

有明海漁場再生対策事業

(3) 二枚貝類増産事業 (タイラギ)

的場 達人・吉田 幹英・上田 拓・山田 京平

近年、有明海のタイラギ潜水器漁場において、西部海域では底質環境の悪化や夏場に発生する貧酸素水塊の発生によるへい死、東部海域では原因不明の立ち枯れへい死などによって資源状態が著しく低下している。¹⁻³⁾

有明海福岡県地先の干潟域では、漁業権者である福岡有明海漁業協同組合連合会により、タイラギ保護区が設定され、また沖合域では母貝場造成試験や食害種であるナルトビエイの駆除活動が実施されている。

しかしながら、有明海全域ではタイラギ資源状況は極めて悪く、浮遊幼生や着底稚貝の発生はも著しく低下しているため、産卵母貝となる成貝資源の増大が急務となっている。

本事業においては、タイラギ資源の保護・増大のためへい死抑制技術の開発を行うとともに、立ち枯れへい死の要因を明らかにすることを目的として調査及び試験を実施した。

方 法

1. 天然漁場における斃死状況調査

(1) タイラギ分布調査

天然漁場におけるタイラギの斃死状況を把握するため、稚貝の発生が比較的多くみられる沖合域の竹はぜ南漁場において、月1回のタイラギ分布調査を行った。

竹はぜ南漁場における分布調査は、スクーバ潜水により、海底に50mラインを設置し、1m×10m×3カ所の範囲内に生息するタイラギをラインセクト法により採取し、生息密度を算出した。

(2) 生息環境調査

1) 底質

月1回のタイラギ分布調査時に底質試料をアクリルパイプ(内径36mm、長さ30cm)を用いて採泥した。試料は採取後、1時間静置し、試料上部に堆積した流動層を浮泥としてその堆積層厚を測定した。浮泥を除去した後、表層から0～5cm層、5～10cm層を分取後、層毎に攪拌し、酸揮発性硫化物量(AVS)、強熱減量(IL)、中央粒径値(Mdφ)及び泥分率について分析した。AVSは検知

管法、ILは底質調査方法(昭和63年環水管第127号)Ⅱ、Mdφ及び泥分率はTrask法により分析を行った。

2) 水質

試験箇所の水温及び溶存酸素を測定するため連続水質観測計(JFEアドバンテック社製 AROW2-USB)を、センサー部が海底上5cmになるように設置し、水質データを10分間隔で1秒毎10回測定、データ回収後に測定値を、水温は24時間毎、溶存酸素は1時間毎のデータを平均して使用した。



図1 調査点図

2. 天然漁場における育成手法別試験

(1) 沖合漁場

1) 育成手法別試験

図1に示す、有明海沖合域にある峰の洲斜面漁場において、タイラギの育成手法別試験を実施した。

各試験区の供試貝は、国立研究開発法人 水産研究・教育機構 西海区水産研究所が、有明海の親貝から種苗生産した着底稚貝（以後、人工貝とする）を、三池港内の浮き桟橋に設置した垂下施設で中間育成した29年級貝を用いた。各試験区の模式図を図2に、供試貝数、移植日、試験開始時の平均殻長等を表1に示した。

各試験区の設置や追跡調査は、月1回スクーバ潜水により実施した。

①被覆カゴ（砂泥）区

食害及び被覆網による浮泥堆積の影響を排除するため、底泥中に人工貝30個を移植し、その上からステンレスカゴ（50cm×50cm×12cm、格子幅15mm）を被せて、杭と結束バンドで固定した。

追跡調査は、海底で被覆カゴの上蓋を取り外して、目視により生貝を計数し、死殻があればその都度回収した。

②被覆カゴ（アンストラ）区

食害及び底質の影響を排除するために、50cm角×30cm深のステンレス枠を用いて、海底を掘り下げ、その中にアンストラサイト（無煙炭）を埋設、供試貝を直植えし、その上から上記の被覆カゴを設置した。

③上架カゴ（砂泥）区

海底から切り離せば、底質に関係なく斃死しないのか検討するために、丸型収穫カゴ（アロン化成製 内径30cm×28cm）を2カゴ、海底から15cm程度浮かせて丸カンで固定し、海底の砂泥を上面まで投入、供試貝15個ずつ直植えした後、トリカルネット（目合6mm）で蓋をした。

④上架パンライト（砂泥）区

上記の上架カゴの代わりに、上面からしか通水性のない30Lパンライト水槽に海底の砂泥を投入し、上架カゴ（砂泥区）と同様の手法で海底から浮かせて設置した。

⑤海中育成ネット区

海中育成ネット⁴⁾は、図2に示した73cm×52cmのポケットネット（株式会社 西海養殖技研製）を表裏2枚重ね、その上部に浮子を取り付けたものとした。

ネットは、峰の洲斜面漁場の海底に中心部が1m程浮いた状態になるように設置した。

追跡調査は、ネットを船上に持ち上げ、生残貝の計数と測定を行った。その際に船に装備されている海水ポンプでネットの洗浄を行った。

⑥非保護区

通常の生息時と同様に、海底の砂泥中にタイラギを直立した状態で移植した。移植する貝数は50cm×50cmの枠内に30個とした。

2) 生息環境調査

①タイラギ分布調査

峰の洲斜面漁場において、月1回の1m×10mラインセクト調査を実施した。

②底質調査

前述の竹はぜ南漁場と同様の手法で追跡調査時に底泥を採取し、底質分析を行った。

③水質調査

水温と酸素飽和度の連続観測機器を、海底上5cmの位置にセンサー部を設置した。

(2) 干潟漁場

図1に示す、有明海干潟域にある10号漁場において、育成手法別試験を実施した。

1) 被覆網試験（28年級人工貝）

平成29年5月26日に開始した28年級人工貝による被覆網試験について、今年度も引き続き追跡調査を行った。供試貝について、移植日、供試数、試験開始時の平均殻長を表2に示した。

移植後224日が経過した30年1月5日時点で70%の生残が確認されており、今年度は30年8月10日まで2～3月に1回の頻度で大潮の干潟干出時に追跡調査を行った。

追跡調査は、被覆網の内側に設置した50cm×50cmの枠内に移植した30個について、被覆網を取り外して、目視により生貝を計数し、死殻があればその都度回収した。

2) 移植時期別の被覆網試験（29年級人工貝）

29年級人工貝を用いて、移植時期別の被覆網試験を実施した。

各試験区の供試貝について、移植日、供試貝数、試験開始時の平均殻長を表2に示した。

移植後、30年11月8日まで1～3月間に1回の頻度で、大潮の干潟干出時に、上記と同様の手法で追跡調査を行った。

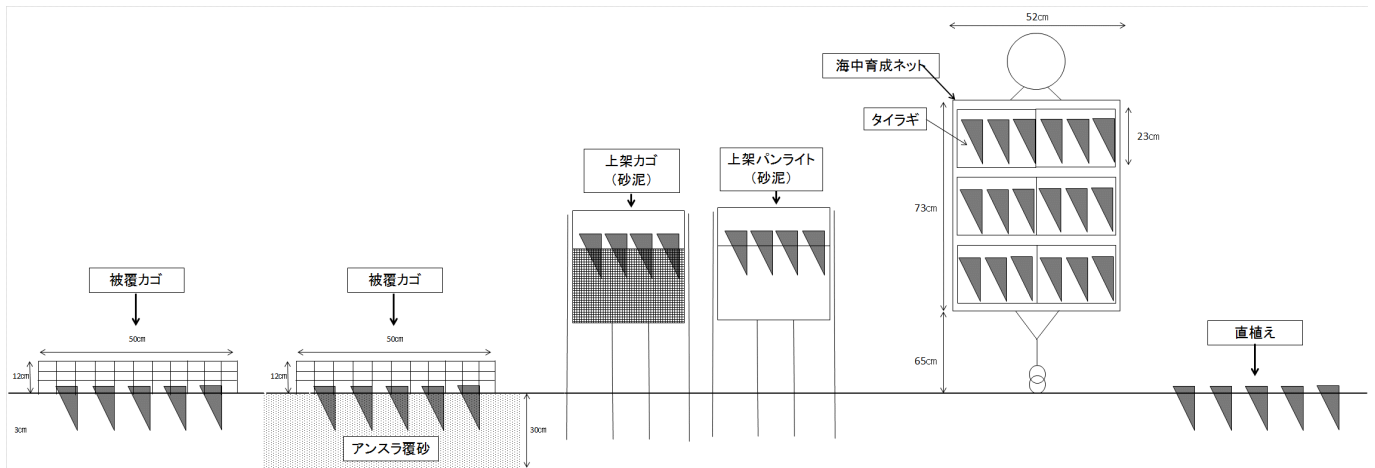


図2 育成手法別試験の概要

表1 沖合域の育成手法別試験の供試貝

	被覆カゴ(アンズラ)区	被覆カゴ(砂泥)区	上架カゴ(砂泥)区	上架バンライト(砂泥)区	海中育成ネット区	非保護区
移植日	H30年3月10日	H30年3月10日	H30年3月10日	H30年3月10日	H30年3月23日	H30年3月23日
供試貝	H29年級人工貝	H29年級人工貝	H29年級人工貝	H29年級人工貝	H29年級人工貝	H29年級人工貝
供試貝数	30	30	30	30	30	30
開始時殻長(mm)	78	78	68	68	83	74

表2 干潟域の育成手法別試験の供試貝

	平成29年級人工貝			平成28年級人工貝
	4月被覆網区	5月被覆網区	5月対照区	5月被覆網区
移植日	平成30年4月17日	平成30年5月17日	平成30年5月17日	平成29年5月26日
供試貝数	30	30	30	30
開始時殻長(mm)	59	76	80	81

3. 人工種苗中間育成試験

(1) 三池港における垂下式中間育成試験

国立研究開発法人 水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所が、平成30年に有明海産成貝から採卵、種苗生産した着底稚貝（以後、30年級人工貝）を、30年9月7日に分与を受け、三池港内の浮き桟橋で基質を入れない垂下カゴで育成した稚貝（ 10.3 ± 2.1 mm）を用いて、9月28日から垂下式中間育成試験を開始した。稚貝は（株）西海養殖技研が防汚処理を施した垂下育成カゴ（収穫カゴ、内径30cm×28cm深）に、それぞれ400個と200個密度を変えて収容し、その後、月1回の頻度で殻長測定とカゴ洗浄を実施し、回収時に生残率を求めた。

(2) 干潟域における育成手法別中間育成試験

三池港で垂下式中間育成した30年級人工貝（ 28.2 ± 2.1 mm）の一部を、上架カゴ、埋設カゴに200個ずつ収容し、平成30年11月7日に10号干潟漁場での中間育成試験を開始した。追跡調査は、2月に1回大潮の干潮時に実施し、殻長の測定を行った。

① 上架カゴ区

干潟面からの上架台として、垂下育成で用いた収穫カゴ2個を大型のカゴ（縦61cm×横47cm×高20cm）に結束バンドとめたものを海底に杭で固定し、収穫カゴに原地盤の砂泥を敷き、人工貝を収容した。

② 埋設カゴ区

上架カゴ区と同じ収穫カゴ2個を、干潟面に埋め込み収穫カゴ内に原地盤の砂泥を敷き、人工貝を収容した。

表3 三池港における垂下式中間育成試験の供試貝

	400個区	200個区
移植日	平成30年9月28日	平成30年9月28日
供試貝	H30年級人工貝	H30年級人工貝
供試貝数	400	200
開始時殻長 (mm)	10.3	10.3

表4 干潟域での育成手法別中間育成試験の供試貝

	上架カゴ	埋設加 ^o
移植日	平成30年11月7日	平成30年11月7日
供試貝	H30年級人工貝	H30年級人工貝
供試貝数	200	200
開始時殻長 (mm)	28.2	28.2

4. 飢餓ストレス遺伝子試験

供試貝は、29年級人工貝（殻長 82.0 ± 11.3 mm）を用いた。30年5月28日に、500L止水水槽2個に400Lづつ海水を注入し、そこにアンスラサイトを入れた収穫カゴを設置、飢餓区と対照区に60個づつ人工貝を収容、馴致飼育を開始した。

馴致飼育は、開始後7日目の6月4日まで行い、各区とも毎日2万cells/ml分の濃縮キートセロスを給餌した。6月4日に各区とも全換水し、対照区のみ毎日同量の給餌を行い比較試験を開始した。試験開始後7日目の6月11日に各区から6個体ずつ回収し、中腸腺を切り分けRNA laterにて固定し、後日total mRNAを抽出した。次にバイオアナライザーでmRNAの品質を確認し、十分高品質な各試験区4個体づつを用いて次世代シーケンサー（Illumina HiSeq2000）を用いて塩基配列を解読した。

次に、飢餓区で7日間無給餌飼育後の6月11日から、回復区として飽食給餌に切り替え、6月18日まで育成試験を継続した。対照区の飽食給餌区は、7日目までの条件のまま14日目まで試験を継続した。

回復試験を終了した6月18日に、各区から10個体づつ回収し、上記と同様の手法でRNAの塩基配列を解読した。

結 果

1. 天然漁場における斃死状況調査

(1) タイラギの分布調査

平成30年4月～31年3月の竹はぜ南漁場におけるタイラギの分布状況を図3に、その平均殻長を図4に示した。

29年級群は、30年4月に0.23個体/m²みられたが、5～6月は0.07個体/m²と減少し、7月以降確認できなくなった。

30年級群は、30年8月20日に初めて0.1個体/m²が確認され、9月18日に5.7個体/m²、10月4日に3.7個体/m²であったが、11月3日以降は0.3個体/m²前後で推移した。その間の殻長は40.8mmから93.8mmに成長した。

(2) 生息環境調査

1) 底質

竹はぜ南漁場における浮泥堆積層厚を図5に、底泥のAVS、IL、泥分率、Mdφの推移を図6～9に示した。

浮泥堆積層厚は、平成30年4月23日～8月20日は、2～6mmの範囲で推移し、12月18日に8mmとやや増加したが、30年2月14日、3月14日には2～4mmと減少した。期間を通してタイラギの生息に適している10mm以下の値で推移した。

AVSは、各層の観測層において0.05mg/g乾泥以下の低い値で推移した。

ILは、各層とも3.67～6.35%とタイラギの生息可能な範囲内で推移し、最大値は7月の10～15cm層の6.35%であった。

泥分率は、タイラギの生息に適している基準（30%未満）を上回ったのは、2月14日の0～5cm層の41.53%の1回であったが、生息可能な範囲であった。

Mdφは、各層とも期間を通じて生息に適している3.0未満の値で推移した。

2) 水質

竹はぜ南漁場における水質の連続観測結果を図10～11に示した。海底上5cmの水温は、10.7～28.6℃の範囲で推移した。酸素飽和度（D0）は、平成30年7月2～3日に40%未満の貧酸素が26時間継続し、そのうち20%未満が2時間継続した。8月22日に40%未満の貧酸素が5時間継続し、そのうち20%未満は認められなかった。

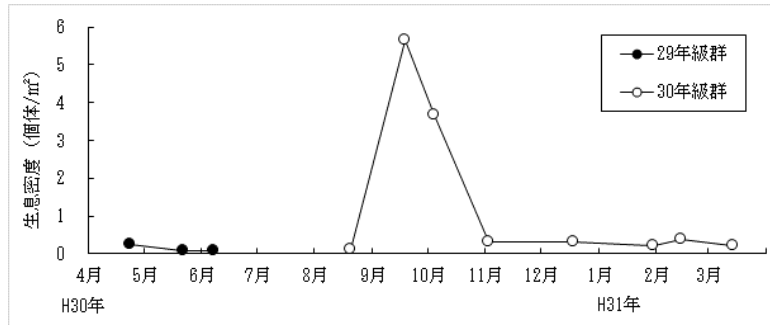


図3 竹はぜ南漁場のタイラギ分布状況

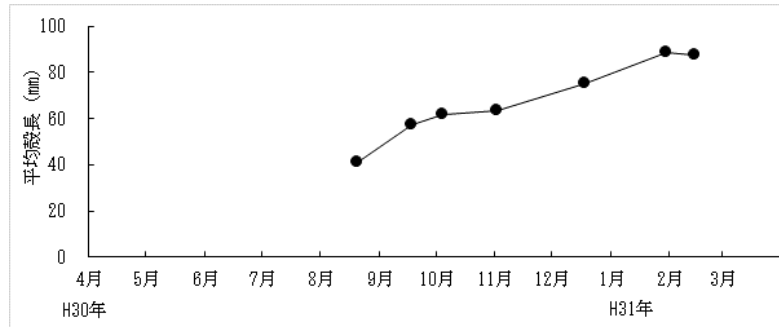


図4 竹はぜ南漁場におけるタイラギの平均殻長

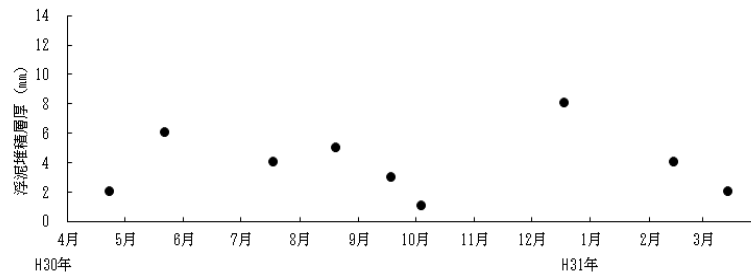


図5 竹はぜ南漁場の浮泥堆積層厚

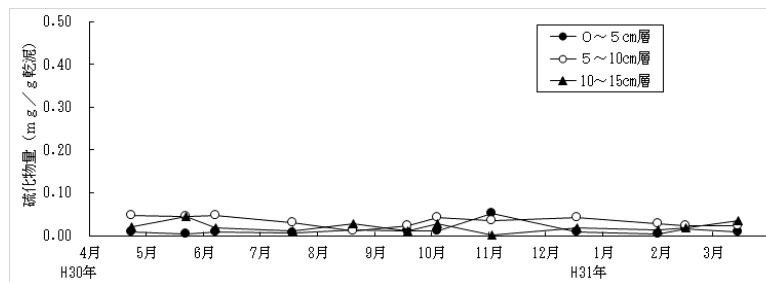


図6 竹はぜ南漁場のAVS

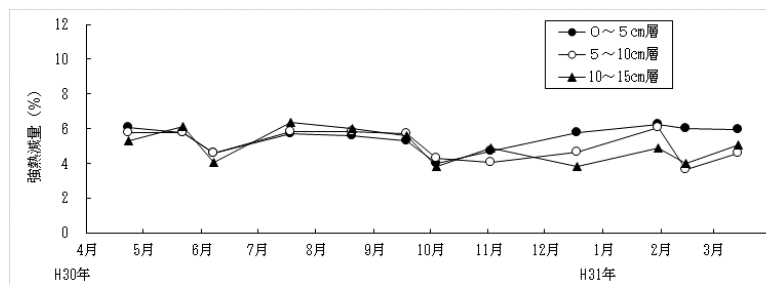


図7 竹はぜ南漁場のIL

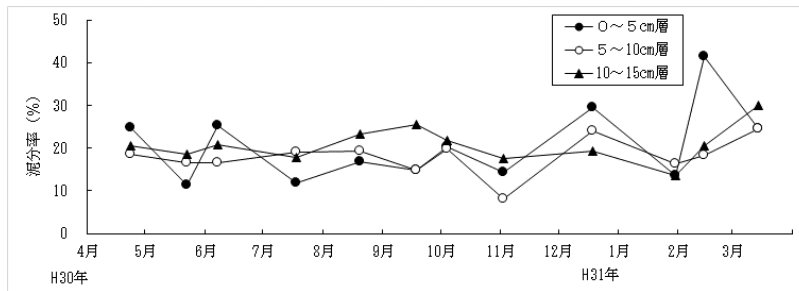


図 8 竹はぜ南漁場の泥分率

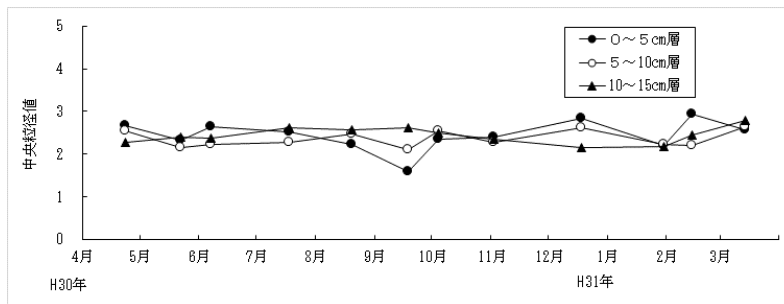


図 9 竹はぜ南漁場のMdφ

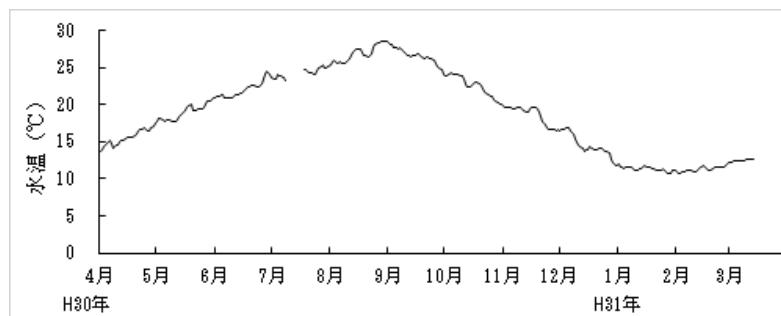


図 10 竹はぜ南漁場の水温（海底上 5 cm）

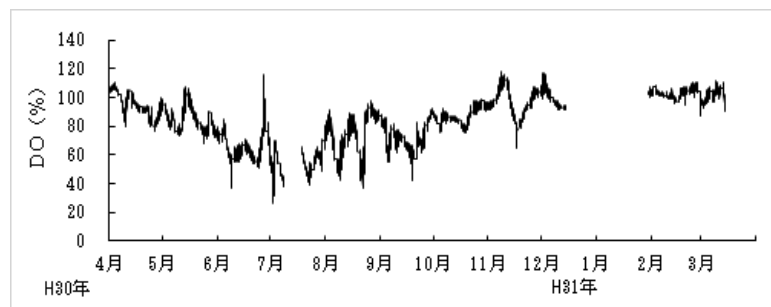


図 11 竹はぜ南漁場のDO（海底上 5 cm）

2. 育成手法別試験

(1) 沖合漁場

1) 育成試験結果

峰の洲斜面漁場における育成手法別試験の生残率を図12に示した。

非保護区の生残率は、平成30年4月24日まで97%が生残していたが、5月24日に60%、7月19日に10%と減少し、10月3日には0%となった。

上架カゴ（砂泥）区、上架パンライト（砂泥）区は共に試験終了時の12月14日まで93%が生残した。

被覆カゴ（アンスラサイト）区、被覆カゴ（砂泥）区海中育成ネット区は、12月14日まで目立った斃死はみられず、70%、77%、74%が生残した。

2) 生息環境調査

① タイラギ分布状況

峰の洲斜面漁場におけるタイラギ分布状況を図9に示

した。29年級群は、30年4月25日に0.1個体/m²（殻長99.4mm）、5月24日に0.3個体/m²（82.2mm）確認されたが、それ以降は9月3日には0.1個体/m²（91.5mm）となった。

また、30年級群については確認されなかった。

②底質調査

峰の洲斜面漁場における浮泥堆積層厚を図14に、底泥のAVS、IL、泥分率、Mdφの推移を図15～18に示した。

浮泥堆積層厚は、期間を通じてタイラギの生息に適している10mm以下の値で推移した。

AVSは、各層とも期間を通じて生息に適している0.1mg/g乾泥以下の値で推移した。

ILは、各層とも2.13～7.22%とタイラギの生息可能な10%未満で推移し、最大値は9月3日0～5cm層の7.22%であった。

泥分率は、9月3日0～5cm層で30.5%を示したが、それ以外は、各層とも期間を通じて生息に適している30%未満の値で推移した。

Mdφは、各層とも期間を通じて生息に適している3未満の値で推移した。

③水質調査

峰の洲斜面漁場の海底直上5cmにおける水温は図19に示すとおり、10.5～28.9℃の範囲で推移した。

DOは図20に示すとおり、26.3～129.4%の範囲で推移

し、6時間以上連続して40%以下を示したのは、7月21日～22日に7時間、7月22日～23日に20時間、7月23日～7月24日に22時間、7月24日に10時間、8月7日8時間、8月8日に21時間、8月21日～22日と8月22日、23日に6時間を観測した。但し、20%以下の貧酸素は、期間を通じて観測されなかった。

(2)干潟漁場

1) 育成手法別試験

①28年級人工貝

10号干潟漁場において、平成29年5月26日に移植した28年級人工貝の被覆網試験の生残率を図21に示した。30年8月10日まで441日間で47%が生残した。

②29年級人工貝

10号干潟漁場において、平成30年4月17日と5月17日に移植した29年級人工貝の被覆網試験の生残率を図22に示した。

非保護区の生残率は、8月10日には17%に減少し、11月8日には0%となった。

4月被覆網区と5月被覆網区の生残率は、11月8日時点で50%と43%、その殻長は162mm、137mmとなり、4月に移植した方が、その後の成長、生残が良いことが示唆された。

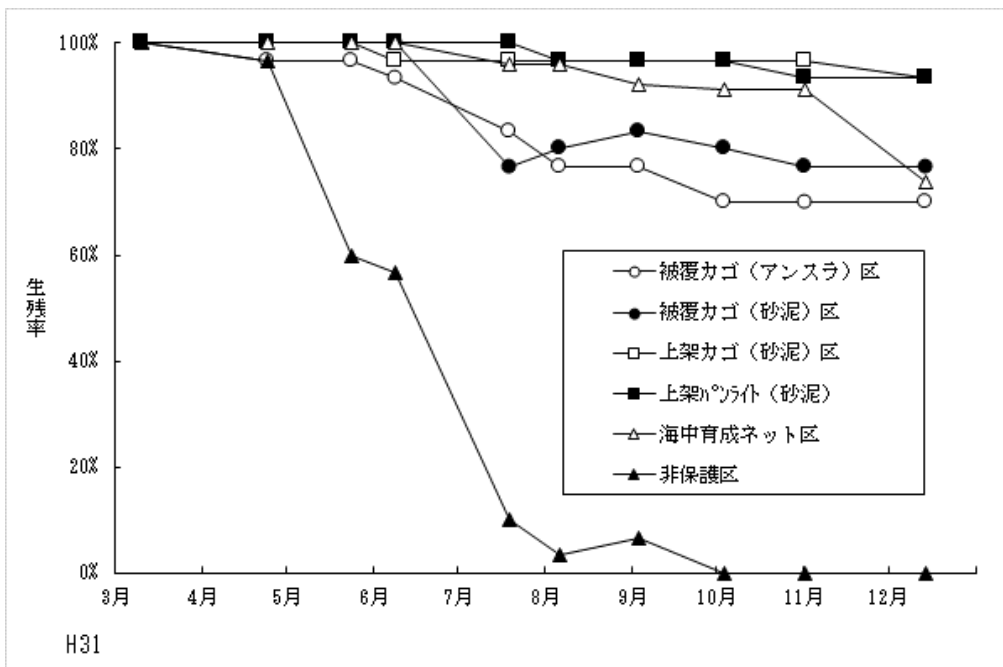


図12 峰の洲斜面漁場における育成手法別試験の生残率

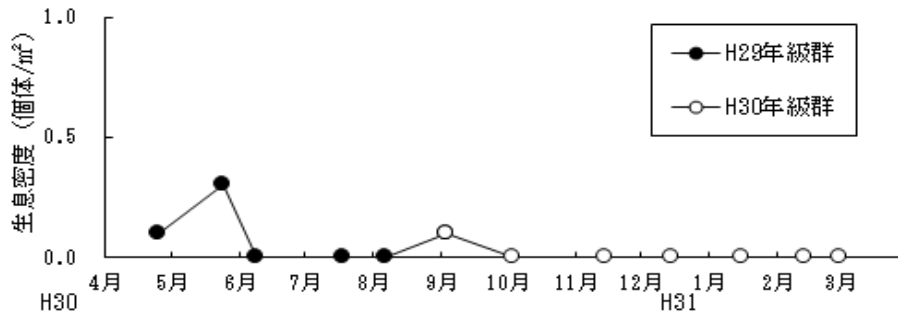


図13 峰の洲斜面漁場におけるタイラギ稚貝分布密度

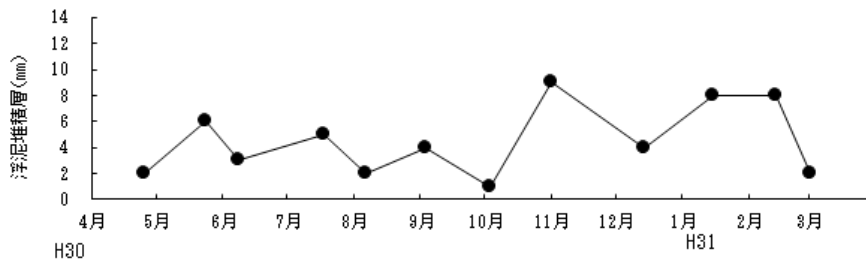


図14 峰の洲斜面漁場における浮泥堆積層厚

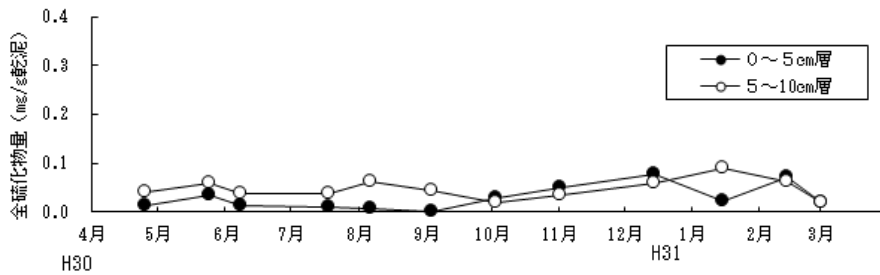


図15 峰の洲斜面漁場のAVS

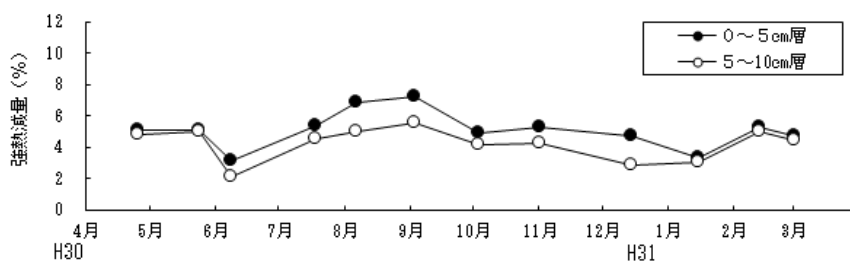


図16 峰の洲斜面漁場のIL

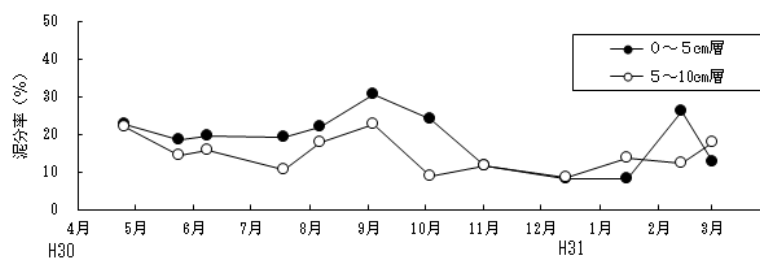


図17 峰の洲斜面漁場の泥分率

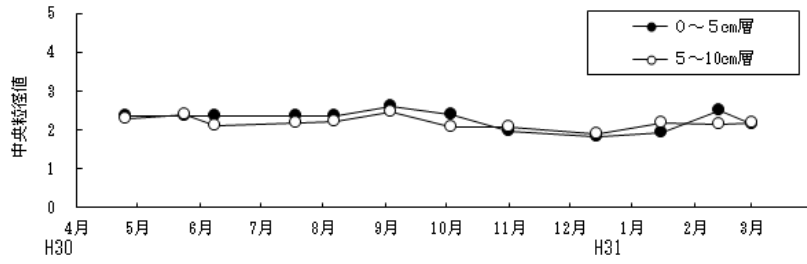


図18 峰の洲斜面漁場のMd φ

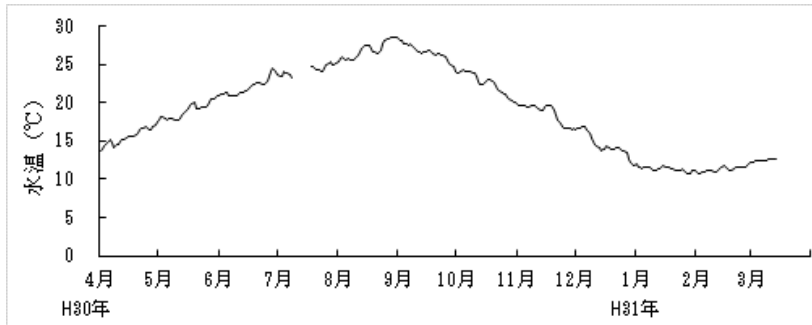


図19 峰の洲斜面漁場の水温（海底上5 cm）

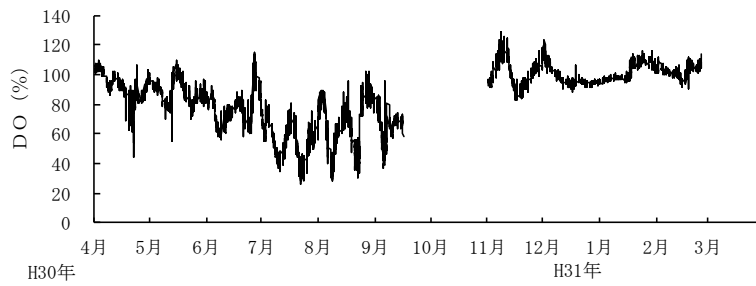


図20 峰の洲斜面漁場のDO（海底上5 cm）

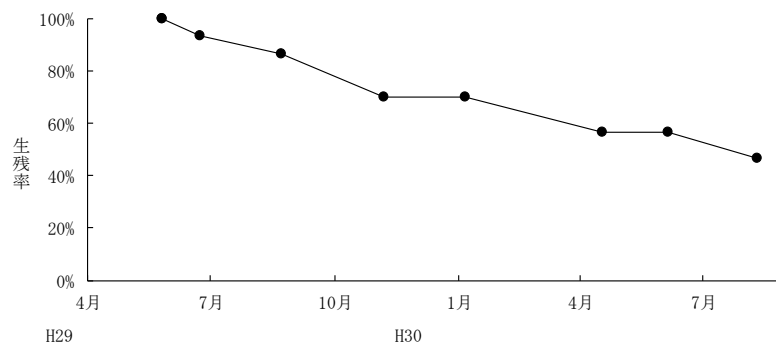


図21 被覆網で保護した28年級群の生残率（10号干潟漁場）

4. 人工種苗中間育成試験

(1) 三池港に於ける垂下式中間育成試験

平成30年9月28日に開始した密度別の垂下式中間育成試験について、31年3月4日時点までの生残率は、400個区で66%、200個区で73%となった。その殻長は30年12月12日には、400個区58mm、200個区64mmとなり、31年3月4日には両区とも69mmとなった。4～5月に母貝育

成場に移植するまで中間育成を継続した。(図23, 24)

(2) 干潟漁場に於ける育成手法別試験

平成30年11月7日に開始した育成手法別の中間育成試験について、31年2月19日時点での殻長は上架カゴ区で40mm、埋設カゴ区で44mmと大きな差はみられなかった。31年4～5月に移植する際に、生残率を求めることとした(図25)。

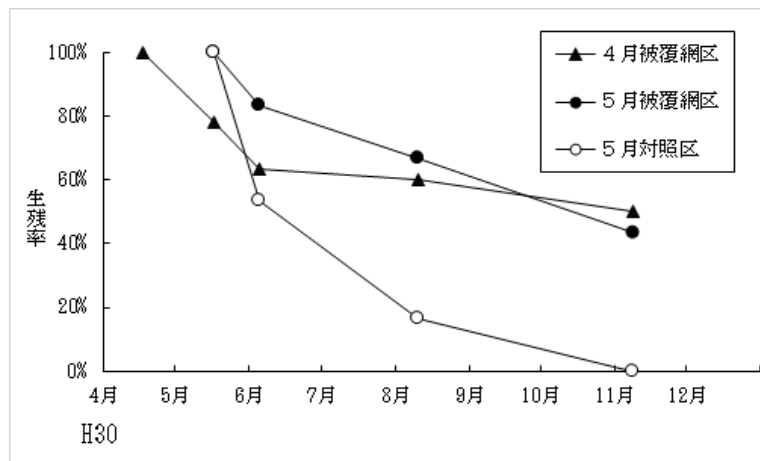


図22 被覆網で保護したタイラギ29年級群の生残率 (10号干潟漁場)

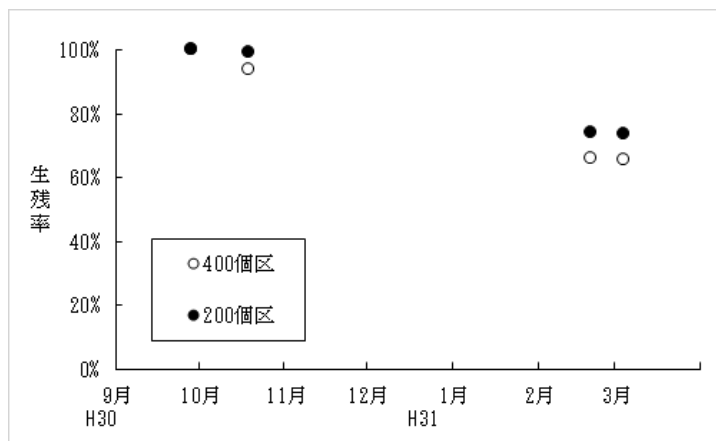


図23 垂下式中間育成試験時の人工種苗の生残率

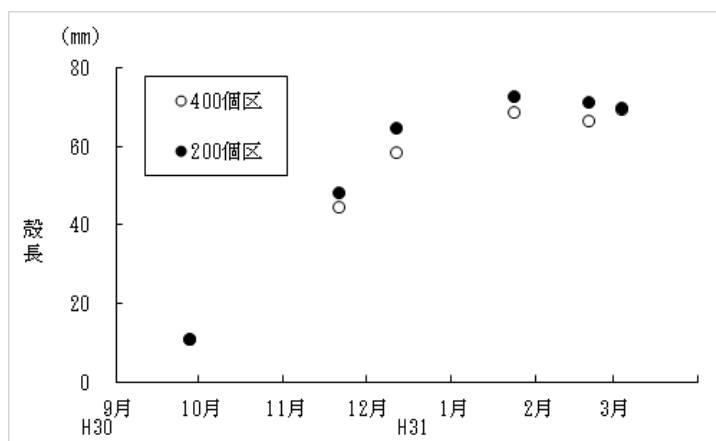


図24 垂下式中間育成試験時の人工種苗の成長

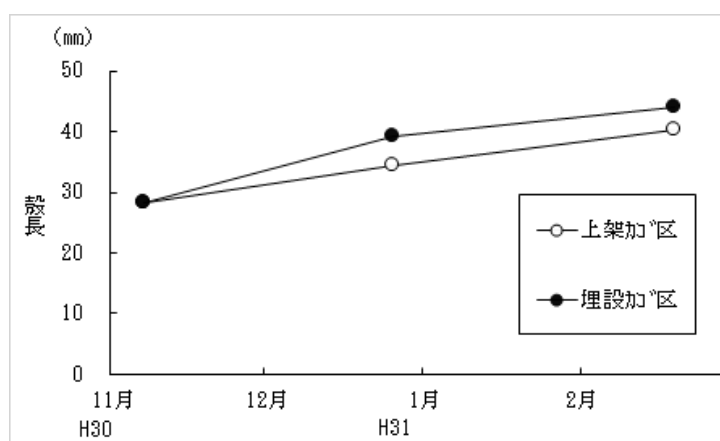


図25 干潟における育成手法別中間育成試験時の成長

5. 飢餓ストレス遺伝子試験

試験期間中の飼育水温は、22.7~23.2℃の範囲で推移した。

飢餓試験開始から7日目の終了時と、回復試験終了時の14日目に回収した各6個体の測定結果を、表5に示した。

軟体部肥満で比較すると7日目の対照区で0.057に対し、飢餓区は0.042と有意に低い値となった (t-test, $P=0.0428$)。回復区では0.057と対照区の0.050と有意な差はみられなかった。

次に、mRNA-seqの後de novo解析により発現変動の差があった遺伝子(対照区に対して2倍以上の増加もしくは減少, $FDR < 0.01$)について抽出した。(表6)

まず、7日目と14日目の対照区で比較すると、158

個の遺伝子が増加、113個が減少しているが、その変動数はその他の試験区との比較時と比べて少なく、7日間経過による変動は比較的少ないものと考えられた。

次に、7日目の飢餓区と対照区で比較すると、1,320個の遺伝子が増加、851個が減少しており、飢餓により大きく遺伝子の発現数が増減していた。

また、14日後の回復区と対照区を比較すると、1,167個が上昇、1,320個が減少しており、稚貝サイズが回復しても、遺伝子には飢餓区と同程度の変動が生じていた。

さらに回復区と飢餓区を比較すると、443個が増加、396個が減少しており、7日目と14日目の対照区間の変動遺伝子数の2倍以上あったことから、飢餓回復処理をしても何らかの影響が残っていることが示唆された。

表5 飢餓・回復試験後の測定結果

処理区	試験開始時からの日数	殻長 (mm)	殻付き重量 (g)	むき身重量 (g)	軟体部肥満度
飢餓区	7	87.8±11.6	12.0±5.1	3.13±1.69	0.042±0.011
対照(7日)区	7	91.5±7.6	13.1±4.0	4.40±1.15	0.057±0.009
回復区	14	98.6±6.8	17.2±2.7	5.55±1.25	0.057±0.003
対照(14日)区	14	93.0±3.0	13.2±1.1	4.02±0.81	0.050±0.012

表6 飢餓・回復試験後の中腸腺遺伝子の変動状況

変動遺伝子数の比較		有意に上昇した遺伝子数	有意に減少した遺伝子数
飢餓区	: 対照(7日)区	1,320	851
回復区	: 対照(14日)区	1,167	1,165
飢餓区	: 回復区	443	396
対照(7日)区	: 対照(14日)区	158	113

考 察

天然漁場の竹はげ南漁場においては、平成29年8～11月に発生した29年級群の生息密度は、30年5月時点で0.1個/㎡しか確認されなくなっている。30年級群は、30年8月末に初認され9月には5.7個/㎡になったが、その後、3月までに0.2個/㎡に減少している。天然貝の発生量としては少なく、31年漁期も漁業生産は見込めない状況である。

しかし、本年の峰の洲斜面漁場で実施した育成手法別試験において、非保護区以外は、海中育成ネット区、上架カゴ区、上架パンライト区だけでなく、海底に直植えた被覆カゴ区も12月まで7割程度の高い生残率となっている。つまり、本年は、食害の影響はあったが、それ以外の目立った斃死はなかったということとなる。このことは29年度にも同様の現象がみられており、28年度以前の被覆カゴ区でみられた夏～秋の斃死がなかった理由を、生息環境の面から詰めていく必要がある。

ただ、このような生息環境の年に、多数の稚貝を添加できれば、資源回復も可能と考えられる。

今後は、できるだけ多くの親貝を確保するために、親貝の分布がみられる干潟域に保護区域を設定していくとともに、沖合域には海中育成ネット等を用いた親貝育成場を設置していく。さらに発生した稚貝の食害対策も検討していく必要がある。

文 献

- 1) 松井繁明. 有明海北東部漁場におけるタイラギの資源変動. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2002 ; 12 : 29-35.
- 2) 環境省. 生物(3)有用二枚貝. 有明海・八代海等総合調査評価委員会報告 2017 : 175-176.
- 3) 川原逸郎, 伊藤史郎. 2000年, 2001年夏季に有明海北東部漁場で発生したタイラギの斃死-I. 佐賀県有明水試験場研究報告 2003 ; 21 : 7-13.
- 4) 的場達人, 廣瀬道宣, 長本篤, 吉田幹英, 篠原直哉. 有明海福岡県地先におけるタイラギの斃死要因に関する研究IV. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2016 ; 26 : 1-8.

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・上田 拓・的場 達人

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

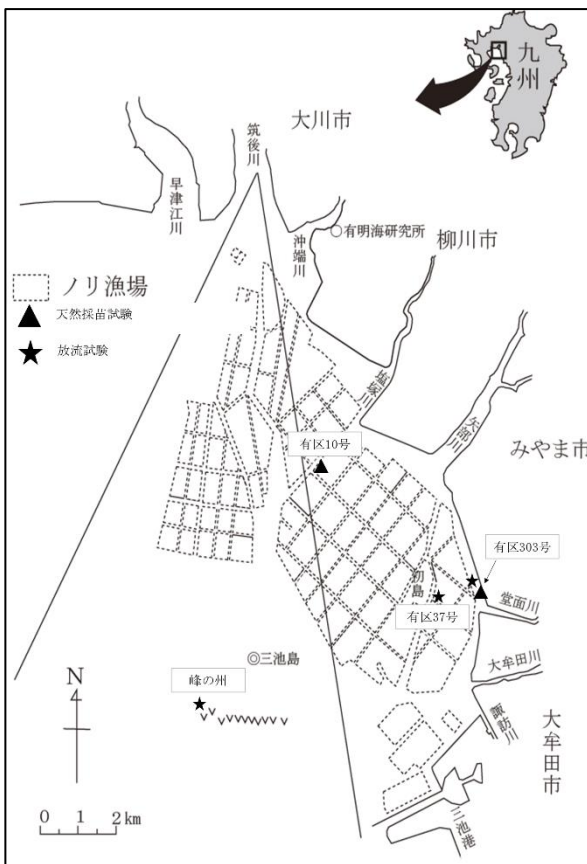


図1 調査位置図

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号において平成30年5月17日に、有区303号において平成30年5月28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1cm程度の砂利と、粒径0.5cm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175日後に、有区10号においては試験区設置175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50cm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の概要で人工種苗および天然種苗を用いて被覆網の試験を行った。

表 1 試験区の概要（被覆網試験）

試験（放流） 開始日	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/m ²)	由来
H30. 6. 14	被覆網区	9	6×3	25.4	412	天然種苗
	対照区	-	6×3	25.4	412	天然種苗
H30. 8. 1	被覆網区	9	6×3	7.3	1,243	人工種苗
	対照区	-	6×3	7.3	1,243	人工種苗

表 2 試験区の概要（地盤高別試験）

試験（放流） 開始日	試験区	漁場	試験区の 広さ (m)	放流アサリ		
				平均殻長 (mm)	放流密度 (個体/m ²)	由来
H30. 6. 14	高地盤域	有区303号	6×3	25.4	412	天然種苗
H30. 6. 15	干潟域	有区37号	2×1	25.4	412	天然種苗
H30. 6. 20	沖合域	峰の州	1×1	25.4	412	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）、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）人工種苗および天然種苗を用いた被覆網によるアサリ逸散防止試験

調査期間は、平成 30 年 6 月 14 日から平成 31 年 1 月 8 日までとした。

平成 30 年 6 月 14 日に 6×3m の範囲に有区 20 号で採捕した平均殻長 25.4mm のアサリ（天然種苗）を 412 個体/m² の密度で原地盤に放流し、6×3m、目合い 9mm のネットを被せたものを被覆網区とした。また、上記と同様の面積に同様の密度でアサリを放流したものを、対照区とした。

また、平成 30 年 8 月 1 日に野菜カゴ方式で中間育成した平均殻長 7.3mm のアサリ（人工種苗）を 1,243 個体/m² の密度で上記と同様の範囲に放流し、試験区（被覆網区および放流区）を設定した。

追跡調査は平成 31 年 1 月まで 1～2 か月に 1 回行い、直径 10.6cm 深さ 10cm の範囲の底質を任意の 3 カ所で 2 点ずつ採取し、目合い 1mm 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 34mm、長さ 50cm 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）天然種苗を用いた地盤高別アサリ放流試験

調査期間は、平成 30 年 6 月 14 日から平成 31 年 1 月 15 日までとした。平成 30 年 6 月 14 日に有区 303 号で行った上記試験の「放流区」を「高地盤域」の試験区とした。また、平成 30 年 6 月 15 日に有区 37 号で、有区 20 号で採取した平均殻長 25.4mm のアサリ（天然種苗）を 1×2m の範囲で 412 個体/m² の密度で原地盤に放流したものを「干潟域」の試験区とした。また、平成 31 年 6 月 20 日に峰の州において、有区 20 号で採取した平均殻長 25.4mm のアサリ（天然種苗）を 1×1m の範囲で 412 個体/m² の密度で原地盤に放流したものを「沖合域」の試験区とした。沖合域については粒径 1cm 程度の砂利を収容した網袋に放流区と同密度でアサリを収容した試験区を同時に設置した。

追跡調査は平成 31 年 1 月まで 1～2 か月に 1 回行い、直径 10.6cm 深さ 10cm の範囲の底質を任意の 3 カ所で 2 点ずつ採取し、目合い 1mm 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34mm、長さ50cm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、1cm砂利区で133個体/m²、0.5cm砂利区で8個体/m²、対照区で198個体/m²であった。一方、有区303号(高地盤域)では、1cm砂利区で33個体/m²、0.5cm砂利区で48個体/m²、対照区で0個体/m²であった。

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、1cm砂利区で14.2mm、0.5cm砂利区で18.8mm、対照区で18.6mmであった。一方、有区303号では、1cm砂利区で19.4mm、0.5cm砂利区で19.7mm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。網袋回収時の底質は有区10号で中央粒径MdΦが1.2、強熱減量が

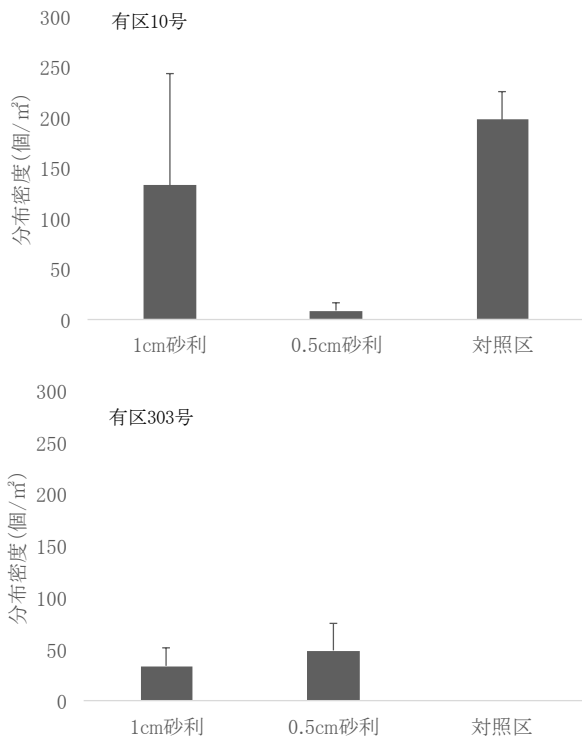


図2 試験終了時のアサリ分布密度

2.66%、全硫化物が0.02mg/g乾泥、泥分率が9.10%であり、有区303号では中央粒径MdΦが0.08、強熱減量が2.03%、全硫化物が0.02mg/g乾泥、泥分率が8.80%であり、いずれの漁場でも底質が良好に保たれていた。

2. 放流試験

(1) 人工種苗および天然種苗を用いた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残存率の推移を図4に示す。6月に放流した殻長25mmの天然アサリの残存率は、放流増減しながら推移し、平成31年1月に被覆網区で127.3%であった。一方、対照区については緩やかに減少し、1月に45.8%になった。8月に放流した殻長8mmの人工アサリの残存率は、放流後急激に減少し、平成30年1月には、被覆網区で7.6%、対照区で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。6月に放流した殻長25mmの天然アサリの平均殻長は、

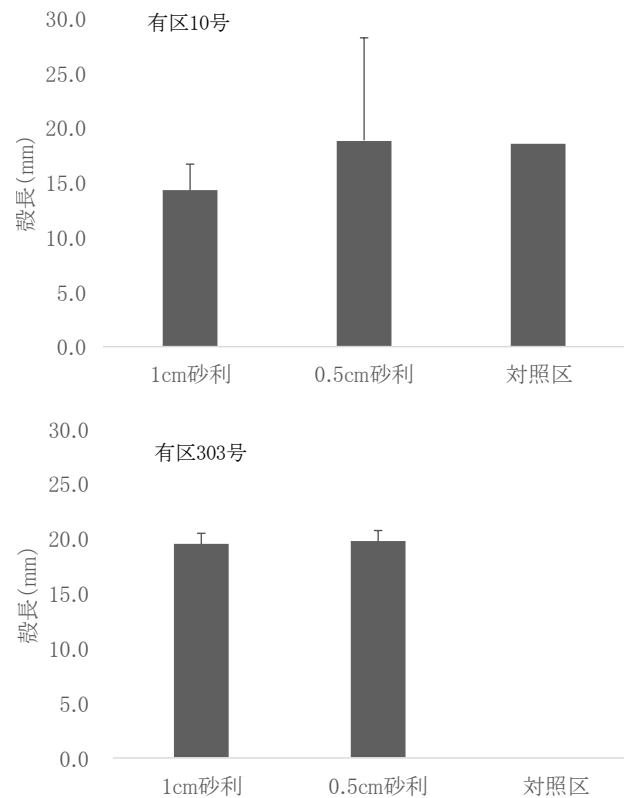


図3 試験終了時のアサリ殻長

表3 試験終了時の底質

	Mdφ	IL(%)	全硫化物(mg/g乾泥)	泥分率(%)
10号	1.23	2.66	0.02	9.10
303号	0.08	2.03	0.02	8.80

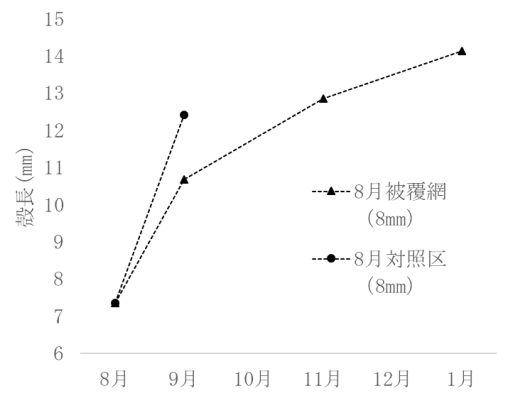
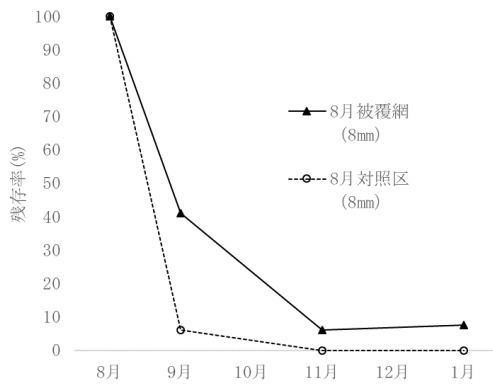
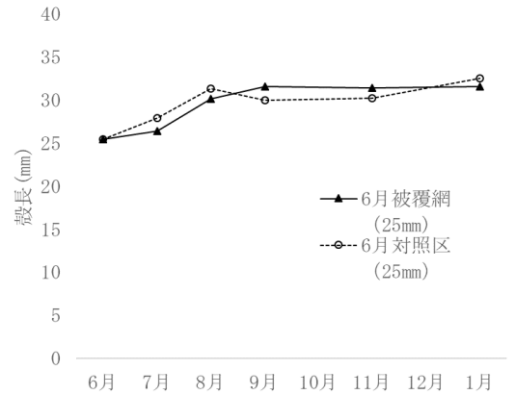
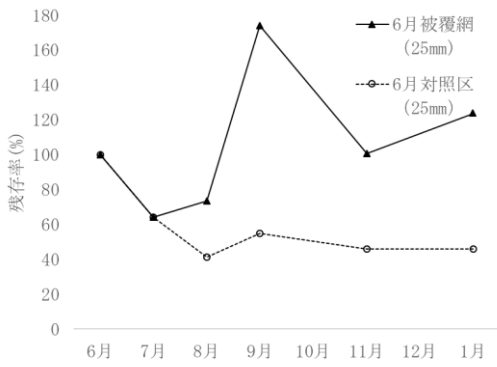


図4 被覆網試験における残存率の推移

図5 被覆網試験における殻長の推移

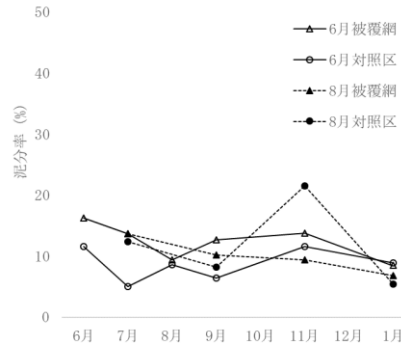
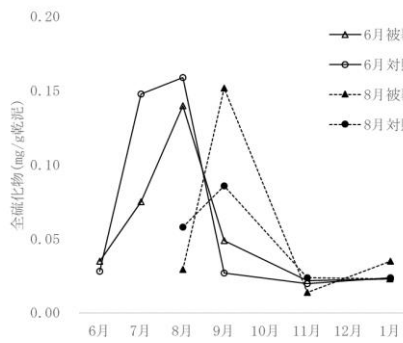
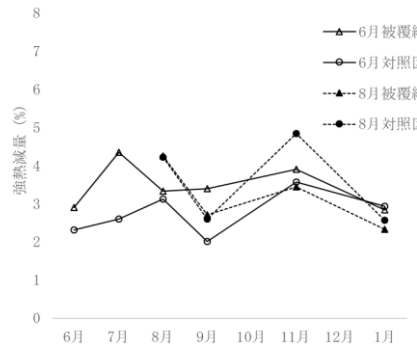
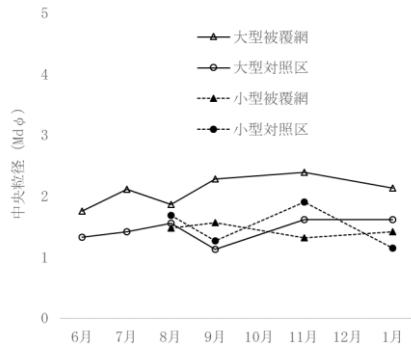


図6 被覆網試験における底質の推移

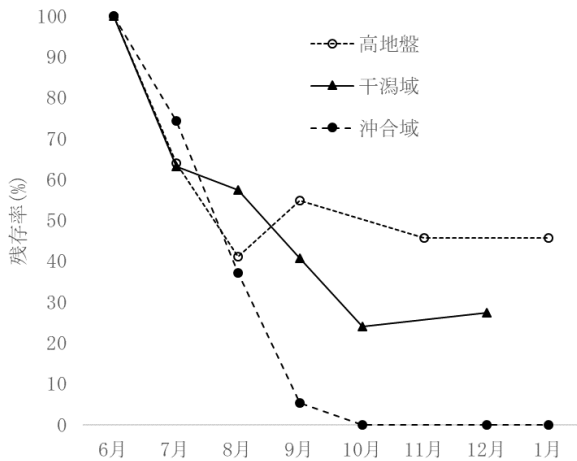


図7 地盤高別試験における残存率の推移

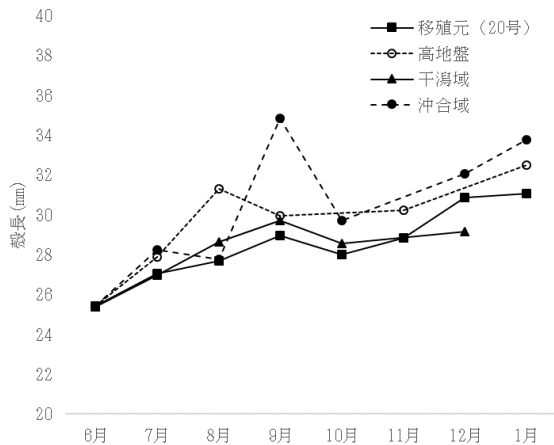


図8 地盤高別試験における殻長の推移

被覆網区では、平成31年1月に31.5mmへと成長した。一方対照区では平成31年1月に32.5mmへと成長した。8月に放流した殻長8mmの人工アサリの平均殻長は、平成30年1月時点で被覆網区で14.1mmまで成長した。試験区別の底質調査の結果を図6に示す。6月放流の中央粒径値(Mdφ)は被覆網区で1.8~2.4、対照区で1.1~1.6、泥分率は被覆網区で8.48~16.3%、対照区で5.0~11.6%、強熱減量は被覆網区で2.8~4.4%、対照区で2.0~3.6%、全硫化物は被覆網区で0.02~0.14mg/g乾泥、対照区で0.02~0.16mg/g乾泥であり、試験期間中良好な底質が維持されていた。

(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残存率の推移を図7に示す。

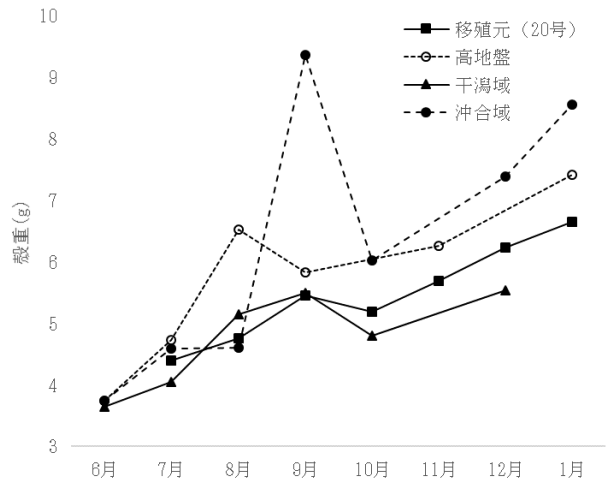


図9 地盤高別試験における殻重の推移

沖合域では放流後減耗し、10月には0%となった。一方、高地盤域では1月において、約46%もの生残が見られた。試験区別放流アサリ平均殻長の推移を図8に示す。高地盤域および沖合域では移殖元の20号より良好な成長が見られ、1月時点での殻長は高地盤域で32.5mm、沖合域の砂利袋内で33.7mmとなった。一方、干潟域については、新規加入個体の着底等もあり、過密になった可能性が考えられ、12月時点で殻長29.2mmと他漁場に比べ成長が鈍化した。

試験区別放流アサリ平均殻重の推移を図9に示す。殻重の推移は殻長と同様の傾向を示し、1月時点では高地盤域で7.4g、沖合域の砂利袋内で8.6gと移殖元の6.6gに比べ良好な成長を示した。

試験区別の底質調査の結果を図10に示す。中央粒径値(Mdφ)は高地盤区で1.1~1.6、干潟域で1.2~1.6、沖合域で0.9~1.7であり、泥分率は高地盤域で5.0~11.6%、干潟域で8.0~13.8%、沖合域で7.1~23.1%であり、強熱減量は高地盤域で2.0~3.6%、干潟域で0.6~4.7%、沖合域で2.5~4.5%であり、全硫化物は高地盤域で0.02~0.16mg/g乾泥、干潟域で0.02~0.18mg/g乾泥、沖合域で0.00~0.06mg/g乾泥であり、いずれの漁場でも試験期間中良好な底質が維持されていた。

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.

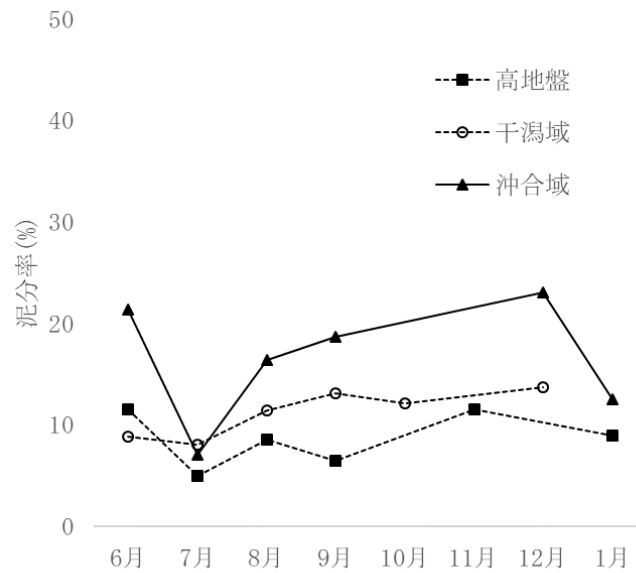
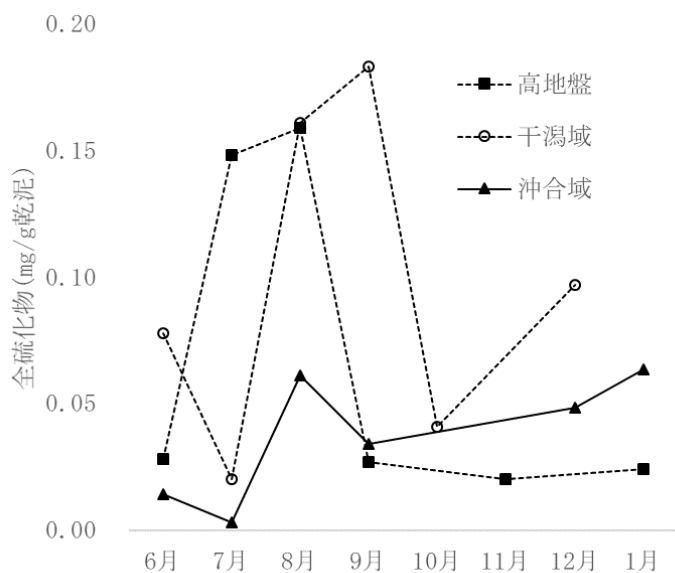
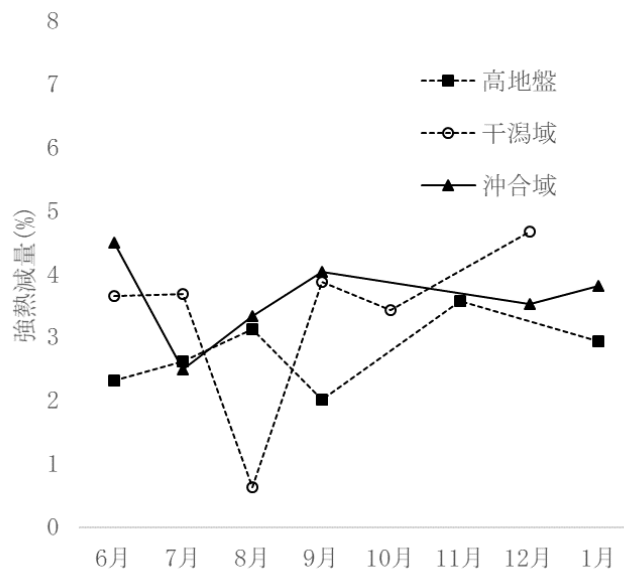
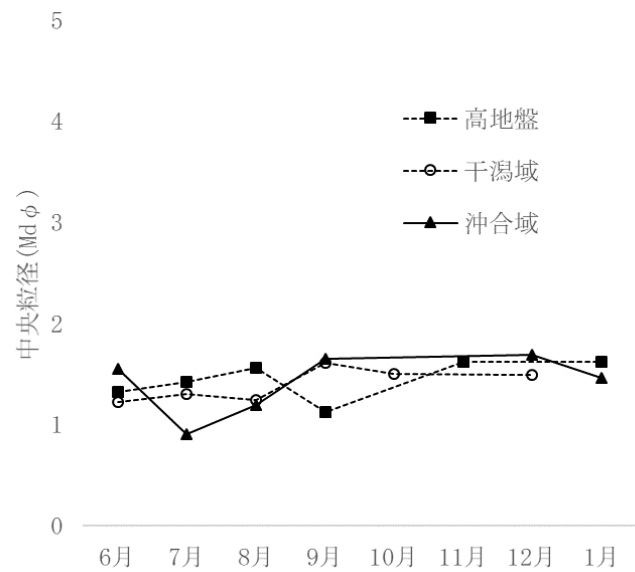


図 10 地盤高別試験における底質の推移

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・井手 浩美

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、平成30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 -P」)、ケイ酸態ケイ素(以下、「 SiO_2 -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、平成30年11月～

31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 -P、 SiO_2 -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3、4、5、6の4定点における塩分、DIN、 PO_4 -P、 SiO_2 -Si、クロロフィルa及び植物プランクトン細胞数の分析を担当したので、結果を報告する。事業全体の結果については、「平成30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。7月は、調査点T2、T13の全層及び調査点P6、P1、B3の0、2m層で、上旬に $20\mu M$ 以上の値を示した後減少した。P6、P1、B3のB-1m層では、上旬は漸増し、中下旬に $15.75\sim 19.40\mu M$ の値を示した後減少した。8月は、T2を除く調査点で $10\mu M$ を超えることはなく推移した。9月は、B3の0m層を除き増加傾向を示した。

(2) PO_4 -P

図3に PO_4 -Pの推移を示す。7月は、T2、T13の全層及びP6、P1、B3の0m層で、上旬に $2\mu M$ 以上の値を示した後減少し、下旬以降増加に転じた。P6、P1、B3のB-1m層では、上旬は漸増し、中下旬に $1.43\sim 1.82\mu m$ の値を示した後減少した。8月以降は、T2、T13、P6の全層及びP1の0m層では増減しながら増加傾向を示した。P1のB-1m層及びB3の全層では増減しながら推移し、一定の傾向は認められなかった。

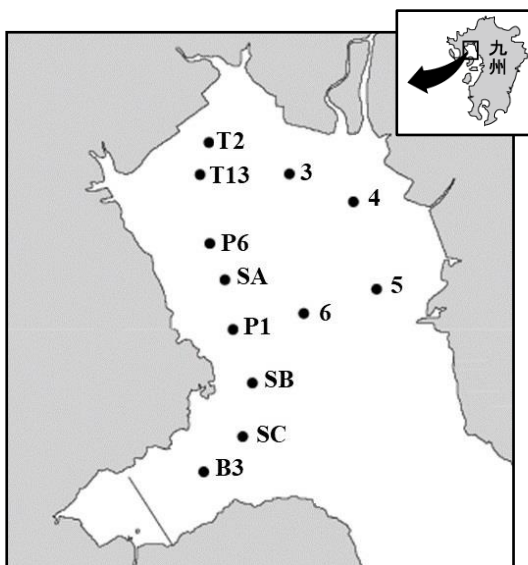


図1 調査地点図

(3) SiO₂-Si

図4にSiO₂-Siの推移を示す。7月は、T2、T13の全層及びP6、P1、B3の0、2m層で、上旬に50μM以上の値を示した後減少し、下旬以降増加に転じた。P6、P1、B3のB-1m層では、ゆるやかに増減しながら推移した。8月から9月は、T2の全層及びT13、P6、P1の0、2m層では増減しながら推移し、B3の全層及びT13、P6、P1のB-1m層では増減しながら減少傾向を示した。

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3、5、6では28.5~31.4で推移し、調査時期、層による大きな変動はなかったが、観測点4では20.0~31.0で大きく変動していた。

(2) DIN

図6にDINの推移を示す。調査点3、4では、0.20~38.72μMの範囲で大きく変動しており、0m層、B-1m層とも類似の増減傾向を示した。調査点5では、11月から1月は増減しながら推移し、1月28日に減少、2月は低位で推移した。調査点6では、11月から1月は漸増傾向を示し、1月28日に減少、2月は低位で推移した。1月28日の全点全層(0.10~1.31μM)及び2月27日の調査点4の0m層を除く全点全層(0.18~0.86μM)で低下が認められた。

(3) PO₄-P

図7にPO₄-Pの推移を示す。いずれの調査点、層においても、DINと類似の増減傾向を示した。

(4) SiO₂-Si

図8にSiO₂-Siの推移を示す。いずれの調査点、層においても、DINおよびPO₄-Pと類似の増減傾向を示した。

(5) クロロフィルa

図9にクロロフィルaの推移を示す。11月から12月の増減傾向は全点全層で類似しており、11月29日(19.44~36.00μg/L)に増加していた。1月以降調査点3、4の全層及び5、6のB-1m層の増減傾向は類似しており、1月28日(8.83~24.61μg/L)、2月27日(11.65~33.61μg/L)で増加が認められた。調査点5の0m層では1月28日(23.53μg/L)に増加した後減少傾向を示し、調査点6の0m層では漸増傾向を示した。

(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11月29日に増加していた(1,935~4,485cells/ml)。*Skeletonema* spp.は、いずれの調査点においても1月28日に増加しており(958~7,950cells/ml)、2月も比較的多数(160~802cells/ml)出現していた。*Eucampia zodiacus*は、11月~12月はほとんど出現が認められないが、1月以降増加し、2月27日に優占種となっていた(933~1,598cells/ml)。

文 献

- 1) 貧酸素対策共同研究機関. 平成30年度漁場環境改善推進事業のうち貧酸素水塊の予察技術、被害軽減手法の開発報告書 2019; 5-25.
- 2) 赤潮対策共同研究機関. 平成30年度漁場環境改善推進事業「赤潮被害防止対策技術の開発」報告書 2019; 157-178.

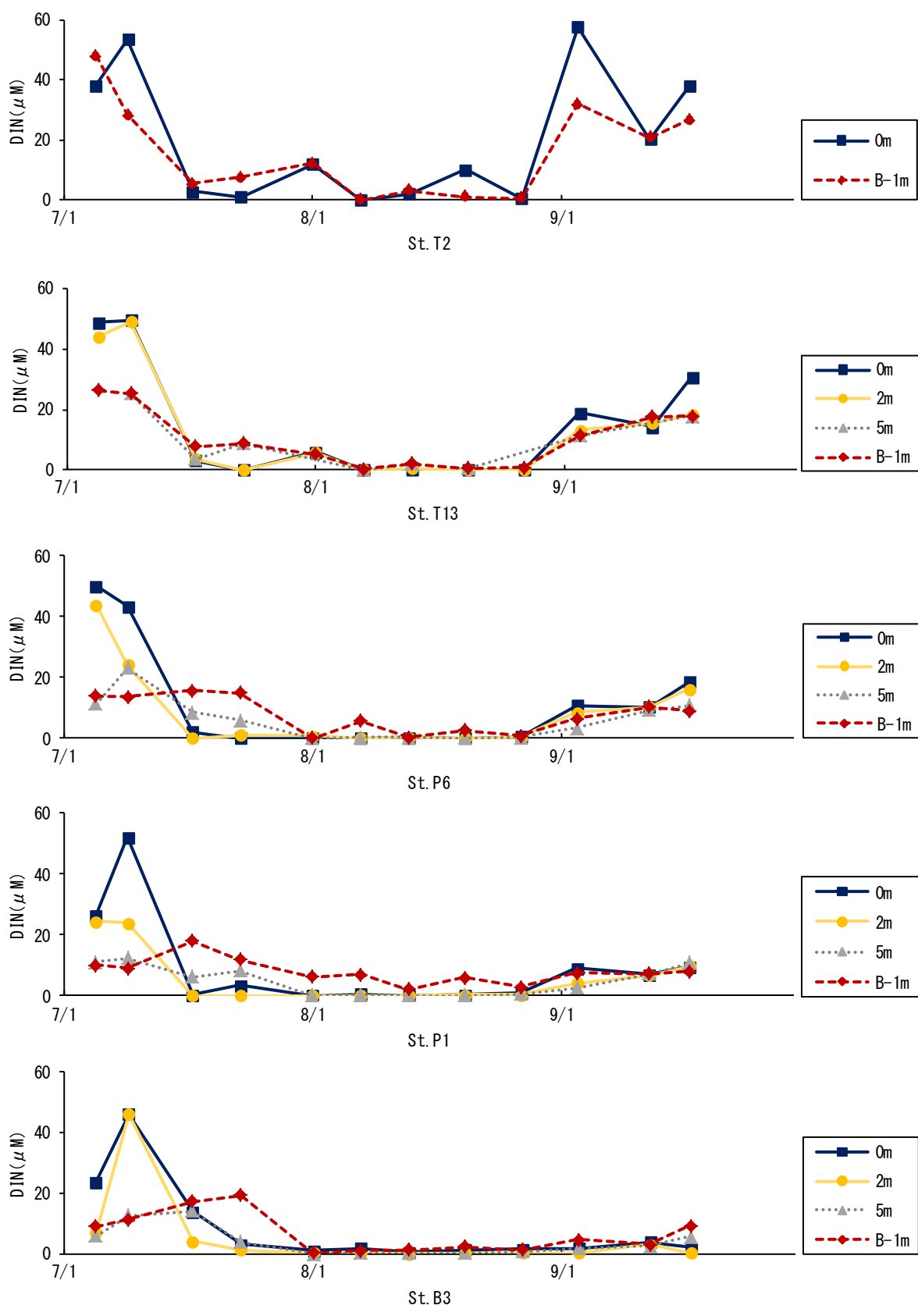


図 2 DIN の推移 (7 ~ 9 月)

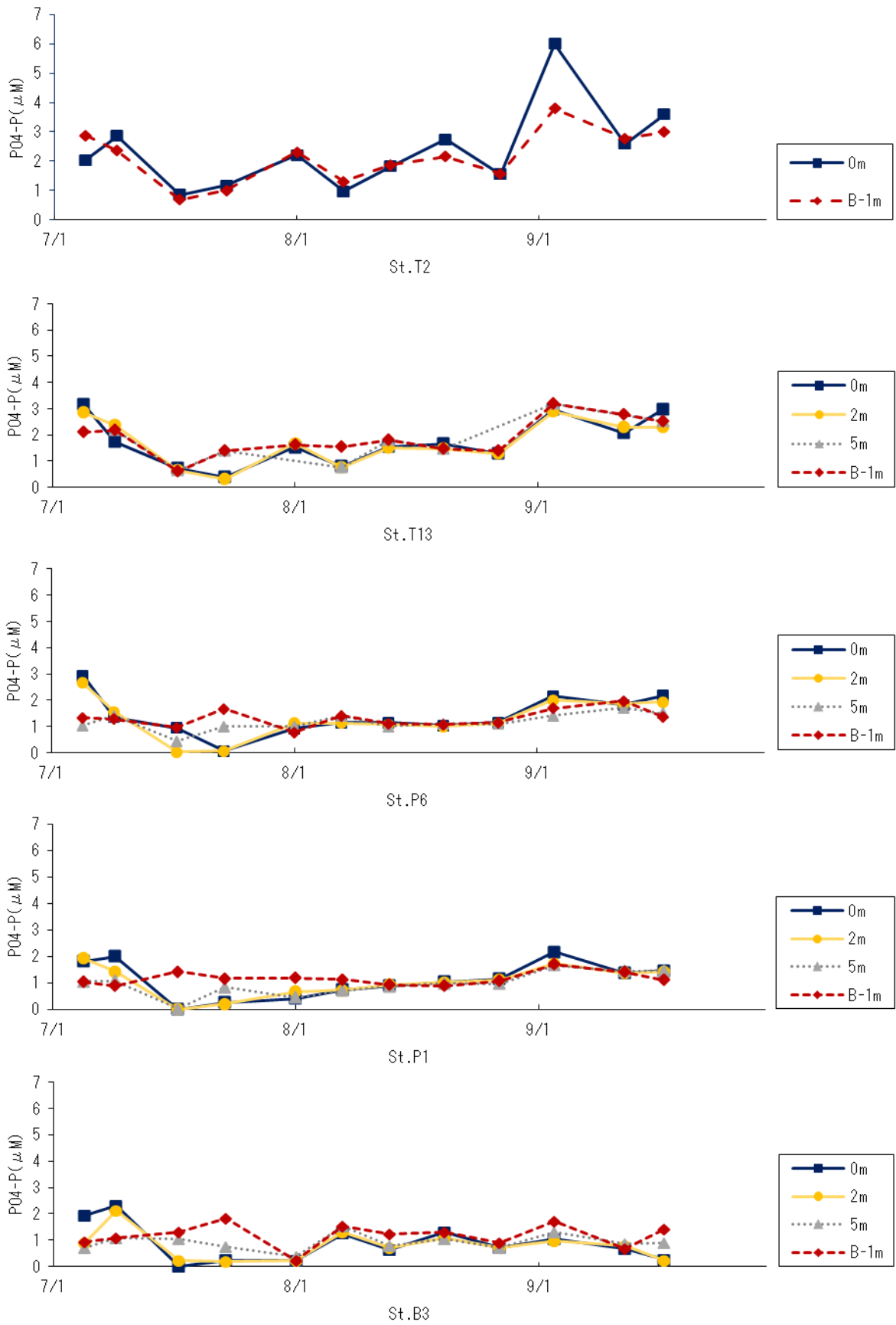


図3 PO_4-P の推移 (7~9月)

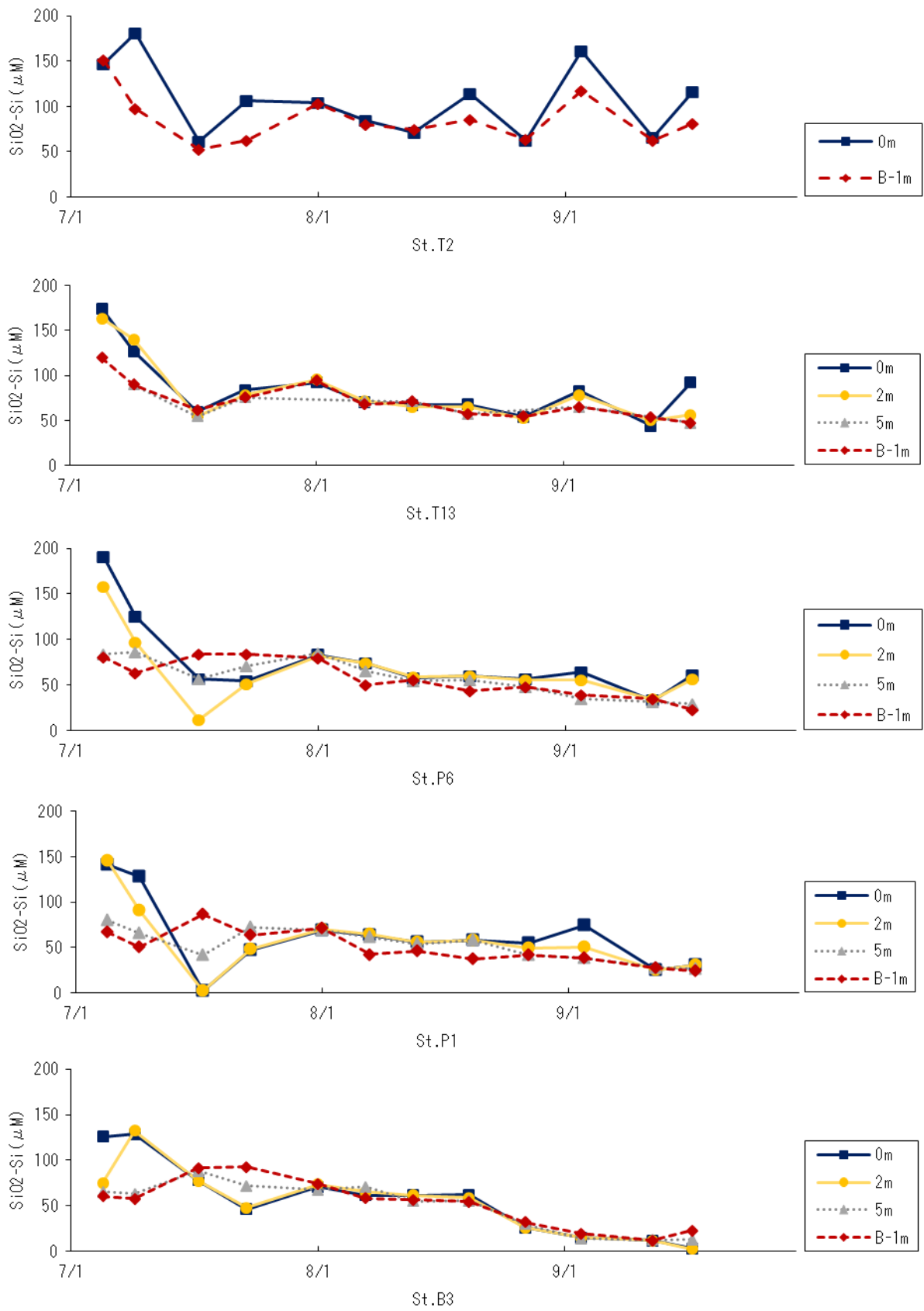


図 4 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ の推移 (7 ~ 9 月)

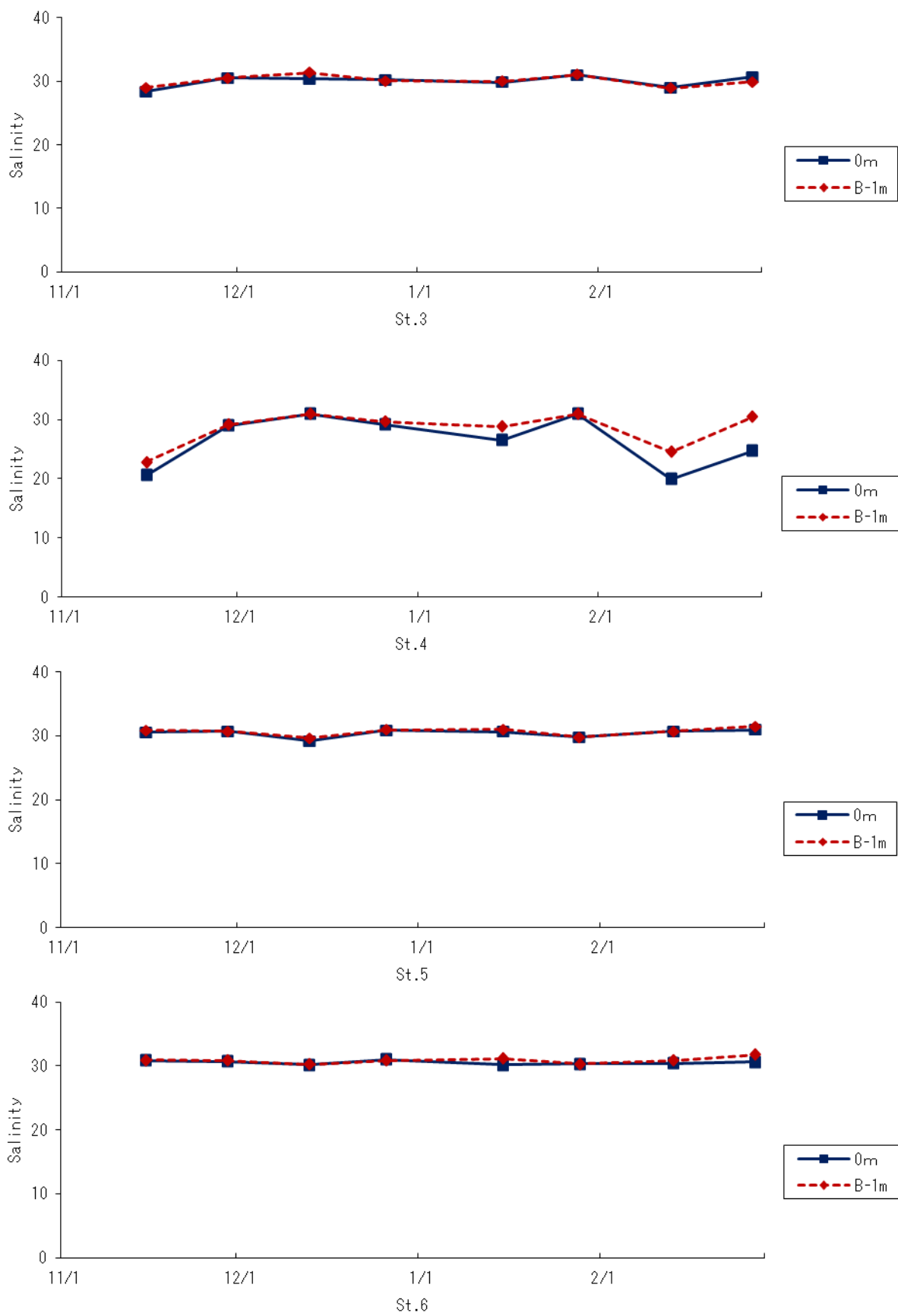


図5 塩分の推移 (11～2月)

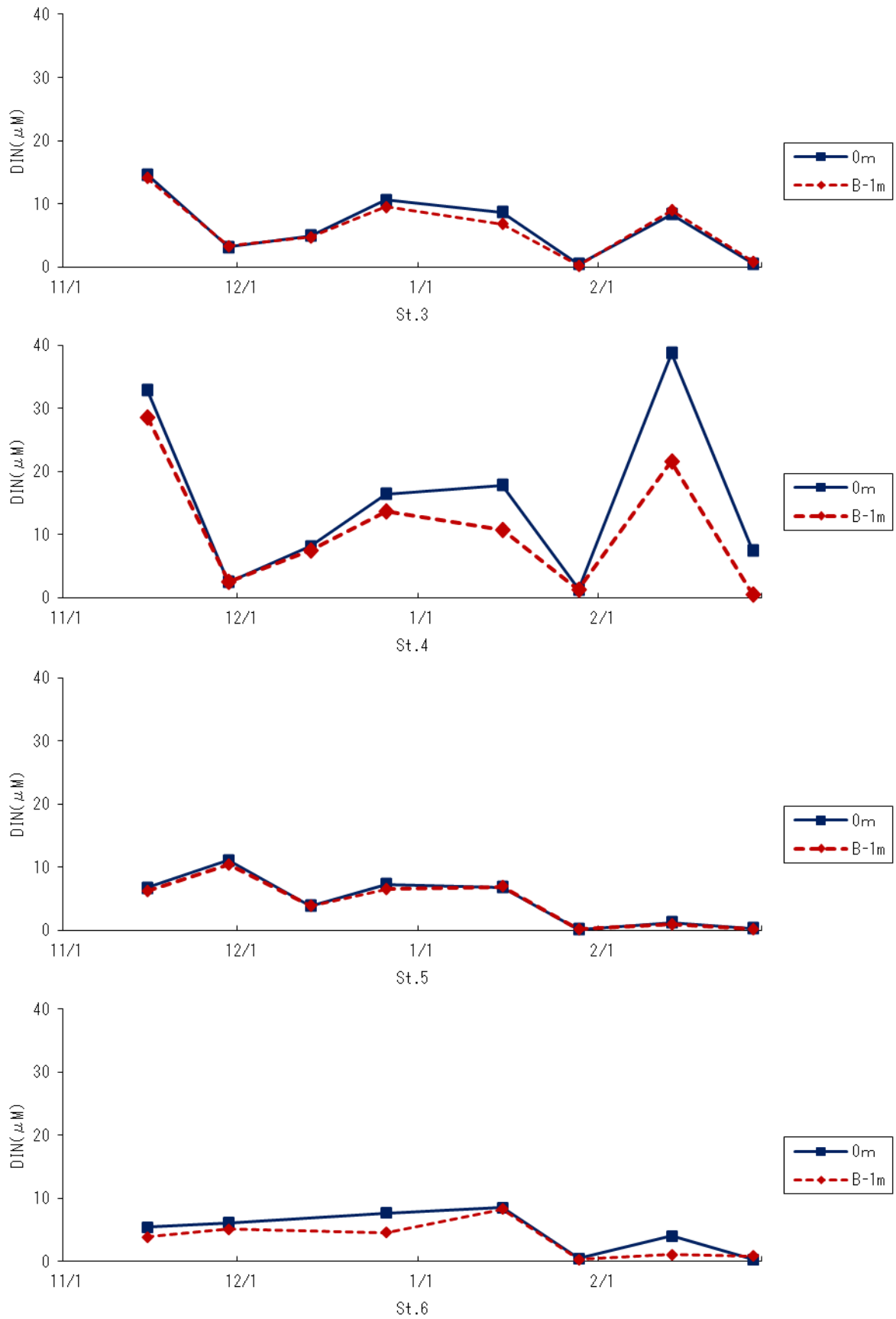


図 6 DIN の推移 (11~2月)

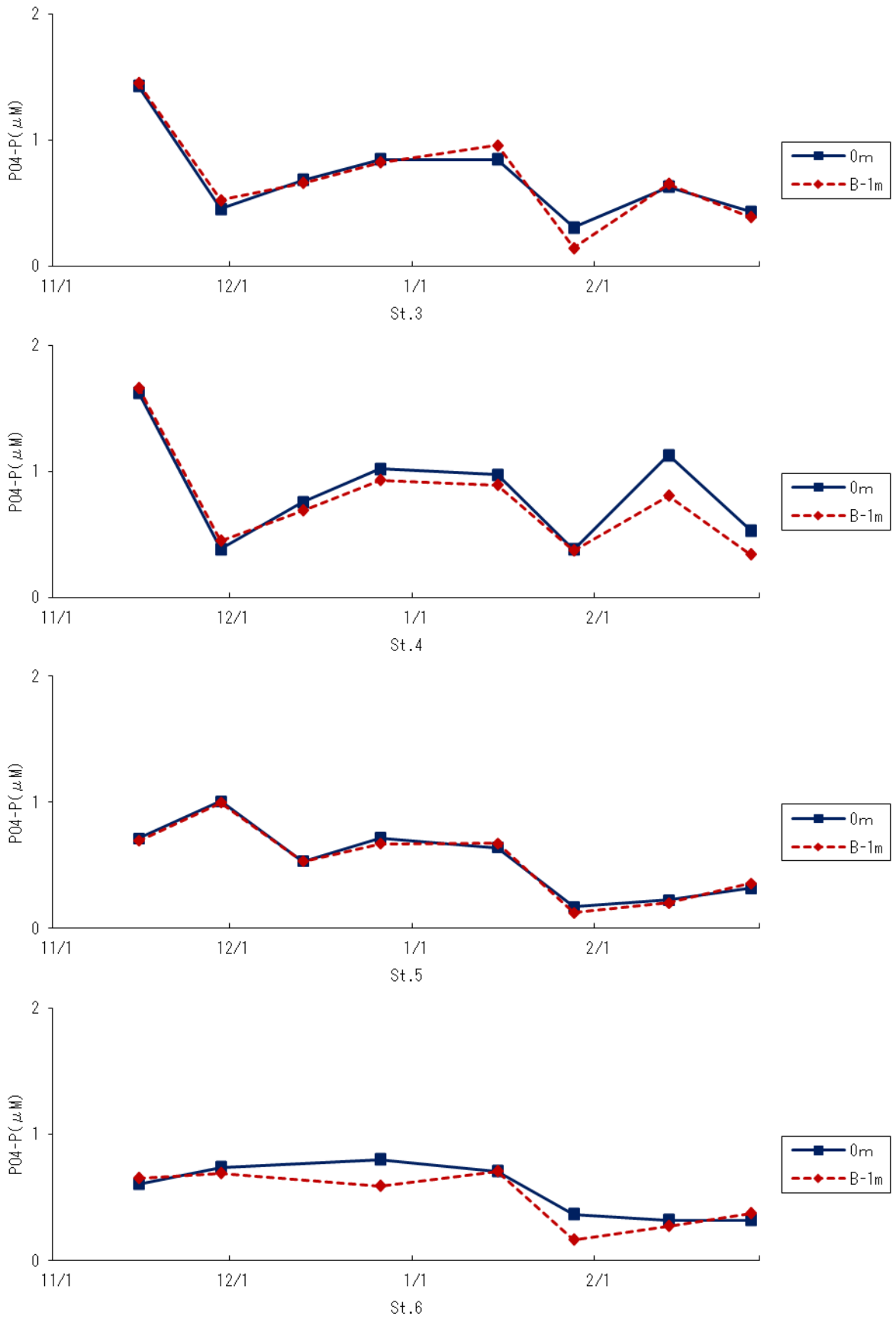


図7 PO₄-Pの推移(11~2月)

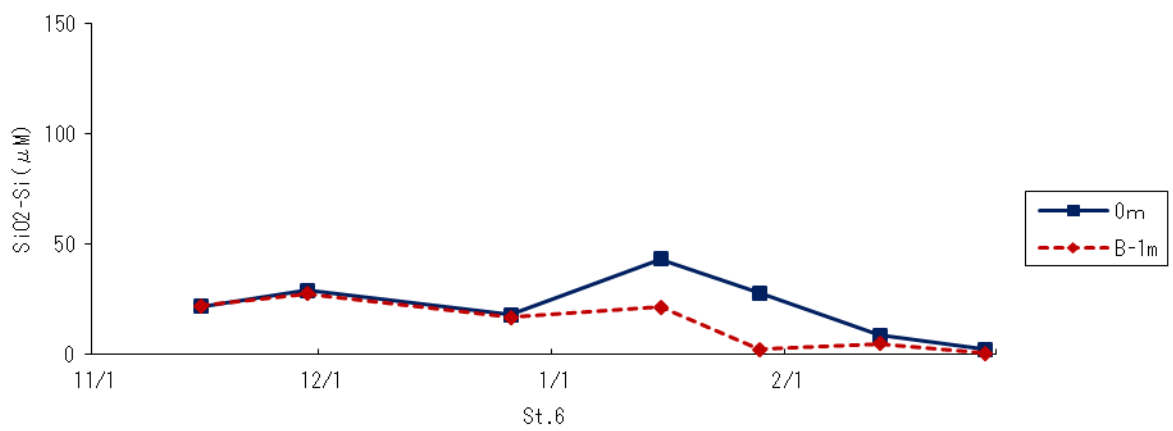
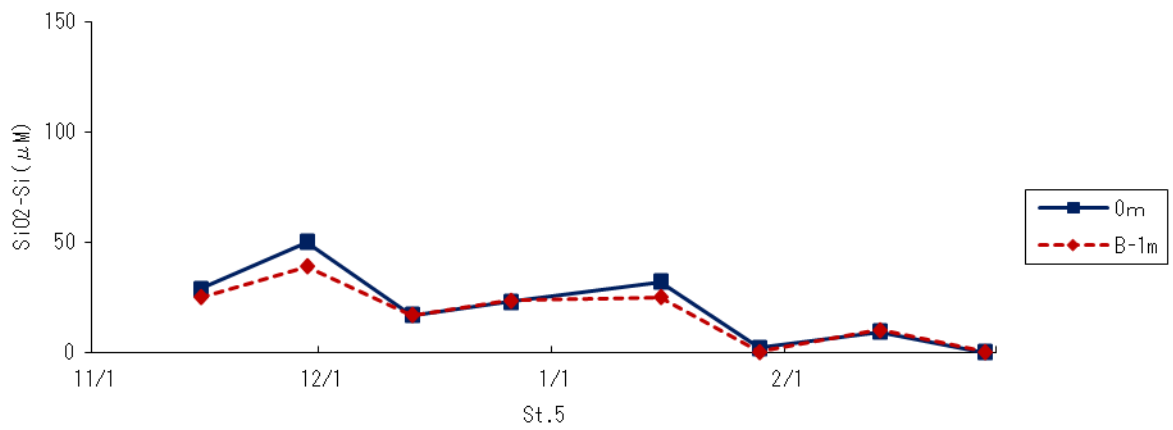
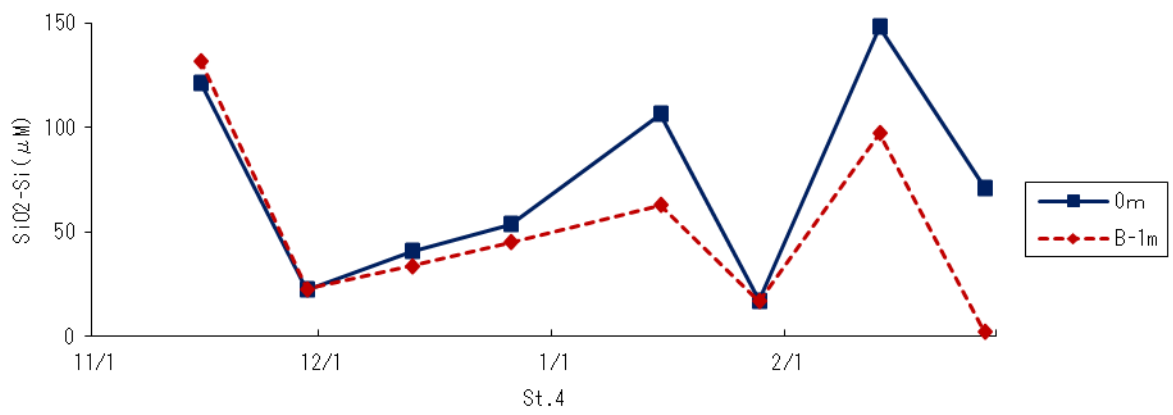
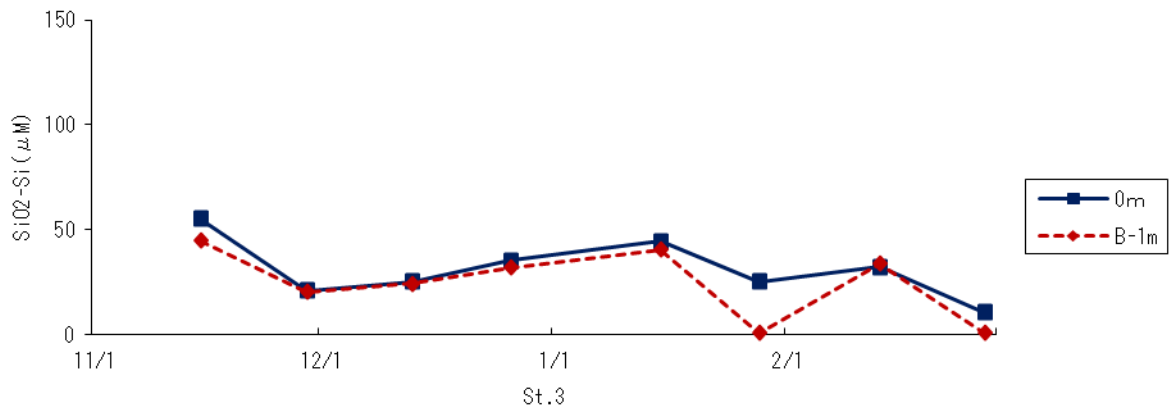


図 8 SiO₂-Si の推移 (11～2月)

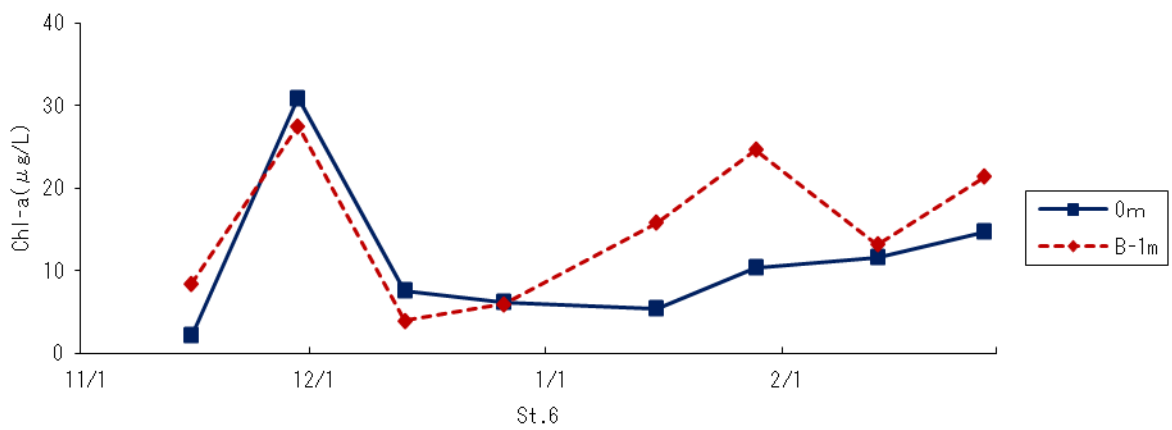
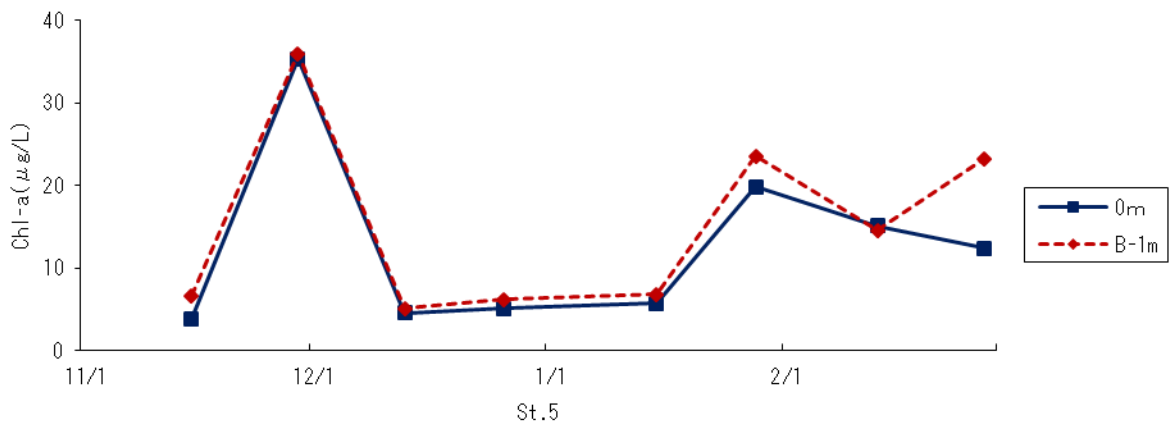
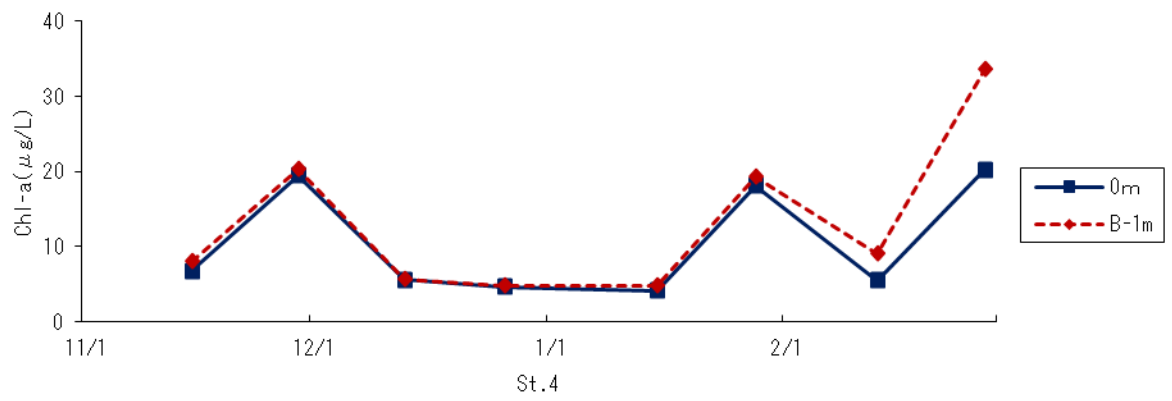
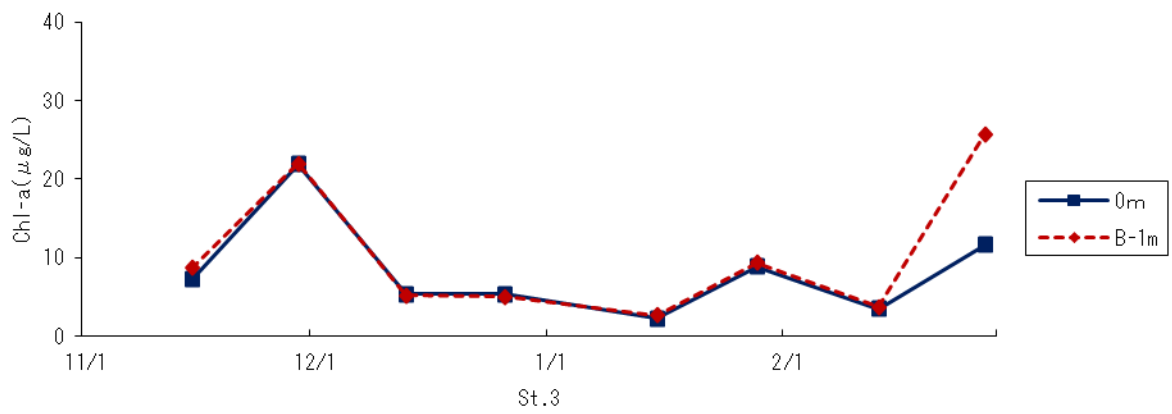


図9 Chl-aの推移(11~2月)

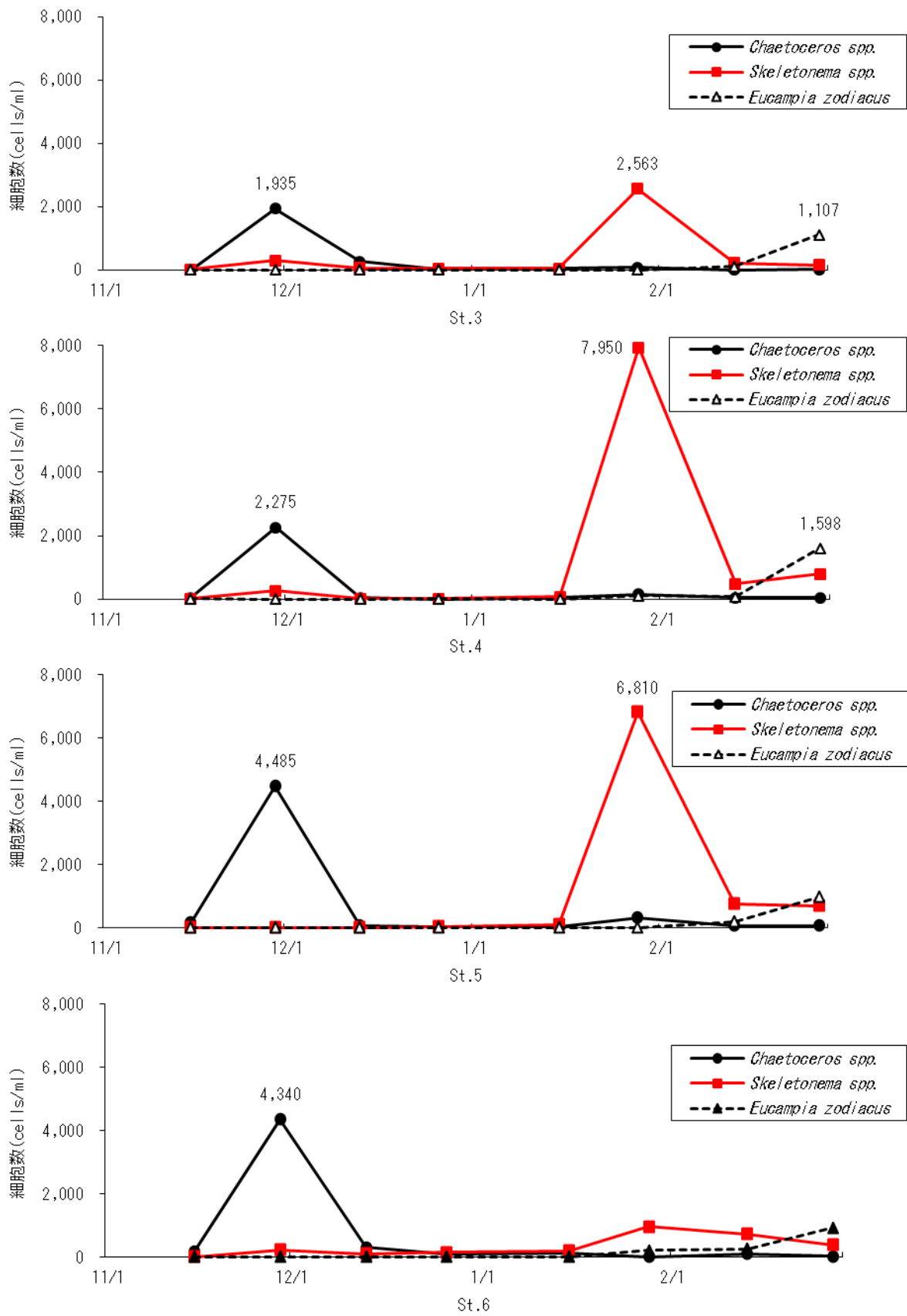


図 10 プランクトン細胞数の推移 (11～2月)