

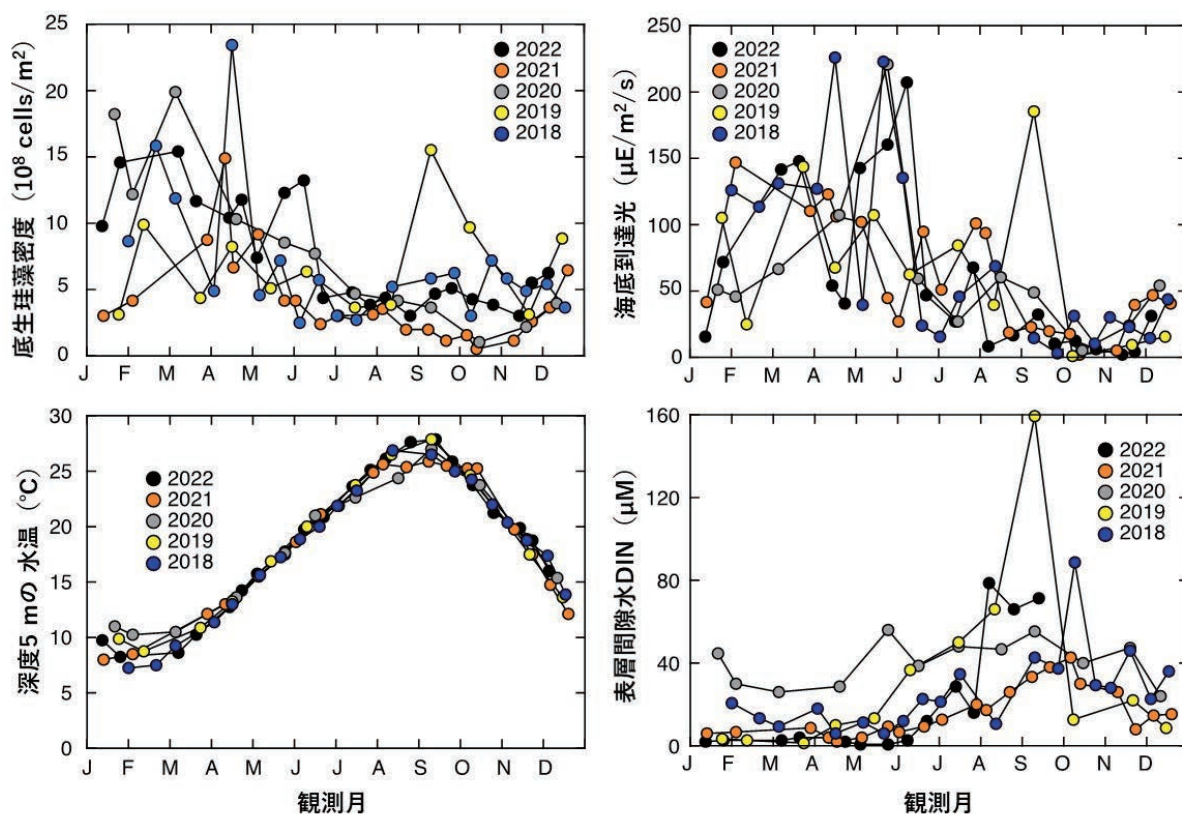


図 14 Stn. S における底生珪藻の生息密度と環境因子 (5 ヶ年)

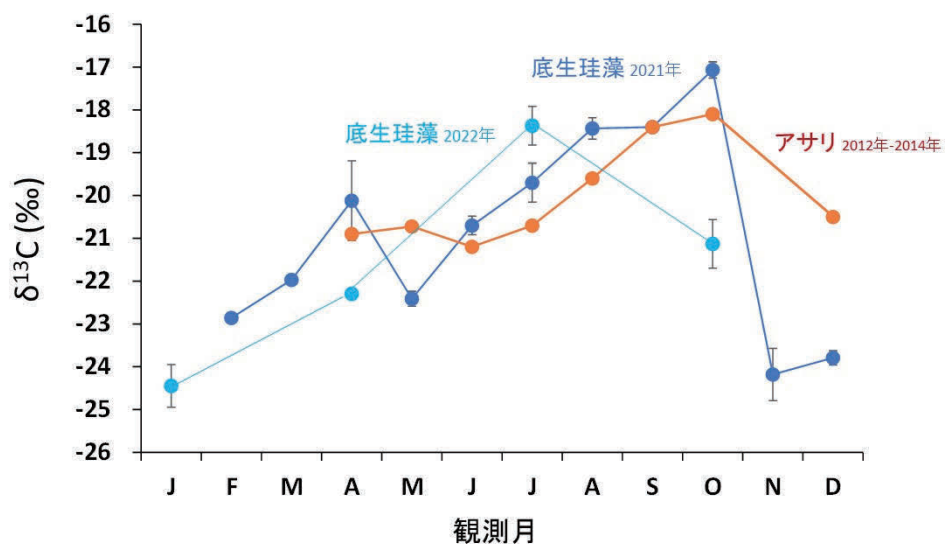


図 15 新川河口干潟 (Stn. B) に生息する底生微細藻とアサリの $\delta^{13}\text{C}$ 値の季節変動

【5 ヶ年で得られた成果のまとめ】

(1) 長期変動データの解析

底生微細藻類の現存量変動と環境因子の関連を解析するため、香川県高松市・新川河口干潟において 1990 年代から取得している観測データを用いて解析を行った。2015 年～2017 年に明瞭な減少傾向が認められるものの、調査干潟において表層堆積物中の Chl *a* 含量は 1990 年代から大きく変わっていないことが確認された。また Chl *a* 含量は梅雨時期を除く春期から夏期に高くなる傾向があり、底生微細藻類現存量の年間変動を制御する主要な環境因子は温度と光量であることが示唆された。

(2) 潮間帯および潮下帯に出現する底生微細藻類種および現存量の季節変動

広島県廿日市市・丸石干潟と香川県沿岸域・志度湾において底生微細藻類の種組成を調べた。その結果、丸石干潟（潮間帯、前浜干潟）では *Navicula* 科が周年を通して優占しており、*Nitzschia* 属を主な構成種とする *Bacillaria* 科がそれに続くことが確認された。改変レンズティッシュ法により表層堆積物の種組成を解析した志度湾（潮下帯）でも、*Nitzschia* 属と *Navicula* 属が通年の優占種であることが明らかとなった。現存量については、丸石干潟では、全底生微細藻類密度は秋から冬に増加する傾向が確認された。一方、新川河口干潟（潮間帯、河口干潟）における底生微細藻類の現存量は春期から夏期に高く、志度湾表層泥に生息する底生珪藻は、海底到達光量が多い晩冬から春にかけて高い明瞭な傾向が確認された。底生微細藻類の現存量の季節変動は、その生息域により大きく異なることが確認された。

(3) 底生微細藻類の栄養塩応答

ア) 潮間帯：底生微細藻類の栄養塩濃度に対する増殖応答を明らかにするため、複数種の底生珪藻について半飽和定数 (K_{μ}) を調べた結果、潜在的に植物プランクトンに類似する低い K_{μ} を有することが明らかになった。その一方で、様々な潮間帯における現場観測と連続培養試験から、栄養塩濃度の多寡により底生微細藻類の現存量が制御されている可能性が示唆された。

イ) 潮下帯：底生微細藻類の生息量は栄養塩濃度の高い高水温期には少なく、光の海底到達率が高い低水温期に多いことから、生息量変動には、栄養塩よりも光環境がより影響していることが示唆された。また生息量の多い低水温期には、底生微細藻類による栄養塩の取り込みが栄養塩環境に影響している可能性も示唆された。

ウ) 栄養塩と付着力：室内培養試験と現場観測の結果から、環境中の DIN 濃度が低下すると *Navicula* 科の増殖活性が低下することで付着力が高まり、水中に再懸濁されにくくなることが示唆された。このことから、DIN 濃度の低下は *Navicula* 科の再懸濁量を低下させ、二枚貝の餌料環境を悪化させる可能性が考えられた。

(4) 底生微細藻類の餌料としての重要性

新川河口干潟における定期観測により、底生珪藻とアサリの $\delta^{13}\text{C}$ 値は低水温期に低く、高水温期に上昇する連動性が認められたことから、年間を通して底生性の微細藻類が二枚貝の主要な餌料源になっていることが推察された。また志度湾における調査結果から、底生動物の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、懸濁粒子（水柱植物プランクトン）と付着有機物（底生微細藻）の中間値付近にあった。したがって底生動物は浮遊系と底生系の一次生産者をどちらも餌料として利用していると考えられたが、概して浮遊系よりも底生系の一次生産者への依存度がやや高いと考えられた。

課題番号：I－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，肥後翔太，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及び餌料環境等）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。

2022年度は，播磨灘広域水質調査（データ解析），二枚貝養殖漁場調査，マガキ養殖漁場比較試験を実施した。

【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及び西方隣接海域からの影響を把握するため，播磨灘の33定点（兵庫県海域14定点，岡山県海域19定点）において毎月1回観測した水質データを解析した。解析した期間は2015～2021年，観測項目は，塩分，栄養塩類及びクロロフィル *a* 濃度である。なお，岡山県海域の観測値は岡山県農林水産総合センター水産研究所から提供頂いた。

（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類が，養殖漁場の餌料環境に与える影響を把握するため，相生湾周辺（兵庫県相生市地先）に定点を設けて定期調査を進めるとともに，たつの市沖及び相生湾で自動観測機器により連続観測を実施した。

（a）相生湾周辺海域の水質調査

兵庫県相生市地先の相生湾周辺に設けた15定点（図2）において2022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，栄養塩類及びクロロフィル *a* である。なお，相生湾内の水が湾外へ波及する様子を観察する目的で，観測は可能な限り下げ潮時（南流になると考えられる時間帯）に実施した。

（b）養殖漁場周辺における連続観測

たつの市室津沖のノリ養殖漁場（区第60号，図3）において，2022年10月28日～11月10日の14日間，また，相生湾内の二枚貝養殖漁場（区第508号，図3）において，2022年11月25日～12月15日の21日間，海面下約50cmに自動観測機器を設置し，流向流速，水温，塩分及び硝酸塩を連続観測した。流向流速及び水温，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塩分，流向流速について解析した。

(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 の養殖カゴにマガキを収容し、網干区は延縄式ロープ、西島区は筏からいずれも海面下約 1.5m に垂下した。なお、昨年度は波浪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 40 個のマガキを収容したが、波浪の強い網干区では貝殻の摩耗が認められたことから、今年度は実際に養殖されている個数（190 個前後）を収容して試験を試みた。試験は 11 月から開始し、予定では 3 月まで毎月回収して、成長に関する項目（殻高、殻長、殻幅、全重量及び軟体部重量）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、グリコーゲン含量も分析する。また、表層水を採集して各態窒素、各態リン及びクロロフィル *a* を分析する。

【結果】

(1) 播磨灘広域水質調査

解析結果のうち、2021 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及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及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及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及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、及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) 相生湾周辺海域の水質調査

2022 年 7～12 月の観測結果のうち、表層塩分は常に湾外（播磨灘 15 定点平均値、浅海定線調査）よりも低い値を示し、8 月については降雨の影響が見られた（図 7）。表層の全窒素（TN）濃度は湾奥で高くなる傾向が見られた。表層の溶存態窒素（DIN）濃度は、8、11 月に相生下水管理センター放流口最寄りの定点（A02）で高かったが、その他の定点では極めて低かった。なお、10 月は他の月に比べて高く、特に湾最奥及び湾外で高かった（図 8）。表層のクロロフィル *a* 濃度は、7～10 月に湾内（特に湾奥）で高く、湾外で低くなる傾向が見られたが、11、12 月は地点による差がほとんどなかった（図 9）。塩分、TN、懸濁態有機窒素（PON）、DIN、クロロフィル *a* の相関関係を調べた結果、TN とクロロフィル *a*、PON とクロロフィル *a* の間には正の強い相関が認められ、塩分と TN、PON、DIN、クロロフィル *a* には相関がみられなかった。

これらの結果から、相生湾では湾内に陸水（相生下水管理センター処理水含む）が滞留し、

陸域由来の窒素は湾内で一次生産に寄与していると考えられた。

(b) 養殖漁場における連続観測

相生湾での観測では、流向流速と塩分を比較すると、北方分速が負のピーク値を示した後塩分が低下する傾向が見られ、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 10)。室津沖の観測では、観測期間の後半(11月6日以降)に東方分速が負のピーク値を示した後上記と同様の傾向が見られたものの、観測期間の前半は塩分濃度の上昇と硝酸態窒素濃度の上昇が同時に見られることがあった(図 11)。

相生湾での観測では南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たことから、湾奥に滞留している陸水(相生水管理センター処理水含む)を主体とする観測定点北方の水の影響を受けていることが示された。このため、相生湾内に滞留する陸水が相生湾内～湾口の二枚貝類漁場の生産性に寄与している可能性が示唆された。

室津沖での観測では、観測期間後半は西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たことから、観測定点東方の陸水の影響を受けていることが示された。観測期間前半については、10月31日、11月1日に実施した播磨灘での海洋観測(<https://www.hyogo-suigi.jp/wp-content/uploads/2022/11/SGGJ-R0411.pdf>)において、表層 DIN 濃度が沿岸部で低く、沖合部で高くなる傾向が見られていたことから、高塩分かつ高 DIN の沖合の水が観測点に影響していたと考えられた。

(3) マガキ養殖漁場比較試験

マガキの測定結果を図 12 に示した。今年度は実際に養殖されている個数(190 個前後)を収容して試験を行った結果、波浪の強い網干区においても昨年度の試験で生じた貝殻の摩耗はほとんど認められず、1 月には殻高、全重量の項目で網干区が西島区より有意に高い値を示した($p < 0.01$)。軟体部重量、肥満度も、12 月、1 月は網干区が有意に高い値を示した($p < 0.01$)。グリコーゲン含量は、11 月(試験開始時)は 5.5%であったが、12 月は網干区 5.7%に上昇、西島区は 5.3%に減少した。1 月以降も引き続き分析を行う予定である。表層のクロロフィル *a* 濃度は、11 月から 1 月にかけて網干区が 5.6~8.6 $\mu\text{g/L}$ (平均 7.6 $\mu\text{g/L}$)、西島区が 2.3~5.4 $\mu\text{g/L}$ (平均 3.2 $\mu\text{g/L}$)で推移し、網干区が高い値を示した(図 13)。

【5 年間で得られた主要な成果】

現場観測と数値シミュレーションにより、兵庫県播磨灘北西部の二枚貝類養殖漁場は、揖保川以東の播磨灘北部沿岸の陸域負荷源からの栄養塩供給と、それに伴う一次生産により支えられている事が示された。

今後、兵庫県海域の栄養塩管理を進めるにあたっては、陸域負荷を中心に沿岸部の養殖漁場への波及効果を考慮する必要があると考えられた。

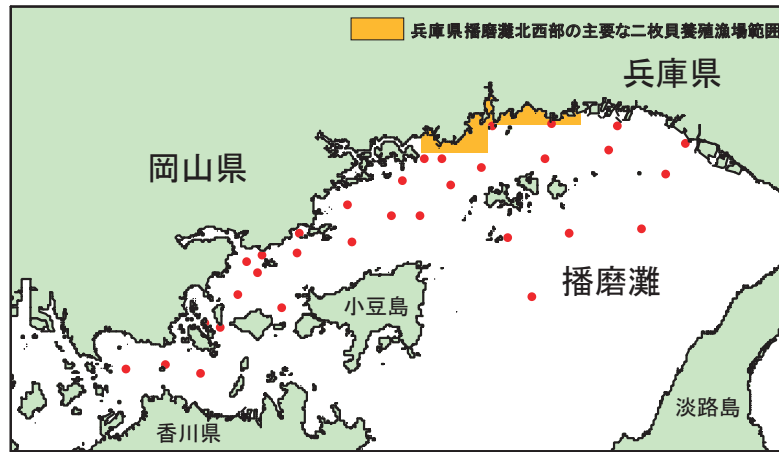


図2 播磨灘北部沿岸水質調査定点

図3 連続観測, マガキ養殖漁場比較試験定点

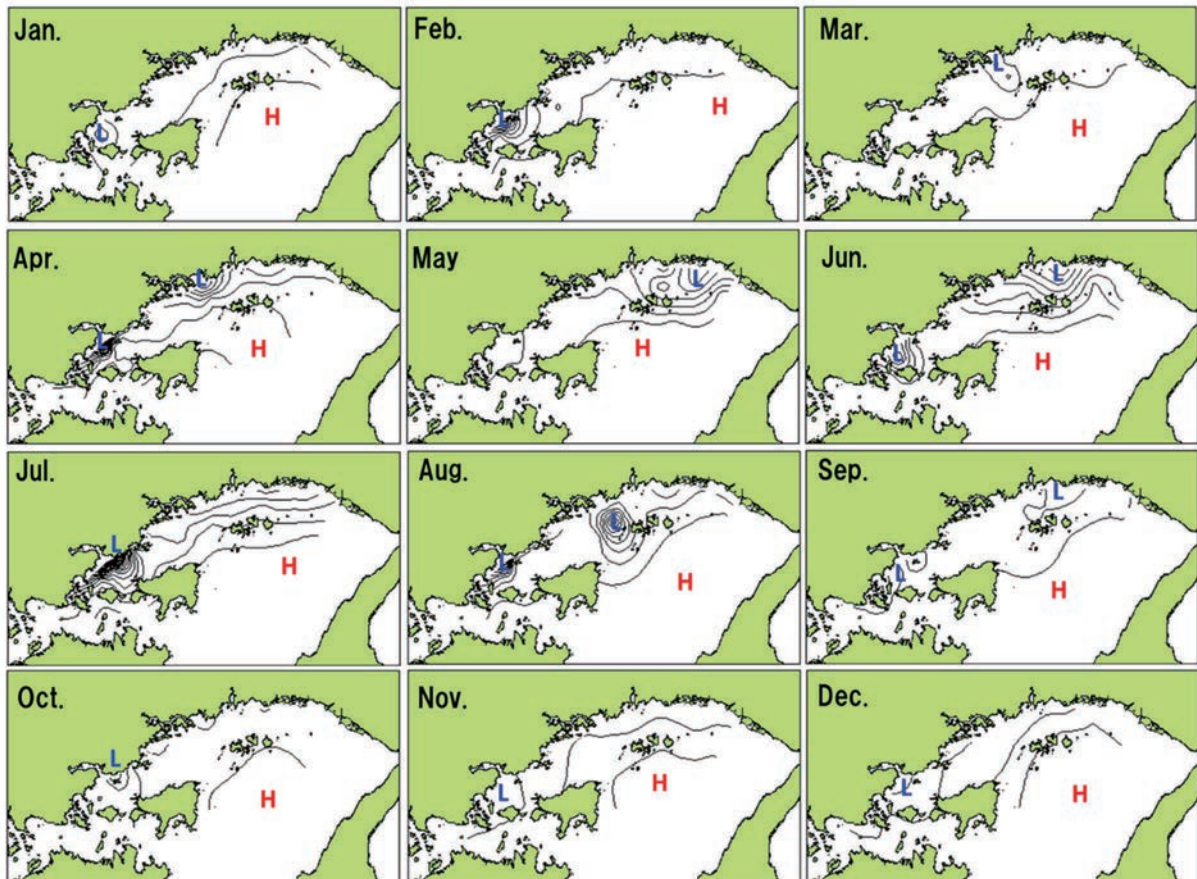


図4 播磨灘北西部の表層塩分分布 (2021年)

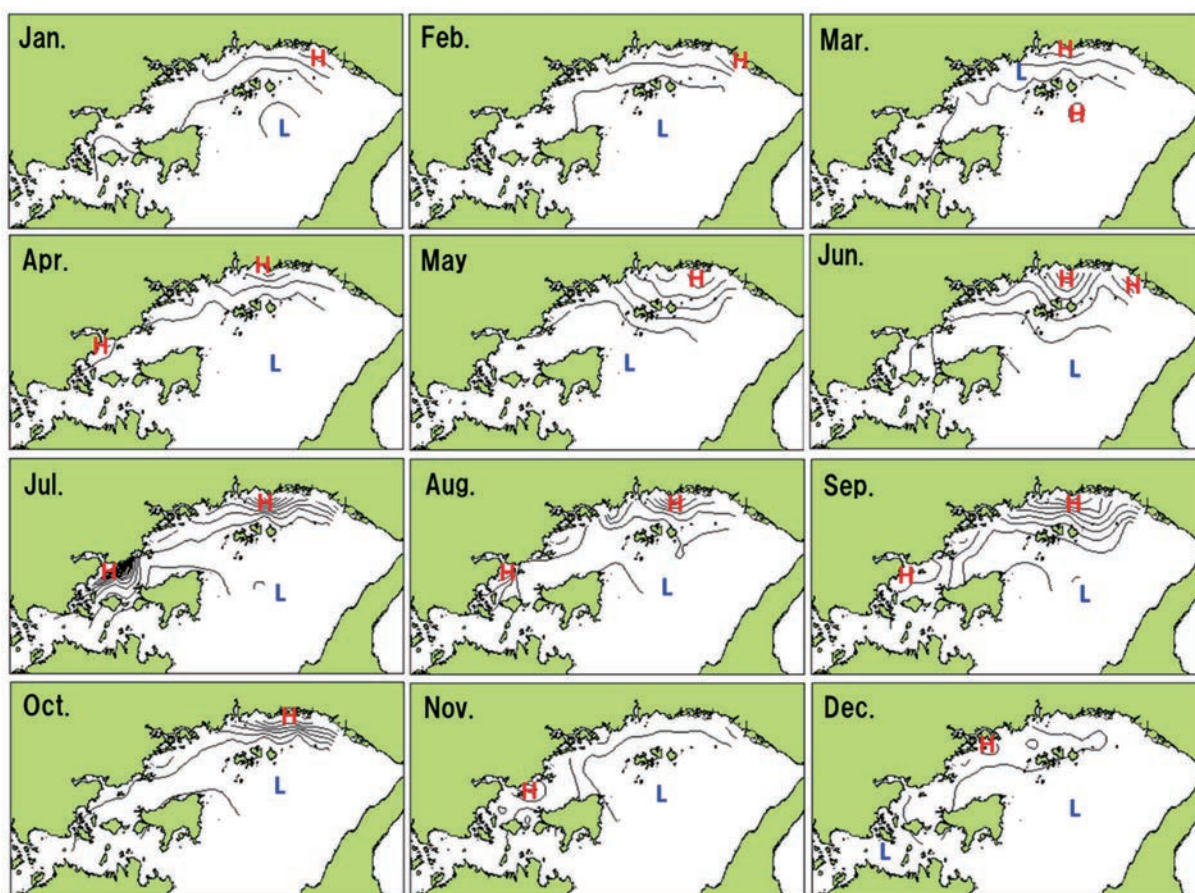


図5 播磨灘北西部の表層クロロフィル *a* 濃度分布 (2021 年)

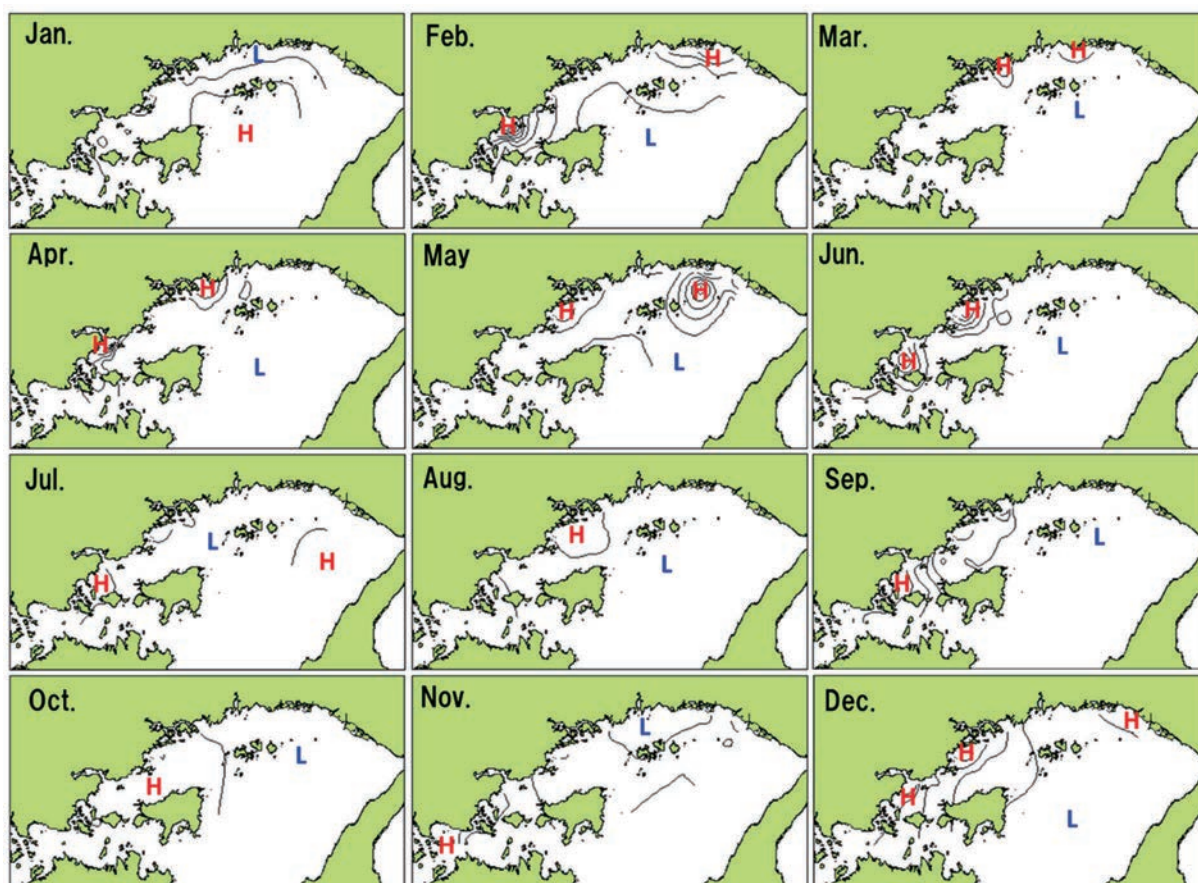


図6 播磨灘北西部の表層 DIN 濃度分布 (2021 年)

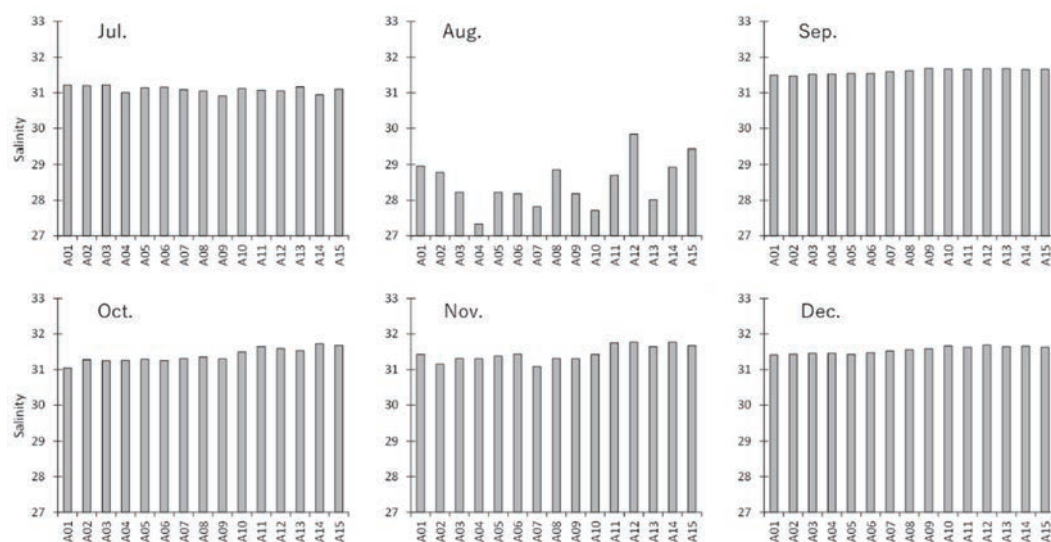


図7 相生湾周辺の表層塩分（2022年）

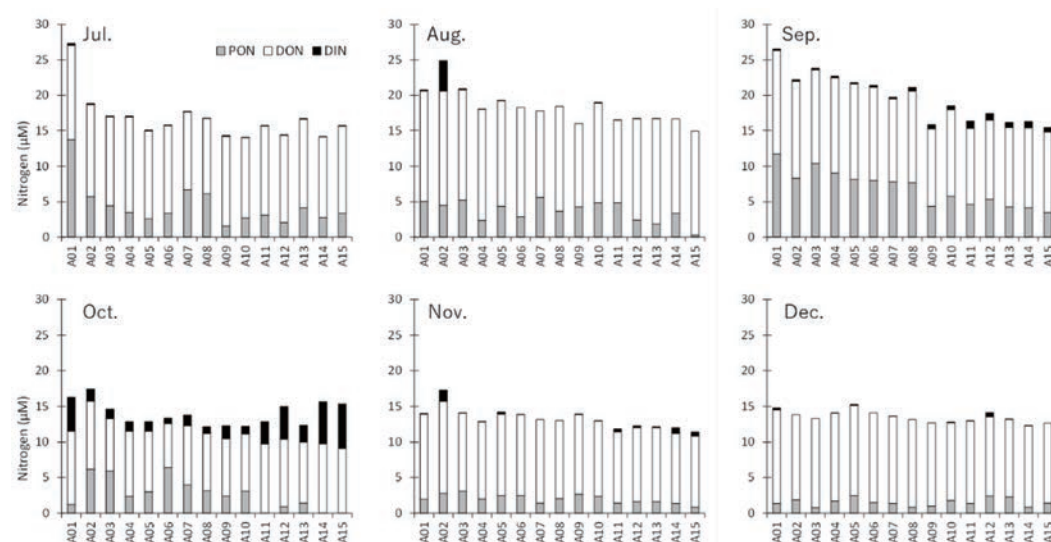


図8 相生湾周辺の表層各態窒素濃度（2022年）

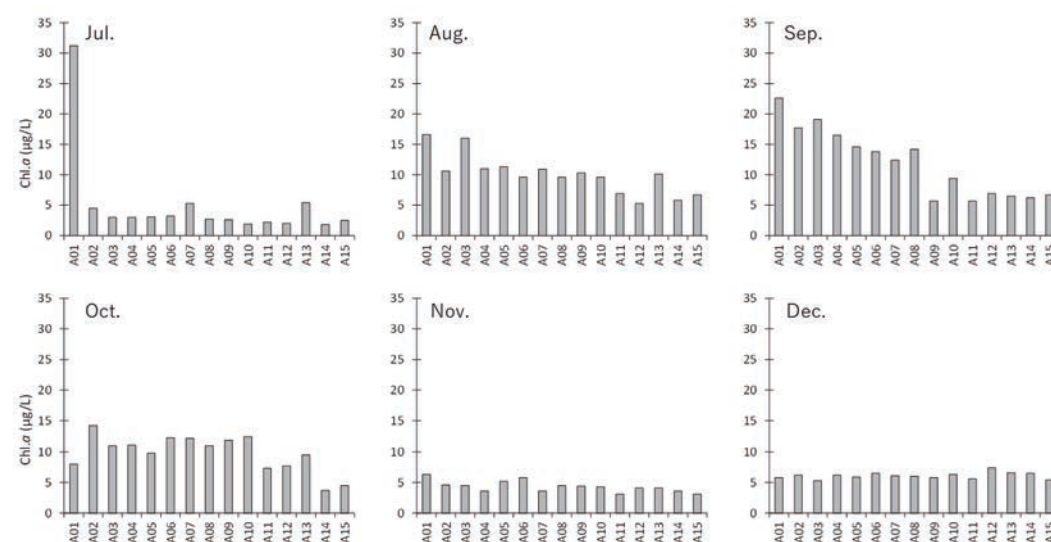


図9 相生湾周辺の表層クロロフィル*a*濃度（2022年）

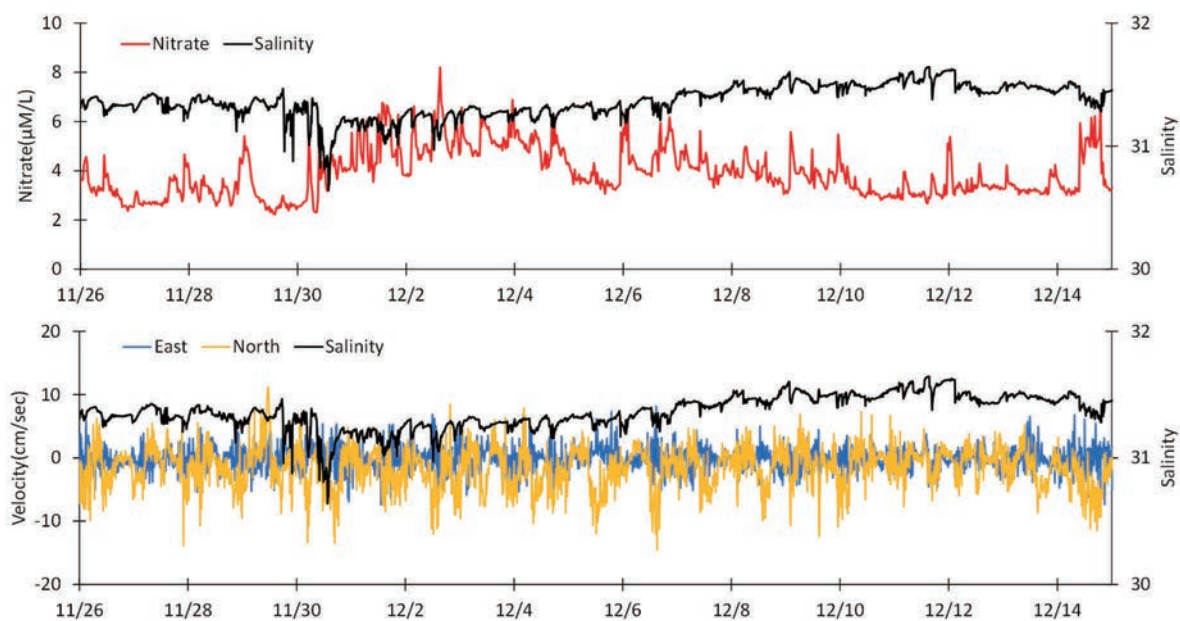


図 10 相生市沖（区第 508 号）における連続観測結果（2022 年）

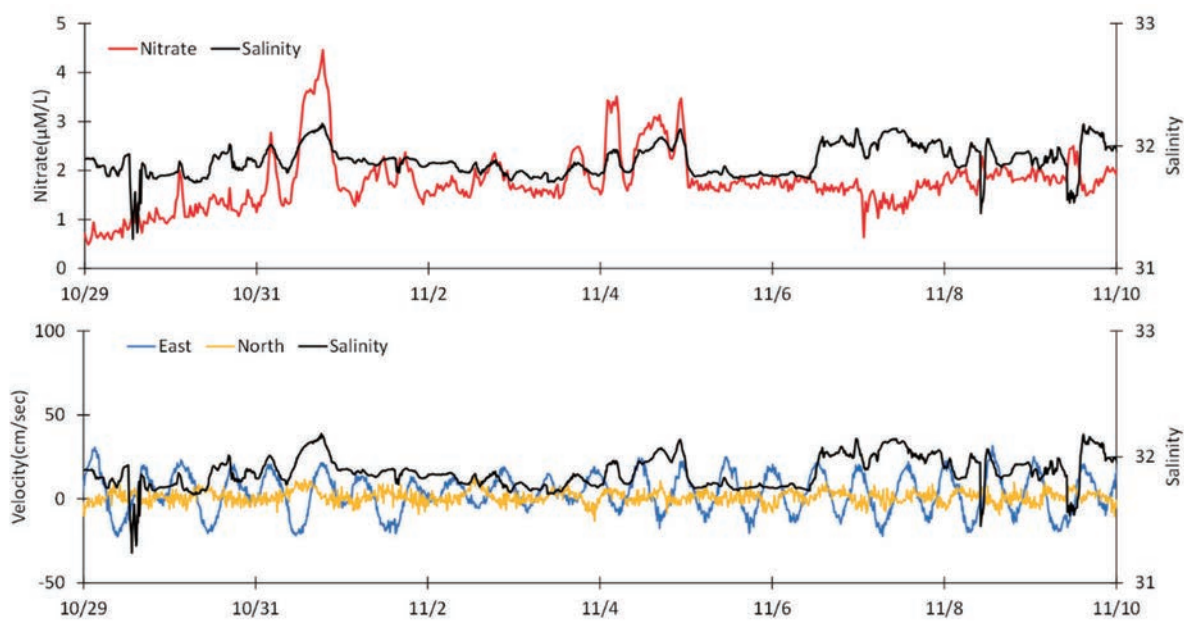


図 11 たつの市沖（区第 60 号）における連続観測結果（2022 年）