

図4 培地の連続供給による培養試験。*Nitzschia dubiiformis* を用い、20°C、150 μmol/m²/s (12 : 12 LD) で実施

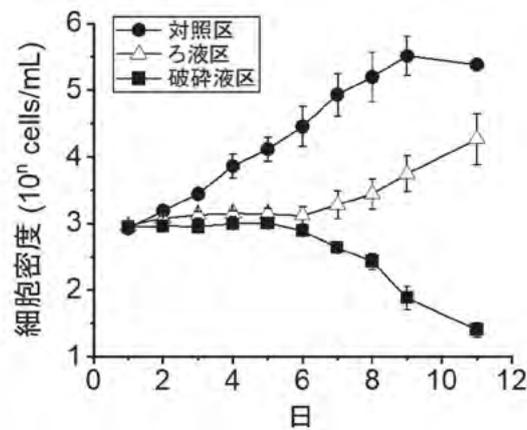


図5 対照区，ろ液区，破碎液区における *Nitzschia longissima* の細胞密度の経時変化

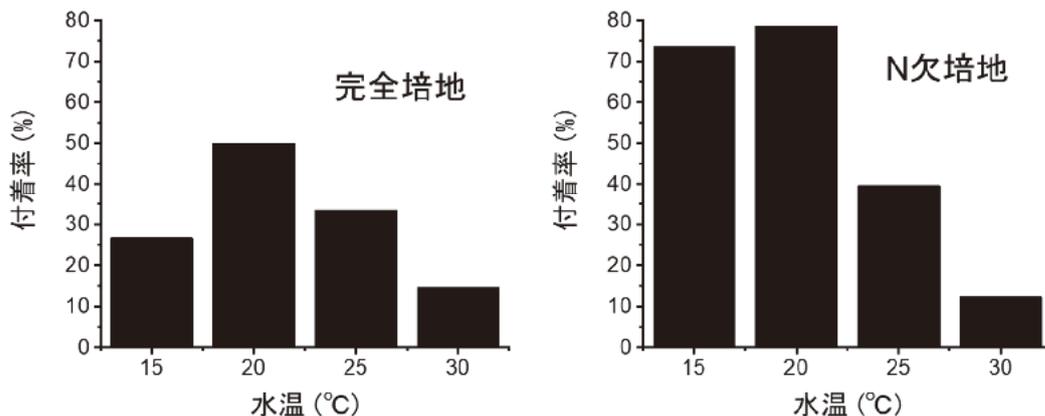


図6 完全培地およびN欠培地で培養した *Navicula* sp.の各水温における付着率

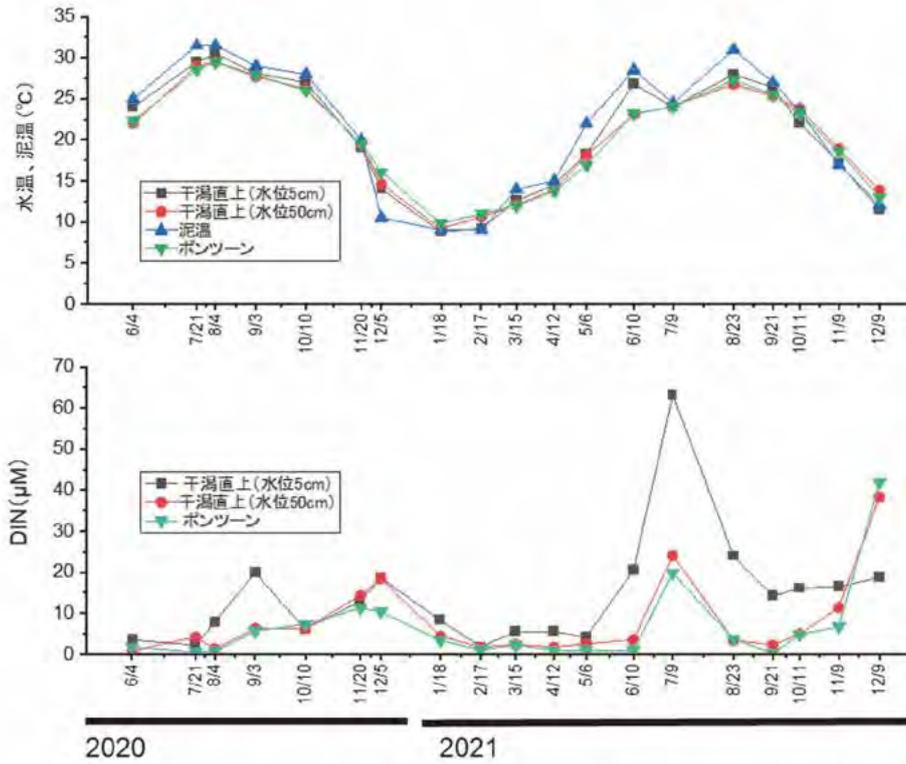


図7 2020年6月から2021年12月の丸石干潟域における水温、泥温およびDINの変動

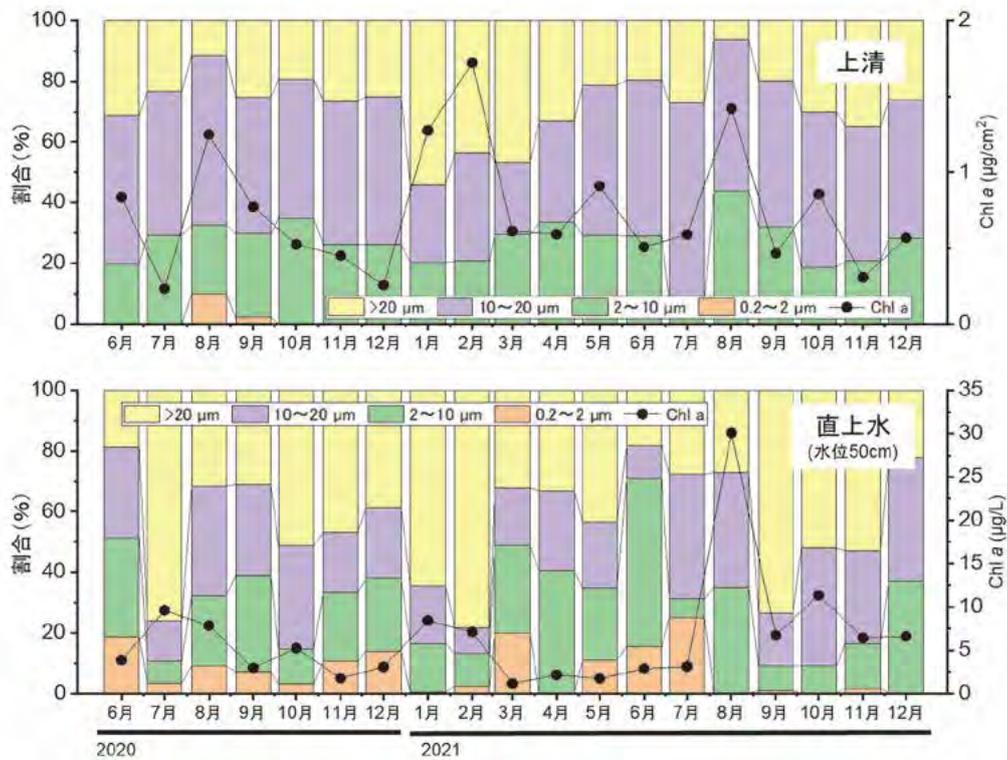


図8 2020年6月から2021年12月における干潟堆積物から得られた上清および水位50cm時の干潟直上水における微細藻類群集のサイズ組成とChl a濃度の変動

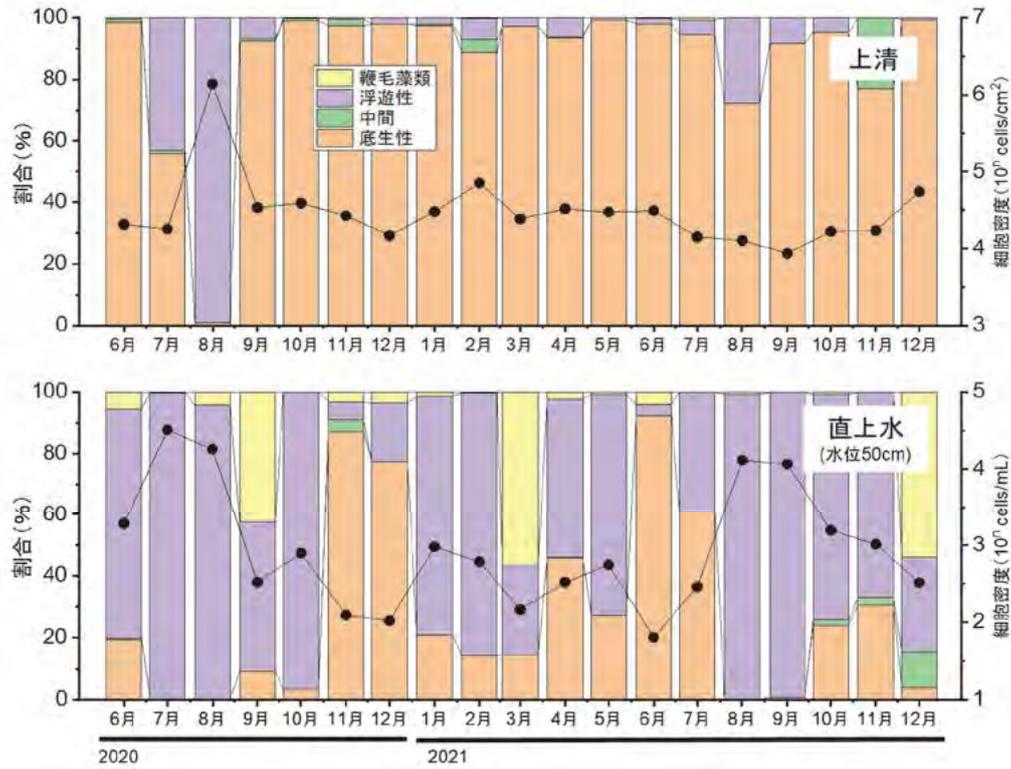


図9 2020年6月から2021年12月における干潟堆積物から得られた上清および水位50cm時の干潟直上水における微細藻類の生物組成と細胞密度の変動

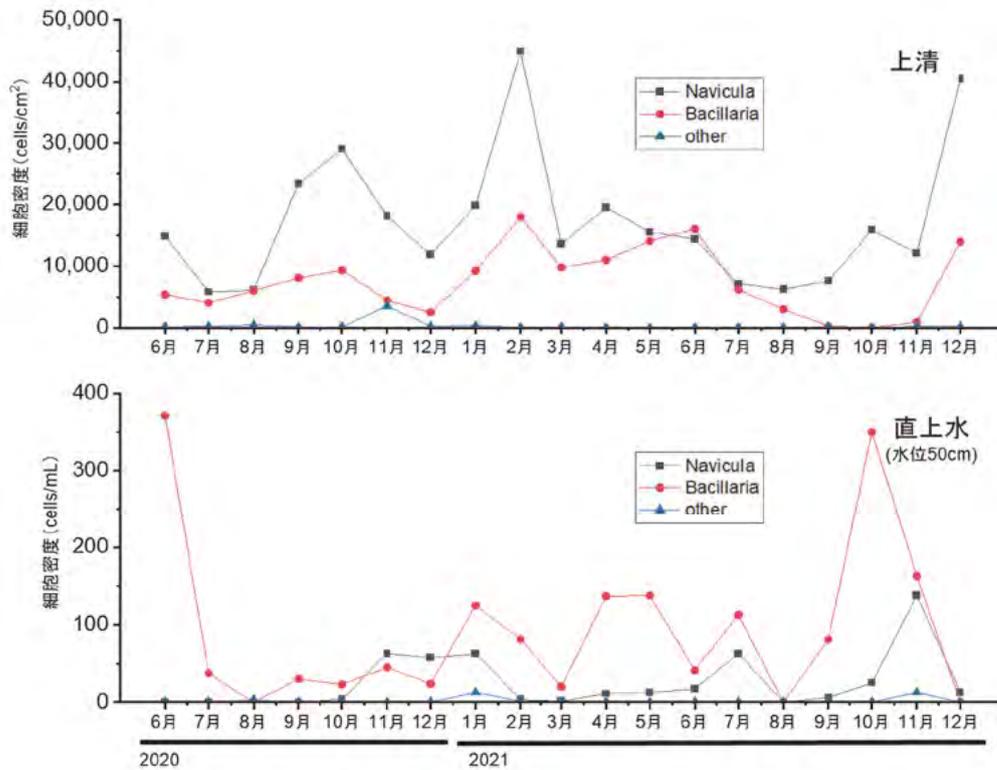


図10 2020年6月から2021年12月における干潟堆積物から得られた上清および水位50cm時の干潟直上水における底生性の微細藻類の細胞密度の変動

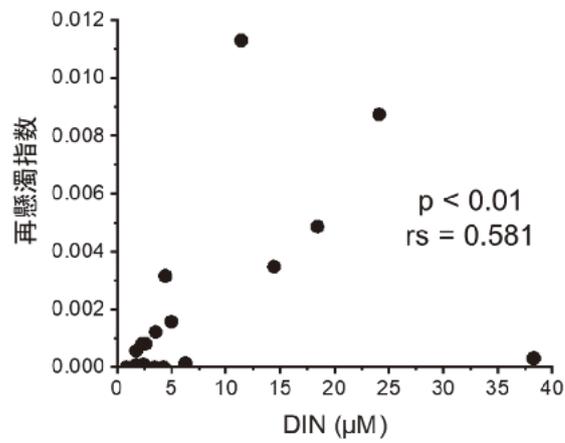


図 11 水位 50 cm 時の干潟直上水における DIN 濃度と *Navicula* 科の再懸濁指数との関係

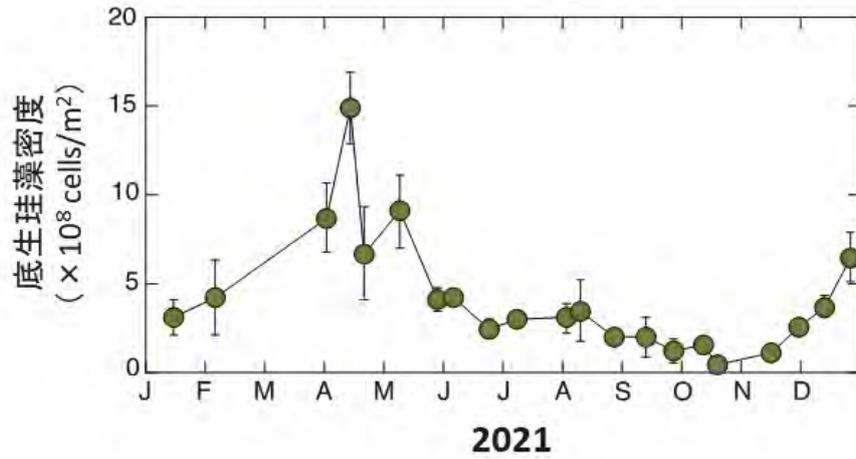


図 12 Stn. S における底生珪藻密度の季節変動

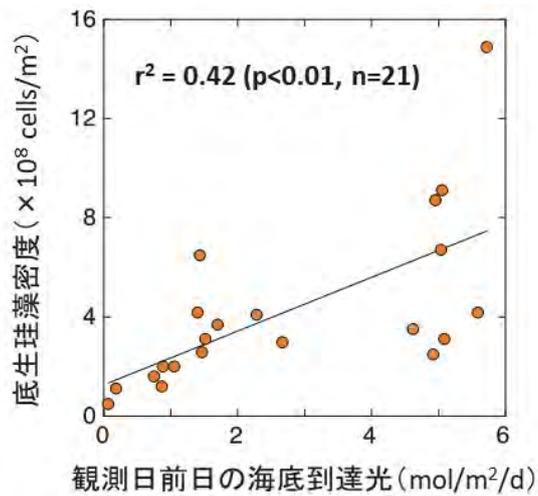


図 13 Stn. S における底生珪藻密度と海底到達光量の関係 (2021 年)

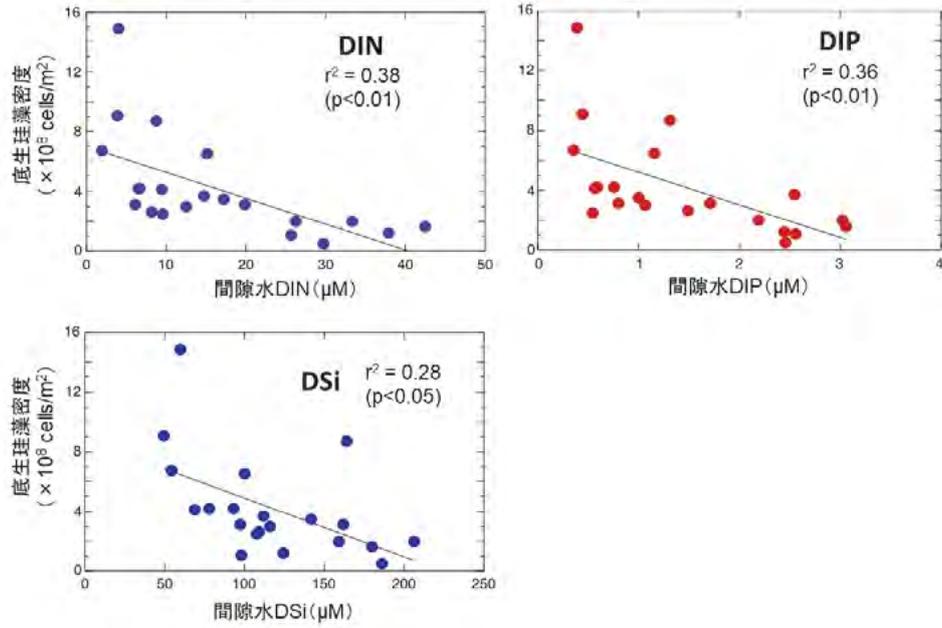


図 14 Stn. S における底生珪藻密度と間隙水栄養塩濃度の相関性 (2021 年)

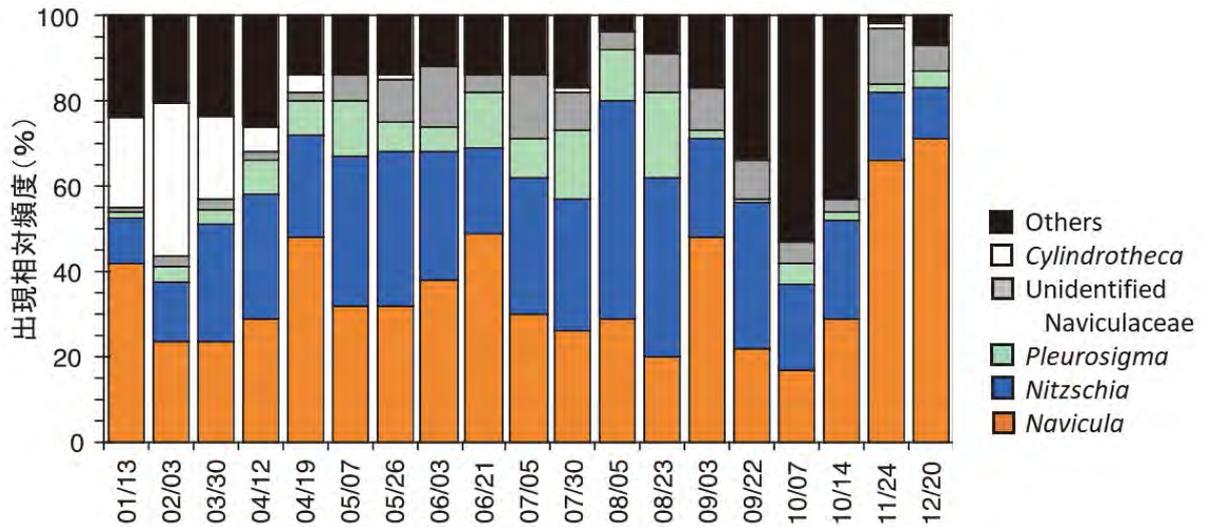


図 15 Stn. S で出現した微細藻類の季節変動

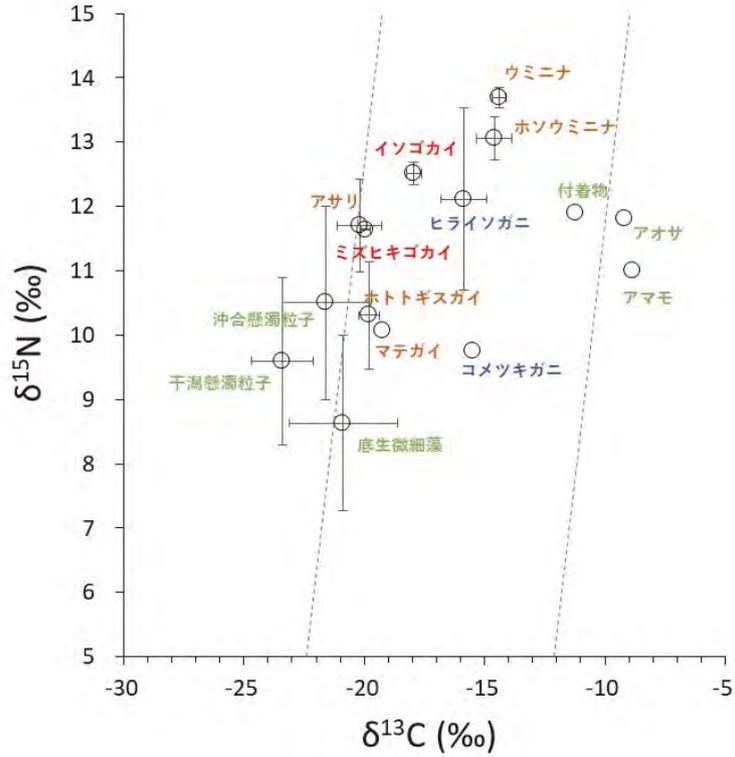


図 16 新川河口域に生息する生物群の安定同位体比マップ（底生微細藻以外の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 値は本事業の成果とは異なる）

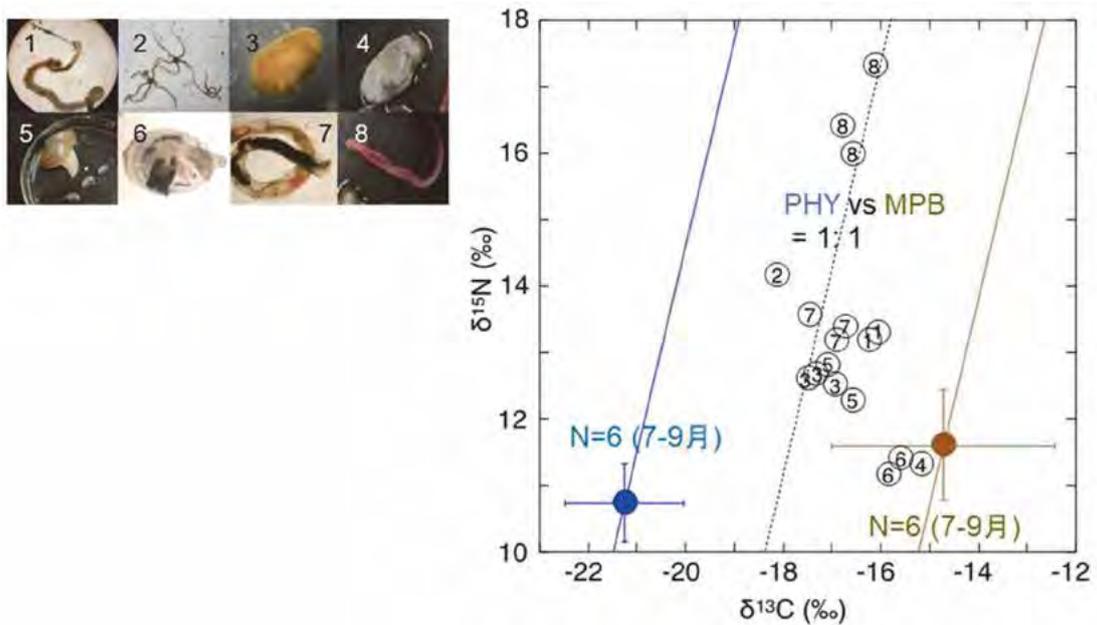


図 17 志度湾 Stn. S 付近に生息する生物群の安定同位体比マップ（●：懸濁粒子，●：石面付着有機物，①～⑧：底生動物試料）

課題番号：1) -イ-①

課題名：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

兵庫県立農林水産技術総合センター 水産技術センター
高倉良太，岡本繁好，原田和弘，宮原一隆

【背景・目的】

兵庫県の播磨灘北西部沿岸は，マガキやアサリ等の二枚貝類養殖が盛んである。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二枚貝類養殖漁場の環境特性（陸域からの栄養塩供給および餌料環境等）を，現場調査や数値シミュレーション等から解析することによって，栄養塩等の水質環境が漁場の生産力に与える影響を明らかにする。本事業では当漁場の栄養塩動態のうち，陸域からの栄養塩供給に焦点を当てて調査を進める。得られた成果は，播磨灘（兵庫県海域）の水質（栄養塩）管理の検討資料として活用する。

2021年度は，播磨灘広域水質調査，二枚貝養殖漁場調査，マガキ養殖漁場比較試験および二枚貝養殖漁場の栄養塩動態に関する数値シミュレーションを実施した。なお，二枚貝養殖漁場の栄養塩動態に関する数値シミュレーションについては，本事業の他の課題「1) -イ-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」に記載した。

【方法】

(1) 播磨灘広域水質調査

播磨灘全体からみた北西部沿岸域の漁場環境特性を把握するため，播磨灘の14定点において2021年4月から毎月上旬に1回水質を調査した。観測項目は，透明度，水温，塩分，栄養塩類およびクロロフィル *a* である。なお，今年度の調査結果については，西方隣接海域からの影響を確認するため，岡山県農林水産総合センター水産研究所から提供頂く結果と併せて次年度に解析する。また，岡山県東部海域の既存観測値（19定点，2015～2020年，岡山県データ）と兵庫県海域（14定点）の値を併せて，播磨灘北西部の栄養塩類やクロロフィル *a* の動向について解析した（図1）。

(2) 二枚貝養殖漁場調査

河川水等の陸域から供給された栄養塩が，養殖漁場の餌料環境に与える影響を把握するため，千種川河口周辺海域（兵庫県赤穂市地先）に定点を設けて定期調査を進めるとともに，赤穂御崎沖で連続観測を実施した（下記の a, b の調査）。また，西播磨沿岸における河川水以外の栄養塩供給源の有無について漁業者に対して聞き取り調査を実施した（下記の c の調査）。

(a) 千種川河口周辺海域の水質調査

兵庫県赤穂市地先の千種川河口周辺に設けた20定点（図2）において2021年7月から毎月1回水質を調査した。観測項目は，水温，塩分，栄養塩類およびクロロフィル *a* である。なお，千種川河川水の東側沿岸への波及を観察する目的で，観測は可能な限り下げ潮時（東流になると考えられる時間帯）に実施した。

(b) 養殖漁場における連続観測

赤穂市赤穂御崎沖の二枚貝養殖漁場周辺の区第64号の定点（図3）において，2021年10

月 26 日～11 月 9 日の 15 日間、海面下約 50 cm に観測機器を設置し、流向流速、水温、塩分および硝酸塩を連続観測した。流向流速および水温、塩分は 10 分、硝酸塩は 30 分間隔で計測した。取得したデータは、調査定点の硝酸塩動向に大きな影響を与えられとされる千種川河川水の影響を見るため、塩分、東方分速について解析した。

(c) 養殖漁場周辺における聞き取り調査

2021 年 7 月に兵庫県姫路市から赤穂市に所在する漁業協同組合（JF 姫路市、JF 岩見、JF 室普、JF 相生、JF 赤穂市）に対し、西播磨沿岸（兵庫県たつの市～赤穂市）からの淡水流入、もしくは沿岸海底からの湧水等に関する情報について聞き取り調査を行った。

(3) マガキ養殖漁場比較試験

播磨灘北西部の養殖漁場環境が異なると推測される 2 海域においてマガキを飼育し、成長状態等を比較した。対象とした漁場は、北部沿岸の姫路市網干漁場（二枚貝養殖漁場区第 523 号内、網干区）と沖合の姫路市家島町西島の漁場である（区第 526 号内、西島区、図 3）。試験には広島県産種苗を用い、カゴ飼育を実施した。直径約 50cm の養殖カゴ（下部に 3.4kg の鉄製チェーン装着）にマガキ 40 個体を収容し、網干区は延縄式ロープ、西島区は筏から海面下約 1.5m に垂下した。なお、今年度はカゴ内でのマガキ同士の擦れ合いによる貝殻の摩耗を抑制するため、カゴ内にトリカルネットを設置し、その中にマガキを収容した。試験は 11 月から開始し、予定では 2022 年 3 月まで毎月 1 回 1 カゴずつ回収して成長に関する項目（殻高、殻長、殻幅、全重量および軟体部重量）を計測し、肥満度（軟体部重量÷（殻高×殻長×殻幅）×10⁵）を算出するとともに、表層水を採集して各態窒素、各態リンおよびクロロフィル a を分析する。また、目詰まりを防止するため新しいカゴと交換する。

【結果】

(1) 播磨灘広域水質調査

解析結果のうち、2020 年の表層水平分布を代表例として示す。兵庫県から岡山県に至る播磨灘北西部の表層塩分は、播磨灘北部沿岸の河口域および児島湾口の周辺海域で低い傾向を示した（図 4）。また、播磨灘中央部もしくは備讃瀬戸で塩分は高い傾向にあった。表層クロロフィル a 濃度は、兵庫県海域の播磨灘北部沿岸および児島湾口周辺海域で顕著に高い傾向を示した（図 5）。表層 DIN（溶存態無機窒素）濃度は季節変動のほか、植物プランクトンの発生状況や河川からの供給量によって変動していると考えられるが、播磨灘北部の河口域周辺および児島湾口で高い傾向を示す傾向にあった（図 6）。

これらの分布結果から、河川水等の陸水の影響を強く受ける播磨灘北部沿岸および児島湾口で塩分は低く、クロロフィル a や DIN 濃度は高い傾向を示すことが確認された。一方、隣接する岡山県海域から、播磨灘北西部の二枚貝養殖漁場（兵庫県海域）への直接的な影響を示唆する連続的な水質の分布は明確でなく、本県播磨灘北西部の二枚貝養殖は、県内の陸域負荷源からの栄養塩供給、およびそれに伴う一次生産により支えられていることが示唆された。

(2) 二枚貝養殖漁場調査

(a) 千種川河口周辺海域の水質調査

2021 年 7～12 月の観測結果のうち、表層塩分は千種川河口よりも西側の加里屋川河口を中心に低い傾向を示し、千種川の東側から沖合にかけて高い値を示した（図 7）。表層の全窒素

(TN) および溶存態窒素 (DIN) の濃度は、何れも加里屋川河口で高くなる傾向が見られた (図 8, 9)。表層のクロロフィル *a* 濃度は、11 月を除いて加里屋川河口で高い値を示し、沖合および東方海域で低い値を示した (図 10)。上記 4 つの観測項目の相関関係を調べた結果、TN と DIN 濃度の間には正の強い相関が認められ、塩分とクロロフィル *a* には負の相関が、TN とクロロフィル *a* には正の相関が認められた。

これらの結果から、当該海域では千種川よりも加里屋川経由の陸水 (赤穂下水管理センター処理水含む) が栄養塩類の起源として大きく影響していると考えられた。また、千種川および加里屋川経由の陸水の東側海域 (本県二枚貝養殖漁場) への波及は限定的で、千種川河口の南側から西側の海域に波及している可能性が高いと推察された。

(b) 養殖漁場における連続観測

流向流速と塩分を比較すると、東方流速が正のピーク値を示した後に塩分が低下する傾向が見られた。また、塩分と硝酸塩センサー値を比較すると、塩分が低下する際に硝酸塩センサー値は上昇する傾向が見られた (図 11)。

これらの結果は、観測定点では東流のピーク直後の時間帯に、塩分が低く、かつ硝酸塩濃度が高い水の影響を受けていることを示しており、千種川および加里屋川 (赤穂下水管理センター処理水含む) を主体とする観測定点西方の陸域から供給された水の影響を受けていることが示された。しかし、東流のピーク直後でも塩分濃度の低下がほとんど見られない場合があることや、塩分濃度の低下や硝酸塩センサー値の上昇の変化量が、過去の同様な観測 (平成 31 年度調査等) と比較すると小さな値であること等から、観測点よりも東側への陸水の影響は小さいと考えられる。

(c) 養殖漁場周辺における聞き取り調査

聞き取りを行った結果、陸域からの淡水流入や沿岸海底からの湧水に関する情報は得られなかった。なお、室津から坂越にかけての沿岸は地質が岩盤であるため、雨水は山肌を伝って直接海域に流入している事や、当該地域は生活用の井戸が多数ある事等の情報は得られた。また、いずれの二枚貝養殖漁場でも、漁業者は揖保川及び千種川由来の河川水が栄養塩供給源だと感じている様子であった。

これらの事から、兵庫県たつの市から赤穂市にかけての沿岸には河川以外の大きな栄養塩供給源がある可能性は低く、当該海域では揖保川や千種川等の河川水が生物生産に寄与していると考えられた。

(3) マガキ養殖漁場比較試験

2021 年 12 月および 2022 年 1 月の回収率は 100.0%、生残率は 95.0~100.0% になり、試験区の間で明確な差はなかった (表 1)。マガキの測定結果を図 12 に示した。今年度は、カゴ内でのマガキ同士の擦れ合いによる貝殻の摩耗を抑制するためトリカルネットを設置したが、波浪の影響を強く受ける網干区では貝殻の摩耗が認められ、殻高および殻長は 12 月、1 月とも西島区が有意に高い値を示した ($p < 0.01$)。一方、軟体部重量は 12 月には試験区の間で差はなかったが、1 月になると網干区が有意に値を示すようになった ($p < 0.01$)。また、肥満度は 12 月から網干区が有意に値を示した ($p < 0.01$)。なお、試験区表層のクロロフィル *a* 濃度は、12 月上旬を除いて網干区が西島区より高い値で推移していた (図 13)。

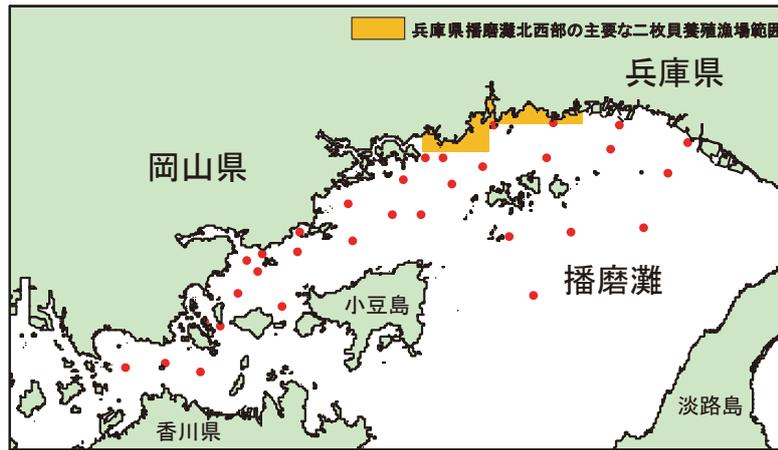


図1 播磨灘広域調査定点

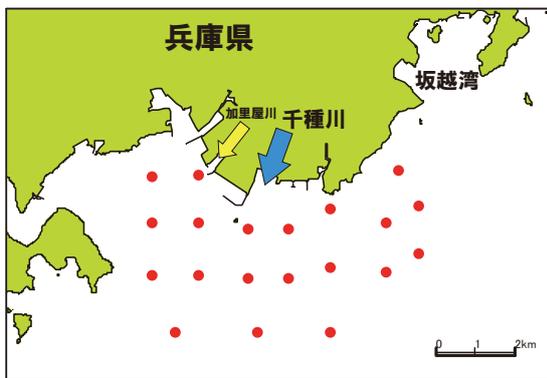


図2 播磨灘北部沿岸水質調査定点

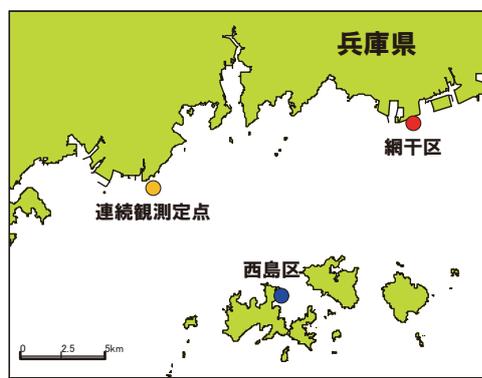


図3 連続観測, マガキ養殖漁場比較試験定点

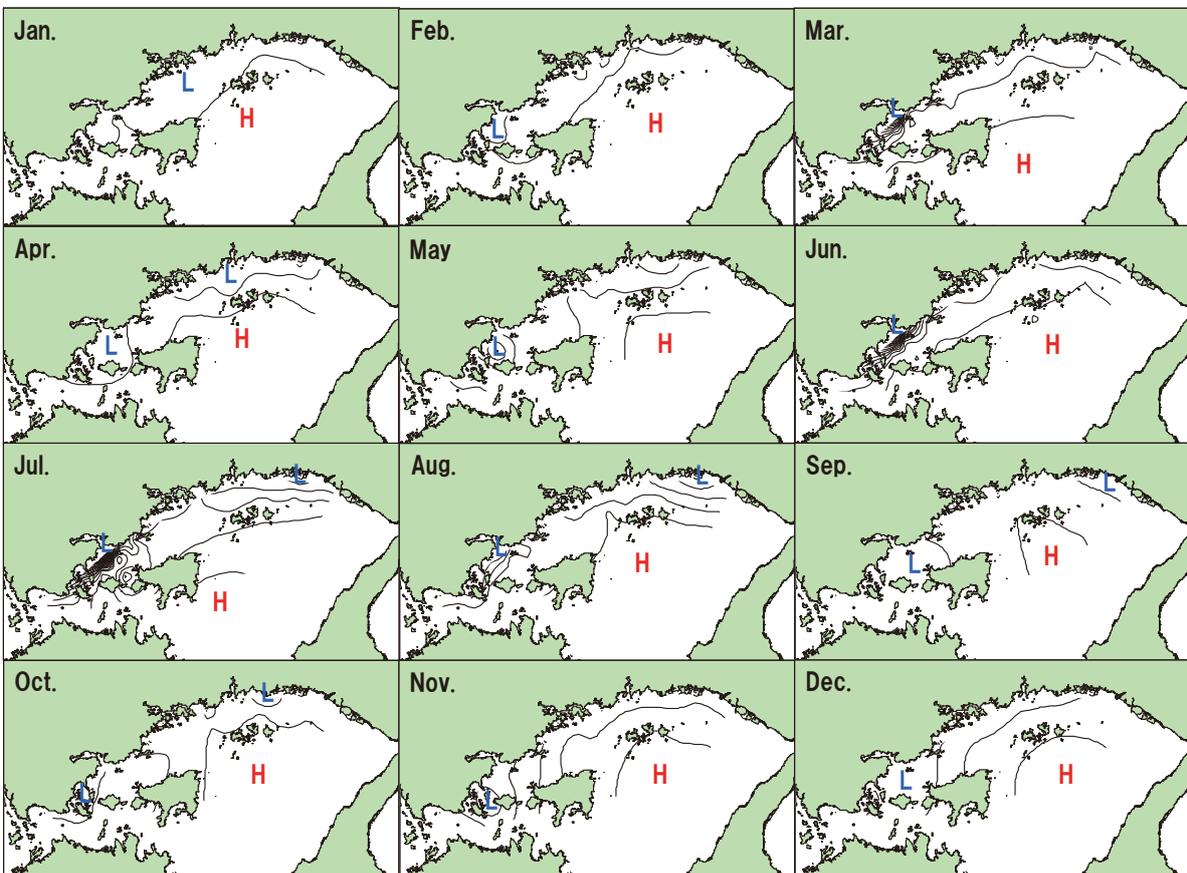


図4 播磨灘北西部の表層塩分分布 (2020年)