

有明海漁場再生対策事業

(3) 二枚貝類増産事業 (タイラギ)

江崎 恭志・合戸 賢利・山田 京平

有明海のタイラギ資源は、S50年代をピークに長期的に減少しており、特にH24年以降、冬季の重要な漁業である潜水器漁業が8期連続の休漁になるなど深刻な状況になっている。また近年は、着底後の稚貝の生残率が低下し、満1歳の産卵期にはほとんど残らないことから浮遊幼生発生も減少している。

こうした中、有明海研究所では浮遊幼生の供給源となる母貝場造成に向け、着底稚貝から沖合漁場へ移植可能なサイズまで育成する技術開発や沖合漁場での成長生残の良い育成方法の開発を行ってきた。これまで中間育成では大牟田市三池港内に設置した筏式中間育成施設でアンスラサイトを入れた丸型収穫カゴを用いた垂下式で稚貝を育成できること、母貝育成技術として海底から切り離して育成する育成ネット式で生残率が向上することが判明し、H30年度からその手法を用いた母貝場造成に取り組んでいる。

しかしながら、これまでの筏式中間育成では今後増加が見込まれる中間育成数の増加に対応できない。また母貝育成については、従来の育成ネットを用いた母貝育成方法では移植後の管理作業負担が大きいことに加え、より多くの産卵が期待できる満2歳までの生残率は低いことなどの多くの課題がある。

そこで、今後の母貝場大規模展開に向け、生残率の向上と作業効率の高い育成方法の確立を行った。あわせて母貝移植漁場において育成中の水質等を調査することにより、有明海東部湾奥部海域における立ち枯れ斃死要因の検討を行った。

方 法

1. 育成方法の検討

(1) 稚貝中間育成試験

干潟域(有区10号)及び沖合域(峰の洲)それぞれの海底にカゴ及び育成ネットを設置し(図1)、稚貝の育成試験を行った。

試験には瀬戸内海区水産研究所より分与された着底初期稚貝を三池港内の中間育成施設で平均殻長45mm(34~56mm)まで育成した稚貝を用いた。収容密度は1カゴ(上架・埋設)当たり80・40・20個、1ネット当たり72・36・18個(それぞれ㎡当たり2,000・1,000・500個)の3段階とした。カゴの基質は原地盤とした。

また、沖合域での試験では、通常の実成ネットに加え、ポリエチレン製の転倒防止ホルダー(図1-2)に稚貝を入れてネット内に収容した試験区も設定した。



図 1-1 カゴの設置状況



図 1-2 海中育成ネットの設置状況

育成期間は干潟域では 11/26～5/8 の 164 日間、沖合域では 12/6～4/16 までの 132 日間とし、試験終了後は各試験区の生貝を計数し生残率を求めるとともに殻長を測定し成長の比較を行った。

(2) 母貝移植・育成試験

干潟域(有区 10 号)及び沖合域(三池島・峰の洲)でそれぞれの海底にカゴ及び育成ネットを設置し、母貝の育成試験を行った。

試験には瀬戸内海区水産研究所より分与された着底稚貝を平均殻長 79mm (70～87mm) まで中間育成した母貝を用いた。収容密度は、干潟域では 1 カゴ(上架・上置・埋設+直植え(被覆網のみ)) 当たり 30 個(㎡当たり 375 個)、沖合域は 1 カゴ(上架・埋設) 当たり 30～70 個、1 ネット当たり 30～40 個(それぞれ㎡当たり 375～875 個、825～1,100 個) とした。カゴの基質は原地盤としたが、干潟域の埋設カゴはアンスラサイト基質も別途用いた。

育成期間は干潟域では 6/5～3/11 の 280 日間、沖合域では 1/29～3/4 までの 400 日間とし、生残率・成長を比較した。

2. へい死要因の解明

(1) 水質環境調査

沖合域でのへい死要因を解明するため、海底直上と底上 1m の 2 カ所に自記録式水質測定センサー(JFE アドバンテック株式会社製 AROW2-USB・ACLW2-USB) を周年設置し、海水中の溶存酸素飽和度・クロロフィル・濁度を連続観測し、両者の環境の差異を検証した。

(2) 底質環境調査

6～3 月の期間、毎月 1 回アクリルパイプ(φ 38×30cm) を用いて沖合域の底質を柱状採泥し、表層 0～5cm の底泥中の酸揮発性硫化物量・強熱減量を分析し、底質環境の適性を評価した。

結 果

1. 育成方法の検討

(1) 稚貝中間育成試験

干潟域の生残率と殻長を図 2 に示した。カゴ区の生残率は 82.5～95.0% と、保護なし区の 32.5% に比べ良好だった。育成方法・密度の違いによる生残・成長の大きな差は見られなかった。

沖合域の生残率と殻長を図 3 に示した。生残率はカゴ・育成ネットとも 80～100% といずれも良好であり、育成方法・密度の違いによる生残の大きな差は見られな

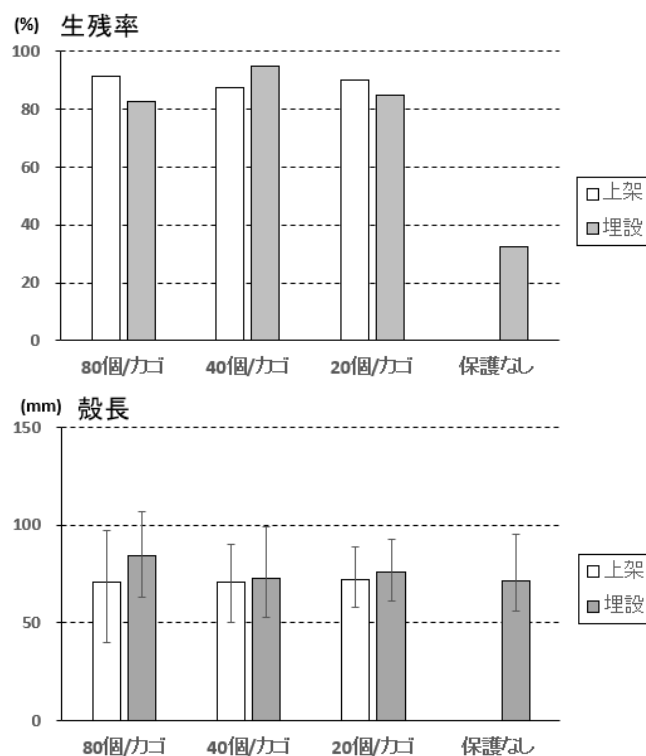


図 2 干潟域での中間育成における生残率と殻長

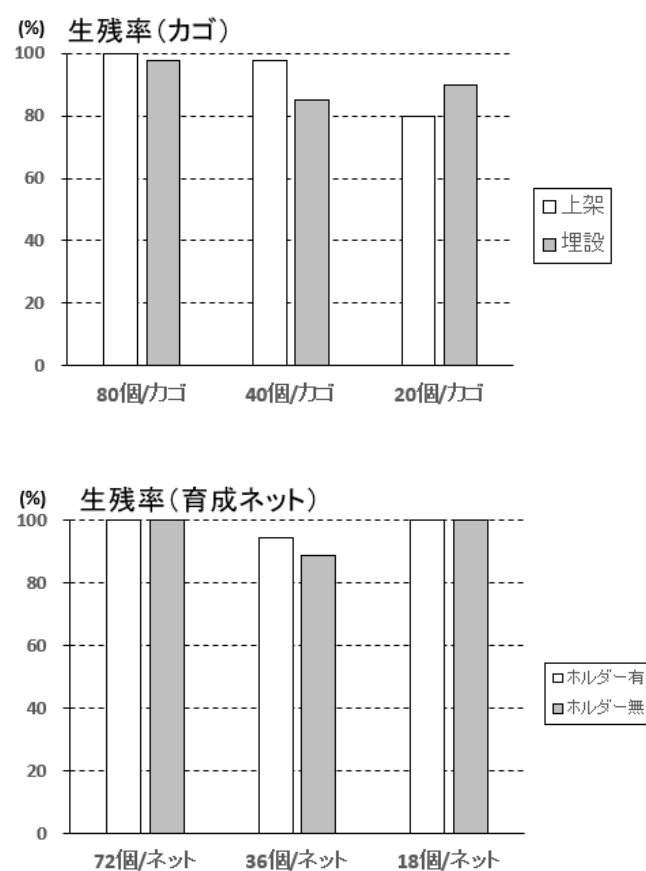


図 3-1 沖合域での中間育成における生残率
(上段：カゴ 下段：育成ネット)

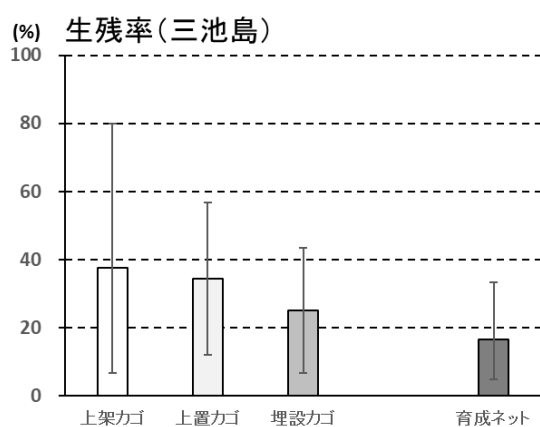
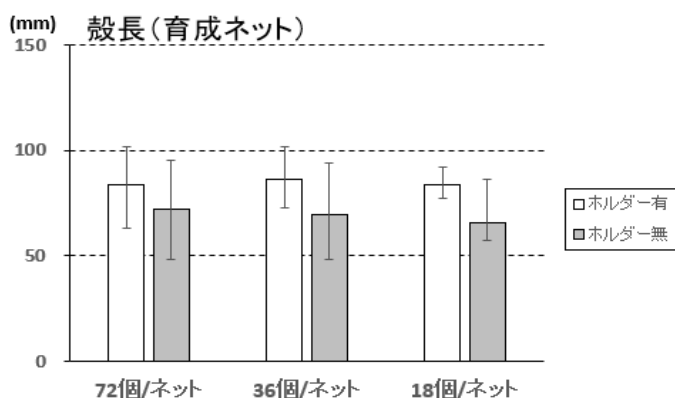
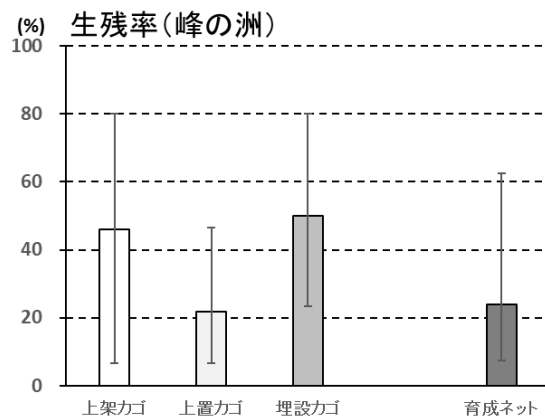
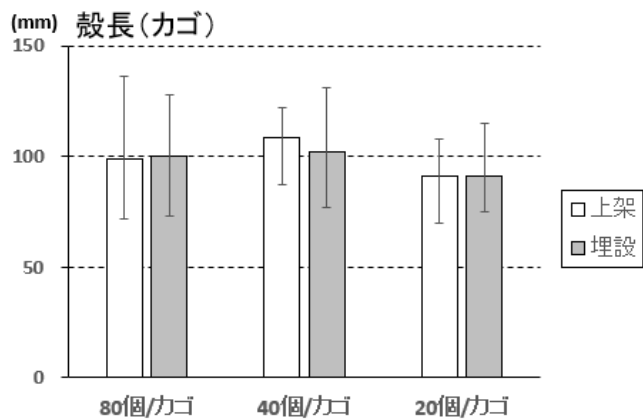


図 3-2 沖合域での中間育成における殻長
(上段：カゴ 下段：育成ネット)

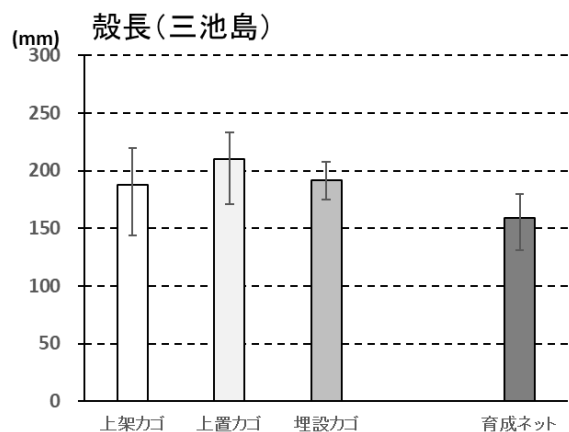
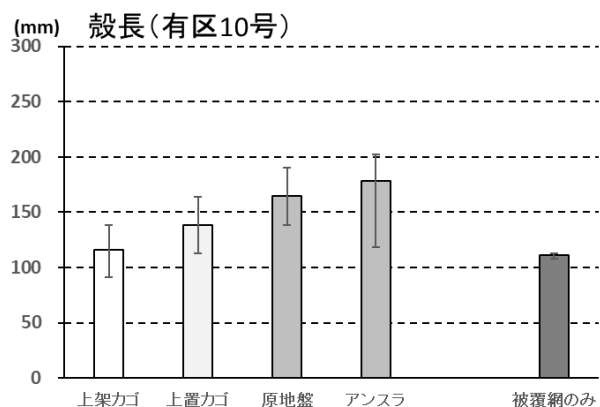
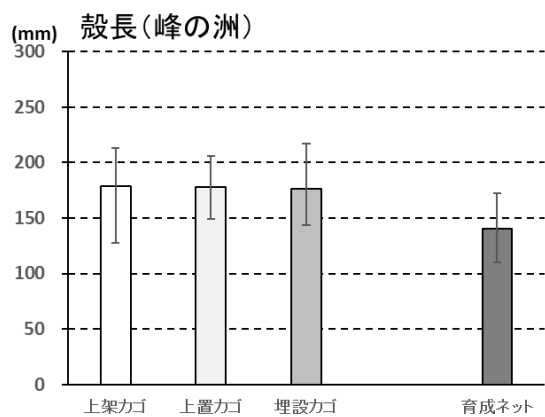
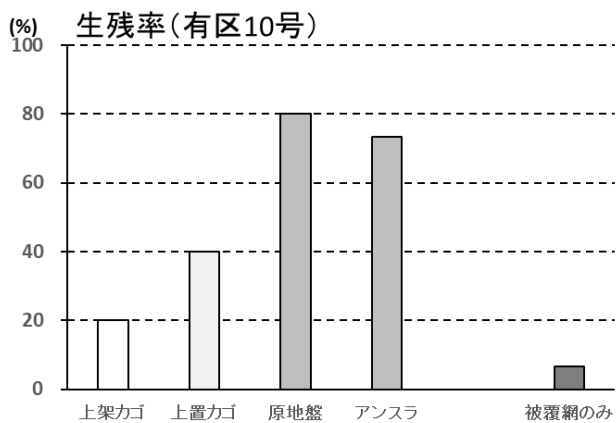


図 4 干潟域での母貝育成における生残率と殻長

図 5 沖合域での母貝育成における生残率・殻長
(上段：峰の洲 下段：三池島)

かった。また殻長は上架カゴ≒埋設カゴ>育成ネット(ホルダー有)>育成ネット(ホルダー無)となったが、密度による成長の大きな差は見られなかった。

干潟域と沖合域の成長を比較すると、沖合域カゴ>沖合域育成ネット≒干潟域となった。

(2) 母貝移植・育成試験

干潟域の生残率と殻長を図4に示した。生残率、殻長とも埋設カゴ>上置カゴ>上架カゴ>直植えとなった。埋設カゴの基質の違いによる生残・成長の大きな差は見られなかった。

沖合域の生残率と殻長を図5に示した。傾向は顕著ではなかったが、生残・成長ともカゴ>育成ネット式となった。カゴの種類・場所に違いによる成長・生残の大きな差は見られなかった。

2. へい死要因の解明

(1) 水質環境調査

沖合域における溶存酸素飽和度及びクロロフィル蛍光値・濁度を図6～8にそれぞれ示した。溶存酸素では、溶存酸素では、盛夏～秋口に貧酸素状態(底上1m含む)が長期間継続したが、試験区では顕著なへい死がなかった。クロロフィル蛍光値・濁度でも、海底直上と底上1m間での差異に一定の傾向は見られなかった。

(2) 底質環境調査

底質分析結果を図9に示した。有機汚染の指標(酸揮発性硫化物量・強熱減量)では、タイラギの生息に悪影響を及ぼすレベルの悪化はなく、へい死要因は明らかでなかった。

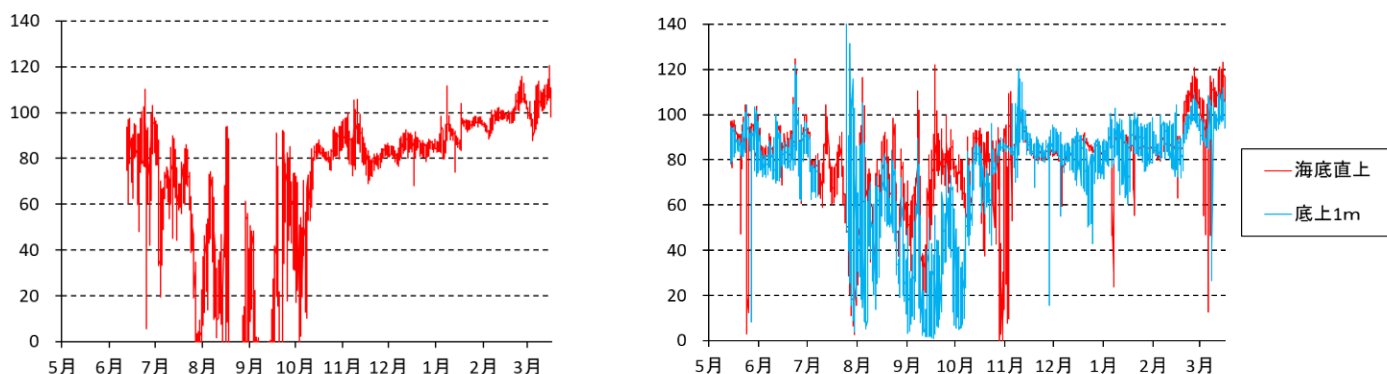


図6 沖合域における溶存酸素飽和度の推移
(左：峰の洲 右：三池島)

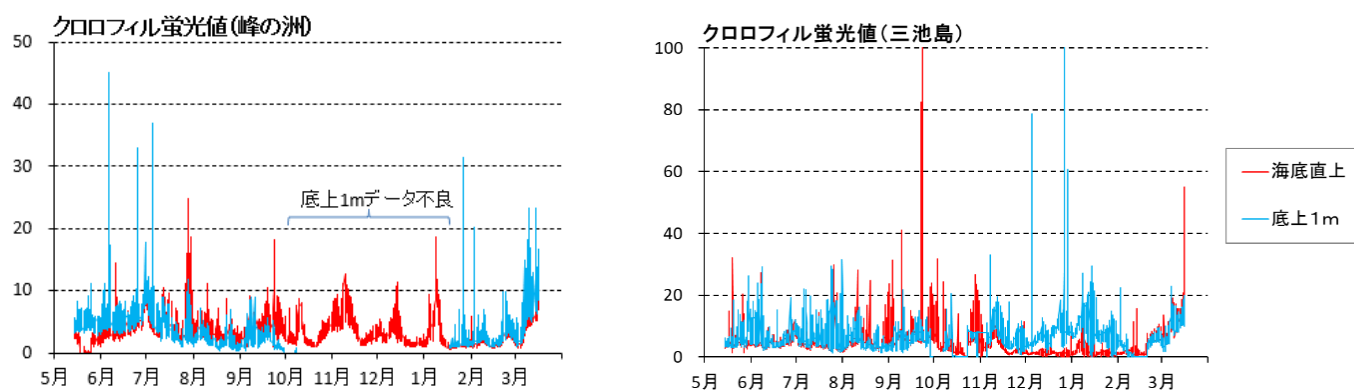


図7 沖合域におけるクロロフィル蛍光値の推移
(左：峰の洲 右：三池島)

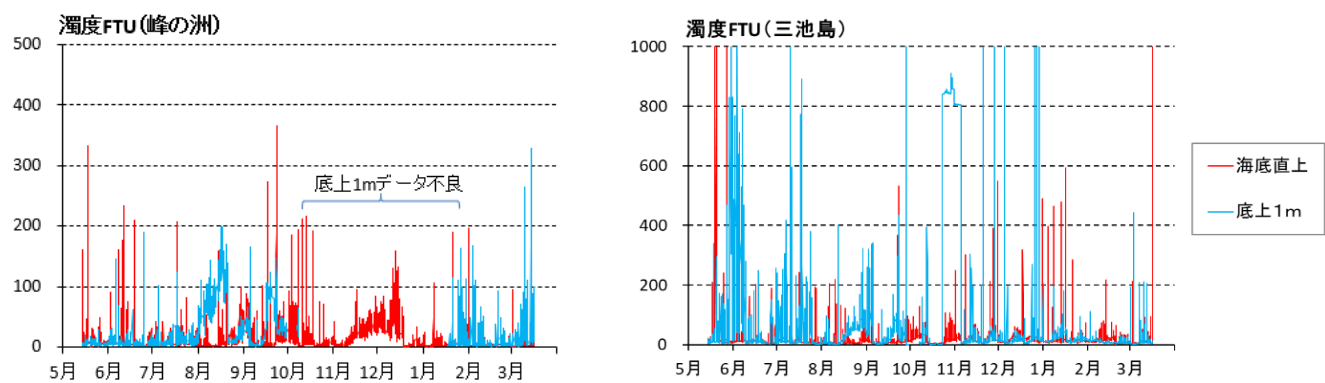


図8 沖合域における濁度の推移
(左：峰の洲 右：三池島)

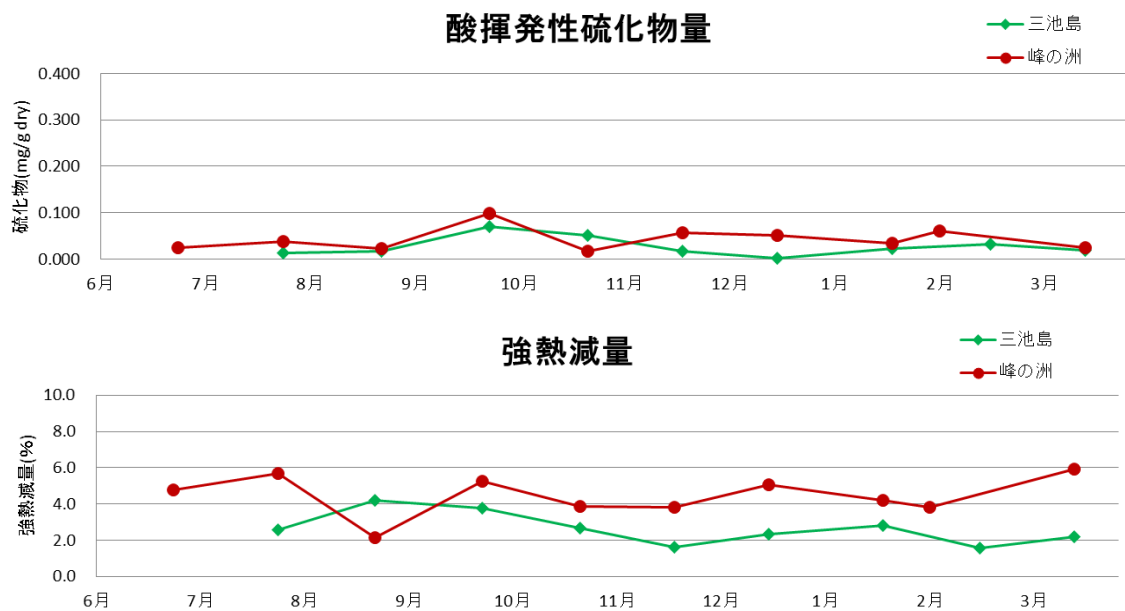


図9 沖合域における底質環境の推移

有明海漁場再生対策事業

(4) 二枚貝類増産事業 (アサリ・サルボウ)

山田 京平・合戸 賢利

有明海福岡県地先では、かつてアサリを中心とした二枚貝の宝庫であり、沿岸域に形成されている干潟域では、アサリ、ハマグリ、サルボウ等の二枚貝が多く生息し重要な漁業資源になっていた。

しかし、それら二枚貝類の資源量は大きく増減を繰り返し、漁獲量も不安定になっている。二枚貝の持つ底質改善や水質浄化の効果は良く知られており、生息範囲の広い二枚貝類資源の増大は漁獲量増大による漁家所得の向上だけでなく、有明海の生産性向上に極めて大きな意味を持つ。

そこで本事業では、二枚貝類であるアサリを対象に天然採苗技術、放流技術、管理技術について検討し、漁家所得の向上を目的に調査を行った。

方 法

1. 天然採苗試験

アサリの効率的な採苗を検討するため、図1に示す有区303号(高地盤域)および有区10号(干潟域)で砂利の入った網袋(以下砂利袋)を用いた試験を行った。試験区は、有区10号において令和元年5月7日に、有区303号において平成元年5月8日の干出時に設置した。砂利の粒径の違いによる採苗の差を確認するために、それぞれの設置場所に粒径10mm程度の砂利と、粒径20mm程度の砂利の入った砂利袋を設置した。

(1) 分布調査

各試験区のアサリの分布を把握するため、有区303号において、試験区設置203日後に、有区10号においては試験区設置198日後に、各試験区砂泥等が入った砂利袋3袋を研究室に持ち帰り砂泥等を除去するために目合い3mmのふるいをを用いて選別した。また、対照区としては直径10.6cm深さ10cmの範囲の底質を採取し、目合い3mmのふるいをを用いて選別した。各試験区の残渣物の中からアサリを選別し、生死の確認、生貝の個体数の計数及び殻長の測定を行った。

(2) 底質調査

各試験区の底質を把握するため、分布調査と同じ日に設置した網袋周辺の3カ所の底質を内径34mm、長さ50

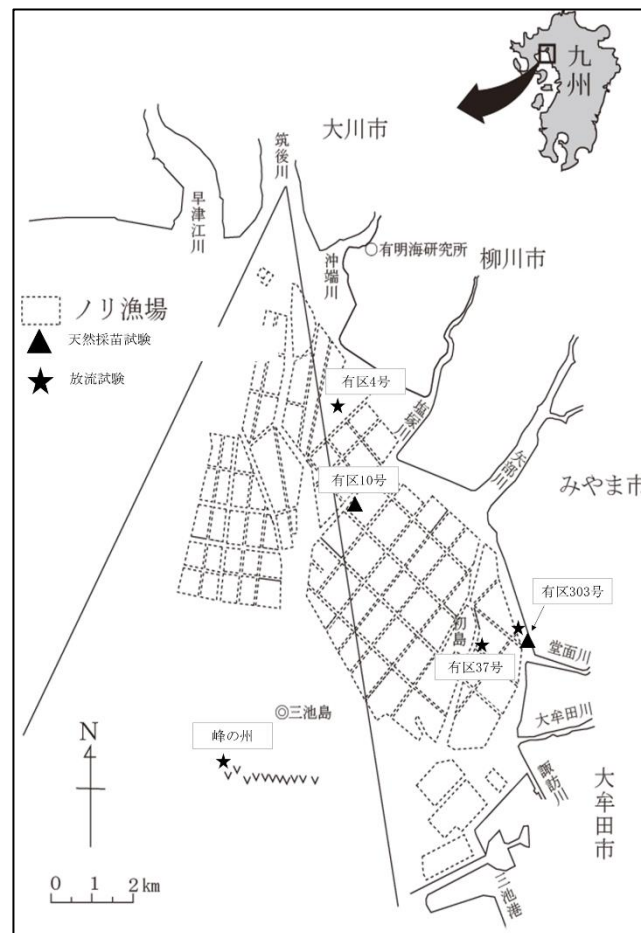


図1 調査位置図

cmの亚克力パイプを用いて柱状に採取した。試料は、研究室に持ち帰り、表層5cmを分析に供した。底質の分析項目は、中央粒径値、泥分率、強熱減量及び全硫化物とした。中央粒径値及び泥分率については、ふるい(4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.063mmの7種)を用いた粒度分析により各粒度の重量パーセントから求め、その他の分析項目については、水質汚濁調査指針¹⁾に準じた。

2. 放流試験

ナルトビエイによる食害や波浪等による逸散を防止するため、図1に示す有区303号で表1の概要で人工種苗を用いて被覆網の試験を行った。

表 1 試験区の概要（被覆網目合い別試験）

試験区	目合い (mm)	試験区の 広さ (m)	放流アサリ		
			平均殻長 (mm)	放流密度 (個体/㎡)	由来
被覆網区	9	2×1	7.7	1,228	人工種苗
	6	2×1	7.7	1,228	人工種苗
	4	2×1	7.7	1,228	人工種苗
放流区		2×1	7.7	1,228	人工種苗

表 2 試験区の概要（地盤高別比較試験）

試験（放流） 開始日	試験区	漁場	被覆網 目合い	試験区の 広さ (m)	放流アサリ		
					平均殻長 (mm)	放流密度 (個体/㎡)	由来
R1.5.20	高地盤域	有区303号	9mm	6×1	31.5	299	天然種苗
R1.5.21	干潟域	有区37号	9mm	2×1	31.5	299	天然種苗
R1.6.24	沖合域	峰の州	9mm	2×1	32.3	279	天然種苗
R1.7.30	干潟域	有区4号	9mm	2×1	33.0	201	天然種苗

また、地盤高別のアサリの成長を比較するため、図 1 に示した有区 303 号（高地盤域）、有区 37 号（干潟域）、有区 4 号（干潟域）、峰の州（沖合域）において、表 2 の概要でアサリの放流試験を行った。

（1）人工種苗を用いた目合い別被覆網によるアサリ逸散防止試験

調査期間は、令和元年 8 月 2 日から令和 2 年 1 月 28 日までとした。

令和元年 8 月 2 日に野菜カゴ方式で中間育成した平均殻長 7.7mm のアサリ（人工種苗）を 1,228 個体/㎡の密度で 2m×1m の範囲に放流し、4mm、6mm、9mm の 3 種類の目合いの被覆網を被せ、試験を実施した。また、2m×1m の範囲に同様のアサリを放流し、対照区（放流区）とした。

追跡調査は令和 2 年 1 月まで 1 か月に 1 回行い、15cm×15 cm、深さ 10 cm の範囲の底質を任意の 3 カ所で採取し、目合い 1 mm のふるいで選別した。採取した残渣物を研究室に持ち帰り、生貝の個体数の計数及び殻長の測定を行った。

また、各試験区の底質を把握するため、各調査のアサリの採取と同じ日に、任意の 3 カ所の底質を内径 34 mm、長さ 50 cm のアクリルパイプを用いて柱状に採取した。試料は、天然採苗試験と同様の方法で分析に供した。

（2）被覆網保護下での地盤高別アサリ成長比較試験

調査期間は、令和元年 5 月 20 日から令和 2 年 2 月 4 日までとした。令和元年 5 月 20 日に高地盤域（有区 303 号）で、有区 3 号で採取した平均殻長 31.5mm のアサリ（天然種苗）を 6×1m の範囲で 299 個体/㎡の密度で原地盤に放流した。また、令和元年 5 月 21 日に干潟域（有区 37 号）において、有区 3 号で採取した平均殻長 31.5mm のアサリ（天然種苗）を 2×1m の範囲で 299 個体/㎡の密度で原地盤に放流した。また、令和元年 6 月 24 日に沖

合域（峰の州）において、有区 3 号で採取した平均殻長 32.3mm のアサリ（天然種苗）を 2×1m の範囲で 279 個体/㎡の密度で原地盤に放流した。令和元年 7 月 30 日に干潟域（有区 4 号）において、有区 3 号で採取した平均殻長 33.0mm のアサリ（天然種苗）を 2×1m の範囲で 201 個体/㎡の密度で原地盤に放流した。放流したアサリは、波浪による逸散や食害を防止するために、2×1m、目合い 9mm の被覆網を被せた。

追跡調査は令和 2 年 1 月まで 1～2 か月に 1 回行い、15cm×15 cm、深さ 10 cm の範囲の底質を任意の 3 カ所で採取し、目合い 1 mm のふるいで選別した。採取した残渣物を研究室に持ち帰り、生貝の個体数の計数及び殻長、殻付重量の測定を行った。また、各試験区の底質を把握するため、各調査のアサリの採取と同じ日に、任意の 3 カ所の底質を内径 34 mm、長さ 50 cm のアクリルパイプを用いて柱状に採取した。試料は、天然採苗試験と同様の方法で分析に供した。

結 果

1. 天然採苗試験

（1）分布調査

網袋回収時の試験区別アサリの分布密度を図 2 に示す。平成 30 年 11 月の分布密度は有区 10 号（干潟域）において、10mm 砂利区で 24 個体/㎡、20mm 砂利区で 0 個体/㎡、対照区で 0 個体/㎡であった。一方、有区 303 号（高地盤域）では、10mm 砂利区で 107 個体/㎡、20mm 砂利区で 2 個体/㎡、対照区で 0 個体/㎡であった。

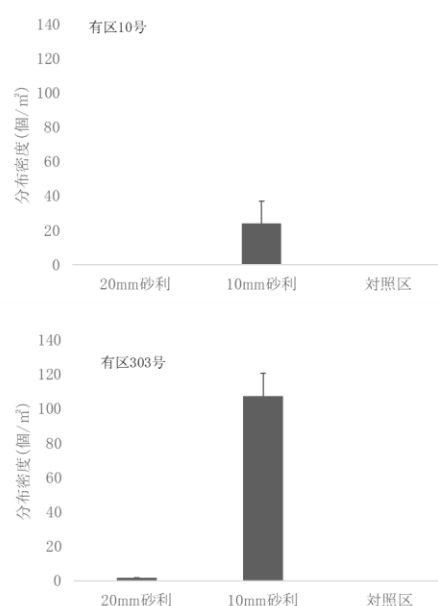


図 2 試験終了時のアサリ分布密度

試験区別アサリの平均殻長を図3に示す。網袋回収時のアサリの平均殻長は有区10号では、アサリの確認された10mm砂利区で17.8mmであった。一方、有区303号では、10mm砂利区で22.6mm、20mm砂利区で9.6mmであった。

(2) 底質調査

試験区別の底質調査の結果を表3に示す。網袋回収時の網袋周辺の底質は有区10号で中央粒径MdΦが3.2、強熱減量が7.3%、全硫化物が0.00mg/g乾泥、泥分率が4.4%であり良好な底質が保たれていた。一方、有区303号では砂利袋周辺で中央粒径MdΦが3.2とアサリの生息に適正とされる3を超え²⁾、強熱減量が7.3%、全硫化物が0.13mg/g乾泥、泥分率が43.4%であり、有区10号に比べて、底質が悪かった。

2. 放流試験

(1) 人工種苗を用いた目合い別被覆網によるアサリ逸散防止試験

試験区別放流アサリの生残率の推移を図4に示す。8月に放流した殻長7.7mmの天然アサリの生残率は、放流後1か月で6mm目合いの被覆網で半減、その他の試験区で8割程度減少し、その後緩やかに減少した。試験終了時の令和2年1月には、4mm目合い区で5.8%、6mm目合い区で10.1%、9mm目合い区で2.9%、放流区では0%であった。

試験区別放流アサリ平均殻長の推移を図5に示す。8月に放流した殻長7.7mmの人工アサリの平均殻長は、試験終了時の令和2年1月には4mm目合い区で22.9mm、6mm目合い区で22.2mm、9mm目合い区で24.3mmまで成長した。

試験区別の底質調査の結果を図6に示す。試験期間中の中央粒径値(Mdφ)は4mm目合い区で1.3~1.7、6mm目合い区で0.8~1.8、9mm目合い区で1.2~1.7、放流区で1.5~1.7であった。強熱減量は4mm目合い区で2.8~3.6、6mm目合い区で2.2~3.0、9mm目合い区で2.8~4.0、放流区で2.7~3.1であった。全硫化物は4mm目合い区で0.03~0.11、6mm目合い区で0.04~0.11、9mm目合い区で0.04~0.11、放流区で0.04~0.16であった。泥分率は4mm目合い区で6.8~14.5、6mm目合い区で4.9~10.1、9mm目合い区で5.2~17.7、放流区で6.0~10.8であった。

(2) 天然種苗を用いた地盤高別アサリ放流試験

試験区別放流アサリの生残率の推移を図7に示す。被

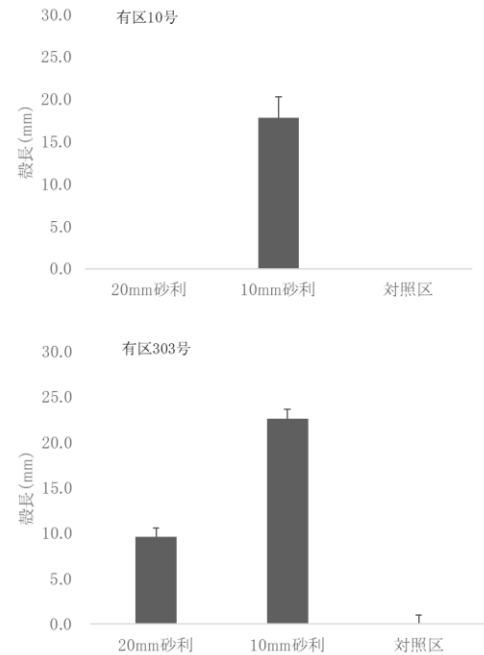


図3 試験終了時のアサリ殻長

表3 試験終了時の底質調査結果

地盤高	試験区	Mdφ	IL(%)	全硫化物 (mg/g乾泥)	泥分率(%)
干潟域 10号	砂利袋 周辺	0.4	2.4	0.00	4.4
	対照区	0.9	2.4	0.00	4.8
高地盤 303号	砂利袋 周辺	3.2	7.3	0.13	43.4
	対照区	1.5	3.1	0.02	9.6

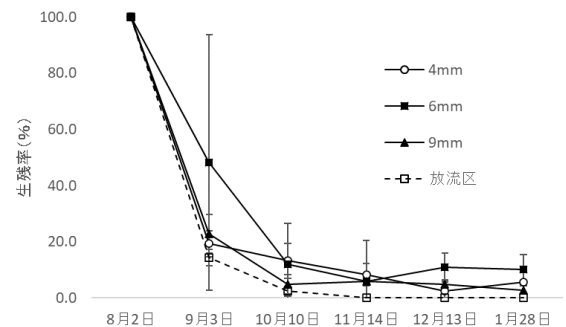


図4 放流アサリの生残率の推移（目合い別試験）

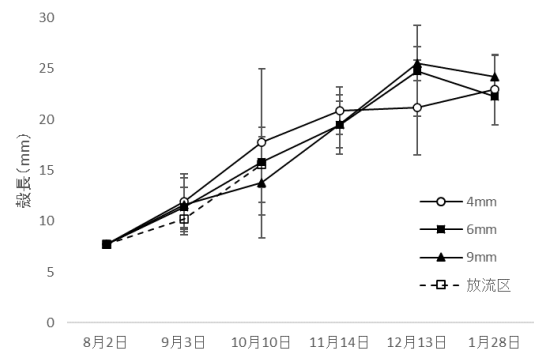


図5 放流アサリの殻長の推移（目合い別試験）

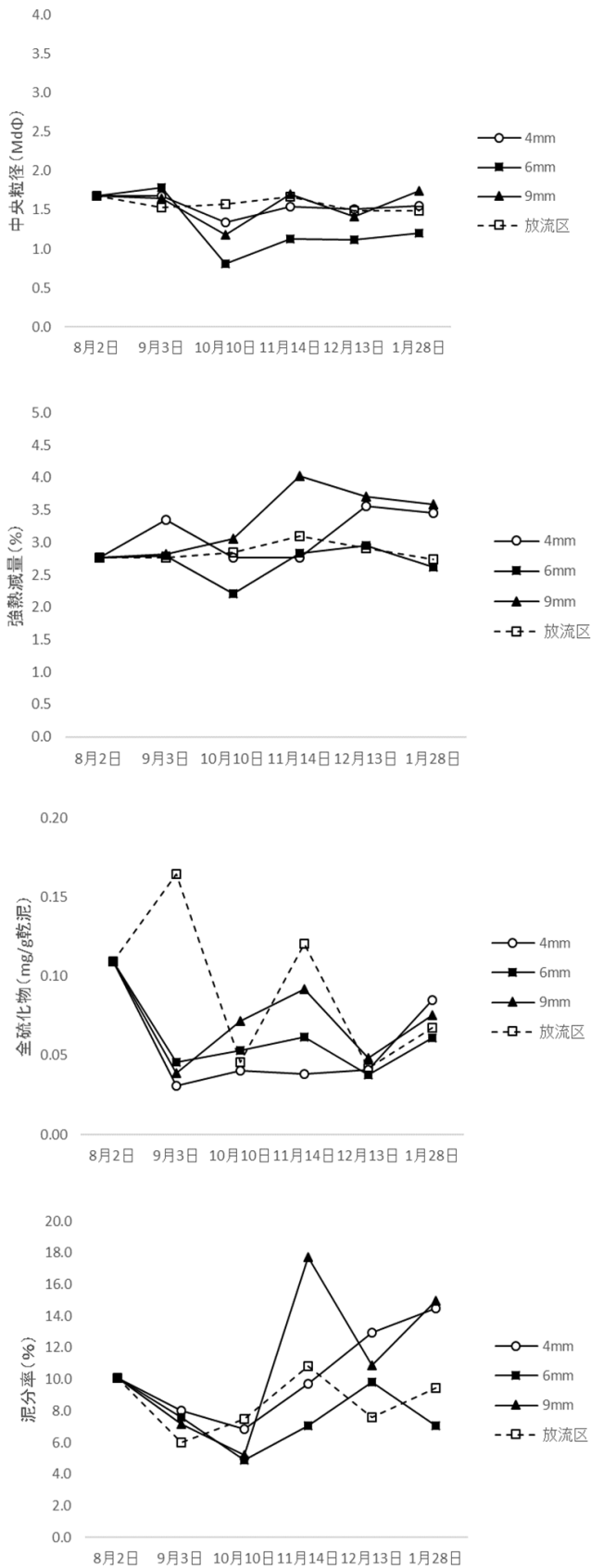


図 6 底質調査結果 (目合い別試験)

覆網による保護下では、沖合域 (峰の州) および干潟域 (有区 37 号) では徐々に減少し、試験終了時には沖合域 (峰の州) で 42%, 干潟域 (有区 37 号) で 35%まで減少した。一方、高地盤域 (有区 303 号) では試験終了時、約 79%, 干潟域 (有区 4 号) では 70%と高い生残が見られた。試験区別放流アサリ平均殻長の推移を図 8 に示す。試験終了時の殻長は有区 37 号 (35.7mm), 有区 4 号 (35.3mm), 有区 303 号 (33.5mm), 峰の洲 (32.0mm) の順であり、干潟域が良好であった。

試験区別放流アサリ平均殻重の推移を図 9 に示す。試験終了時の殻重は有区 4 号 (9.9g), 有区 37 号 (9.6g), 有区 303 号 (8.1g), 峰の洲 (6.6g) の順であり、干潟域が良好であった。

試験区別アサリ肥満度の推移を図 10 に示す。肥満度は 6~8 月にかけて高く、その後低下した。有区 37 号が 7 月に 19.9 と最も良好な値を示し、有区 303 号は 8 月に 18.8 と良好な値を示した。

試験区別の底質調査の結果を図 11 に示す。中央粒径値 (Mdφ) は高地盤域 (有区 303 号) で 1.4~2.0, 干潟域 (有区 37 号) で 0.7~1.6, 干潟域 (有区 4 号) で 0.9~1.9, 沖合域で 1.3~2.8 であり、アサリの生息可能な 3 以下であった²⁾。泥分率は高地盤域 (有区 303 号) で 6.8~22.4, 干潟域 (有区 37 号) で 1.3~3.9, 干潟域 (有区 4 号) で 5.6~30.2, 沖合域で 11.1~46.1 であり、沖合域 (峰の州) では 10 月において、46.1%と高くなった。強熱減量は高地盤域 (有区 303 号) で 2.3~5.3%, 干潟域 (有区 37 号) で 0.8~1.7, 干潟域 (有区 4 号) で 1.6~4.3, 沖合域 (峰の州) で 3.0~9.6 であった。全硫化物は高地盤域 (有区 303 号) で 0.00~0.06, 干潟域 (有区 37 号) で 0.00~0.00, 干潟域 (有区 4 号) で 0.00~0.01, 沖合域で 0.01~0.30 であり、沖合域 (峰の州) で 10 月において 0.30 と高い値を示した。

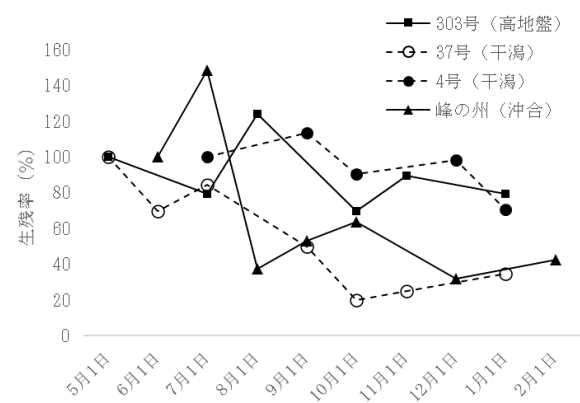


図 7 放流アサリの生残率の推移 (地盤高別試験)

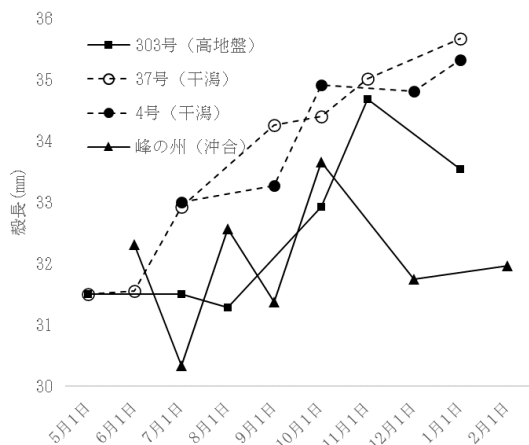


図 8 放流アサリの殻長の推移 (地盤高別試験)

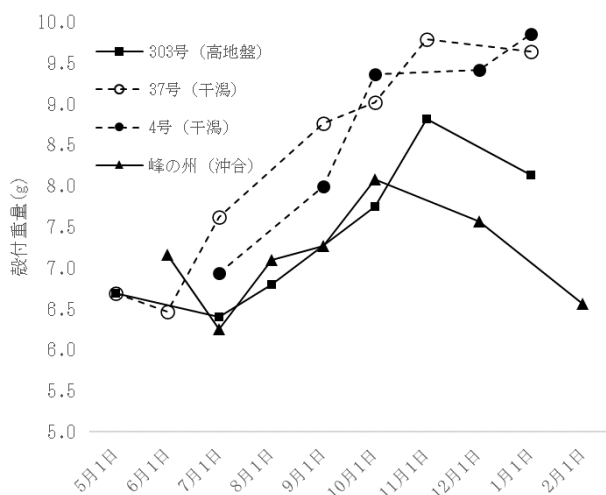


図 9 放流アサリの殻重の推移 (地盤高別試験)

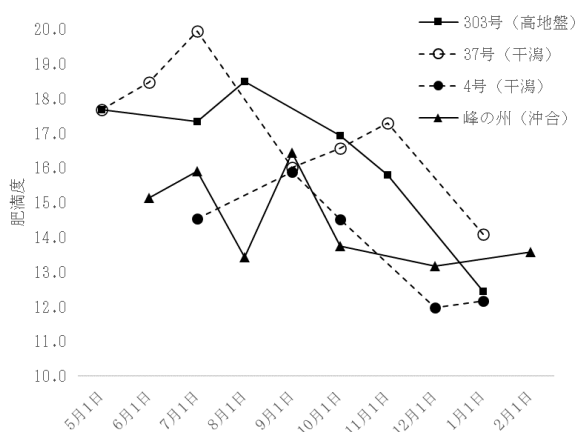


図 10 放流アサリの肥満度の推移 (地盤高別試験)

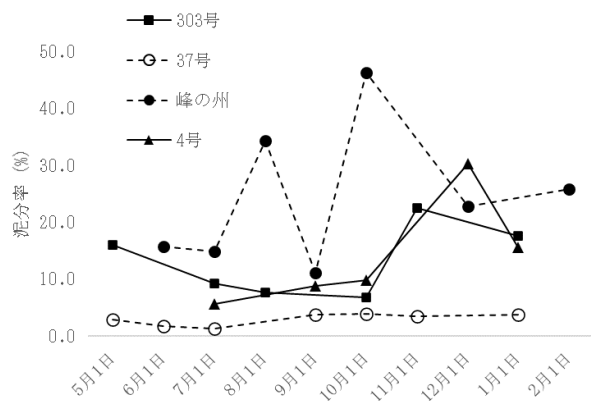
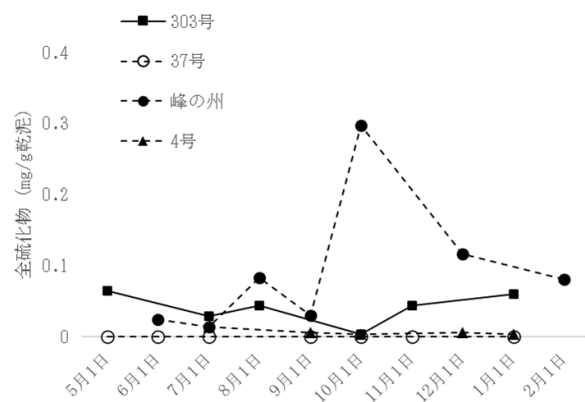
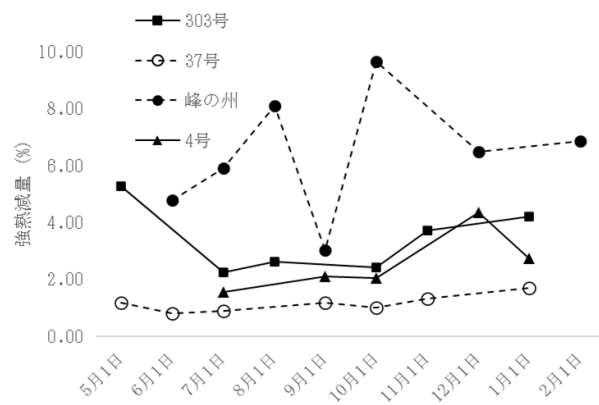
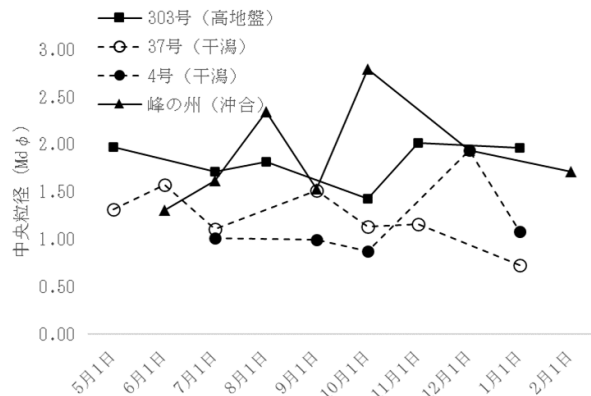


図 11 底質調査結果 (地盤高別試験)

文 献

- 1) 日本水産資源保護協会．新編水質汚濁調査指針（第1版）．恒星社厚生閣，東京．1980；237-257.
- 2) 社団法人 全国沿岸漁業振興開発協会．沿岸漁場整備開発事業 増殖場造成指針 ヒラメ・アサリ編，東京．1997；283.

有明海漁場再生対策事業

(5) 漁場環境モニタリング調査

内藤 剛・古賀 まりの

有明海において、漁場環境を把握し、赤潮・貧酸素被害を防止することを目的に、有明海沿岸4県と西海区水産研究所が共同・分担して漁場環境の周年モニタリング調査を平成20年度から実施し、夏季の貧酸素水塊発生機構の解明と冬季のノリ色落ち原因珪藻の出現特性の解明に取り組んでいる。その結果をここに報告する。

方 法

1. 貧酸素水塊の予察技術、被害軽減手法の開発

調査は、図1に示す調査点3, 4, 5, 6を除く8定点で、令和元年7～9月までに週1回の頻度で実施した。観測層は0m層, 2m層, 5m層及びB-1m層の4層であり(調査点T2は表・底層のみ)、調査項目は、水温、塩分、濁度、溶存酸素、無機三態窒素(以下、「DIN」)、リン酸態リン(以下、「 $PO_4\text{-P}$ 」)、ケイ酸態ケイ素(以下、「 $SiO_2\text{-Si}$ 」)、クロロフィルa、及び植物プランクトン細胞数である。

2. 赤潮被害防止対策技術の開発

調査は、図1に示す12定点で、令和元年11月～

2年2月に月2回の頻度で実施した。観測層は表層及び底層の2層であり、調査項目は、水温、塩分、濁度、DIN、 $PO_4\text{-P}$ 、 $SiO_2\text{-Si}$ 、クロロフィルa、及び植物プランクトン細胞数である。

結 果

本県は、「貧酸素水塊の予察技術、被害軽減手法の開発」については図1に示す調査点T2, T13, P6, P1, B3の5定点における栄養塩類の分析を、「赤潮被害防止対策技術の開発」については図1に示す調査点4, 5, 6の3定点における塩分、DIN、 $PO_4\text{-P}$ 、 $SiO_2\text{-Si}$ 、クロロフィルaの分析及び植物プランクトン細胞数の計数を担当したので、結果を報告する。事業全体の結果については、「平成31年度漁場環境改善推進事業報告書」^{1,2)}を参照のこと。

1. 貧酸素水塊の予察技術、被害軽減手法の開発

(1) DIN

図2にDINの推移を示す。T2, T13は全層でほぼ同調していたが、P6, P1, B3は0, 2m層とB-1m層が異なる挙動を示した。

7月中は、T2, T13の全層およびP6, P1, B3の0, 2m層で、増減しながら推移した後、7月23日に高い値を示し(最大値 $56.81\mu\text{M}$)、その後減少していた。P6, P1, B3のB-1m層は、漸増傾向を示した。

8月前半は、T2, T13の全層およびP6, P1, B3の0, 2m層は低い値で推移したが、P6, P1, B3のB-1m層は他の層と比べて高めで推移した。

8月後半はいずれの調査点、層においても増加し、29日に高い値を示した(最大値 $51.47\mu\text{M}$)。

9月9日にはT2, T13の全層およびP6, P1, B3の0, 2m層は減少していたが、P6, P1, B3のB-1m層は横ばいで推移した。

(2) $PO_4\text{-P}$

図3に $PO_4\text{-P}$ の推移を示す。7月から8月前半まで増減を繰り返しながら推移した。T2の0m層で7月30

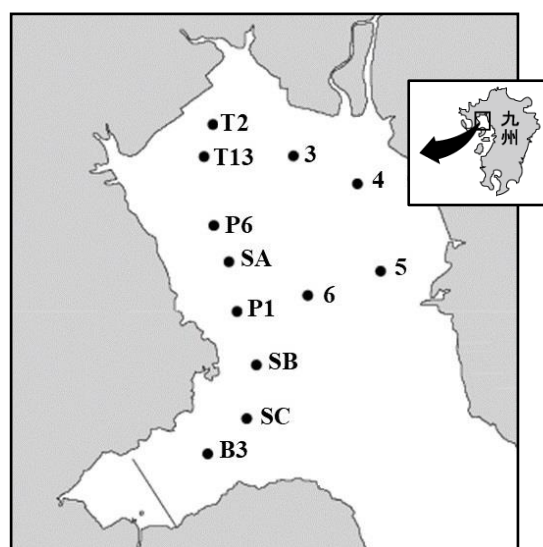


図1 調査地点図

日 ($3.70\mu\text{M}$) , P6, P1 の 0m 層で 7 月 23 日 (最大値 $3.38\mu\text{M}$) , P6, B3 の 2m 層で 8 月 7 日 (最大値 $2.86\mu\text{M}$) に高い値を示した。

8 月後半以降, T2, T13 の全層および P6, P1, B3 の 0, 2m 層で 8 月 21 日, 29 日に高い値を示し (最大値 $3.06\mu\text{M}$) , 9 月 9 日に減少した。P6, P1, B3 の B-1m 層は 8 月後半以降増減しながら横ばいで推移した。

(3) $\text{SiO}_2\text{-Si}$

図 4 に $\text{SiO}_2\text{-Si}$ の推移を示す。7 月から 8 月前半まで増減を繰り返しながら推移し, T2 の 0m 層で 7 月 30 日 ($147.17\mu\text{M}$) , P6 の 0, 2m 層で 7 月 23 日 (最大値 $130.45\mu\text{M}$) に高い値を示した。

8 月後半以降, T2 の全層及び P6, P1, B3 の B-1m 層は漸増傾向を示し, T13 の全層及び P6, P1, B3 の 0, 2m 層は 8 月 29 日 (最大値 $130.34\mu\text{M}$) に高い値を示した後, 9 月 9 日に減少した。

2. 赤潮被害防止対策技術の開発

(1) 塩分

図 5 に塩分の推移を示す。調査点 4 では全期間 30 未満で推移し, 10 月 7 日と 12 月 4 日の 0m 層で 25 を下回った。調査点 5, 6 はほぼ全期間 30 以上で推移した。

(2) DIN

図 6 に DIN の推移を示す。調査点 4 は, 0m 層, B-1m 層ともに, 10 月から 12 月は $11.49\sim 22.06\mu\text{M}$ の範囲で増減しながら推移し, 1 月以降は増加傾向を示した。調査点 5, 6 は, 調査点 4 と比較して増減の幅は小さく, 10 月 7 日 ($2.60\mu\text{M}$) , 11 月 5 日 ($1.62\mu\text{M}$) , 1 月 6 日 ($1.00\mu\text{M}$) に低下が認められた。

(3) $\text{PO}_4\text{-P}$

図 7 に $\text{PO}_4\text{-P}$ の推移を示す。調査点 4 は, 0m 層, B-1m 層ともに, $0.25\sim 2.32\mu\text{M}$ の範囲で増減しながら推移した。調査点 5, 6 は, 調査点 4 と比較して増減の幅は小さく, 10 月 7 日 ($0.40\mu\text{M}$) , 11 月 5 日 ($0.30\mu\text{M}$) , 1 月 6 日 ($0.07\mu\text{M}$) に低下が認められた。

(4) $\text{SiO}_2\text{-Si}$

10 月から 12 月は $62.52\sim 139.25\mu\text{M}$ の範囲で推移し

図 8 に $\text{SiO}_2\text{-Si}$ の推移を示す。調査点 4 の 0m 層は,

た。B-1m 層では, 0m 層より増減の幅は小さかった ($55.39\sim 77.48\mu\text{M}$) 。1 月以降は 0m 層, B-1m 層ともに増加傾向を示した。調査点 5, 6 は, 調査点 4 と比較して増減の幅は小さく, DIN, $\text{PO}_4\text{-P}$ と異なり, 10 月 7 日の表層で比較的高い値を示し, 期間中に極端な低下は認められなかった。

(5) クロロフィル a

図 9 にクロロフィル a の推移を示す。いずれの調査点においても, 10 月 7 日 ($42.79\mu\text{g/L}$) , 11 月 5 日 ($20.75\mu\text{g/L}$) , 1 月 6 日 ($32.09\mu\text{g/L}$) に増加していた。増加時には, 調査点 4 は B-1m 層, 調査点 5, 6 は 0m 層に高い傾向が認められた。

(6) プランクトン細胞数

図 10 に各調査毎のプランクトン細胞数のうち, 有明海においてノリの色落ち原因となる主要な種である *Chaetoceros* spp. , *Skeletonema* spp. , *Eucampia zodiacus* の海水 1ml 当たり細胞数 (0m 層と B-1m 層の平均値) の推移を示す。*Chaetoceros* spp. は, いずれの調査点においても 10 月 7 日 ($1,473\sim 3,575\text{cells/ml}$) と 11 月 5 日 ($3,290\sim 5,880\text{cells/ml}$) に増加していた。*Skeletonema* spp. は, いずれの調査点においても 10 月 7 日 ($2,768\sim 4,678\text{cells/ml}$) と 1 月 6 日 ($5,747\sim 9,527\text{cells/ml}$) に増加していた。

Eucampia zodiacus は, 最大で 1 月 6 日の 192cells/ml で, 期間中顕著な増加は認められなかった。

文 献

- 1) 国立研究開発法人水産研究・教育機構 他. 平成 31 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 (3) 貧酸素水塊の予察技術, 被害軽減手法の開発報告書 2020 ; 3-42.
- 2) 国立研究開発法人水産研究・教育機構 他. 平成 31 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 (2) 赤潮被害防止対策技術の開発報告書 2020 ; 178-199.

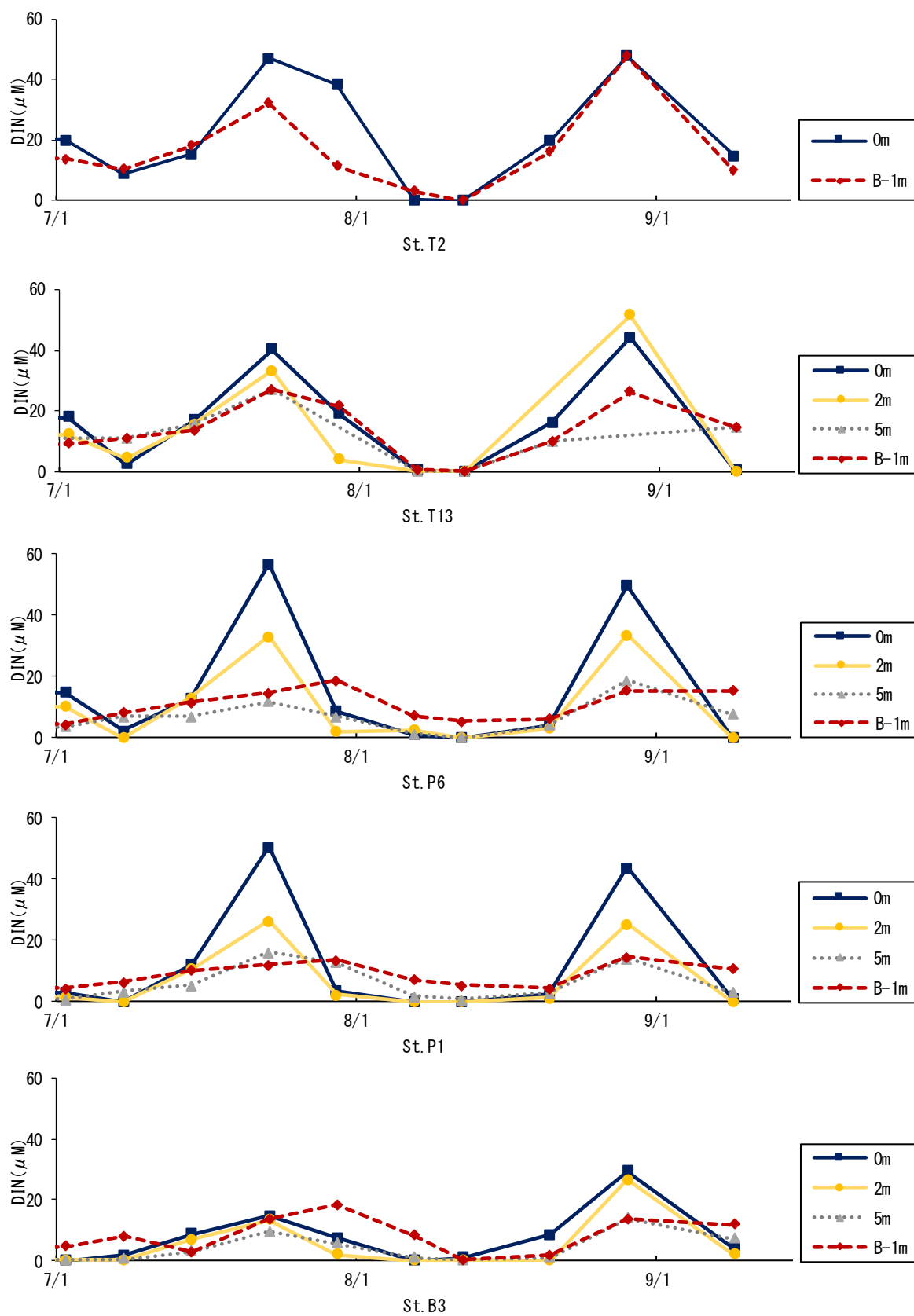


図 2 DIN の推移 (7~9 月)

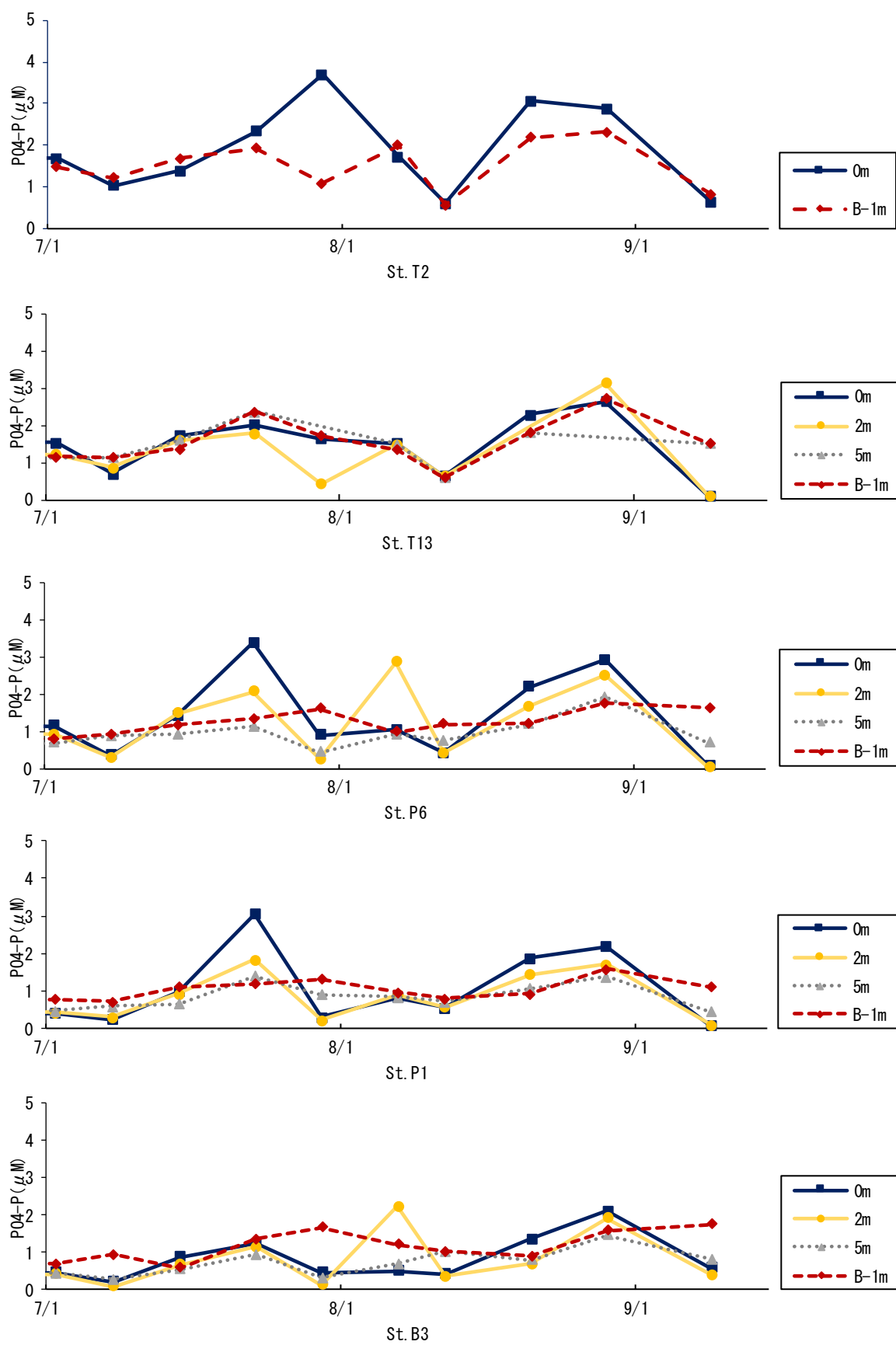


図 3 PO_4-P の推移 (7~9 月)

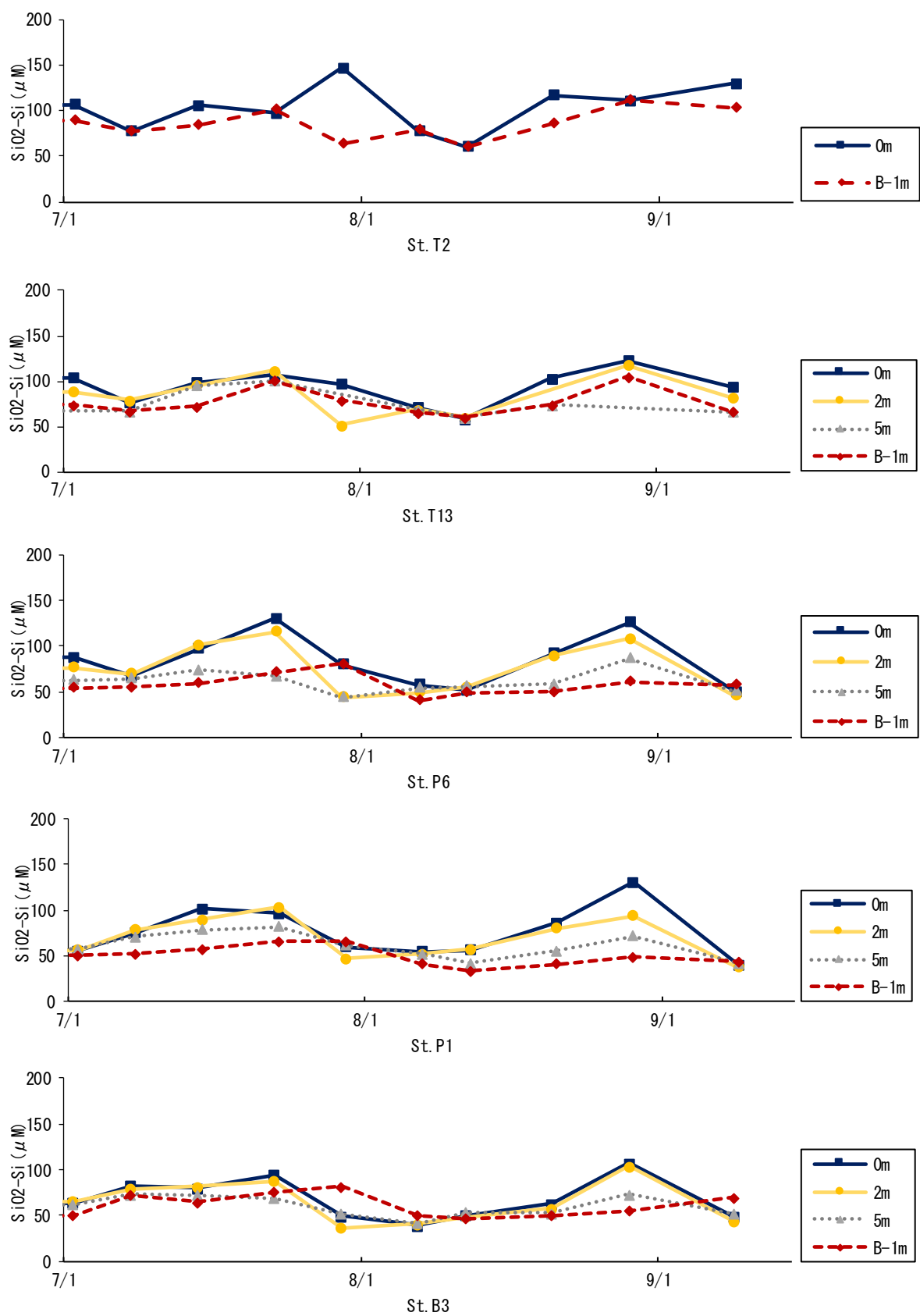


図 4 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ の推移 (7~9 月)

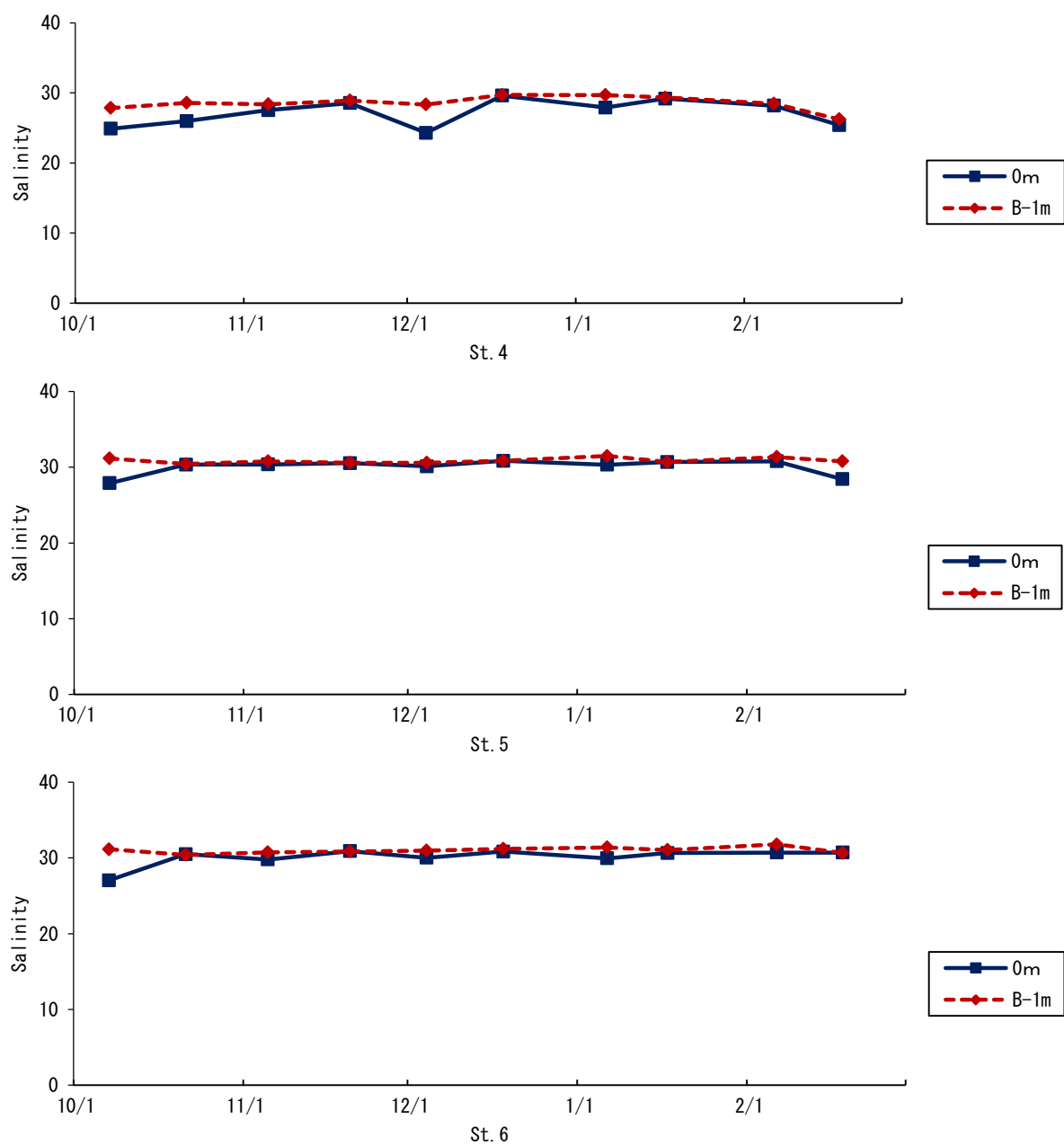


図 5 塩分の推移 (11~2 月)

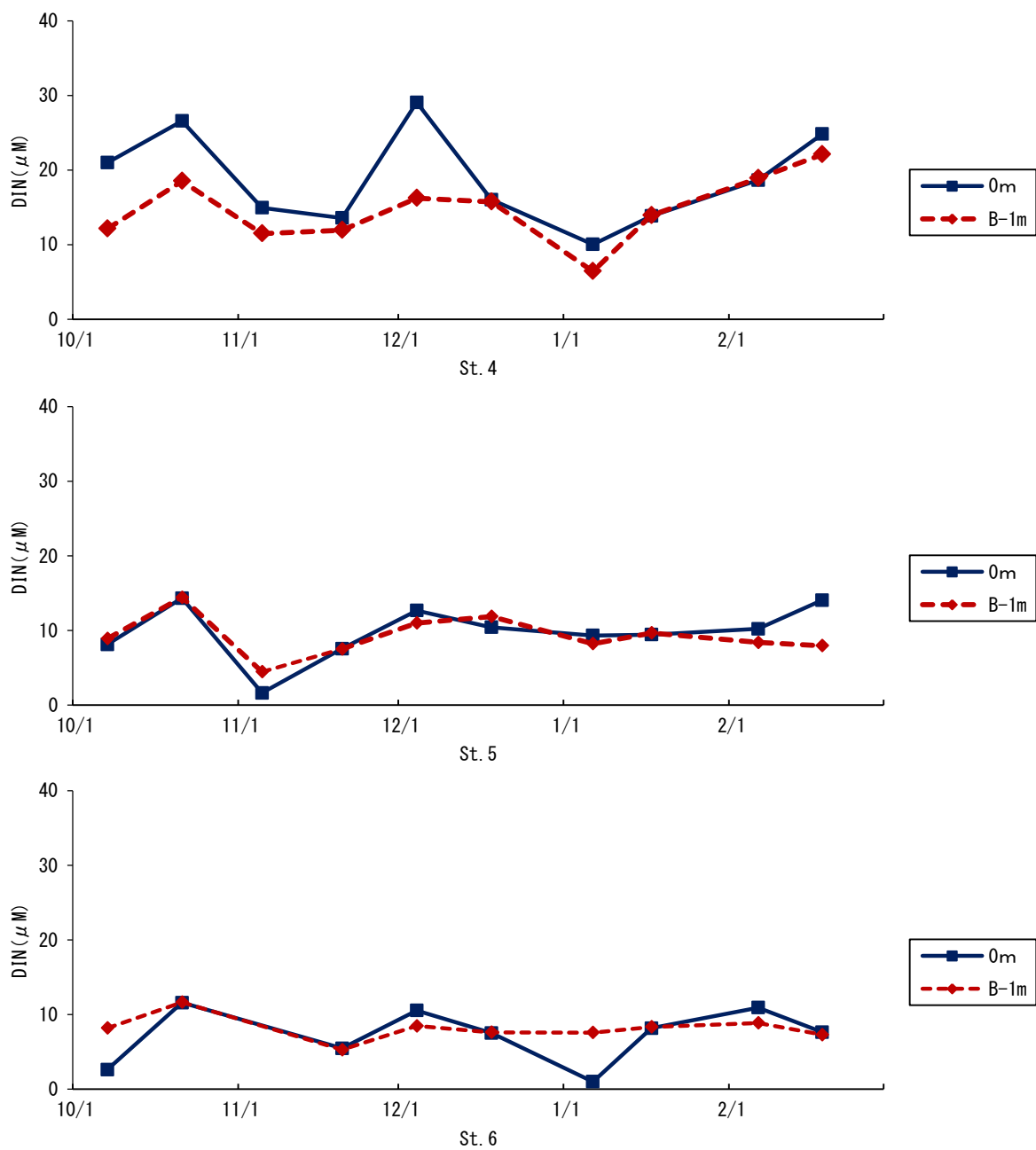


図 6 DIN の推移 (11~2 月)

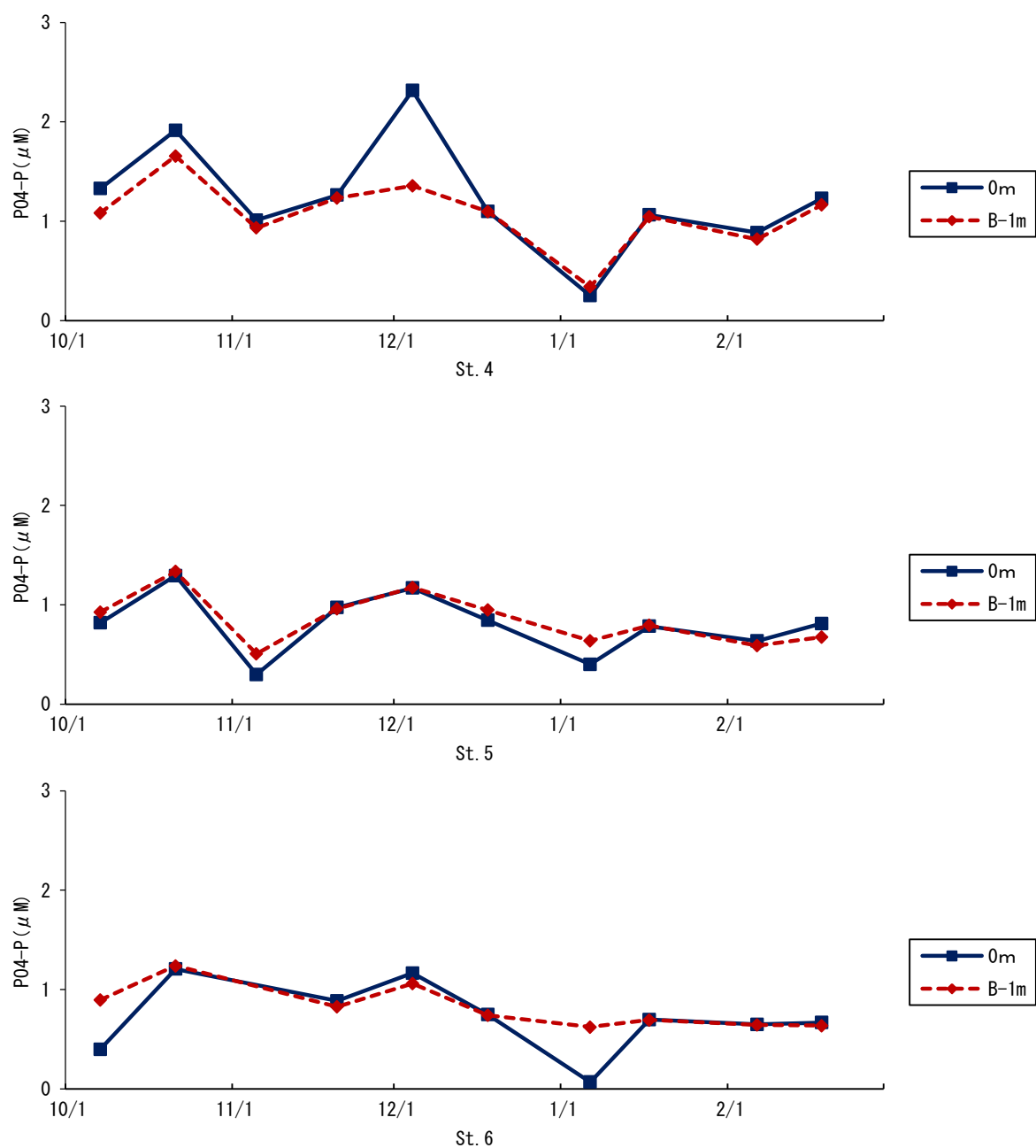


図 7 $P04-P$ の推移 (11~2 月)

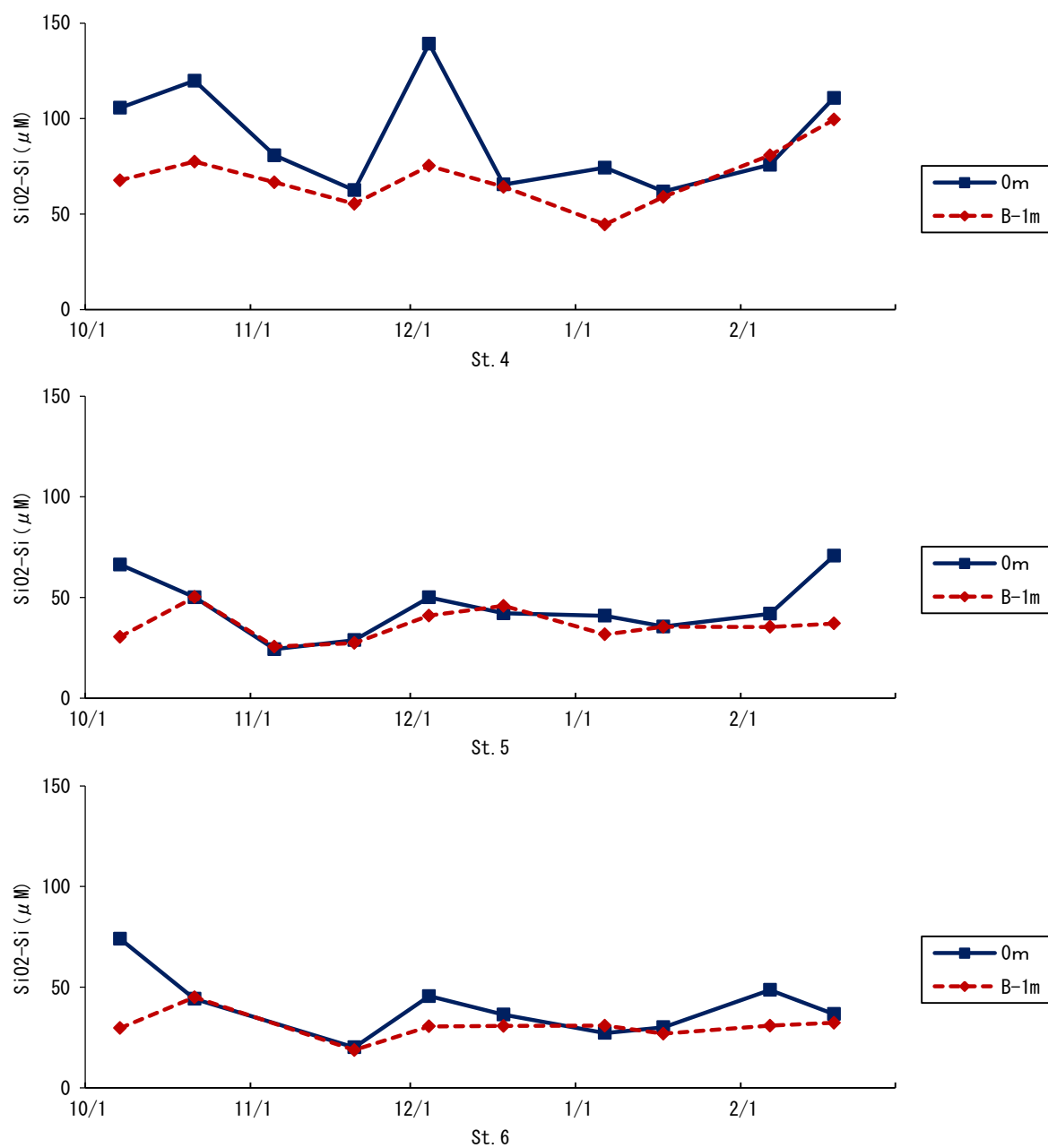


図 8 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ の推移 (11~2 月)

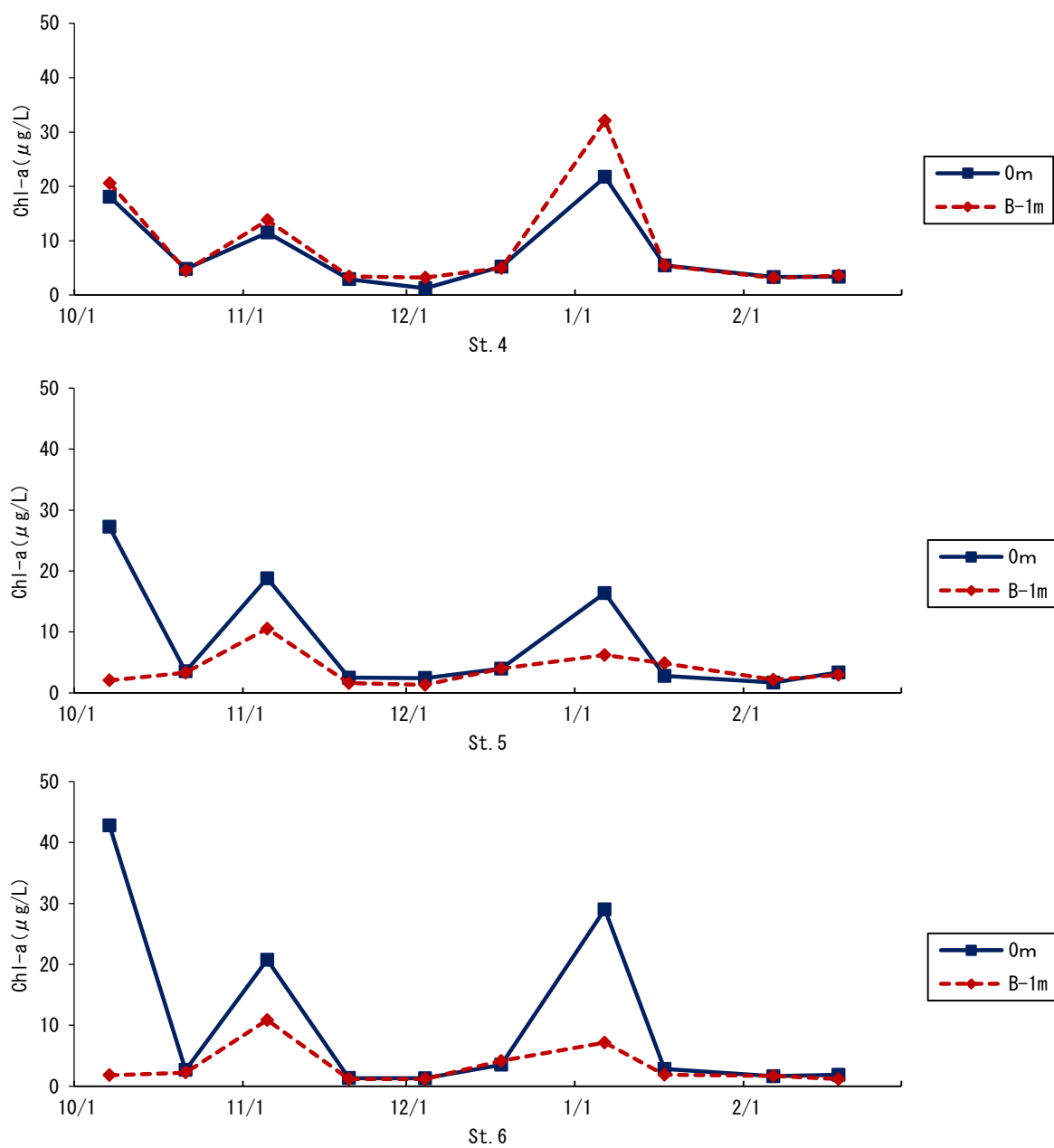


図 9 Chl-a の推移 (11～2 月)

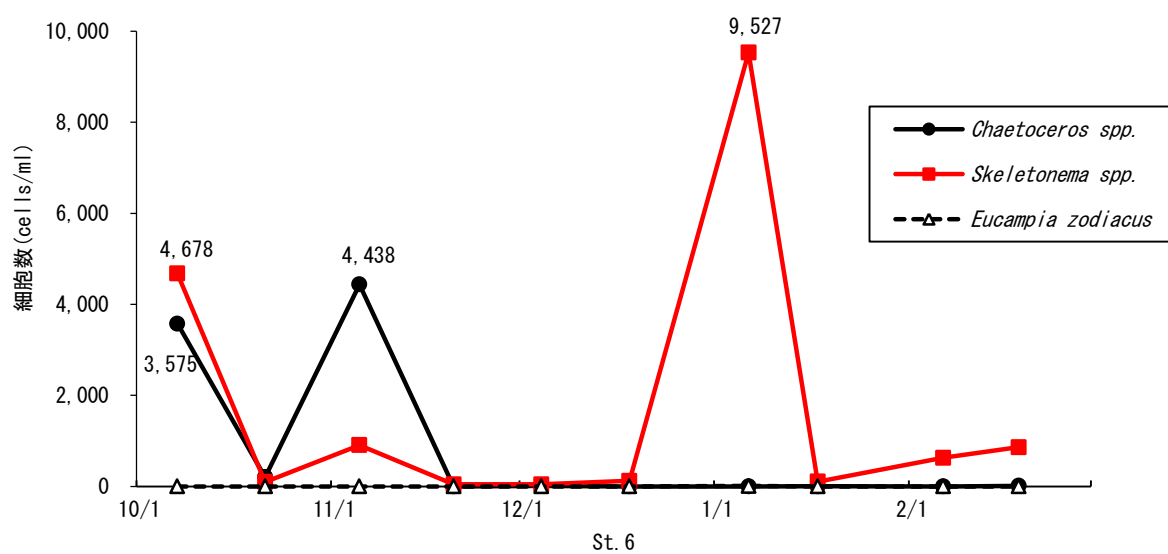
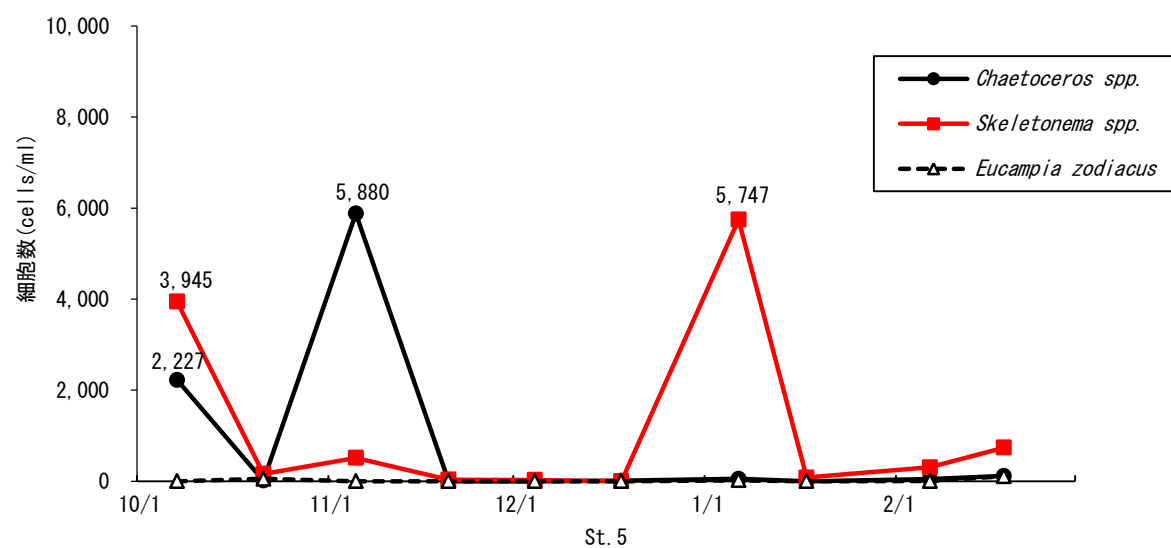
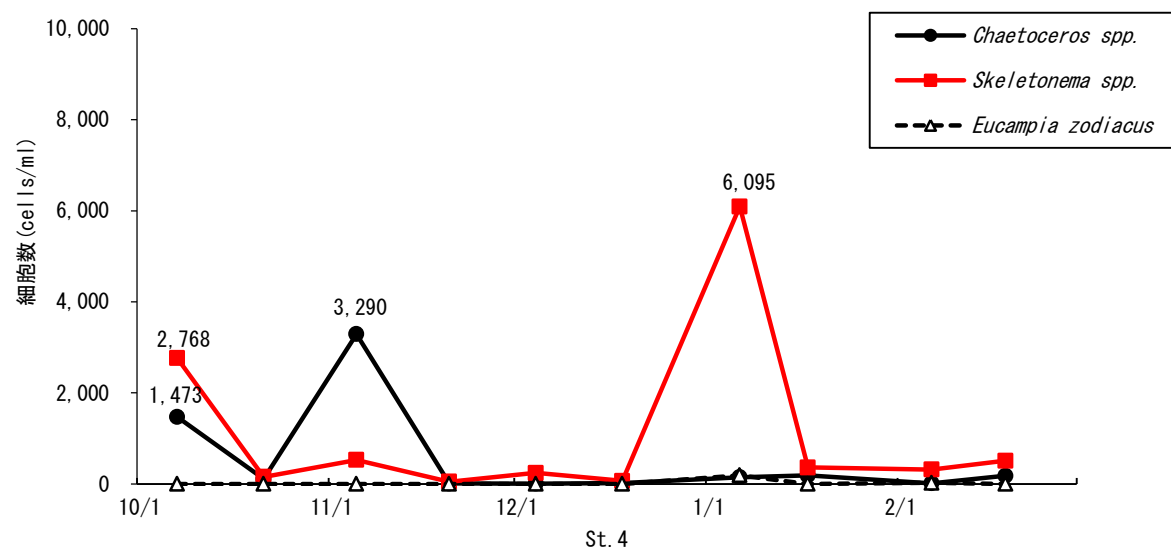


図 10 プランクトン細胞数の推移 (11~2 月)

有明海漁場再生対策事業

(6) ノリ漁場利用高度化開発試験

徳田 眞孝・内藤 剛・安河内 雄介・古賀 まりの・藤井 直幹

有明海の主幹産業であるノリ養殖の安定生産を目的として、養殖漁場における気象、海況及びノリの生長・病害の状況を収集、分析し、適正な養殖管理及び病害被害防止を図るために本調査を実施した。なお、この結果は、「ノリ養殖情報」等で漁業者へ定期的に発信した。

方 法

1. 気象・海況調査

図1に示した19調査点で、令和元年9月から令和2年3月までの期間に原則として週2回、昼間満潮時に調査を実施し、表層水及びプランクトンの採取を行った。調査項目は、水温、比重、無機三態窒素、プランクトン沈殿量である。また、その他に、気象（気温、日照時間及び降水量）及び河川流量についても調査を行った。

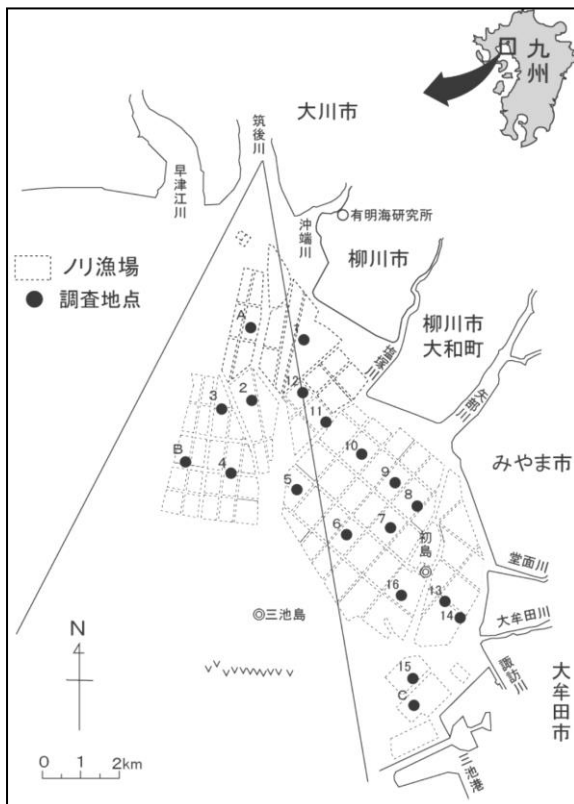


図1 ノリ養殖漁場と調査点

(1) 水温・比重

漁場調査での水温は棒状水銀温度計を用いて現場で測定した。また、比重は現場海水を研究所に持ち帰った後、赤沼式海水比重計を用いて測定し、15℃での値に換算した。

また、福岡有明海漁業協同組合連合会海水給水場（大牟田市新港町）前の岸壁から毎日、昼間満潮時に採水を行い、水温及び比重を測定した。

(2) 無機三態窒素

オートアナライザー(QuAAtro39, ビーエルテック社製)で、硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)は銅カドミカラム還元-ナフチルエチレンジアミン吸光光度法、亜硝酸態窒素($\text{NO}_2\text{-N}$)はナフチルエチレンジアミン吸光光度法、アンモニア態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)はインドフェノール青吸光光度法により分析した。

(3) プランクトン沈殿量

図1の奇数番号の地点及び地点Bの計9点で、目合い0.1mmのプランクトンネットを用いて、1.5mの鉛直曳きによって採取したプランクトンを中性ホルマリンで固定し、固定試料の24時間静置後の沈殿量を測定した。

(4) 気象・河川流量

気温、日照時間は気象庁の大牟田アメダスのデータを、降水量は柳川アメダスのデータを用いた。また、河川流量は筑後川河川事務所の筑後大堰直下流量のデータを用いた。

2. ノリの生長・病害調査

図1の19調査点でノリ葉体を採取し、芽付き状況、葉長、色調および病害の程度を観察した。観察は基本的に、目視及び顕微鏡で行い、病状の評価は既報の方法¹⁾に従った。また、育苗期におけるアオノリの付着状況とノリ芽の生長については、有明海区研究連合会のノリ芽検診結果を用いて検討を行った。

3. ノリの生産状況

福岡有明海漁業協同組合連合会の共販結果を整理して、ノリ生産状況を把握した。

なお、1～3の調査結果については、原則週2回「ノリ

養殖情報」等にとりまとめ、福岡有明海漁業協同組合連合会等の漁業協同組合関係者に発信するとともに、水産海洋技術センターのホームページに掲載した。

結 果

令和元年度のノリ養殖は、10月27日から開始され、網撤去日の令和2年4月6日まで行われた。

1. 気象・海況調査

(1) 水温・比重

図2上段に大牟田地先における水温の推移を示す。

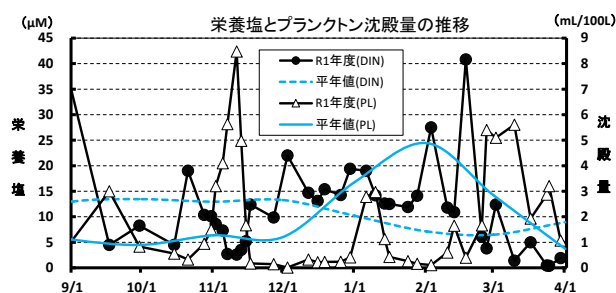
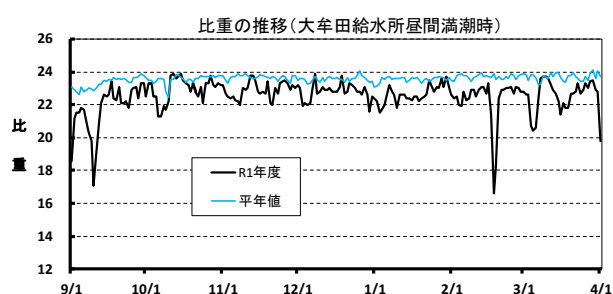
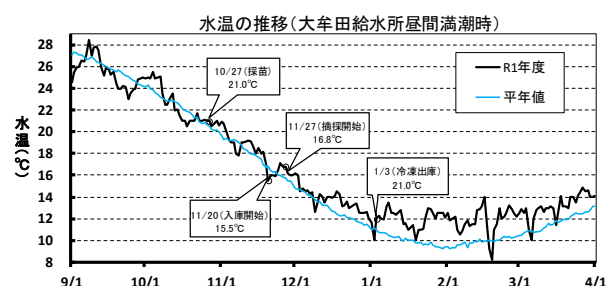


図2 令和元年度ノリ漁期における水温、比重、栄養塩量及びプランクトン沈殿量の推移
(水温・比重の平年値：過去30年間の平均値(S56～H22)、栄養塩量・プランクトン沈殿量の平年値：過去5年の旬別平均値(H25～29年))

水温は、9月から11月までは「平年並み」、12月は「やや高め」、1月から2月までは「甚だ高め」、3月はかなり高めで推移した。採苗当日の10月27日は21.0℃と適水温となり、冷凍網入庫まで緩急はあるものの、おおむね順調に降下した。冷凍網入庫期間は、15～17℃台であった。秋芽網生産期のうち、11月下旬と12月上旬は平年並み、12月中旬及び下旬は平年よりも約1℃高めであった。冷凍網生産期は、1月上旬は平年より約1℃高めであったが、その後、さらに水温は高めで推移し、1月中旬は約1.5℃、1月下旬から2月上旬にかけては約2～3℃高かった。

図2中段に大牟田地先の比重の推移を示す。

比重は、9月は「かなり低め」、10月は「やや低め」、11、12月はともに「かなり低め」と、育苗期から秋芽網生産期は期間を通して低めで推移した。また、1月から3月までは「甚だ低め」と、冷凍網生産期も期間を通して非常に低く推移した。比重の範囲は16.6～23.9で、平年差の最大値は-7.3であった。

(2) 無機三態窒素

図2下段に推移を示す。

9月から10月中旬までは10μMを下回っていたが、ノリ養殖が開始された10月下旬は10.1～19.0μMと回復した。しかし、11月初旬から再び減少し、育苗期の11月7日から15日までは2.7～5.2μMと低レベルとなった。その後、11月中旬から回復し、2月中旬まではほぼ10μM以上で推移したが、2月下旬から10μMを下回り、3月2日を除き、漁期終了まで10μM未満で推移した。

(3) プランクトン沈殿量

図2下段に推移を示す。

気温は、9月上旬から下旬までが「やや高め」、中旬が「やや高め」、10月上旬は「かなり高め」、中旬は「平年並み」、下旬は「やや高め」で推移し、採苗日の気温は17.1℃であった。

11月上旬から中旬までは「平年並み」、下旬は「やや高め」、12月上旬は「平年並み」、中旬は「かなり高め」、下旬は「やや高め」で推移した。

1月上旬から中旬は「やや高め」、下旬は「甚だ高め」で推移した。2月上旬は「平年並み」、中旬から3月上旬までは「やや高め」、中旬は「平年並み」、下旬は「甚だ高め」で推移した。

日照時間は、9月から10月は「平年並み」、11月は「かなり多め」、12月から1月までは「かなり少なめ」、2月から3月までは「平年並み」であった。

図3中段に降水量の推移を示す。9月は「やや少なめ」、

10月は「平年並み」、11月は「やや少なめ」で推移した。採苗日の4日前から2日前にかけて、合計33ミリのまとまった降雨があったが、採苗日以降の約2週間に降雨はなかった。12月は「かなり多め」、1月は「やや多め」、2月から3月までは「平年並み」で推移した。

図3下段に筑後川流量の推移を示す。9月から10月までは「平年並み」、11月は「やや少なめ」、12月から1月までは「平年並み」、2月は「やや多め」、3月は「平年並み」で推移した。

2. ノリの生長・病害調査

(1) 採苗・育苗・秋芽網生産

- ・採苗は過去最遅に並ぶ10月27日から開始された。水温は平年よりやや高めであったが、20～21℃台で推移したため、採苗は速やかに終了した。芽付きは「適正」であった。ノリ網の汚れやアオノリの付着は軽微であった。
- ・冷凍網入庫は11月20日から開始され、11月30日で概ね終了した。11月5日から11月19日まで珪藻(キートセロス属)の赤潮が発生したため、ノリ網を岸寄りの漁場に留めおく期間が長期化し、ノリの生長に地域間の差が生じたことから、冷凍網の入庫は例年と比較して時間を要した。赤潮終息後、海況は急速に好転し良質な網が入庫された。
- ・秋芽網の摘採は11月27日から開始され、撤去までに3～4回の摘採が行われた。
- ・あかぐされ病は採苗後29日目の11月26日に初認された。小潮期の12月5日、12月20日に感染が拡大したが、大きな被害とならなかった。
- ・壺状菌病は確認されなかった。
- ・秋芽網の撤去は12月31日までに行われた。

(2) 冷凍網生産・三期作

- ・冷凍網張り込みの開始は1月3日から開始され、6日までに概ね作業は終了した。
- ・冷凍の戻りは良好であった。
- ・1月6日から1月16日まで珪藻(スケルトネマ属)の赤潮が発生したが、色調低下はなかった。
- ・摘採は1月10日から開始され、製品の質は良好であった。
- ・あかぐされ病は、出庫7日後の1月10日に感染が確認され、降雨、高水温により強い病勢が継続した。
- ・壺状菌病は2月27日に初認された。記録上最遅であった。
- ・2月27日にケイ藻(キートセロス、スケルトネマ属)

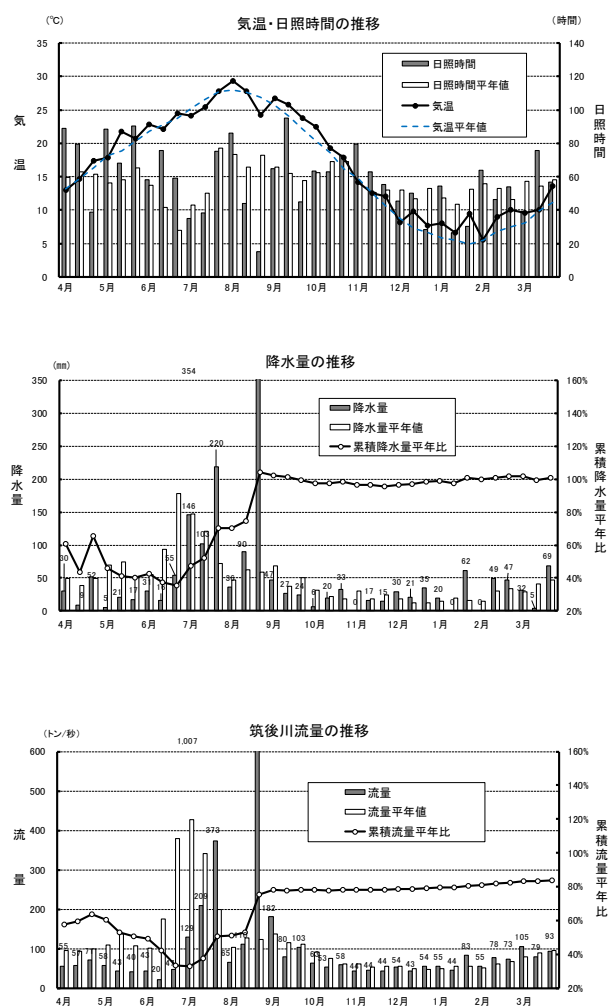


図3 令和元年度における気温・日照時間、降水量及び筑後川流量の推移
(平年値：過去30年間の平均値(S56～H22))

の増殖を確認し、3月10日にはケイ藻(ユーカンピア、キートセロス属)の赤潮の発生を確認した。色落ちは3月2日に確認され、3月下旬まで継続した。

- ・網の撤去は2月27日から開始された。
- ・冷凍網は9～11回の摘採が行われた。
- ・3月18日頃から一部で三期作の網の張り込みが開始され、3月30日から4月上旬にかけて収穫された。栄養塩が回復したため品質は良好であった。
- ・4月6日までに網の撤去が終了し、4月11日から支柱の撤去が開始された。

3. ノリの生産状況

表1に生産時期別の生産実績、表2に令和元年度ノリ共販実績を示す。

令和元年度は秋芽網3回、冷凍網6回の計9回の共販が行われた。

漁期の合計は、生産枚数は13億1,666万7,100枚（過去5年平均の102%）、生産金額は182億3,237万6,093円（過去5年平均の111%）、平均単価は13.85円（過去5年平均より1.06円高）と生産金額は平年を上回った結果となった。

文 献

- 1) 半田亮司．ノリの病害データの指数化について．西海区ブロック藻類・介類研究報告1989；6：35-36．

表 1 生産時期別の生産実績

	生産時期	令和元年度	対前年比	対5年平均比
秋 芽 網	枚数(枚)	381,783,800	1.40	1.25
	単価(円)	14.84	+0.93	+1.65
	金額(円)	5,666,421,832	1.49	1.41
冷 凍 網	枚数(枚)	934,883,300	1.10	0.95
	単価(円)	13.44	+0.18	+0.78
	金額(円)	12,565,954,261	1.11	1.01
漁 期 計	枚数(枚)	1,316,667,100	1.17	1.02
	単価(円)	13.85	+0.43	+1.06
	金額(円)	18,232,376,093	1.21	1.11

表 2 令和元年度ノリ共販実績

地 区	区分 入札会 実施日	秋芽1回 第1回 12/3	秋芽2回 第2回 12/18	秋芽3回 第3回 1/10	冷凍1回 第4回 1/24	冷凍2回 第5回 2/7	冷凍3回 第6回 2/21	冷凍4回 第7回 3/7	冷凍5回 第8回 3/21	冷凍6回 第9回 4/11
柳 川 大 川	枚数	34,830,500	64,325,800	86,578,200	63,148,000	100,980,500	107,779,400	96,448,400	43,506,800	11,844,600
	単価	18.42	14.52	13.49	16.92	14.42	13.58	12.57	10.04	10.76
	金額	641,405,688	933,880,381	1,167,856,162	1,068,646,409	1,455,652,170	1,464,034,901	1,212,789,040	436,731,499	127,418,823
	累計	34,830,500	99,156,300	185,734,500	248,882,500	349,863,000	457,642,400	554,090,800	597,597,600	609,442,200
大 和 高 田	枚数	18.42	15.89	14.77	15.32	15.06	14.71	14.34	14.02	13.96
	単価	641,405,688	1,575,286,069	2,743,142,231	3,811,788,640	5,267,440,810	6,731,475,711	7,944,264,751	8,380,996,250	8,508,415,073
	金額	31,253,900	65,993,900	82,729,200	66,098,700	105,570,500	112,086,400	101,315,700	69,247,300	16,493,400
	累計	31,253,900	97,247,800	179,977,000	246,075,700	351,646,200	463,732,600	565,048,300	634,295,600	650,789,000
大 牟 田	枚数	18.88	14.82	13.50	16.97	14.37	13.53	12.63	9.85	9.37
	単価	590,053,547	978,106,782	1,117,108,401	1,121,370,832	1,517,362,944	1,516,444,023	1,279,908,764	681,812,716	154,523,283
	金額	31,253,900	97,247,800	179,977,000	246,075,700	351,646,200	463,732,600	565,048,300	634,295,600	650,789,000
	累計	31,253,900	97,247,800	179,977,000	246,075,700	351,646,200	463,732,600	565,048,300	634,295,600	650,789,000
海 区 合 計	枚数	2,016,000	7,369,700	6,686,600	5,603,900	9,897,800	8,775,300	7,753,000	6,162,300	2,171,300
	単価	17.76	15.19	13.50	16.40	14.45	13.53	12.44	10.13	7.71
	金額	35,812,305	111,938,803	90,259,763	91,924,952	143,029,349	118,728,530	96,414,853	62,419,315	16,741,858
	累計	2,016,000	9,385,700	16,072,300	21,676,200	31,574,000	40,349,300	48,102,300	54,264,600	56,435,900
海 区 合 計	枚数	17.76	15.74	14.81	15.22	14.98	14.66	14.31	13.83	13.60
	単価	35,812,305	147,751,108	238,010,871	329,935,823	472,965,172	591,693,702	688,108,555	750,527,870	767,269,728
	金額	68,100,400	137,689,400	175,994,000	134,850,600	216,448,800	228,641,100	205,517,100	118,916,400	30,509,300
	累計	68,100,400	205,789,800	381,783,800	516,634,400	733,083,200	961,724,300	1,167,241,400	1,286,157,800	1,316,667,100
累 計 の 前 年 比	枚数比率	1.01	1.24	1.40	1.11	1.00	1.02	1.07	1.17	1.17
	単価差	0.95	1.31	0.93	0.21	0.45	0.55	0.76	0.42	0.43
	金額比率	1.06	1.35	1.49	1.13	1.03	1.06	1.13	1.20	1.21
	金額比率	1.06	1.35	1.49	1.13	1.03	1.06	1.13	1.20	1.21
累 計 の 過 去 5 年 比	枚数比率	0.82	1.09	1.25	1.17	1.11	1.10	1.08	1.06	1.02
	単価差	2.26	1.80	1.65	0.64	0.40	0.41	0.73	0.85	1.06
	金額比率	0.94	1.23	1.41	1.22	1.14	1.14	1.14	1.13	1.11
	金額比率	0.94	1.23	1.41	1.22	1.14	1.14	1.14	1.13	1.11

付表 1 漁場調査結果 水温

(単位 : °C)

観測点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	A	B	C	平均
2019/9/17	26.4	26.4	26.3	26.3	26.3	26.2	26.0	26.2	26.2	26.3	26.4	26.3	26.0	25.9	25.7	26.3	26.3	26.2	25.7	26.2
2019/10/15	21.8	21.8	21.6	22.1	22.2	22.2	22.5	22.0	22.2	22.0	22.4	22.5	22.3	22.3	22.4	22.4	21.4	22.2	22.3	22.1
2019/10/21	21.7	21.7	21.7	21.2	21.4	21.1	21.4	21.2	21.5	21.2	21.5	21.1	21.6	20.9	21.3	21.5	21.2	21.5	21.7	21.4
2019/10/31	21.5	20.7	20.6	21.1	21.2	21.2	21.3	21.4	21.3	21.3	21.3	21.7	21.3	21.2	21.5	21.4	20.6	21.0	21.7	21.2
2019/11/2	21.4	20.2	20.4	20.7	21.3	21.1	21.9	21.4	21.4	21.1	21.5	22.2	21.5	20.8	21.5	21.0	19.7	21.0	21.1	21.1
2019/11/5	20.4	19.9	20.3	20.1	19.6	20.0	20.2	20.3	19.8	20.0	19.9	20.0	19.7	19.6	19.7	19.8	20.0	19.6	20.2	20.0
2019/11/7	19.7	19.5	20.2	20.1	19.7	19.5	19.9	19.7	19.4	19.2	19.7	19.3	19.9	19.6	20.2	19.8	20.0	20.3	19.9	19.8
2019/11/11	18.7	19.1	19.1	19.5	19.6	19.5	19.6	19.5	19.2	19.0	19.8	19.8	19.8	19.4	20.0	20.0	18.6	19.3	20.0	19.4
2019/11/13	18.7	18.7	18.5	19.0	19.5	19.8	19.9	19.8	19.8	19.8	19.8	19.8	20.1	19.3	19.9	20.0	18.5	19.0	20.0	19.5
2019/11/15	16.8	17.7	17.8	17.9	18.6	18.4	19.0	18.7	18.7	18.2	18.6	18.4	19.0	18.6	19.2	18.5	16.7	18.2	18.8	18.3
2019/11/19	17.0	15.6	16.6	16.6	16.9	17.3	17.3	16.4	16.3	16.3	17.1	16.7	17.4	16.0	17.6	17.4	15.1	17.1	17.8	16.8
2019/12/3	13.6	14.6	14.0	14.4	14.2	14.4	14.0	13.9	13.6	13.7	13.6	14.9	12.9	13.8	13.5	15.6	14.1	14.1	13.8	14.0
2019/12/12	12.5	13.6	13.6	14.2	14.2	14.0	14.5	13.5	14.3	13.5	14.1	14.5	14.5	14.7	14.8	14.7	12.9	14.8	14.8	14.1
2019/12/16	12.8	13.6	13.8	13.9	14.1	14.3	14.3	14.2	14.0	14.2	14.0	14.3	14.4	13.7	14.3	14.4	12.8	13.8	14.5	14.0
2019/12/19	14.0	14.2	14.0	14.4	14.5	14.9	14.6	14.4	14.0	14.2	14.4	14.5	14.6	14.5	14.9	14.7	14.0	14.1	14.9	14.4
2019/12/30	11.9	12.2	12.5	12.8	13.1	13.2	13.4	13.1	12.9	12.8	13.0	13.0	13.3	13.0	13.4	13.3	11.8	12.7	13.5	12.9
2020/1/6	11.8	11.5	12.1	11.8	12.6	12.4	12.3	11.8	11.9	11.8	11.7	11.9	12.0	12.0	12.1	12.3	11.1	11.9	12.6	12.0
2020/1/10	11.6	12.1	11.8	12.4	12.4	12.7	13.0	12.7	12.6	12.5	12.8	13.1	12.8	12.6	12.8	12.6	11.8	11.8	12.9	12.5
2020/1/14	10.5	10.6	11.2	11.6	11.5	11.9	12.1	11.6	11.7	11.6	11.8	11.7	12.1	11.8	12.0	12.1	10.4	11.0	11.8	11.5
2020/1/16	10.7	10.8	11.3	11.5	11.7	11.9	12.0	11.7	11.4	11.6	11.7	11.9	11.8	11.5	11.9	11.9	10.2	11.3	11.9	11.5
2020/1/28	12.4	12.2	12.2	12.3	12.5	12.6	13.3	12.9	13.0	12.8	12.9	13.2	13.4	12.9	13.5	12.8	11.5	12.5	13.2	12.7
2020/2/3	11.9	11.7	11.8	12.5	12.3	12.6	12.5	12.4	12.3	12.3	12.4	12.4	12.6	12.5	12.7	12.6	12.0	12.2	13.0	12.4
2020/2/10	11.2	11.2	10.9	10.4	11.3	11.8	11.7	11.8	11.7	11.5	11.4	12.0	12.0	11.9	11.7	11.8	10.5	11.4	11.9	11.5
2020/2/13	14.3	12.6	12.7	13.0	12.9	12.8	13.2	13.1	13.8	13.6	13.4	13.7	13.6	13.9	13.8	12.8	12.0	13.0	13.4	13.2
2020/2/18	10.2	10.6	10.7	11.1	10.5	10.2	9.8	9.9	10.2	9.9	9.6	10.1	8.8	9.0	9.0	9.8	10.4	10.5	8.7	9.9
2020/2/27	13.5	13.0	12.6	12.9	13.2	13.1	13.3	13.7	13.6	13.4	13.2	13.2	13.6	13.5	13.4	13.2	12.5	13.0	13.3	13.2
2020/3/2	13.8	13.1	13.2	13.2	13.1	12.9	13.4	13.4	13.4	13.2	13.5	13.9	13.3	12.8	13.4	13.0	12.8	12.8	13.3	13.2
2020/3/10	13.3	13.4	13.3	13.6	13.4	13.4	13.5	13.5	13.5	13.5	13.4	13.6	13.5	13.6	13.5	13.5	13.4	13.3	13.5	13.5
2020/3/17	12.5	12.4	12.4	12.3	12.4	12.2	12.8	12.8	13.2	12.9	12.8	12.9	13.4	13.4	13.6	12.8	12.4	12.4	13.4	12.8
2020/3/25	15.5	14.7	14.6	14.2	14.6	14.2	14.6	14.5	15.2	14.8	14.8	14.8	15.2	14.3	14.8	14.3	14.5	14.5	14.6	14.7
2020/3/30	14.2	14.2	13.8	13.9	13.9	14.2	14.0	13.9	13.9	13.8	13.8	14.1	14.1	13.8	14.1	14.2	14.2	14.1	13.9	14.0

付表2 漁場調査結果 比重

観測点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	A	B	C	平均
2019/9/17	20.8	22.2	21.1	21.8	22.1	22.1	22.7	22.1	22.1	21.7	22.0	22.0	22.6	22.6	22.6	22.2	19.5	21.1	22.6	21.9
2019/10/15	21.8	23.0	21.9	22.9	23.0	23.0	23.7	23.4	23.2	23.1	22.9	23.0	23.4	23.7	23.9	23.3	21.4	22.8	24.1	23.0
2019/10/21	19.5	20.1	19.0	20.5	22.6	21.9	21.8	22.0	22.0	21.5	21.9	22.4	22.5	22.1	22.5	22.5	17.5	21.0	23.1	21.4
2019/10/31	19.2	22.6	22.2	22.5	22.6	22.6	22.7	22.7	22.8	22.8	22.4	22.5	22.8	22.7	23.0	22.9	18.9	21.6	23.1	22.2
2019/11/2	19.5	22.1	22.0	22.0	22.4	22.7	23.1	23.3	22.3	22.7	23.4	23.3	23.4	22.4	23.4	22.7	20.2	21.7	23.5	22.4
2019/11/5	21.8	19.8	19.7	20.7	21.8	21.8	21.7	21.7	21.1	21.5	21.0	22.1	22.1	21.5	21.7	21.3	17.8	19.2	22.1	21.1
2019/11/7	22.4	21.4	21.3	21.3	21.6	22.1	22.7	22.3	22.6	22.5	22.6	22.7	22.4	22.2	23.1	23.1	19.3	22.1	23.3	22.2
2019/11/11	20.1	22.8	22.3	22.8	22.9	23.1	23.1	22.9	21.9	22.8	22.9	22.2	23.0	22.9	23.3	23.3	21.3	22.7	23.3	22.6
2019/11/13	18.6	22.3	22.1	22.6	22.7	23.1	22.9	23.2	22.9	22.7	22.5	22.8	23.3	22.4	23.3	23.3	20.6	22.2	23.3	22.5
2019/11/15	18.4	23.3	22.5	23.0	22.9	23.2	23.1	23.5	23.4	23.2	23.1	23.3	23.8	23.3	23.4	23.4	20.4	22.4	23.8	22.8
2019/11/19	22.5	21.2	22.4	21.9	22.1	22.3	22.8	22.6	22.4	21.0	22.1	22.1	23.6	22.0	23.5	22.6	19.5	23.1	23.6	22.3
2019/12/3	15.2	20.2	19.1	20.2	22.2	21.1	21.2	20.2	19.2	16.7	18.3	21.7	19.1	20.5	18.7	22.3	16.3	19.3	18.3	19.5
2019/12/12	17.1	22.6	22.5	23.0	22.9	22.8	23.4	23.1	23.6	22.0	22.5	23.3	23.7	23.7	23.7	23.6	21.7	23.4	24.1	22.8
2019/12/16	18.4	17.9	21.9	22.4	22.9	23.5	23.1	22.9	23.0	22.9	22.9	22.9	23.3	22.4	23.5	23.4	20.4	22.2	23.4	22.3
2019/12/19	19.8	21.3	21.4	22.1	22.5	22.9	22.9	22.3	22.3	21.8	22.8	22.9	23.0	22.4	22.9	22.9	19.0	21.5	23.0	22.1
2019/12/30	16.5	22.3	22.2	23.2	23.5	23.8	24.0	24.0	23.2	22.9	23.2	23.2	23.5	23.5	24.0	23.5	20.1	22.6	24.3	22.8
2020/1/6	21.1	21.8	21.8	21.2	23.1	22.6	22.5	21.6	22.0	22.6	21.6	22.2	22.7	22.0	21.5	22.8	18.3	21.6	23.8	21.9
2020/1/10	14.6	20.9	21.4	22.3	23.0	23.2	22.9	22.7	22.5	21.9	22.9	23.0	23.3	22.5	23.2	23.1	18.8	21.5	23.6	22.0
2020/1/14	17.7	22.0	21.3	22.8	22.9	23.4	23.1	23.1	23.0	22.8	22.8	22.9	23.0	23.4	23.5	23.3	18.7	22.1	23.1	22.4
2020/1/16	18.7	22.4	21.8	22.3	22.5	22.8	22.9	22.9	22.5	22.6	22.6	22.5	23.0	22.4	23.0	22.9	19.5	21.5	23.0	22.2
2020/1/28	14.6	22.4	22.1	22.3	22.4	23.3	23.5	23.3	22.8	22.3	23.0	22.8	23.4	22.4	23.5	23.3	18.0	21.5	23.6	22.1
2020/2/3	14.8	14.0	15.8	20.2	21.7	21.6	20.8	19.6	19.7	19.5	18.7	17.8	21.3	20.2	21.2	21.8	9.8	19.7	22.5	19.0
2020/2/10	18.8	22.6	21.7	22.5	22.6	23.1	23.0	23.2	23.1	22.2	22.0	22.8	23.1	23.0	23.2	23.2	19.7	22.6	23.6	22.4
2020/2/13	16.8	22.8	21.9	22.8	22.9	23.3	23.2	23.4	22.8	22.7	22.8	23.1	23.3	23.2	23.4	23.3	18.9	22.0	23.4	22.4
2020/2/18	11.5	16.1	19.3	19.7	18.0	15.8	14.8	13.2	14.7	13.0	14.1	15.8	13.6	12.9	14.2	17.0	11.9	21.6	14.2	15.3
2020/2/27	19.4	22.9	23.4	23.1	23.3	23.4	23.6	23.6	23.5	23.5	23.5	23.4	23.7	23.1	23.8	23.6	19.1	22.4	24.0	23.0
2020/3/2	11.2	15.7	15.6	20.6	17.1	23.1	22.0	20.5	20.0	18.5	20.0	15.1	22.5	21.5	22.7	23.0	10.1	21.1	23.3	19.1
2020/3/10	17.5	22.6	21.9	23.1	23.0	23.0	23.5	23.4	23.3	23.4	22.9	23.0	23.4	23.4	23.5	23.5	20.6	22.5	23.6	22.7
2020/3/17	17.5	17.4	18.0	19.0	20.1	19.4	18.9	18.4	18.5	18.5	18.7	19.4	19.4	20.5	22.1	21.5	14.5	19.6	22.6	19.2
2020/3/25	17.6	22.5	22.2	22.7	23.0	23.0	23.0	23.1	23.0	23.0	23.0	22.9	23.1	23.1	23.6	23.1	20.5	22.1	23.6	22.5
2020/3/30	17.0	19.9	19.8	21.2	22.3	22.4	21.7	21.3	20.9	19.8	20.9	22.2	22.8	21.0	22.3	23.0	17.9	20.8	21.9	21.0

付表3 漁場調査結果 無機三態窒素 (DIN)

(単位: μM)

観測点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	A	B	C	平均
2019/9/17	7.2	1.9	8.6	6.7	2.4	1.8	3.0	2.6	1.5	1.9	3.2	5.4	3.8	4.3	5.3	2.7	11.7	6.7	5.5	4.5
2019/10/15	18.4	12.6	17.1	13.4	12.6	11.3	10.3	15.1	12.3	11.8	11.9	11.5	10.7	10.0	9.9	10.3	21.0	12.8	8.8	12.7
2019/10/21	26.9	24.3	26.4	21.3	14.5	16.9	17.2	17.7	16.0	20.3	15.3	16.5	15.2	17.7	15.2	14.9	33.3	19.3	12.8	19.0
2019/10/31	27.7	9.8	12.3	9.1	9.2	7.3	6.6	5.3	12.8	10.5	9.3	8.5	6.6	7.2	2.7	5.4	27.4	12.6	1.6	10.1
2019/11/2	25.7	7.9	12.9	8.5	6.9	5.4	2.7	5.6	6.5	3.9	5.5	6.5	3.5	17.1	2.4	4.9	23.3	11.6	2.0	8.6
2019/11/5	5.3	16.9	17.0	13.1	1.9	3.8	1.5	2.9	5.3	5.0	8.4	3.6	1.6	3.9	1.7	2.3	23.6	19.5	1.5	7.3
2019/11/7	1.4	2.5	1.2	1.6	0.9	1.2	1.0	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	3.5	10.8	0.8	0.8	18.8	0.9	1.1	2.7
2019/11/11	9.0	1.9	2.6	1.8	2.1	1.9	2.1	2.2	1.8	1.8	1.9	2.0	1.9	3.0	1.9	1.9	5.5	1.9	1.9	2.6
2019/11/13	18.2	1.4	1.6	1.4	1.3	1.5	1.3	1.7	2.3	1.3	1.3	1.2	1.2	14.8	1.4	1.3	9.0	2.5	1.2	3.5
2019/11/15	25.2	2.6	5.6	4.0	4.1	3.6	3.5	2.5	2.3	2.7	2.9	3.5	2.8	3.6	1.9	2.4	16.7	5.7	2.3	5.2
2019/11/19	12.8	16.7	8.7	12.9	13.0	11.0	10.6	12.1	10.6	16.1	12.2	12.2	8.2	21.2	7.8	9.5	23.9	8.5	7.4	12.4
2019/12/3	37.3	17.9	21.1	15.6	10.6	12.2	10.9	13.2	18.7	27.3	21.3	11.1	19.6	19.9	42.9	10.9	32.2	20.1	54.9	22.0
2019/12/12	39.3	17.1	13.9	13.3	13.6	13.4	12.7	16.4	12.1	17.3	14.3	12.2	10.9	12.6	9.3	11.1	20.3	9.9	9.3	14.7
2019/12/16	31.5	11.6	13.6	11.7	10.2	9.3	8.6	11.1	14.2	9.5	9.8	9.0	8.6	28.9	8.7	8.7	23.5	12.4	7.8	13.1
2019/12/19	25.7	17.4	15.6	13.8	12.5	10.2	13.5	18.5	15.0	15.2	11.2	11.3	10.3	26.8	12.8	10.0	27.5	14.8	9.7	15.4
2019/12/30	47.7	20.9	20.5	18.3	14.3	13.0	14.9	19.0	19.1	15.9	14.0	14.7	12.5	33.9	15.4	12.3	31.5	18.9	11.1	19.4
2020/1/6	20.1	17.6	8.0	15.2	10.7	11.0	12.4	15.8	15.7	14.9	18.7	13.5	25.1	19.2	61.9	20.9	36.9	12.1	10.9	19.0
2020/1/10	45.1	20.5	17.3	12.1	8.4	7.8	8.1	13.7	13.0	14.8	8.9	8.9	7.5	15.2	8.3	7.3	30.7	15.9	5.9	14.2
2020/1/14	34.3	15.0	16.2	10.3	9.6	9.0	9.7	10.9	10.9	10.6	9.5	9.3	8.9	8.7	8.0	8.5	29.8	12.0	7.7	12.6
2020/1/16	28.5	12.4	13.0	11.3	10.2	8.8	8.4	14.6	13.9	9.8	10.0	9.4	8.8	14.4	8.2	8.6	25.2	12.8	8.6	12.5
2020/1/28	51.4	13.5	13.1	12.5	12.0	8.3	7.6	11.0	10.2	10.6	9.0	8.6	8.9	21.2	7.8	8.4	32.1	14.3	8.0	14.1
2020/2/3	49.8	50.0	40.1	18.9	13.3	9.0	9.9	16.2	16.5	20.2	22.5	29.5	20.1	32.8	52.1	15.8	76.9	18.7	10.3	27.5
2020/2/10	26.0	11.4	16.4	10.9	10.4	9.5	9.3	8.4	8.9	12.1	12.3	9.7	8.6	9.2	7.9	9.4	24.9	10.4	7.6	11.8
2020/2/13	30.6	12.4	12.2	9.7	9.7	8.2	7.9	7.7	10.1	10.7	8.3	9.2	6.5	10.8	5.2	7.1	24.5	12.2	3.6	10.9
2020/2/18	54.0	39.5	25.3	22.7	25.7	34.2	37.7	46.6	39.7	47.8	42.7	32.8	43.3	74.1	55.4	29.1	51.2	14.1	58.9	40.8
2020/2/27	16.0	2.6	3.4	1.8	2.3	1.9	1.0	1.3	2.7	1.5	1.8	2.5	1.1	8.7	0.3	1.6	17.1	4.8	0.3	3.8
2020/3/2	43.3	27.3	25.8	8.2	3.3	1.8	1.4	3.4	7.8	12.2	6.9	26.2	3.7	2.1	3.1	3.0	47.8	7.2	1.4	12.4
2020/3/10	18.6	0.5	0.8	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.4	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.3	5.7	0.4	0.0	1.4
2020/3/17	13.6	6.9	3.8	1.3	7.0	5.9	5.4	5.4	3.0	1.5	1.8	0.8	16.9	0.7	0.0	0.2	20.6	0.6	0.0	5.0
2020/3/25	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
2020/3/30	11.8	1.5	1.9	0.9	0.2	0.0	0.8	1.0	1.2	3.9	1.2	0.0	0.0	1.9	0.2	0.0	8.4	1.0	0.5	1.9

付表 4 漁場調査結果 プラクトン沈殿量

観測点	(単位 : ml/100L)									平均
	1	3	5	7	9	11	13	15	B	
2019/9/17	3.68	1.69	2.58	3.05	5.10	5.80	2.63	1.20	1.43	3.02
2019/10/15	0.50	0.55	0.56	0.50	0.54	0.65	0.75	0.57	0.45	0.56
2019/10/21	0.23	0.22	0.46	0.26	0.37	0.40	0.42	0.30	0.33	0.33
2019/10/31	1.25	1.04	1.23	1.69	1.72	1.58	1.58	2.39	1.18	1.52
2019/11/2	11.30	1.20	15.00	10.20	2.80	7.50	11.00	9.00	1.35	7.71
2019/11/5	5.15	1.20	6.30	4.78	2.43	4.68	5.80	4.80	1.38	4.06
2019/11/7	5.60	4.92	6.90	5.20	5.40	3.65	5.90	8.10	4.98	5.63
2019/11/11	4.90	6.40	8.60	5.90	11.50	7.20	9.40	10.40	12.00	8.48
2019/11/13	2.05	2.70	6.10	6.80	11.60	4.20	4.49	5.10	1.78	4.98
2019/11/15	0.75	2.65	1.73	2.68	1.73	1.78	1.65	1.35	0.75	1.67
2019/11/19	0.12	0.31	0.11	0.11	0.22	0.12	0.18	0.18	0.17	0.17
2019/12/3	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2019/12/12	0.10	0.39	0.26	0.45	0.37	0.28	0.50	0.23	0.35	0.33
2019/12/16	0.15	0.24	0.26	0.27	0.17	0.26	0.20	0.14	0.32	0.22
2019/12/19	0.13	0.11	0.50	0.27	0.15	0.35	0.16	0.25	0.11	0.23
2019/12/30	0.27	0.34	0.92	0.34	0.27	0.46	0.34	0.23	0.56	0.41
2020/1/6	2.12	8.80	2.69	0.88	1.54	1.50	1.20	1.13	5.20	2.78
2020/1/10	0.78	1.65	4.25	3.65	2.95	5.10	3.80	2.15	2.40	2.97
2020/1/14	0.88	1.91	1.89	0.95	1.29	1.60	0.65	0.55	0.97	1.19
2020/1/16	0.38	0.63	0.40	0.40	0.48	0.50	0.37	0.32	0.41	0.43
2020/1/28	0.24	0.25	0.15	0.08	0.12	0.25	0.10	0.10	0.17	0.16
2020/2/3	0.06	0.13	0.25	0.07	0.04	0.13	0.06	0.10	0.18	0.11
2020/2/10	1.14	0.38	0.49	0.49	0.68	0.83	0.48	0.40	0.55	0.60
2020/2/13	0.80	0.70	0.62	1.08	1.58	1.01	4.30	4.15	0.60	1.65
2020/2/18	0.23	0.58	0.84	0.34	0.26	0.42	0.24	0.42	0.31	0.40
2020/2/27	3.85	4.50	9.70	4.90	6.90	4.18	5.80	4.98	3.90	5.41
2020/3/2	1.69	2.10	9.80	5.30	4.90	6.00	6.60	3.19	6.20	5.09
2020/3/10	5.80	5.80	8.90	5.30	4.85	8.30	2.42	2.85	6.30	5.61
2020/3/17	1.08	1.58	1.99	1.19	2.05	2.42	2.19	2.50	2.40	1.93
2020/3/25	3.52	3.58	3.78	2.40	3.15	2.50	2.25	1.90	5.90	3.22
2020/3/30	1.25	1.10	1.20	0.70	0.90	1.08	1.25	0.84	1.28	1.07