 広島県廿日市市の観測定点

表 1 新川河口干潟で優占する底生珪藻の半飽和定数

試験種	温度(°C)	半飽和定数 $K_{\mu}(\mu\text{M})$	
		N	P
<i>Nitzschia longissima</i>	20	0.77	0.10
<i>N. dublifformis</i>	20	0.56	0.06
<i>N. traheaformis</i>	20	0.33	0.19
<i>N. flustulum</i>	20	0.32	0.01
	30	0.20	0.04
<i>Cylindrotheca</i> sp.	20	2.25	0.14
	30	1.62	0.16
* 平均値		0.86	0.10

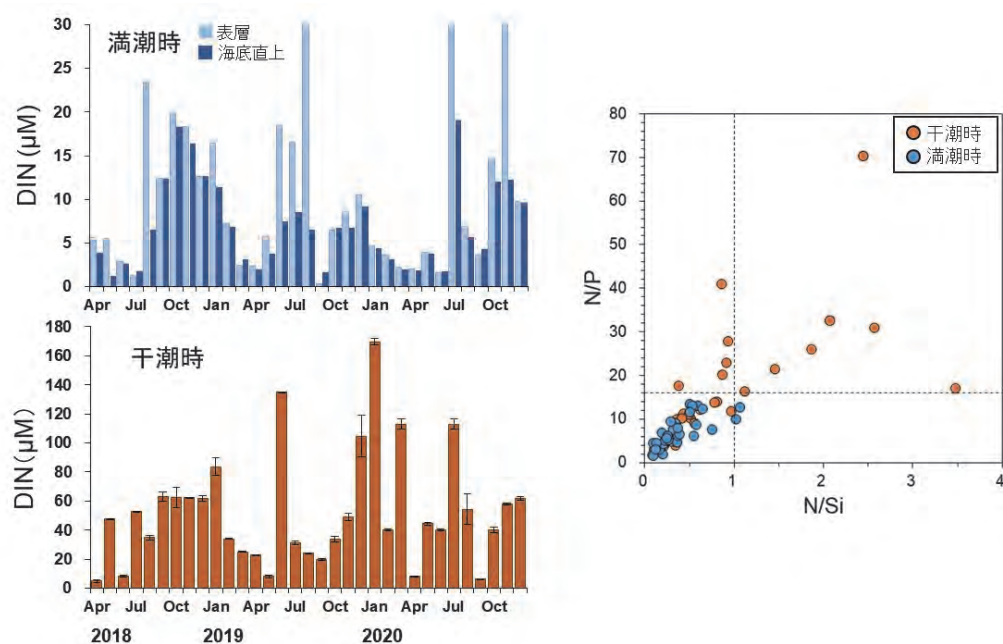


図 3 新川河口干潟 (Stn. B) における海水中の DIN 濃度 (左上：満潮時，左下：干潮時) と栄養塩組成比 (右：破線は植物プランクトンの化学組成比の $\text{N/P}=16$ および $\text{N/Si}=1$ を示す)

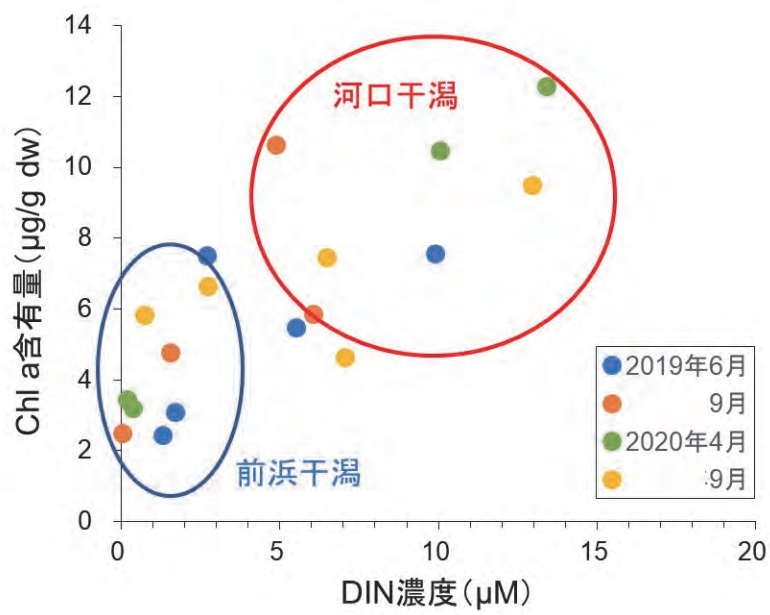


図4 複数の潮間帯で観測された海底直上水の DIN 濃度に対する表層堆積物の Chl *a* 含量

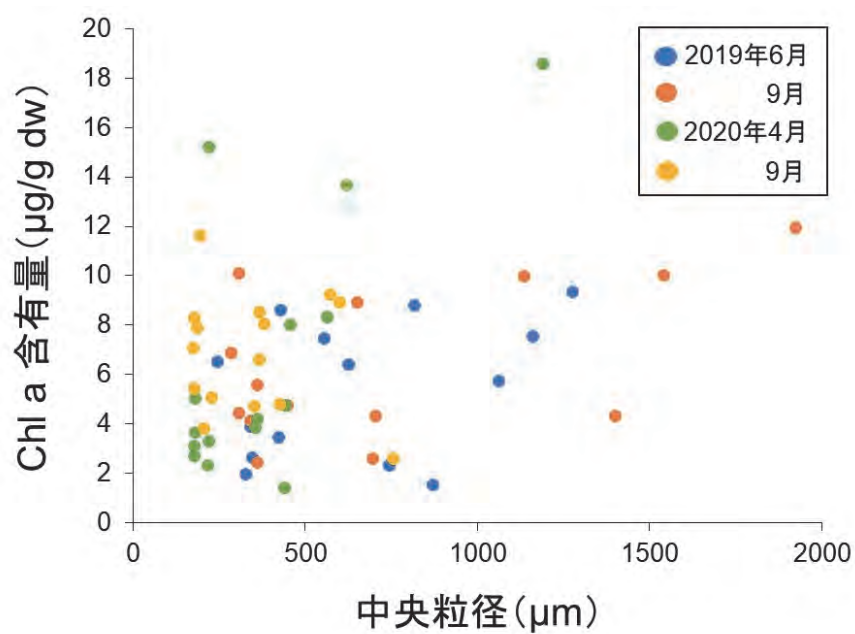


図5 複数の潮間帯で観測された表層堆積物の中央粒径に対する Chl *a* 含量

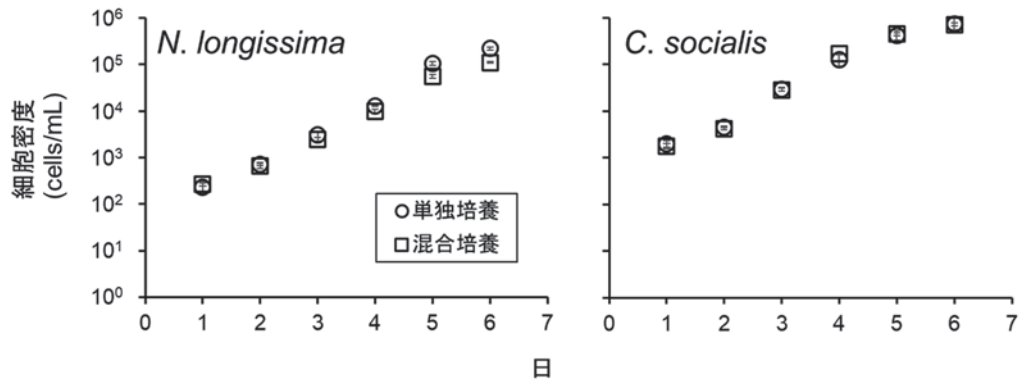


図6 単独培養および混合培養における *Nitzschia longissima* および *Chaetoceros socialis* の細胞密度の経時変化

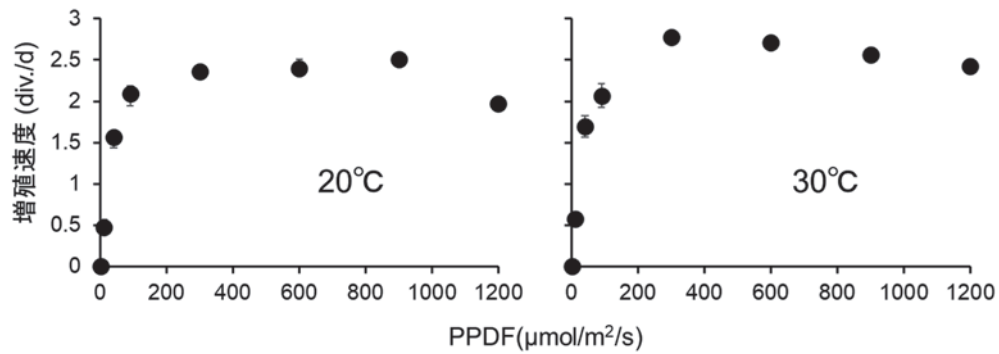


図7 20°Cおよび30°Cの各PPDF条件下における *Nitzschia longissima* の増殖速度

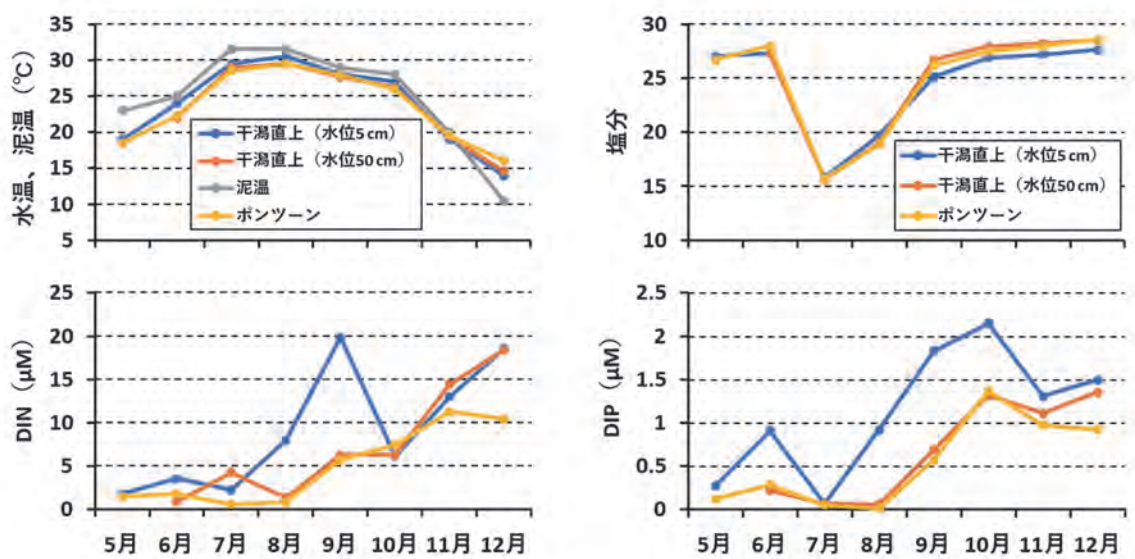


図8 2020年5月から12月の丸石干潟域における水温、泥温、塩分、DIN、DIPの変動