

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・篠原 直哉・長本 篤

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。

現在、有明海全域でタイラギ資源が減少しており、浮遊幼生や着底稚貝の発生も著しく低下し、産卵のための成貝資源の増大が急務となっている。

有明海福岡県地先の干潟域では、本県漁業者によるタイラギ保護区が設定され、沖合域では斜面覆砂による底質改善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。

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、毎年、稚貝の発生が比較的多くみられる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。

分布調査はスクーバ潜水で、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1時間毎のデータを平均して使用した。

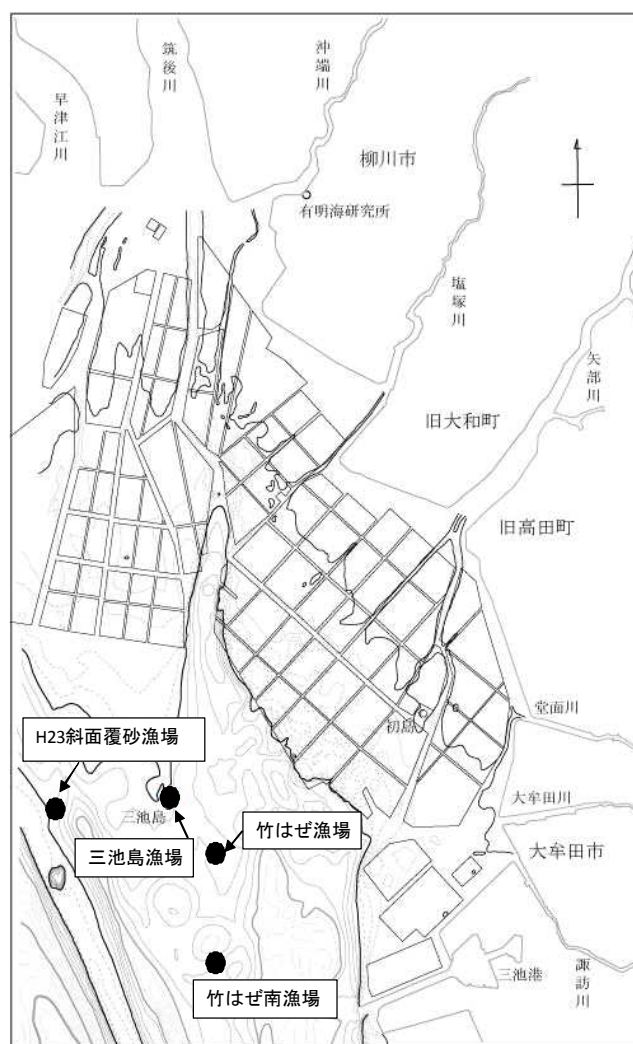


図1 調査点図

2. 育成手法別試験

(1) 試験漁場

図1に示す、有明海沖合域にある峰の洲漁場の斜面に

において、平成23年度に覆砂（砂厚30cm）を実施したH23斜面覆砂漁場、三池島の東側漁場において22年度にの覆砂（砂厚30cm）後、その上に2列の投石を実施した三池島漁場及び過去に竹はぜ漁具が設置され、現在も網やカゴ漁業が行われていない竹はぜ漁場を試験漁場とした。

（2）育成手法

1）直植え区

直植え区は図2に示すように、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。

追跡調査は、スクーバ潜水により、目視で生貝を計数し、死殻があればその都度回収した。

2）被覆網区

ナルトビエイ等による食害の影響を排除するため、直植え区と同様の手法で底泥中に30個を移植し、その上からポリエチレン網（50cm×50cm×、目合7節）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。

3）被覆カゴ区

ナルトビエイ等による食害及び被覆網で問題となる浮泥の影響を排除するため、直植え区と同様の手法で底泥中に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。三池島漁場の被覆カゴ（アンストラ）区は、50cm角×30cm深のステンレス製の枠を用いて、海底を掘り下げ、アンストラサイトを基質として埋設し、タイラギを移植した。

追跡調査は、海底で被覆カゴを取り外して、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。

（3）供試貝

各試験区の供試貝について、採捕日、採捕場所、移植日、試験開始時の平均殻長を表1に示した。

（4）生息環境調査

1）タイラギ分布調査

H23斜面覆砂漁場及び竹はぜ漁場において、毎月10mライン調査（1m幅）を実施した。

2）底質

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

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。

（5）海中育成ネットによる成熟状況調査

海中育成ネットは、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。供試貝数は、1ネットあたり30個とした（表1）。

ネットはスクーバ潜水により、H23斜面覆砂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2ヵ月に1～2回の頻度で行い、ネットを船上に持ち上げタイラギを全て取り出し、生貝の計数及び殻長測定、殻から透けて見える生殖腺の着色状況を観察した。その際、ネットの目詰まりを防止するため漁船備え付けの水中ポンプで洗浄した。

生殖腺着色率が0%となった9月23日まで観察を行った。

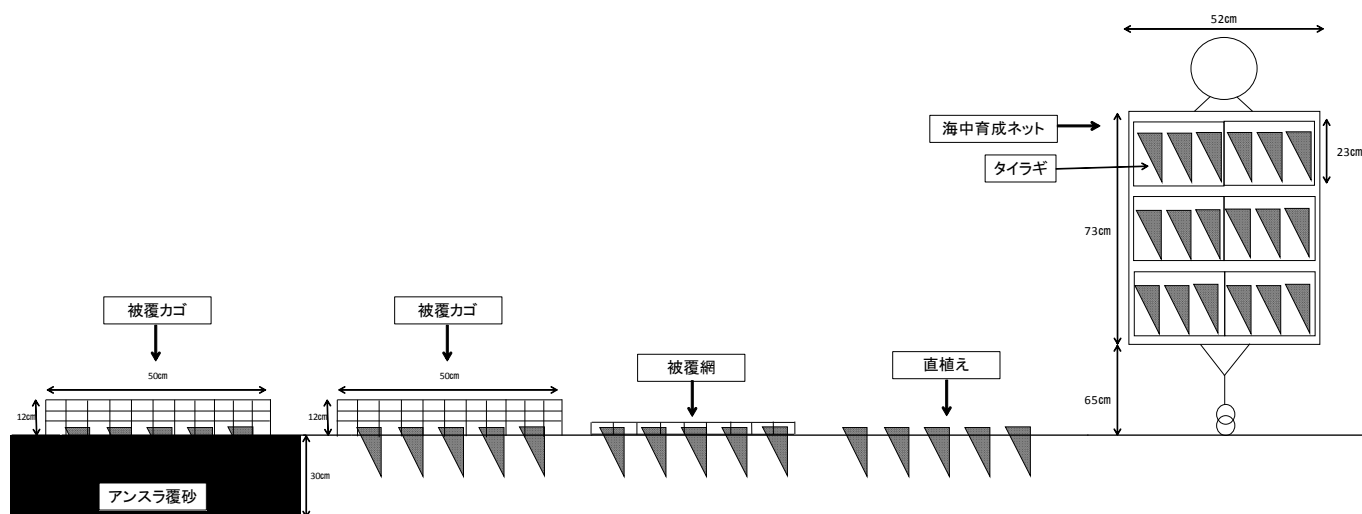


図2 育成手法別試験の概要

表 1 育成手法別試験の供試貝

試験海域	H23斜面覆砂漁場				三池島漁場			竹はぜ漁場	
	被覆加 ⁺ 区	被覆網区	直植え区	海中育成 ネット区	被覆加 ⁺ (砂泥)区	被覆加 ⁺ (アス ⁺)区	直植え区	被覆網区	直植え区
採捕日	2016/3/16	2016/2/2	2016/2/2	2016/3/2	2016/1/29	2016/1/29	2016/1/29	2016/2/2	2016/2/2
採捕場所	竹はぜ	大傘田北	大傘田北	大傘田北	大傘田北	大傘田北	大傘田北	大傘田北	大傘田北
移殖日	2016/3/17	2016/2/17	2016/2/17	2016/3/3	2016/2/1	2016/2/1	2016/2/1	2016/2/17	2016/2/17
開始殻長	83	102	95	96	89	92	91	92	91
供試貝数	30	30	30	30	30	30	30	30	30

3. 母貝育成場造成試験

(1) 人工種苗中間育成試験

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、有明海産成貝から採卵、種苗生産したタイラギ稚貝(11mm) 5,000個について、平成28年9月27日に分与を受け、9月28日から三池港の浮き桟橋で垂下育成試験を開始した。(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、直径37cm×28cm深)に、稚貝を500個づつ10カゴに分けて収容し、中間育成を開始した。月1回、殻長測定とカゴ洗浄を実施した。

(2) 海中育成ネットによる母貝育成場造成試験

三池島東側にある2列の投石間の覆砂地に、平成28年3月までに設置した海中育成ネット22ネットについて、本県の潜水器漁業者が、28年4月から、月1~2回程度、船上に海中育成ネットを取り上げ、水中ポンプによる洗浄を実施した。

29年2月以降に新たに人工種苗を用いて海中育成ネットによる母貝場の造成を行った。

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27年級群は図3に示すとおり、27年10月~28年3月まで32~22個体/m²の密度で生息していたが、4月~6月に16~10個体/m²に減少し、その後、8月10日まで4.8個体/m²みられたが、9月9日に0.3個体/m²に減少し、それ以降確認できなくなった。

28年級群は、28年9月9日に10.3個体/m²の生息が確認されたが、10月11日に0.2個体/m²まで減少、11月9日以降の調査では生貝が確認できなくなった。その際、底泥中に死殻は残っていなかった。

(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4に、底泥のAVS、IL、泥分率、Mdφの推移を図5~8に示した。

浮泥堆積層厚は、平成28年5月13日~10月25日は、2~5mmの範囲で推移し、11月9日に10mm、12月20日に7mmとやや増加したが、29年1月19日~3月6日は2~4mmで推移した。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、0~5cm層で0.01~0.05mg/g乾泥と期間を通してタイラギの生息に適している0.1mg/g乾泥未満の値で推移した。5~10cm層では4月に0.12mg/g乾泥と比較的高い値を示したが、その他の月は0.02~0.09mg/g乾泥で推移した。10~15cm層では6月に0.11mg/g乾泥を示したが、その他の月は0.02~0.08mg/g乾泥で推移した。

ILは、0~5cm層で4月に10.1%とタイラギの生息に適さない10%以上の値を示し、6月、12月、2月、3月も生息に適している基準の5%未満を上回った。5~10cm層では4~7月に5.1~7.3%、12~3月に5.1~5.7%、10~15cm層では5、6月に5.2、5.6%、1~3月に5.5~5.7%とやや高い値を示した。

泥分率は、0~5cm層で4月に66%とタイラギの生息に適さない50%を超える値を示したが、その他の月や5~10cm層、10~15cm層では、タイラギの生息に適している30%未満で推移した。

Mdφは0~5cm層で4月に4.0とタイラギの生息に適さない値を示した以外は、5~10cm層、10~15cm層でも生息に適している3.0未満で推移した。

2) 水質

竹はぜ南漁場における水質の連続観測結果を図9~10に示した。

海底上5cmの水温は、9.7~27.3℃の範囲で推移した。

酸素飽和度(DO)は28.3~109.6%の範囲で推移し、平成28年7月13~14日に35~40%の貧酸素が最大5時間継続、8月12~16日に28~40%の貧酸素が最大55時間継続して観測された。

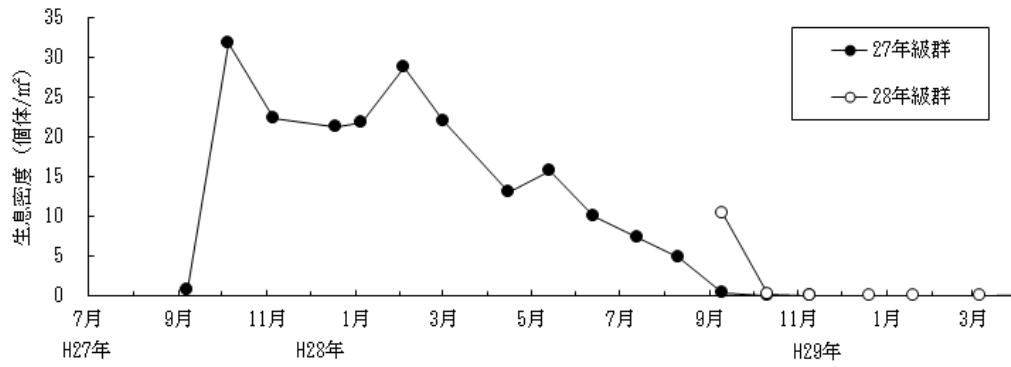


図3 竹はぜ南漁場のタイラギ稚貝分布状況

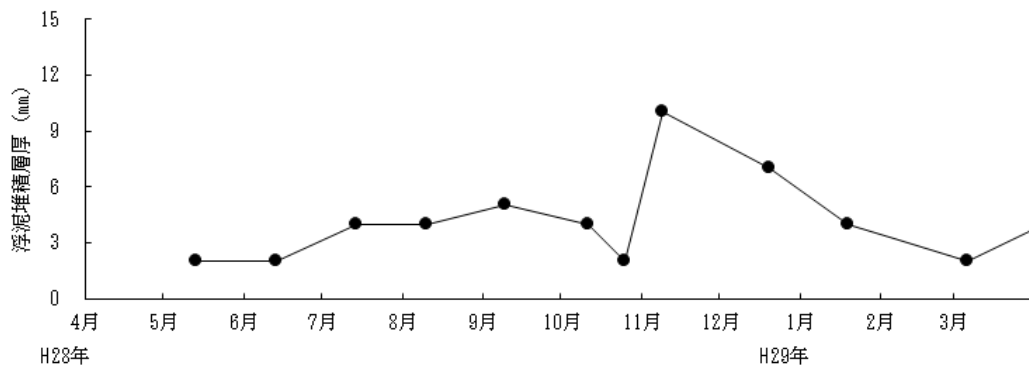


図4 竹はぜ南漁場の浮泥堆積層厚

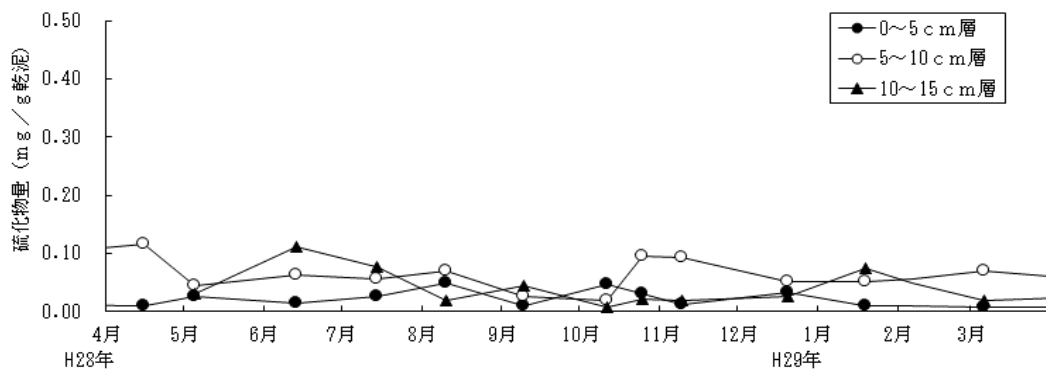


図5 竹はぜ南漁場の AVS

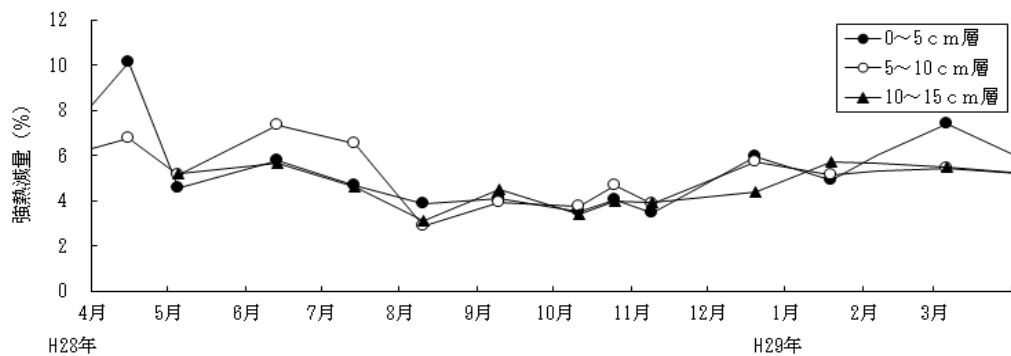


図6 竹はぜ南漁場の IL

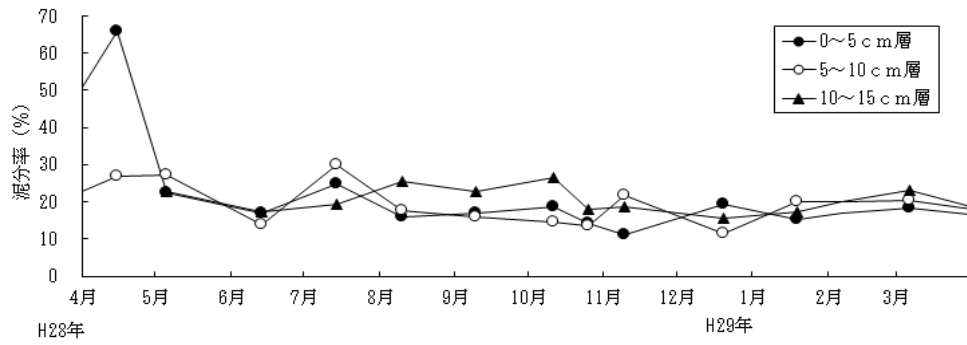


図7 竹はぜ南漁場の泥分率

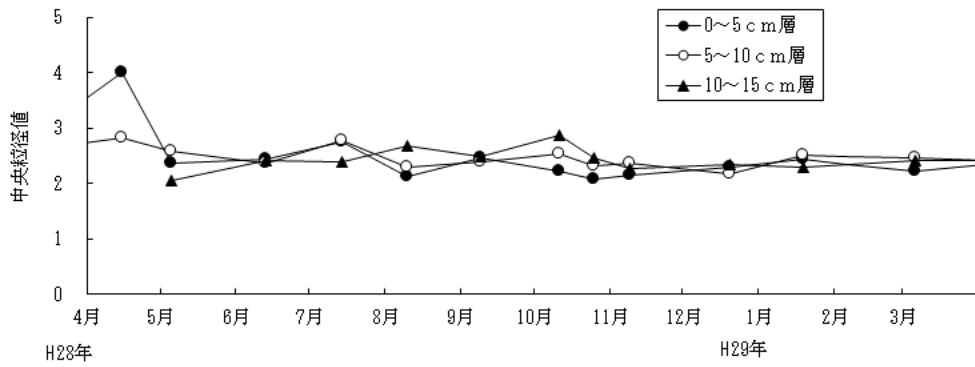


図8 竹はぜ南漁場のMdφ

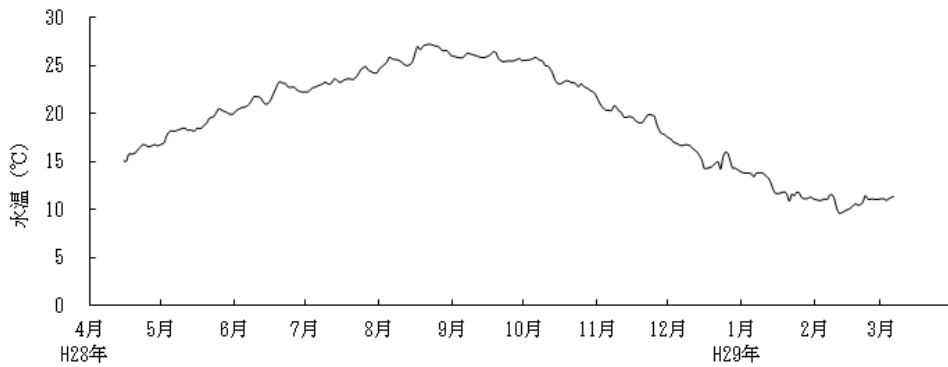


図9 竹はぜ南漁場の水温 (海底上5 cm)

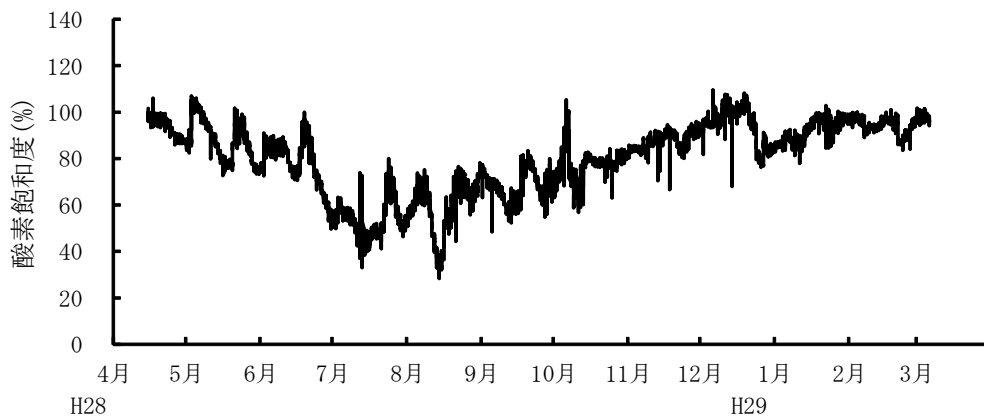


図10 竹はぜ南漁場のDO (海底上5 cm)

2. 育成手法別試験

(1) H23斜面覆砂漁場

1) 育成手法別試験

H23斜面覆砂漁場における育成手法別試験の生残率を図11に示した。

直植え区は、平成28年3月13日までは斃死はみられなかったが、4月15日から斃死が始まり、7月26日には33%に減少、10月24日には全て確認できなくなった。

被覆網区は、28年7月26日まで83%が生残していたが、8月26日に73%、9月23日60%、10月24日には30%まで減少し、その後12月21日には3%となった。

被覆カゴ区も、28年9月23日までは83%が生残していたが、10月24日に47%まで減少し、12月27日には27%となった。

2) 生息環境調査

①タイラギ分布状況

H23斜面覆砂漁場におけるタイラギ分布状況を図13に示した。

26年級群は、28年4月14日に0.1個体/m²(殻長173mm)、5月17日にも0.1個体/m²(173mm)確認されたが、それ以降みられなくなった。

27年級群は、28年4月14日に2.0個体/m²(98mm)、6月14日にも2.9個体/m²(121mm)が確認されたが、7月14日以降1.0個体/m²未満となり、9月23日(172mm)以降みられなくなった。

28年級群は、28年8月10日に0.1個体/m²(29mm)、10月7日に0.3個体/m²(44mm)が確認されたが、それ以降みられなくなった。

②底質

H23斜面覆砂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、平成29年1月に14mmと高い値を示したが、その他の月は1~8mmの範囲で推移した。

AVSは、0~5cm層で28年10、11月に0.13、0.38mg/g乾泥と高い値を示したが、11月の5~10cm層は0.01mg/g乾泥と低い値であった。ILは、28年12月に0~5cm層で7.9%、5~10cm層でも6.7%と高い値を示したが、その他の月は各層とも5.0%未満で推移した。泥分率は0~5cm層で15.5%以下、5~10cm層で13.4%以下で推移した。Mdφは0~5cm層で1.5以下、5~10cm層で1.1以下で推移した。

③水質

H23斜面覆砂漁場の海底直上5cmにおける水温は図19に示すとおり、9.7~27.5℃の範囲で推移した。

D0は図20に示すとおり、6.8~130.0%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、6月29日に7時間、7月1日36時間、7月15日6時間、8月12日~15日92時間観測された。特に7月1日は23.5%~6.8%の貧酸素が18時間継続した。

(2) 三池島漁場

1) 育成手法別試験

三池島漁場における育成手法別試験区の生残率を図21に示した。

直植え区のタイラギは、試験開始翌月の4月15日には、全て確認できなくなった。本漁場には、三池島やその周辺に投石漁場があり、周辺海域ではあまりみられないイトマキヒトデの蛸集が観察された。

被覆カゴ(砂泥)区は、9月8日まで70%が生残していたが、10月24日に60%、11月21日には50%、12月21日には30%まで減少した。

被覆カゴ(アソラ)区も、9月8日まで83%が生残していたが、10月24日に67%、11月21日には60%、12月21日には33%まで減少した。

2) 生息環境調査

①底質

三池島漁場における浮泥堆積層厚を図22に、底泥のAVS、IL、泥分率、Mdφの推移を図23~26に示した。

浮泥堆積層厚は、平成29年1月に13mmと高い値を示したが、その他の月は1~7mmの範囲で推移した。

AVSは、0~5cm層、5~10cm層で、期間中0.04mg/g乾泥以下と低い値であった。ILは、0~5cm層で28年6月に6.7%、12月に6.1%、5~10cm層では12月に6.9%とやや高い値を示したが、その他の月は各層とも5.0%未満で推移した。泥分率は0~5cm層で28.8%以下、5~10cm層で10.5%以下で推移した。Mdφは0~5cm層で2.1以下、5~10cm層で1.1以下で推移した。

②水質

三池島漁場の海底直上5cmにおける水温は図27に示すとおり、8.5~28.3℃の範囲で推移した。D0は図28に示すとおり、機器の不調で5月17日~7月14日が欠測となったが、25~130%の範囲で推移し、6時間以上連続して40%以下を示した日は、7月15日に6時間、8月11日に9時間、8月12~15日に81時間、8月15日に10時間観測された。

(3) 竹はぜ漁場

1) 育成手法別試験

竹はぜ漁場における育成手法別試験区の生残率を図29に示した。

直植え区は、平成28年4月14日までは93%が生残していたが、5月31日には73%、6月28日には47%に減少し、7月26日には7%となった。

被覆網区は、28年8月25日までは83%が生残していたが、9月23日に67%、11月21日には0%となった。

2) 生息環境調査

①タイラギ分布状況

竹はぜ漁場におけるタイラギ分布状況を図30に示した。

27年級群は、28年4月15日に9.2個/m²（殻長93mm）の密度で生息していたが、5月31日に5.2個/m²（95mm）、6月14日に2.5個/m²（104mm）、7月26日に1.4個/m²（103mm）と徐々に減少した。その後、8月12日までは1.8個/m²の密度で生息したが、9月23日には0.1個/m²（154mm）と激減し、それ以降みられなくなった。

28年級群は、28年9月23日に0.7個/m²（48mm）、10月7日に1.9個/m²（49mm）、11月10日に0.4個/m²（59mm）の密度で生息したが、それ以降みられなくなった。

②底質

竹はぜ漁場における浮泥堆積層厚を図31に、底泥のAVS、IL、泥分率、Mdφの推移を図32～35に示した。

浮泥堆積層厚は、28年11月10日に12mmと高い値を示したが、その他の月は1～7mmの範囲で推移した。

AVSは、0～5cm層で0.01～0.11mg/g乾泥で推移したが、5～10cm層では28年4～6月に0.12mg/g乾泥以上、5月31日には0.23mg/g乾泥と高い値を示した。ILは、4～7月に0～5cm層で7.1～10.1%、9月に6.4%、12月に9.3%と高い値を示した。泥分率は0～5cm層で、4～9月に33～66%、12月に46%と高い値を示した。Mdφは0～5cm層で2.6～4<、5～10cm層で2.8～3.8と高い値で推移した。

③水質

竹はぜ漁場の海底直上5cmにおける水温は図36に示すとおり、測定した11月10日まで15.1～27.6℃の範囲で推移した。DOは図37に示すとおり、11月10日まで0.0～104.2%の範囲で推移し、6時間以上連続して40%以下を示した日は、7月11～12日に25時間、7月14～15日に24時間、7月15～16日に41時間、7月17～18日に8時間、7月18～19日に6時間、8月12～16日に101時間観測された。なお、8月18～25日は機器の不調により欠測となった。

(4) 海中育成ネットによる成熟状況調査

海中育成ネット区でのタイラギ生殖腺着色率は、図12に示すとおり、28年3月2日開始時の47%が、5月30日、6月28日は100%となり、その後、7月26日には89%、8月26日には14%に低下し、9月23日には0%となった。

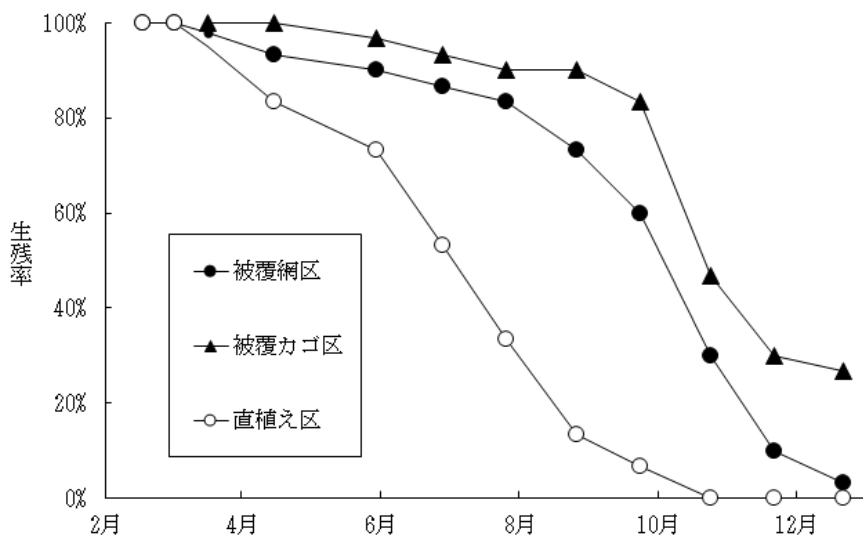


図11 H23斜面覆砂漁場における育成手法別試験の生残率

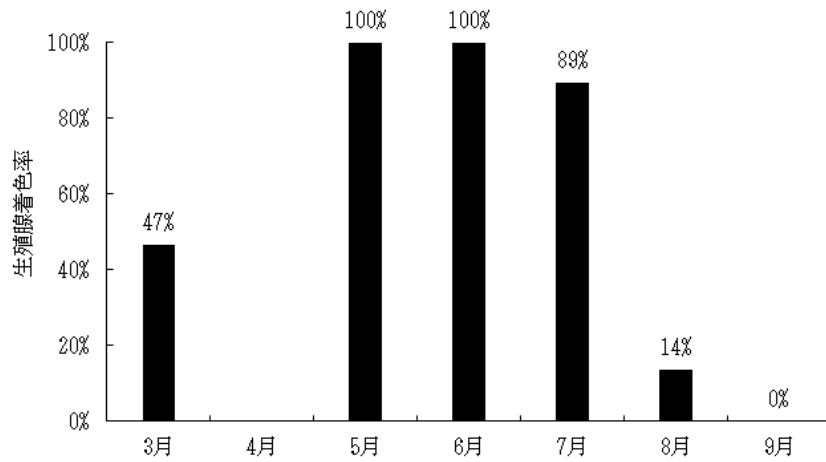


図12 H23斜面覆砂漁場の海中育成ネット区における生殖腺着色率の推移

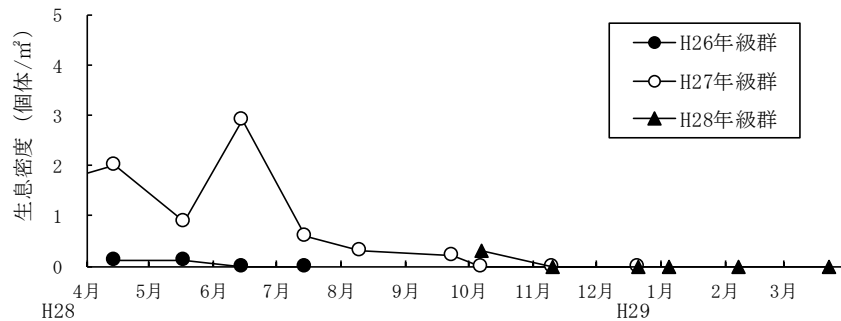


図13 H23斜面覆砂漁場におけるタイラギ稚貝分布状況

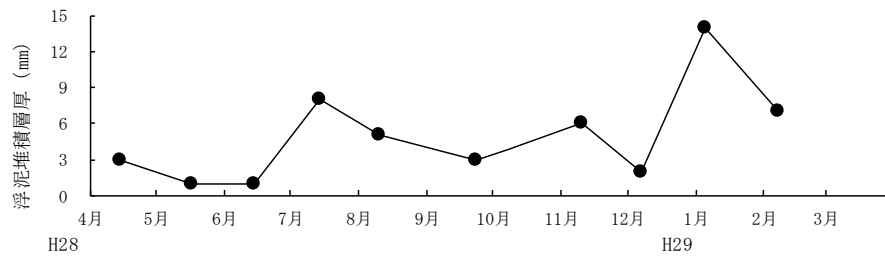


図14 H23斜面覆砂漁場における浮泥堆積層厚

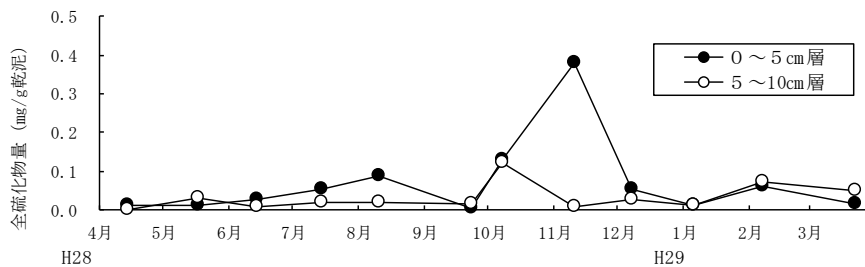


図15 H23斜面覆砂漁場のAVS

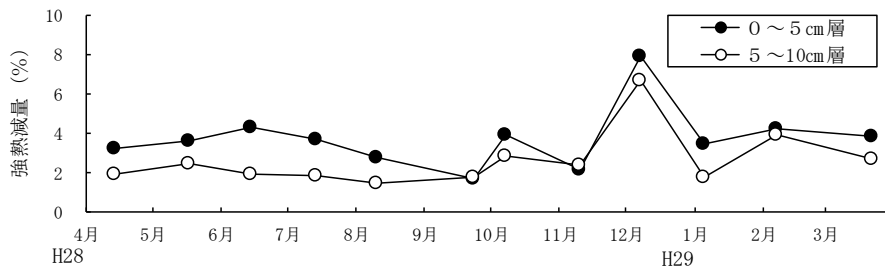


図16 H23斜面覆砂漁場のIL

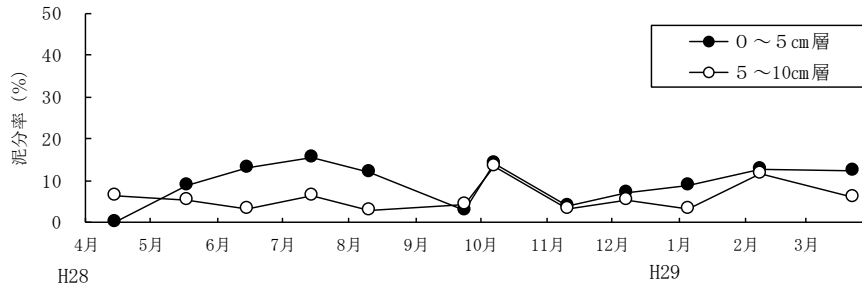


図17 H23斜面覆砂漁場の泥分率

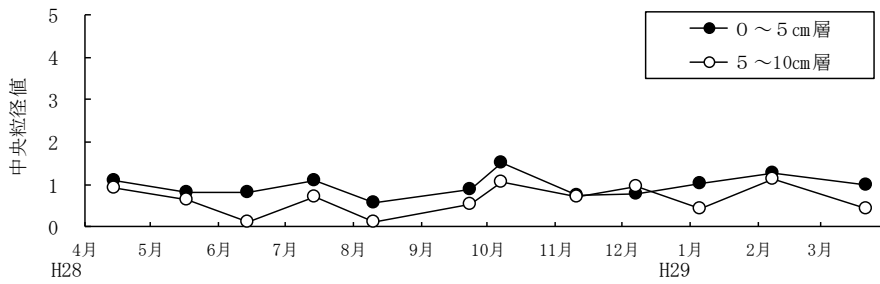


図18 H23斜面覆砂漁場のMd φ

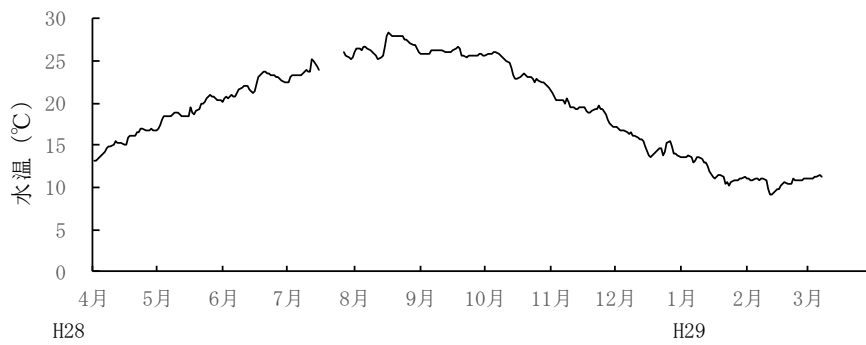


図19 H23斜面覆砂漁場の水温 (海底上 5 cm)

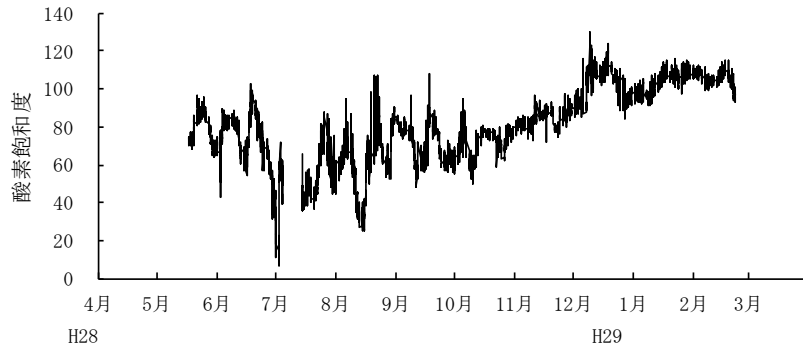


図20 H23斜面覆砂漁場のDO (海底上 5 cm)

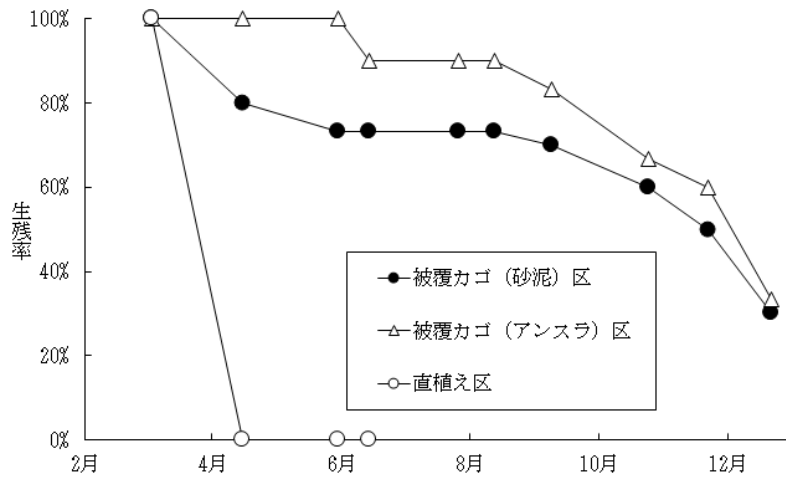


図21 三池島漁場における育成手法別試験の生残率

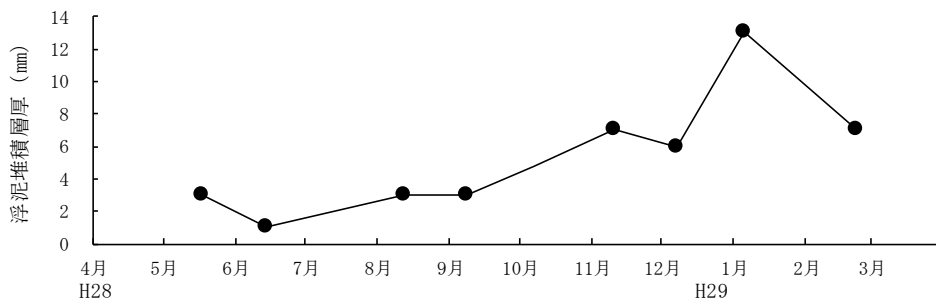


図22 三池島漁場における浮泥堆積層厚

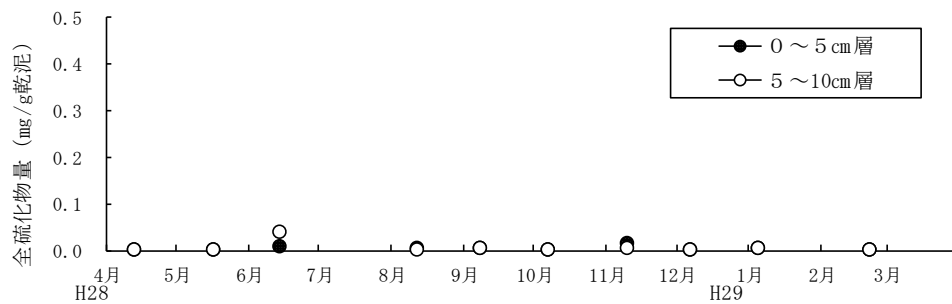


図23 三池島漁場のAVS

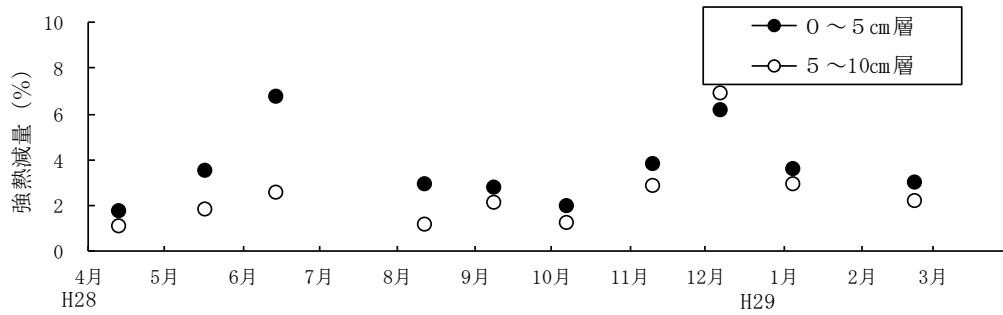


図24 三池島漁場のIL

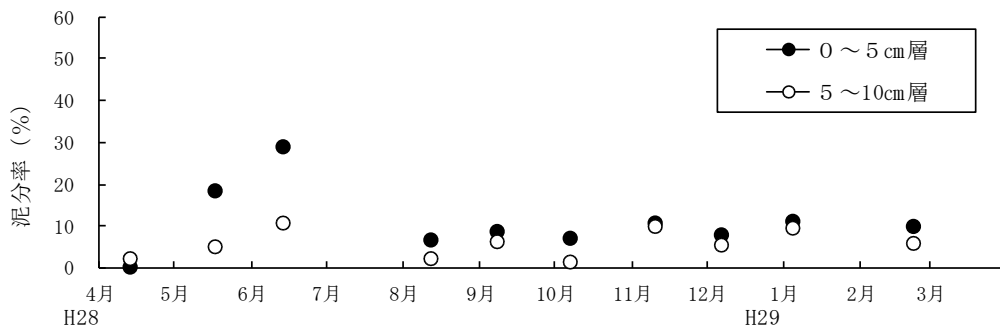


図25 三池島漁場の泥分率

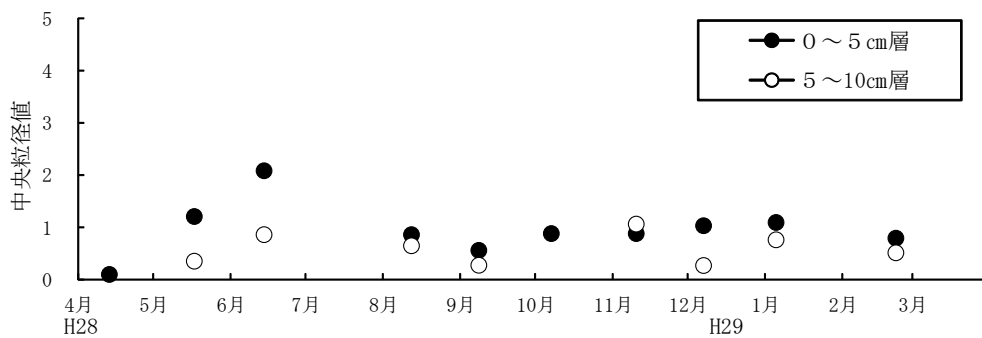


図26 三池島漁場のMd φ

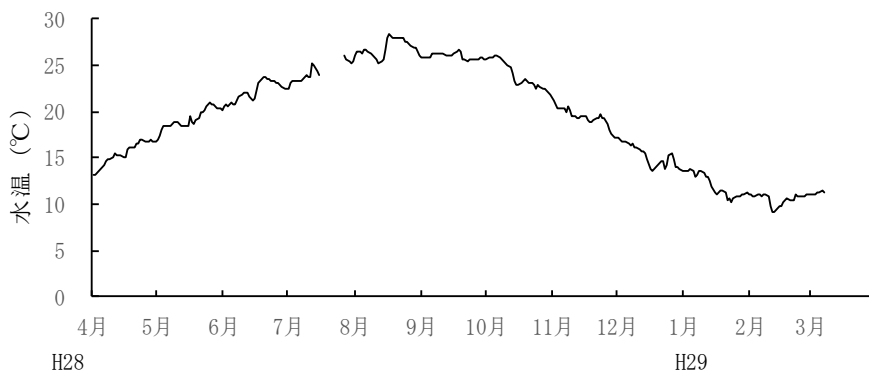


図27 三池島漁場の水温 (海底上 5 cm)

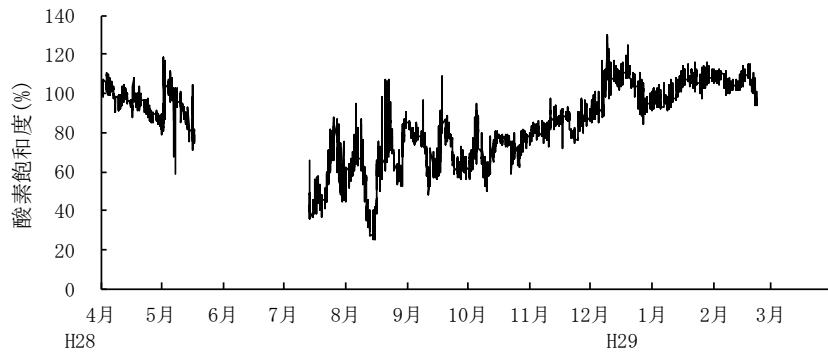


図28 三池島漁場のDO（海底上5cm）

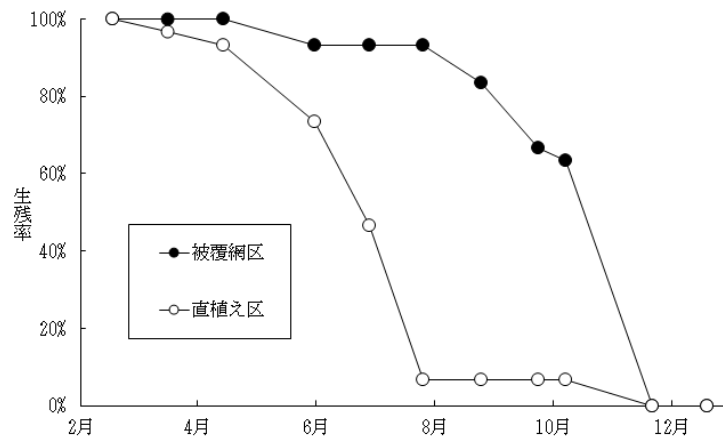


図29 竹はぜ漁場における育成手法別試験の生残率

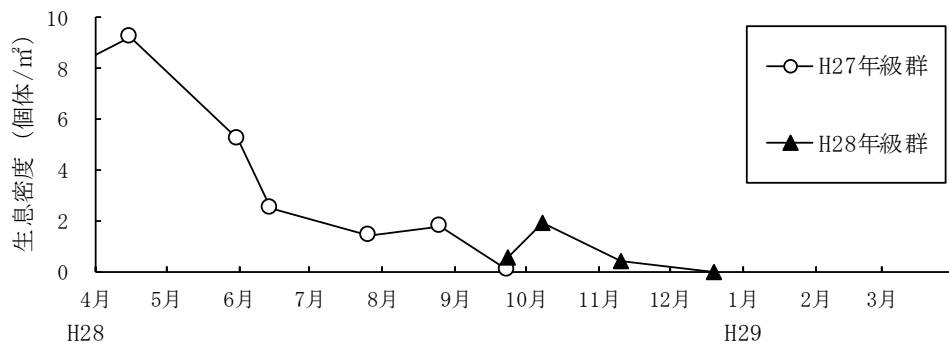


図30 竹はぜ漁場におけるタイラギ分布状況

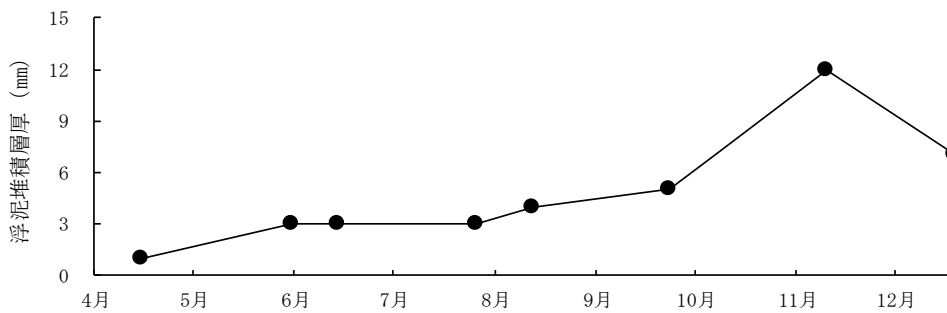


図31 竹はぜ漁場の浮泥堆積層厚

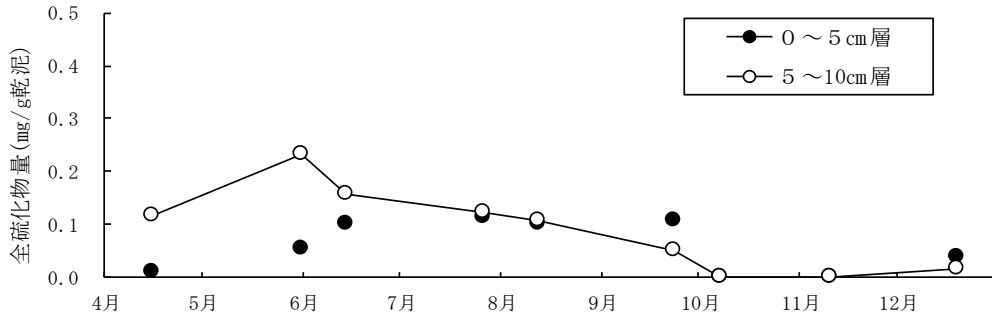


図32 竹はぜ漁場のAVS

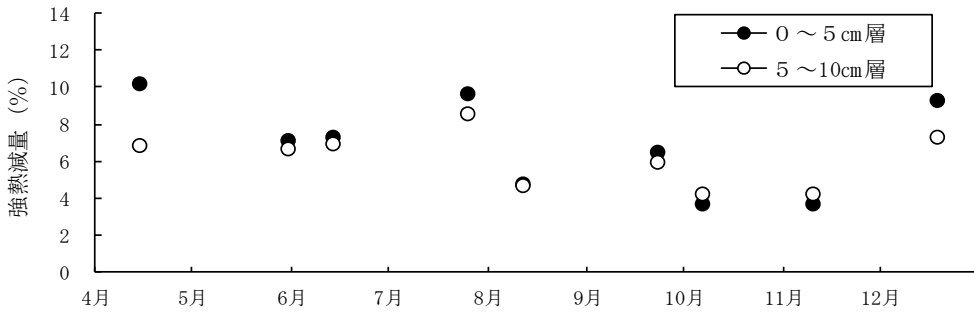


図33 竹はぜ漁場のIL

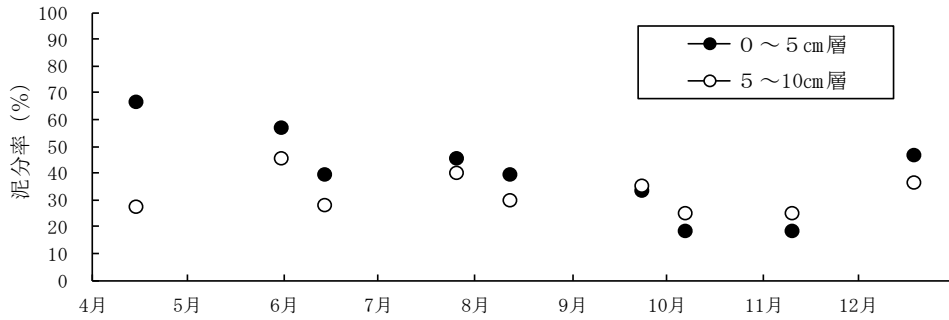


図34 竹はぜ漁場の泥分率

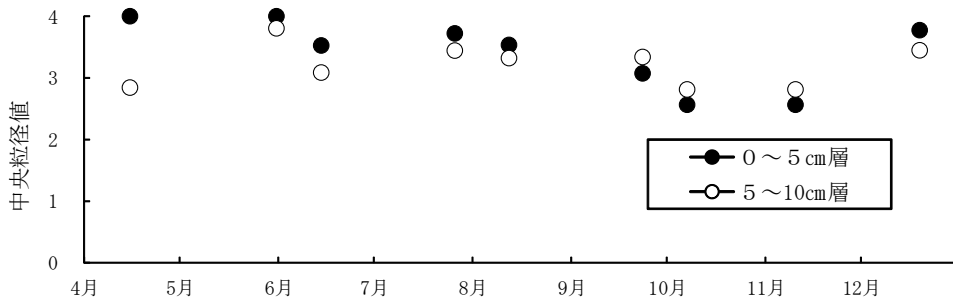


図35 竹はぜ漁場のMd phi

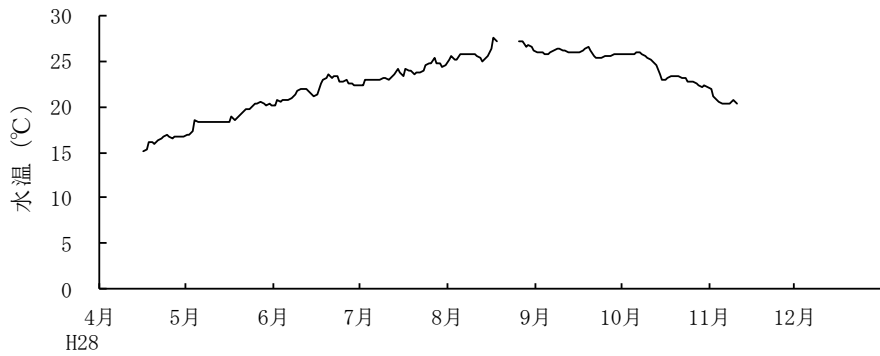


図36 竹はぜ漁場の水温（海底上 5 cm）

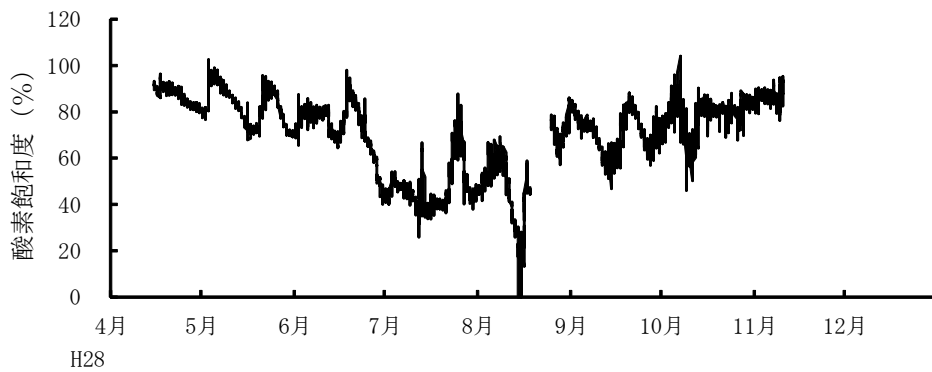


図37 竹はぜ漁場のDO（海底上 5 cm）

3. 母貝育成場造成試験

(1) 人工種苗中間育成試験

三池港で中間育成した殻長34mm（図38）に成長した人工稚貝1,500個を10月25日に潜水器漁業者により峰の洲の斜面覆砂漁場に移殖し，食害対策として10m×2mの被覆網で保護した。残りの育成貝を200個／カゴ程度に間引きし，三池港での中間育成を継続，3月27日までに75

mmまで成長した。

(2) 海中育成ネットによる母貝育成場造成試験

平成29年2月21日～3月22日に，三池島南側にある2列の投石間の覆砂地において，海中育成ネット10ネットに干潟母貝24個ずつを，6ネットに人工稚貝38個ずつを収容して，海底に設置した。

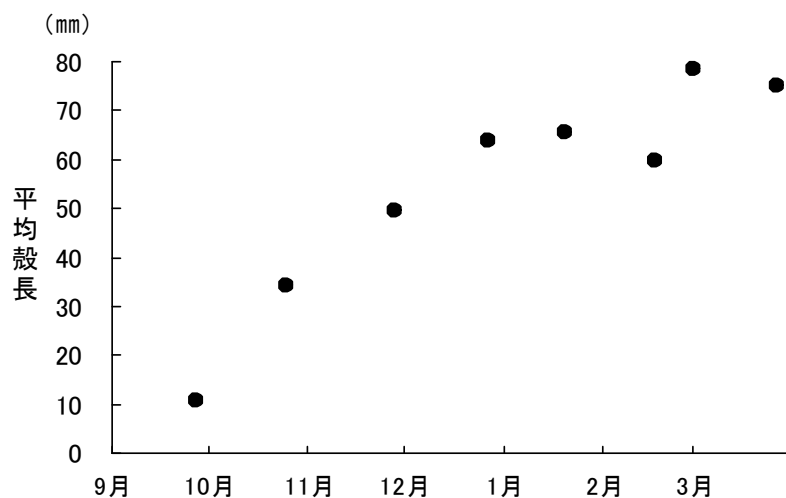


図38 三池港における人工稚貝中間育成時の成長

考 察

天然漁場の竹はぜ南漁場では、平成27年9月から11月に発生した稚貝の生息密度は、28年3月から8月にかけて減少し、9月には確認されなくなっている。

今回、試験漁場とした峰の洲のH23斜面覆砂漁場、三池島漁場、竹はぜ漁場の直植え区でも、天然漁場と同様に3月から9月に1割以下にまで減少している。

それに対して被覆網区や被覆カゴ区では9月まで6～8割が生残していたが、10月～12月にかけて3割以下まで減少している。

これらのことから、タイラギの斃死要因について考察すると、天然漁場と直植え区の稚貝は3月から9月に大きく減耗しており死殻もない状況であるの対し、食害を防止した被覆カゴ区や被覆網区では、この時期に目立った減耗がなかったことから、この時期の稚貝の減耗は食害による可能性が高いと考えられる。昨年度は三池島漁場のみの結果であったが、今年度は3漁場で同様の結果を確認している。

但し、被覆カゴ区や被覆網区では、夏季から秋季に大きな減耗がみられ、稚貝の死殻が海底から這い出した状態で残っていることから、この時期の減耗は当海域で問題となっている立ち枯れ斃死の可能性があると考えられる。

杉野ら¹⁾はタイラギの生息に適正な値が、浮泥堆積層厚で10mm以下、AVSで0.1mg/g乾泥未満、Mdφ 3未満、IL 5%未満、泥分率30%未満で、生息に不適な値は、浮泥堆積層厚は20mm超、AVSで0.4mg/g乾泥以上、Mdφで4以上、ILで10%以上、泥分率で50%以上としている。

夏季から秋季にみられる立ち枯れ斃死の原因として底質環境の悪化が考えられるが、今年度の試験期間中、上記の底質指標については、天然漁場である竹はぜ南漁場や育成手法別試験を実施した3漁場でも、タイラギの生息に不適とされる値は確認されず、立ち枯れ斃死との関連はみられなかった。

水質についても、海底上5cm層の水温は8.5～28.3℃で推移し、酸素飽和度も9月以降は40%を下回る貧酸素は確認されていない。

的場ら²⁾によると、海中育成ネットで育成した貝は、

採取海域や成長段階に関わらず、これらの斃死が抑制されることから斃死の有無は貝が海底にあるか、海底から切り離されているかによるものとされている。また、貝の採取場所、産地、年齢等の履歴や、条虫、疾病等、貝自体が持つ要因は、活力低下等に伴う2次的な斃死原因である可能性はあるが、直接的な斃死要因ではないことが示唆されており、海中育成ネットで育成した有明産稚貝に同様の斃死がみられなかったことから、有明海で見られる立ち枯れ斃死の原因が、貝の成育履歴によるものではないとされている。

想定される斃死要因としては、これまでの調査で把握できなかった海底面上5cmより下側の層の底質環境や海底の間隙水中の酸素濃度の低下、連続観測を行っていない硫化水素の一時的な増加、海底に堆積する浮泥による摂餌障害、餌料不足などの2次的な影響等があり、今後はこれらについて検討を行う予定である。

また、今年度、海中育成ネットで育成した貝の生殖腺の着色状況から、5月～7月に9割以上が着色したことからこの時期の成熟が確認され、³⁾8月には退色したことから産卵が行われたものと推察された。今後は、海中育成ネットで育成したタイラギの生殖腺組織切片観察等から産卵の状況を確認するとともに、人工稚貝を用いて同様の試験を実施し、海中育成ネットで育成したタイラギの産卵母貝としての機能について検討していきたい。

文 献

- 1) 杉野浩二郎、吉田幹英、山本千裕. タイラギの生息に適した底質条件の検討—タイラギの生息状況とその底質条件—. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2010 ; 20 : 53-60.
- 2) 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.
- 3) 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)

長本 篤・篠原 直哉・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著しく減少し、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 (砂利袋)

試験は、平成27年度に引き続き図1に示した調査点で行った。調査期間は、有区24号では平成28年5月24日まで、有区10号では平成28年5月6日までとした。

設置した試験区は、図2のとおりである。使用したラッセル網袋は、30×60cm、目合い4.5mmで、これに粒径1cm程度の砂利を約5kg収容して採苗器(以下、砂利袋)とした。試験区は、原地盤に砂利袋を平たく置いた平置き区に加え、砂利袋の埋没を防止するため目合い18mmのポリエチレン製のネットを原地盤に広げ、その上に砂利袋を平たく置いたネット区、砂利袋の高さを確保するため砂利袋を広げず立てて置いた縦置き区、ポリエチレン製の二重底プレート区(40×40×10cm)の上面を原地盤まで埋め込み、その上に砂利袋を平たく置いた二重底プレート区、砂利袋を置かない対照区の5区とした。試験区の設置は、平成27年5月の干出時に行い、図3の配置で図2のとおり縦横4列の16袋ずつ設置した。

(1) 採苗調査

砂利袋内のアサリの採苗数を把握するため、各試験区の砂利袋を平成28年5月の干出時に両調査点で5袋ずつ、砂利袋内に入った砂泥等とともに回収した。回収した砂利袋を研究室に持ち帰り、砂泥等を除去するために目

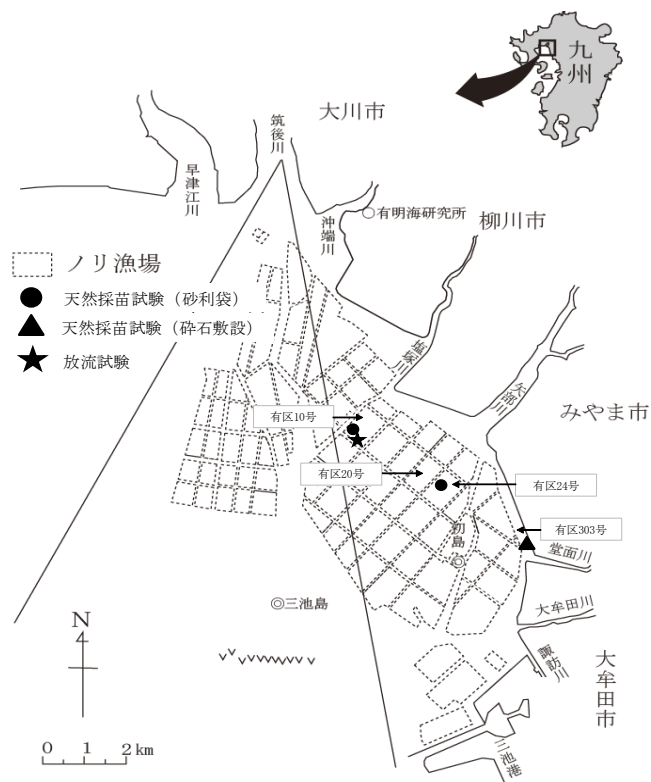


図1 調査位置図



図2 試験区の概要

合い3mmのふるいを用いて選別後、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。

併せて砂利袋による天然採苗の効果を把握するため、平成28年5月の砂利袋の回収時に対照区として試験区周

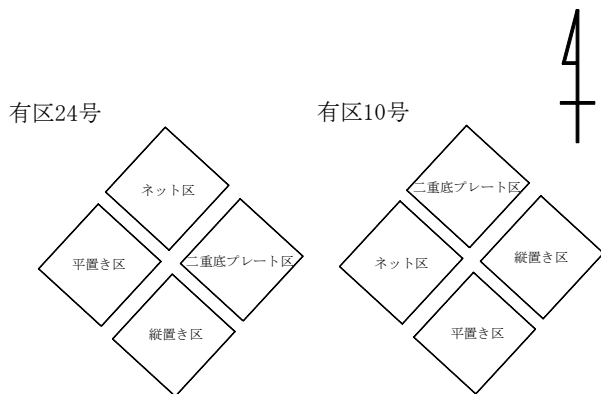


図3 試験区の配置

辺の任意の3点で25×25cm、深さ10cmの砂泥等を採取した。試料は、目合い1mmのふるいで選別後、残渣物を研究室に持ち帰り、アサリの選別、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。

なお、各試験区の砂利袋の分布密度を算出する際に基準となる表面積は、平置き区、ネット区、二重底プレート区では砂利袋の表面積である0.18m²、縦置き区では立てて置いた砂利袋のうち任意の5袋を実測し、その平均値である0.059m²を用いた。

(2) 埋没状況調査

設置した砂利袋の埋没状況を把握するため、底質が細砂で一定の埋没が想定された有区24号において砂利袋回収時に埋没状況を確認した。回収した全ての砂利袋で取り上げる前の原地盤から砂利袋の上面までの長さ(以下、砂利袋の高さ)及び原地盤から砂利袋を取り上げたときにできるくぼみの底面までの長さ(以下、砂利袋の深さ)を各袋1カ所ずつ計測した。

(3) 初期稚貝調査

網袋周辺の殻長1mm以下の稚貝(以下、初期稚貝)の分布密度を把握するため、有区24号では平成28年5月に計1回、有区10号では平成28年4～6月に計3回行った。試料は、内径34mm、長さ10cmの亚克力パイプを用いて網袋周辺の表層1cmの底質を4回採取したものを1試料として3試料採取した後、-30℃の冷凍庫で保存し、アサリ稚貝の同定、個体数の計数及び殻長の測定を行った。

(4) 底質調査

網袋周辺の底質を把握するため、採苗調査と同じ日に有区24号及び有区10号で行った。両調査点の対照区において、任意の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ごと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. 流況シミュレーションによる物理環境把握

アサリの天然採苗適地を把握するため、矢部川河口域のアサリ稚貝が発生している有区20号及び過去にアサリ稚貝が発生していた有区24号において、6～8月の流況や塩分等を測定し、流況シミュレーションを構築することにより、底層におけるアサリ着底稚貝の塩分、流況、底質の安定性(シールズ数)などの物理環境の観点から検討を行った。

現地調査では、有区20, 24号に水温塩分計や流速計を設置し、連続観測を行った。数値シミュレーションの構築では実施条件として、①周辺海域から影響を考慮②深淺測量データを用いて複雑な形状の表現③底層流を左右する潮汐、風、干潟、河川流入、海面熱フラックスを考慮④底層流に影響を及ぼす出水、潮汐、風、密度流の寄与を検討⑤流況と波浪のモデルによって底質安定性及び流況と波浪の影響の程度、範囲を確認⑥春季発生群の着底や出水が想定される春季(非出水時)の大潮期、春季(非出水期)の小潮期、夏季(出水期)の大潮期、夏季(出水期)の小潮期の4つのケースに分類とした。数値シミュレーションの実施方針として①有明海全域を含む計算領域②非構造格子モデルを採用し、有区20, 24号周辺の水平格子サイズを最小100m以内で表現し、モデルには、有明海で使用実績の多いFVCOMモデルを使用③潮汐、風、干潟、河川流入、海面熱フラックスを考慮し、潮流、吹送流、干潟域の干出・冠水に伴う流れ、河川流入や海面加熱・冷却に伴う密度流を計算可能なFVCOMモデルを採用④最も影響が大きいと考えられる夏季(出水期)の大潮期については、河川なし、潮汐なし、風なし、密度計算なしの4ケースについて追加計算し、夏季(出水期)の大潮期の計算結果との差分により、それぞれの影響を検討⑤流況モデルと波浪モデルでは、同一の詳細地形を考慮した計算によりシールズ数の時空間変動を確認⑥4つのケースを含む5月中旬～7月末までの連続計算を実施し、4つのケースの期間以外の観測データとの整合性も含めて検証とした。

3. 天然採苗試験(砕石敷設)

試験は、図1に示した有区303号で行った。調査期間は、平成28年6月21日から平成29年3月3日までとした。

試験区は、図4のとおり碎石敷設区、砂利袋区及び対照区とし干出時に設置した。碎石敷設区では、4×4mの範囲に粒径1cm程度の砂利を高さ10cmになるよう敷設した。砂利袋区では、4×4mの範囲に天然採苗試験と同様の砂利袋を等間隔に40袋を立てて設置した。

(1) 分布調査

各試験区のアサリの分布を把握するため、碎石敷設区及び対照区で試験区設置38, 84, 148, 220, 255日後に任意の2点で25×25cm、深さ10cmの砂泥等を採取し、目合い3mmのふるいで選別した後、残渣物を研究室に持ち帰った。砂利袋区では試験区設置255日後に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。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

碎石敷設区及び対照区の底質を把握するため、分布調査と同じ日に両試験区において、任意の2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、天然採苗試験（砂利袋）と同様の方法で分析した。



(碎石敷設区)



(砂利袋区)

図4 試験区の概要

各試験区のアサリの分布を把握するため、放流32, 61, 137, 195, 270日後に各試験区の4点で直径10.6cm深さ10cmの範囲の底質を6カ所採取し、目合い5mmのふるいで選別した残渣物を研究室に持ち帰り、アサリ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天然採苗試験（碎石敷設）の底質調査と同様の方法で行った。

結果及び考察

1. 天然採苗試験

(1) 採苗調査（砂利袋）

①分布密度

有区24号における試験区別アサリの分布密度を図5に示した。平成28年5月の分布密度は、平置き区で405個体/m²、ネット区で360個体/m²、縦置き区で1,620個体/m²、二重底プレート区で1,114個体/m²、対照区で64個体/m²であった。砂利袋の試験区の分布密度を対照区のそれと比較したところ、5.6～25.3倍であった。

有区10号における試験区別アサリの分布密度を図6に示した。平成28年5月の分布密度は、平置き区で91個体

4. 放流試験（囲い網）

ナルトビエイによる食害を防止するため、図1に示した有区10号で囲い網による放流試験を行った。調査期間は、平成28年6月3日から平成29年2月28日とした。囲い網は、平成28年6月3日に約6×35mの周囲に設置したFRP支柱にノリ網（18×1.8m、目合い30cm）を高さ約1.8mになるよう側面及び上面に取り付け作成した。試験には、平均殻長18.5mmの有明海産アサリを用い、平成28年6月3日に囲い網の中（以下、囲い網区）及び外（以下、対照区）のそれぞれ5×5mの範囲に0.66kg/m²の密度で放流した。また、プラスチック製の野菜かごを原地盤に深さ5cmになるよう埋め込み、掘り起こした底土をかごの中に戻し、放流したアサリと同じ密度でアサリを収容した。

囲い網の施設の管理として平成28年6月から平成29年3月まで毎月1～4回の頻度で囲い網に引っかかったゴミや施設に付着した生物の除去、破損したノリ網の修繕を行った。さらに、調査期間中ノリ網に付着した生物が多くなったことやノリの種付け前に囲い網のノリ網にアオノリが付着しているとの情報があったことからノリ網を全て交換した。

(1) 分布調査

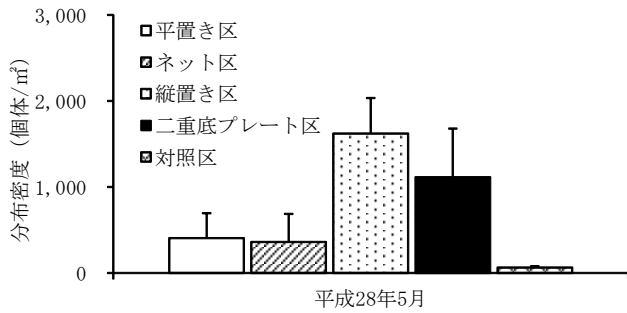


図5 試験区別アサリ分布密度 (有区24号)

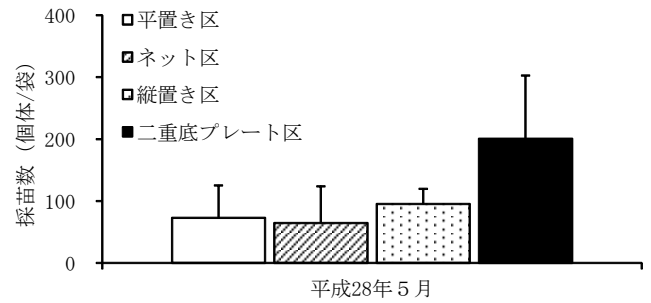


図7 試験区別アサリ採苗数 (有区24号)

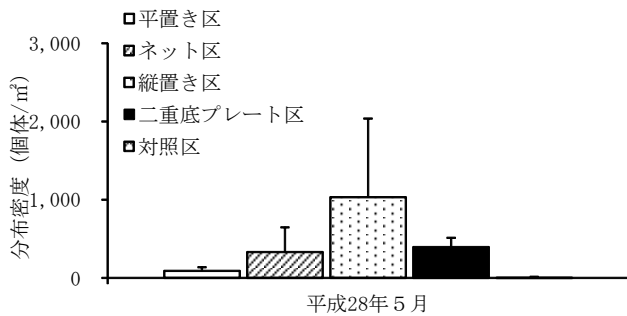


図6 試験区別アサリ分布密度 (有区10号)

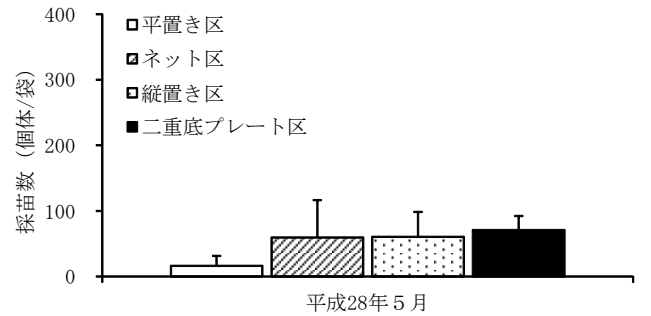


図8 試験区別アサリ採苗数 (有区10号)

/m², ネット区で331個体/m², 縦置き区で1,033個体/m², 二重底プレート区で394個体/m², 対照区で5個体/m²であった。砂利袋の試験区の分布密度を対照区のそれと比較したところ, 17.1~193.7倍であった。

②採苗数

有区24号における試験区別アサリの採苗数を図7に示した。平成28年5月の採苗数は, 平置き区で73個体/袋, ネット区で64個体/袋, 縦置き区で95個体/袋, 二重底プレート区で201個体/袋であった。埋没対策を行った試験区の採苗数を平置き区のそれと比較したところ, 0.9~2.7倍であった。

有区10号における試験区別アサリの採苗数を図8に示した。平成28年5月の採苗数は, 平置き区で16個体/袋, ネット区で59個体/袋, 縦置き区で60個体/袋, 二重底プレート区で71個体/袋であった。埋没対策を行った試験区の採苗数を平置き区のそれと比較したところ, 3.5~4.3倍であった。

③殻長組成

有区24号及び有区10号における試験区別アサリの殻長組成を図9, 10に示した。有区24号ではネット区を除く試験区で, 有区10号では全ての試験区で試験開始約1年後に殻長30mmを超えるアサリが出現した。

(2) 埋没状況調査

試験区別砂利袋の高さ及び深さを図11, 有区24号におけるネット区, 縦置き区及び二重底プレート区の砂利袋の埋没状況を図12に示した。砂利袋の高さは, 縦置き区

が最も大きく8.0cmとなり, 次いで二重底プレート区4.7cm, 平置き区3.5cm, ネット区2.6cmとなった。また, 砂利袋の深さは, 二重底プレート区で最も小さく1.0cmとなり, 次いで平置き区5.0cm, 縦置き区及びネット区6.4cmとなった。砂利袋をみると, 縦置き区や二重底プレート区の砂利袋は埋没が少なく形を確認できたが, ネット区や平置き区の砂利袋は埋没しており形を確認することが困難であった。これらのことから, 砂利袋を立てて置いたり砂利袋の下に二重底プレートを敷くことで埋没が軽減されることが判明した。

(3) 初期稚貝調査

有区24号及び有区10号における初期稚貝の分布密度を図13に示した。有区24号では, 平成28年5月に131,043個体/m²の初期稚貝が出現した。有区10号では, 3,490~166,766個体/m²の初期稚貝が出現し, 平成28年6月の個体数が最も多かった。

(4) 底質調査

有区24号及び有区10号における底質調査の結果を表1に示した。有区24号の中央粒径値は2.6, 泥分率は13.3%, 強熱減量は2.8%, 全硫化物量は0.03mg/g乾泥であった。有区10号の中央粒径値(Md ϕ)は0.9, 泥分率は3.0%, 強熱減量は1.7%, 全硫化物量は0.002mg/g乾泥であった。

分布密度をみると, 両試験区の全ての試験区で対照区を大幅に上回ったことから砂利袋を用いた天然採苗の有効性が示された。埋没対策をみると, 縦置き区では砂利袋がある程度沈降しているものの, 高さがあるため他の

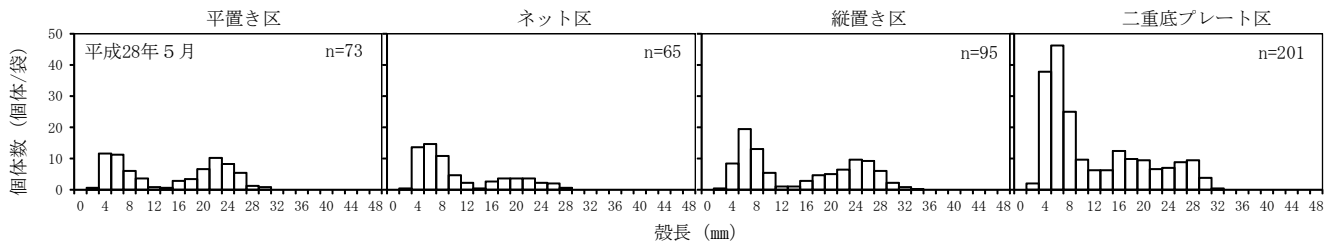


図9 試験区別アサリ殻長組成 (有区24号)

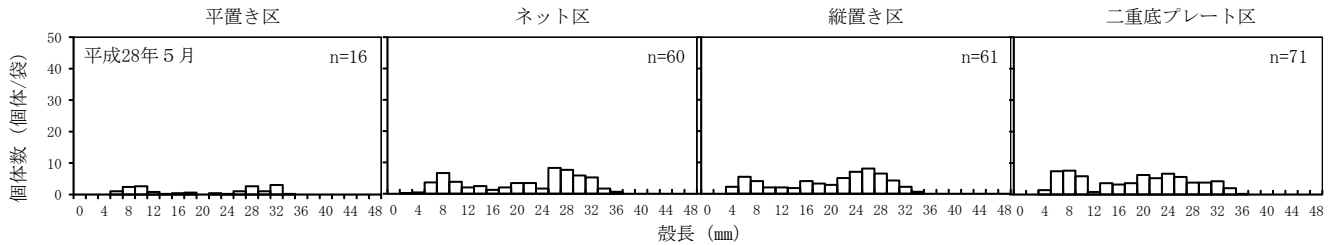


図10 試験区別アサリ殻長組成 (有区10号)

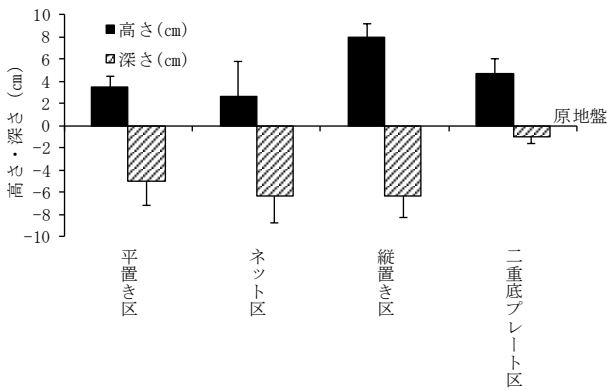


図11 試験区別網袋の高さ及び深さ

試験区と比較して最も地表に露出していた。また、二重底プレート区では砂利袋の下に二重底プレートを敷いているため沈降しにくくなり、埋没が軽減されていた。一方、平置き区やネット区では、砂利袋の沈降を抑制できずに埋没していた。これらのことから埋没対策として、砂利袋を立てて置く方法及び砂利袋の下に二重底プレートを敷く方法が有効であると考えられた。さらに、採苗数をみると、両調査点の二重底プレート区及び縦置き区で平置き区を上回ったことから、二重底プレートを下に敷いたり立てて置いたりすることでより高い採苗効果が期待できる。

今後は、砂利袋内に入ったアサリの生残率などを含めさらに詳細な検証を行うとともに、埋没対策を施した天然採苗を広域に展開するため、効果的な設置場所などを把握し、有明海におけるアサリ資源回復のための増殖技術を確立する必要がある。



ネット区



縦置き区



二重底プレート区

図12 砂利袋の埋没状況

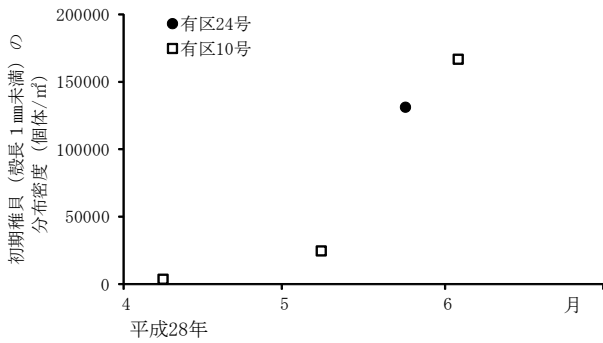


図13 漁場別初期稚貝分布密度の推移

表1 漁場別底質調査結果

試験区	中央粒径値 (Md φ)	泥分率 (%)	IL (%)	TS (mg/g乾泥)
有区24号	2.6	13.3	2.8	0.03
有区10号	0.9	3.0	1.7	0.00

2. 流況シミュレーションによる物理環境把握

平成28年度は、矢部川やその他の一級河川で、6月22日、7月13日頃に大きな出水が確認された。また、流況と波浪の数値シミュレーションの結果では、6月6日から6月23日にかけて、底質が不安定になる現象が生じていた。すなわち、大潮期の出水時である6月22日の下げ潮時（干潮直前）に、調査が実施された有区20号と24号の滞筋周辺で、沖合に向かう潮流と出水による流れが重なり合い、計算期間中で最大の流速が予測された。さらに、計算期間中最大の風速が6月20日の満潮時に記録され、大きな波高が予測された。そこで、大潮期出水時（平成28年6月19日～6月22日）の合成最大流速ベクトル、砂の底質に対して算出した合成最大シールドズ数、塩分を図14に示した。シールドズ数が0.2を上回るとアサリの残存率が低下することや²⁾ 矢部川河口から有区24号の両側に別れる2本の滞筋の周辺で流れが非常に強く、底質が不安定になることが予想されたことから、アサリが受動的に移動していると考えられる。また、有区24号周辺では、河川からの出水により低塩分化しやすくアサリが衰弱し、減耗しやすくなることも考えられる。

今後は、今回把握した砂利袋の採苗や底質の安定性、低塩分の状況を参考に条件が異なる地点で天然採苗試験を行い、効果的な採苗場所を検討する必要がある。

3. 採苗試験（砕石敷設）

（1）採苗調査

各試験区のアサリ分布密度を図15に示した。砕石敷設区のアサリの分布密度は、試験開始後84日後の平成28年

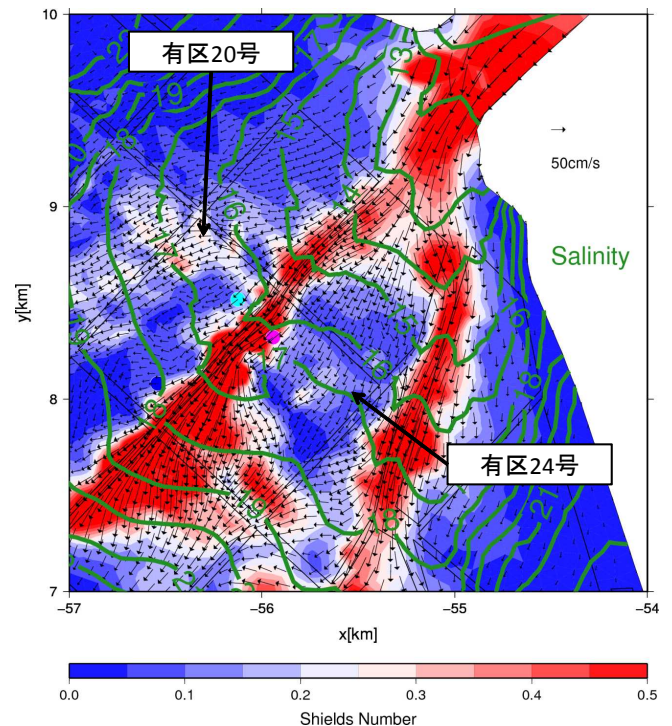


図14 大潮期出水時（平成28年6月19日8時～6月22日23時）の合成最大流速ベクトル、合成最大シールドズ数（砂）、塩分（緑線コンター）

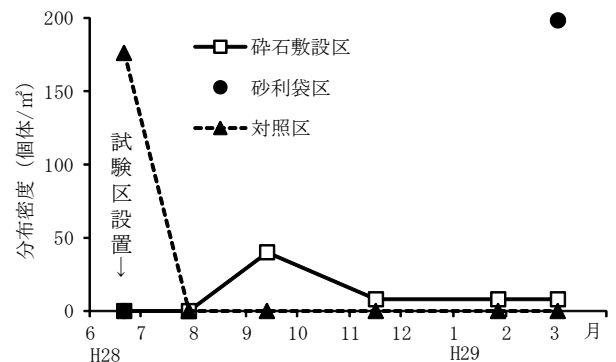


図15 試験区別アサリ分布密度の推移

9月に40個体/m²であったが、その後8個体/m²で推移した。砂利袋区のアサリ分布密度は、試験開始255日後の平成29年3月に198個体/m²であった。対照区のアサリ分布密度は試験開始時に176個体/m²であったが、その後は0個体/m²であった。

各試験区のアサリの平均殻長を図16、砂利袋区の平成29年3月の殻長組成を図17に示した。採取したアサリの個体数が少ないため比較が困難であるが砕石敷設区では5.4～14.8mmの範囲を推移した。砂利袋区では平成29年3月に15.8mm、対照区では試験開始時に8.6mmであった。砂利袋区に出現したアサリは殻長14～16mmの範囲にモードが確認された。

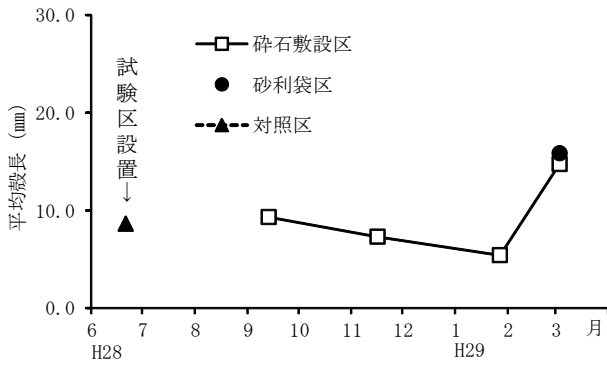


図16 試験区別平均殻長の推移

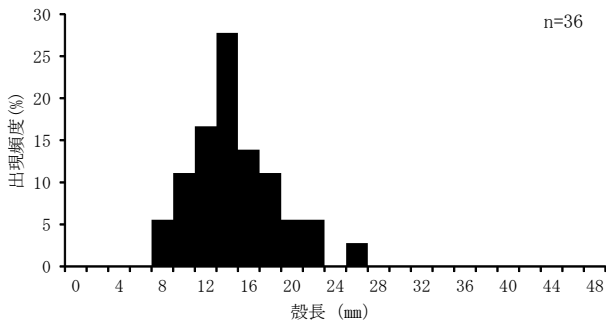


図17 砂利袋区のアサリ殻長組成

(2) 底質調査

各試験区の底質調査の結果を図18～21に示した。中央粒径値(Mdφ)は対照区で1.1～1.5, 泥分率は碎石敷設区で1.6～4.4%, 対照区で3.3～9.6%, 強熱減量は碎石敷設区で1.2～1.8%, 対照区で1.2～3.4%, 全硫化物は碎石敷設区で0～0.02mg/g乾泥, 対照区で0～0.07mg/g乾泥の範囲を推移した。

今回の試験で平成29年3月のアサリの分布密度は碎石敷設区及び対照区で低く, 砂利袋区で高かった。砂利袋区と比較して碎石敷設区でアサリの分布密度が低かった要因として, 図22のように平成29年1月の碎石敷設区の砂利が設置後から表出しており敷設した砂利の上に砂等の堆積が少なかったことが考えられる。平成29年3月の調査では泥分率が増加しており碎石敷設区に砂等の堆積が確認されたことから, 今後も継続して調査を実施する必要がある。

4. 放流試験

(1) 分布調査

各試験区のアサリ残留率の推移を図23に示した。放流後の残留率は, 囲い網区で23.6～86.7%, 対照区で40.5～80.1%となり, 放流270日後の残留率はほとんど差がなかった。また, カゴ内のアサリの生残率は, 65.5～70.3%となった。

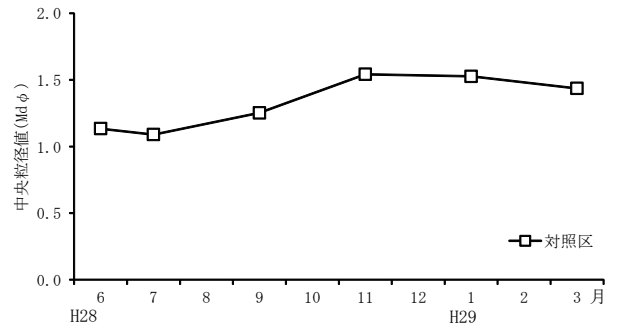


図18 中央粒径値の推移

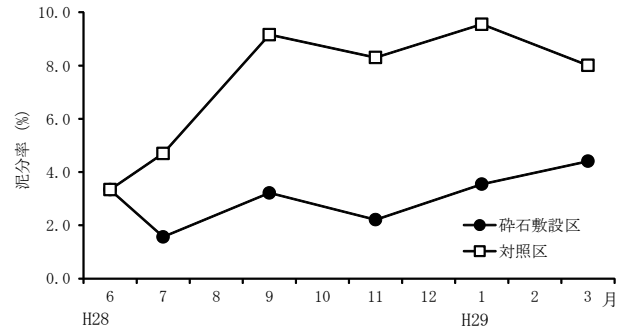


図19 試験区別泥分率の推移

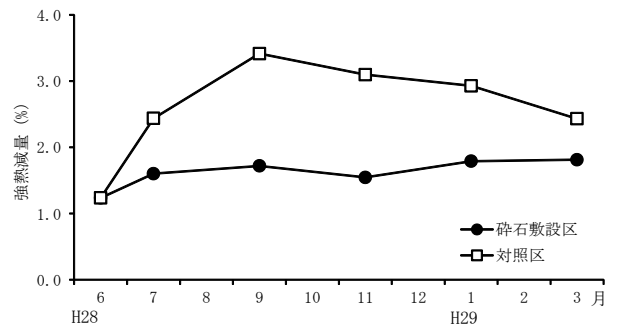


図20 試験区別強熱減量の推移

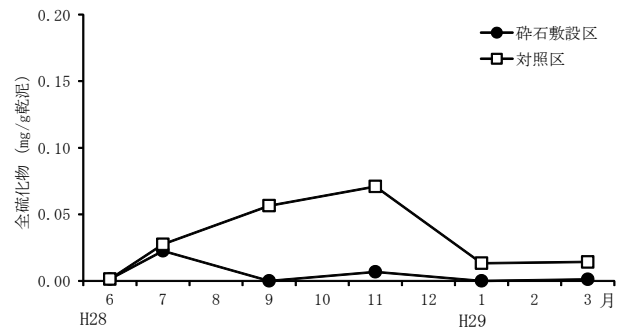


図21 試験区別全硫化物の推移

各試験区のアサリの平均殻長の推移を図24に示した。各試験区のアサリは放流195日後まで同様に成長し, 放流270日後の囲い網区, 対照区, カゴ区のアサリの平均殻長は, 31.9mm, 31.8mm, 28.2mmとなり, 囲い網区及び対照区の差は少なくアサリは30mmを超えた。



図22 砕石敷設区の状況（平成29年1月）

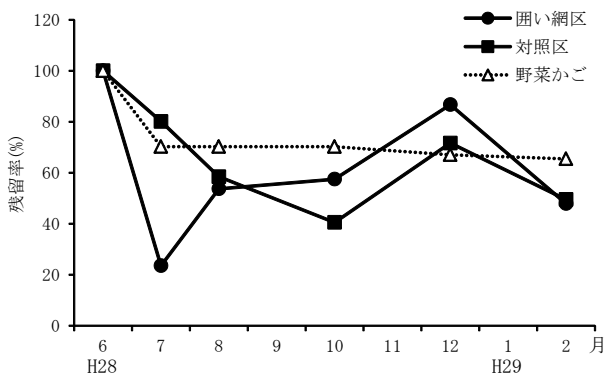


図23 試験区別アサリ残留率の推移

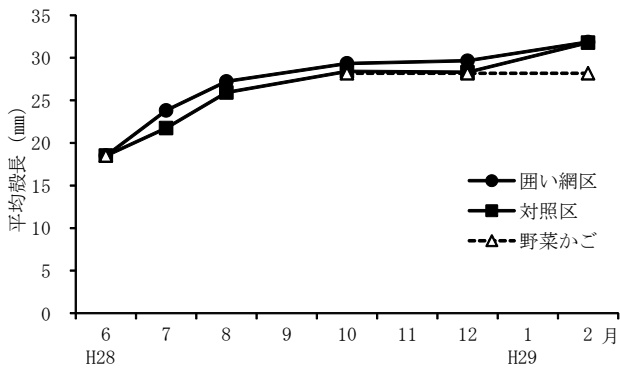


図24 試験区別アサリ平均殻長の推移

(2) 底質調査

各試験区の底質調査の結果を図25～28に示した。中央粒径値(Mdφ)は囲い網区で0.7～1.4, 対照区で1.0～1.4, 泥分率は囲い網区で3.0～7.2%, 対照区で4.0～9.6%, 強熱減量は囲い網区で1.6～2.6%, 対照区で1.7～3.5%, 全硫化物は囲い網区で0～0.019mg/g乾泥, 対照区で0～0.03mg/g乾泥の範囲を推移した。

今回の試験では、残留率の増減があるものの平成29年2月の囲い網区及び対照区の残留率はほとんど同じであった。このことは、対照区ではナルトビエイによる摂餌痕やアサリの割れた殻がなかったこと、カゴ内のアサリの生残率と同様の推移を示したことから試験区にナルトビエイが来遊しアサリを摂餌した可能性は低いと考えられた。

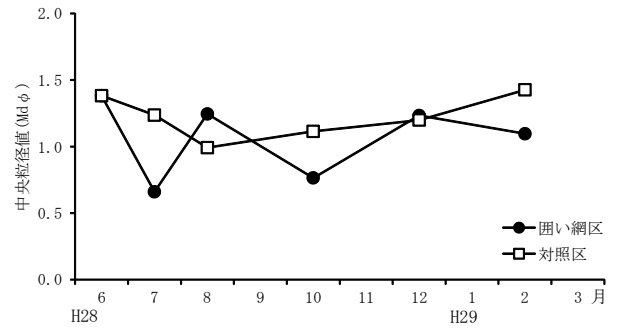


図25 試験区別中央粒径値の推移

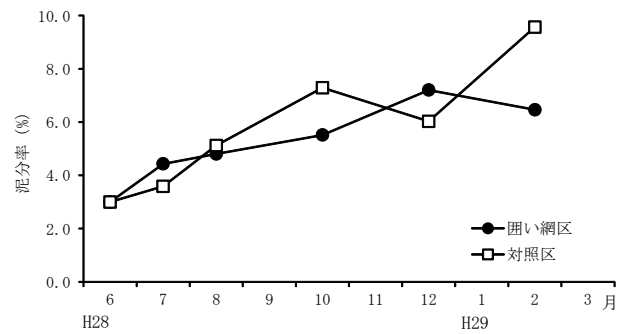


図26 試験区別泥分率の推移

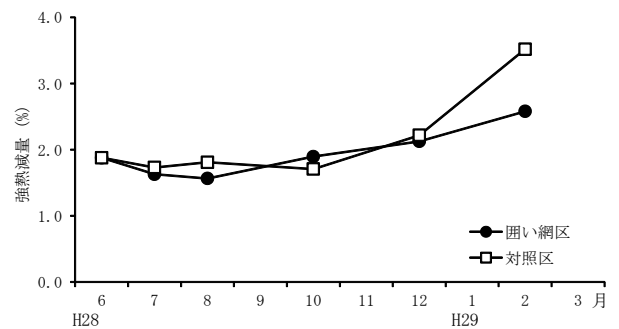


図27 試験区別強熱減量の推移

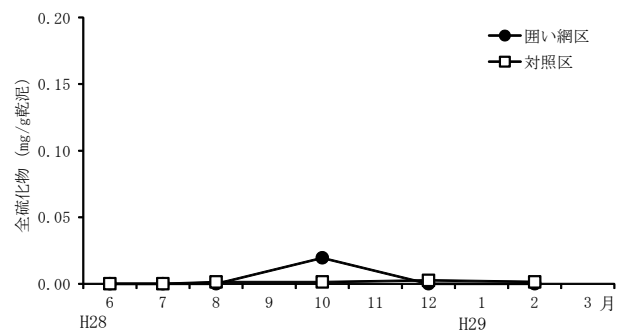


図28 試験区別全硫化物の推移

また、底質調査の結果、泥分率は経時的な変化はあるが両試験区で大きな差がないことから囲い網による底質への影響は少ないと考えられた。

囲い網はナルトビエイによる食害対策として有効な手段であるが、有明海区では囲い網に付着するフジツボ等の生物対策やノリ漁期中のアオノリ対策など施設の管理に対する労力がかかるため、今後は労力を軽減するために付着物対策が必要である。

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) 青木伸一ら．干潟環境及び二枚貝(アサリ)の状態把握方法．「干潟生産力改善のためのガイドライン」．水産庁，東京．2008．

有明海漁場再生対策事業

(5) 漁場環境モニタリング調査

井手 浩美・小谷 正幸・宮本 博和

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. 貧酸素水塊による漁業被害防止対策

調査は、図1に示すSt. 3, 4, 5, 6を除く8定点で、平成28年6～10月第一週までに週1回の頻度で実施した。観測層は0m層（以降、表層という。）、2m層、5m層及びB-1m層（以降、底層という。）の4層であり（測点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（DIN）、磷酸態磷（ PO_4-P ）、珪酸態珪素（ SiO_2-Si ）、クロロフィルa、および植物プランクトン細胞数である。

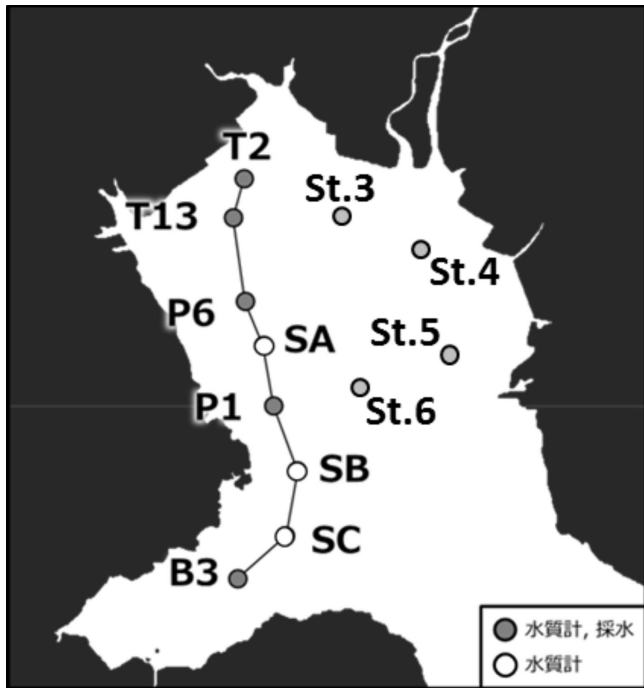


図1 調査地点図

2. ノリ色落ち原因ケイ藻の出現特性の解明と発生予察技術の開発

調査は、図1に示す12定点で、平成28年10月～29年2月に週1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、無機三態窒素（DIN）、磷酸態磷（ PO_4-P ）、珪酸態珪素（ SiO_2-Si ）、クロロフィルa、および植物プランクトン細胞数である。

結 果

本県は栄養塩類の分析を担当し、5～9月は図1に示すSt. B3, St. P1, St. P6, St. T13, St. T12の5定点、10～2月は図1に示すSt. SA, St. SB, St. SCを除く9定点の結果を報告する。事業全体の結果については、平成28年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業の「赤潮・貧酸素水塊対策推進事業報告書」¹⁾を参照のこと。

1. 貧酸素水塊による漁業被害防止対策（6～10月）

(1) DIN

図2にDINの推移を示す。観測開始後は、沖合域（観測点P6, P1, B3）の表層付近（0m, 2m）では低めに推移していたが（ $< 5 \mu M$ ）、6月28日に全点の表層付近で $25 \mu M$ を超える高い値を示した。その後、表層は低下したものの、底層では観測点T2を除いて7月19日まで、 $9 \mu M$ 以上で推移した。7月27日には、ほぼ全層で $0 \mu M$ になるものの、8月3日に微増した。その後、8月下旬まで観測点St. P6・P1の底層・観測点B3の表層を除き、低めに推移した（ $< 3 \mu M$ ）。9月6日には主に浅海域（観測点T12, T13）の全層で $18 \mu M$ を超えるまで上昇し、9月19日には全点の表層付近で高い値を示した（観測点P6 表層で最大値 $59.00 \mu M$ ）。9月29日から、再び表層付近で上昇し、10月6日には観測点B3の表層で $131.36 \mu M$ に達した。

最大値は $131.36 \mu M$ （10月6日：St. B3の表層）、最小値は $0.0 \mu M$ （6月13日：St. B3の2mなど）。

(2) PO_4-P

図3に PO_4-P の推移を示す。 PO_4-P の推移は、 DIN の推移と同調していた。 PO_4-P では DIN よりも早い、6月13日から高い値を示し、28日には浅海域を中心に高い値を示した(観測点T2表層で最大値 $5.47 \mu M$)。7月5日は、沖合域の表層付近では枯渇したが、底層については、観測点T2を除いた点で7月19日まで高い水準で推移した($>0.87 \mu M$)。7月27日には沖合域の底層で $0.14 \mu M$ を下回るまで減少したものの、浅海域では $0.6 \mu M$ 以上と顕著な減少は見られなかった。8月上旬には低位で推移していたが($<0.19 \mu M$)、8月下旬以降、全点で上昇し、観測点B3では9月1日、観測点T2, T13, P6, P1で9月6日に $1.5 \sim 2 \mu M$ 程度の高い値を示した。その後は、9月12日に一時低下したものの、9月19日に全点の表層で $1.5 \mu M$ を超え、10月6日には全点の各層で $0.7 \mu M$ 以上を示した。

最大値は $5.47 \mu M$ (6月28日: St. T2の表層)、最小値は $0.0 \mu M$ (6月6日: St. B3の2mなど)。

(3) SiO_2-Si

図4に SiO_2-Si の推移を示す。 SiO_2-Si の高い値の出現頻度やパターンは、 DIN , PO_4-P と同調していた。6月28日から7月5日にかけて表層付近で高い値を示した(観測点T13表層で最大値 $183.46 \mu M$)。一方、観測点T2を除いて、底層の値は7月19日まで緩やかな上昇傾向を示したものの、 DIN , PO_4-P のように表層付近の値を大きく上回ることにはなかった。その後は微増減を繰り返し、9月19日に主に湾奥~湾央(観測点T2, T13, P1, P6)にかけて表層付近で $100 \mu M$ を超える高い値を示した。9月26日に一時低下するものの、10月6日には観測点T2を除き、表層付近で上昇傾向を示した。

最大値は $249.78 \mu M$ (9月19日: St. P6の表層)、最小値は $21.25 \mu M$ (9月12日: St. B3の5m)。

2. ノリ色落ち原因ケイ藻の出現特性の解明と発生予察技術の開発(10~2月)

(1) DIN

図5-1, 図5-2に DIN の推移を示す。表層、底層ともに、有明海湾奥西部の海域(観測点P1, P6, T13, T2)では10月下旬から11月中旬まで比較的高濃度で存在し($>11.13 \mu M$, 最大値 $33.83 \mu M$)、湾奥東部の海域(観測点St. 3, 4, 5, 6)では10月中旬から11月下旬まで高濃度で存在していた($>12.36 \mu M$)。しかし、12月上旬に全観測点で大きく低下した。12月中旬以降は、西部海域では、12月下旬から1月上旬まで $8.9 \sim 20.8 \mu M$ となったSt. 2を除き、 $7.5 \mu M$ を下回った。

最大値は $131.66 \mu M$ (11月3日: St. P6の表層)、最小値は $0.0 \mu M$ (2月9日: St. 5の表層など)。

(2) PO_4-P

図6-1, 図6-2に PO_4-P の推移を示す。 PO_4-P も DIN とほぼ同様の推移を示し、St. B3を除く全観測点で、10月中旬から11月下旬まで、比較的高濃度で存在していた($>0.76 \mu M$)。しかし、西部海域では11月下旬から12月上旬にかけて低下し、東部海域では12月上旬から12月中旬にかけて低下した。

最大値は $3.25 \mu M$ (11月21日: St. T2の表層)、最小値は $0.0 \mu M$ (2月26日: St. P6の表層など)。

(3) SiO_2-Si

図7-1, 図7-2に SiO_2-Si の推移を示す。 SiO_2-Si は、11月上旬から1月上旬までは、すべての定点において、 $40 \mu M$ 以上の高濃度で存在していた。

最大値は $247.27 \mu M$ (12月7日: St. 4の表層)、最小値は $0.31 \mu M$ (2月26日: St. P1の表層など)。

文 献

- 1) 九州海域赤潮・貧酸素共同研究機関. 平成27年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業 赤潮・貧酸素水塊対策推進事業 九州海域での有害赤潮・貧酸素水塊発生機構機構解明と予察・被害防止等技術開発報告書2017; 75-162.

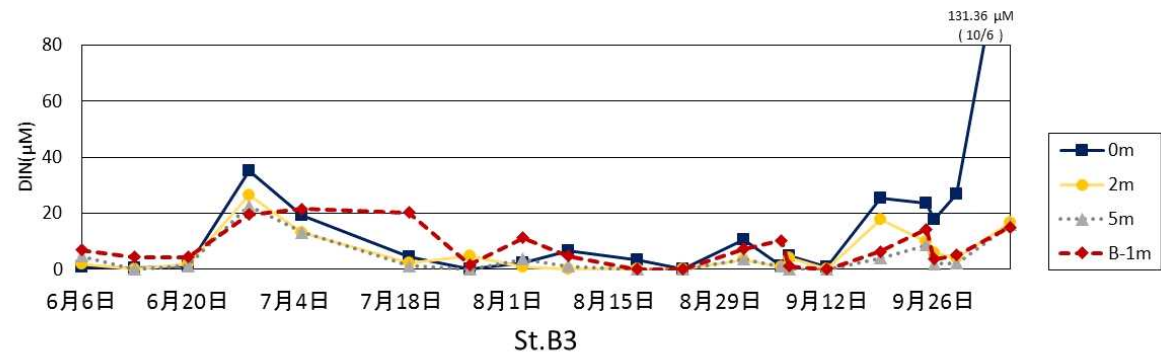
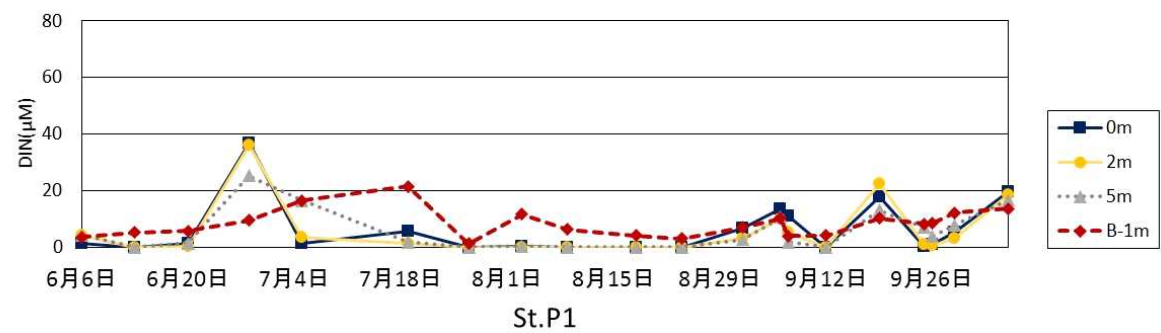
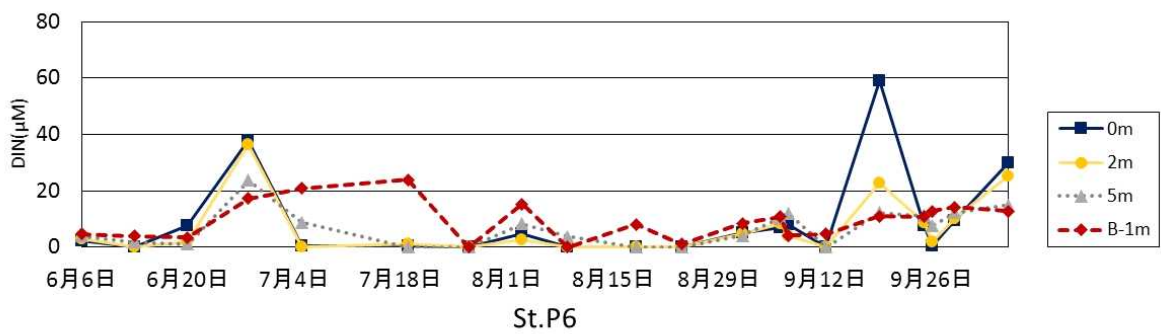
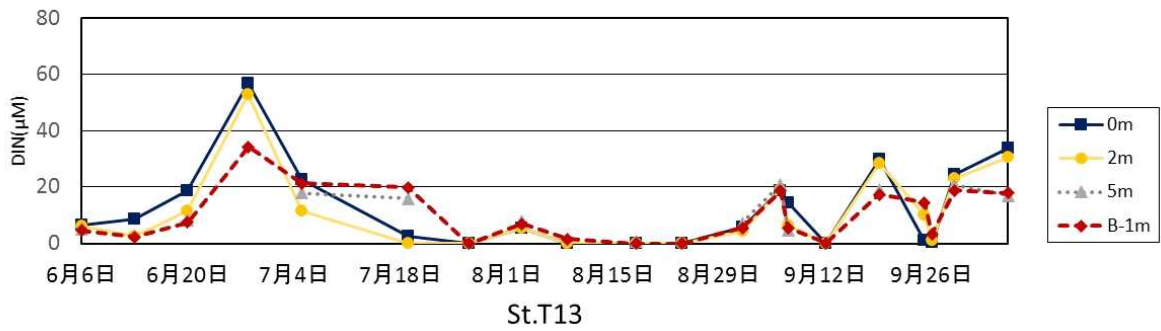
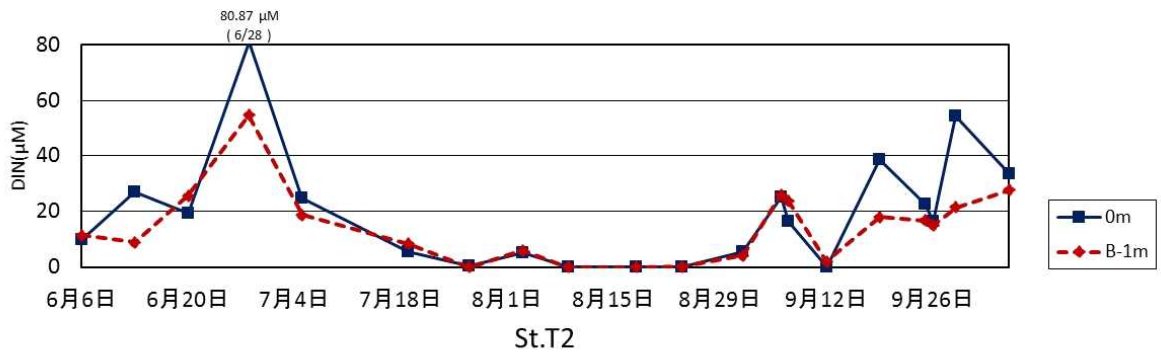


図2 DINの推移(6~10月)

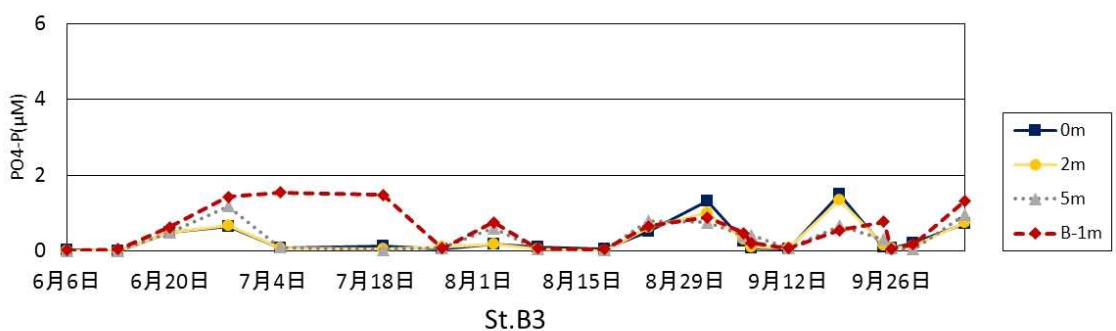
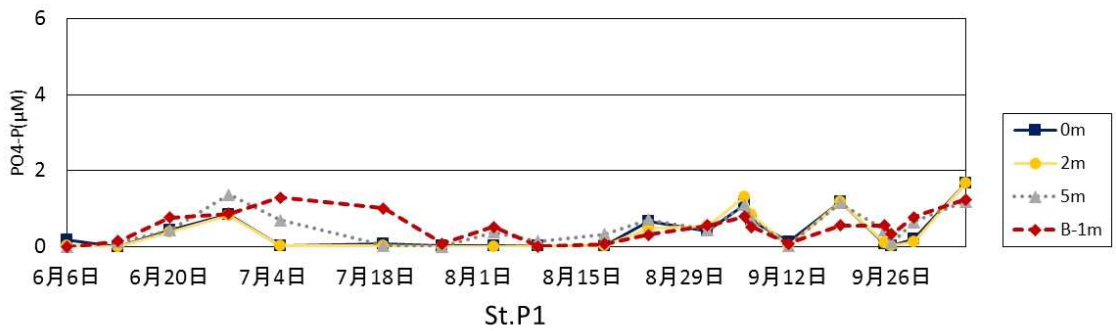
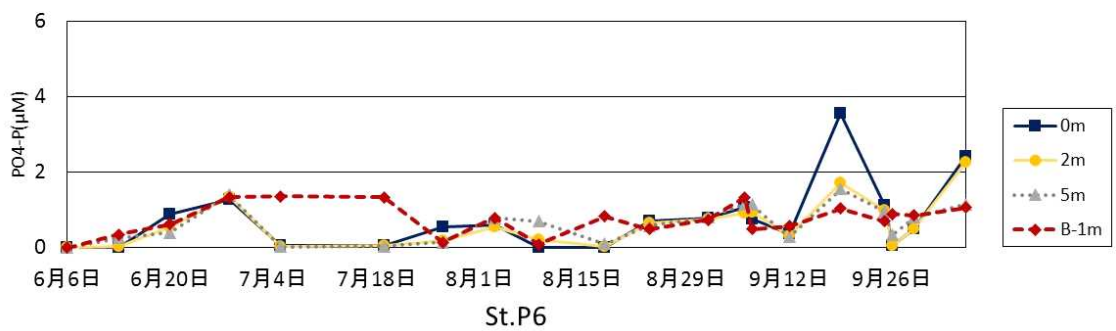
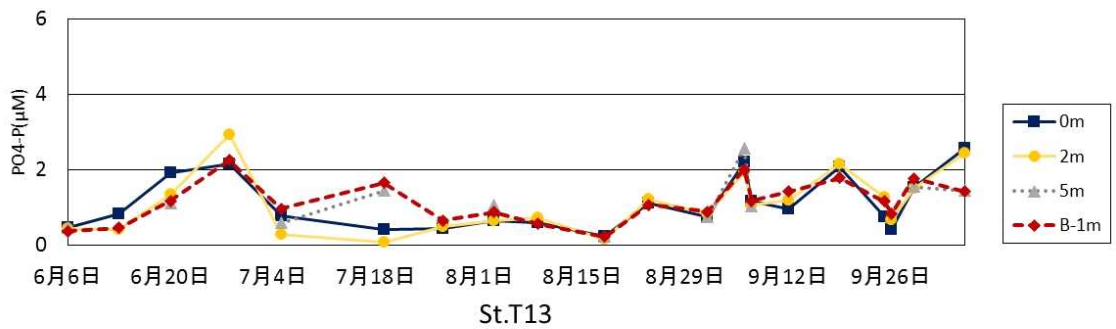
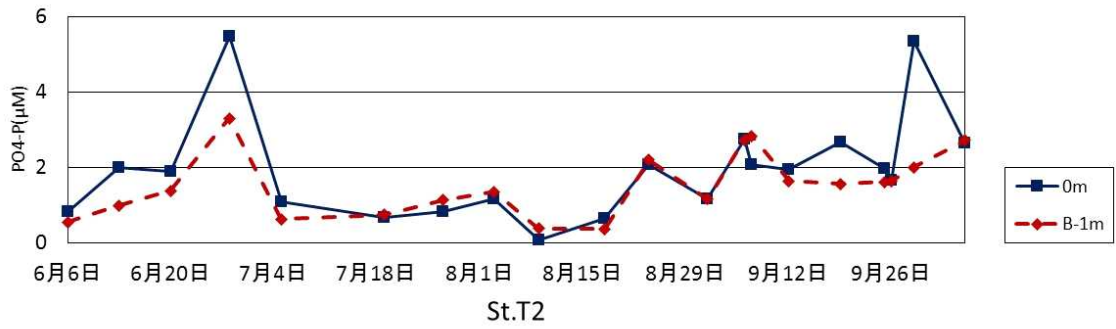


図3 PO₄-Pの推移(6~10月)

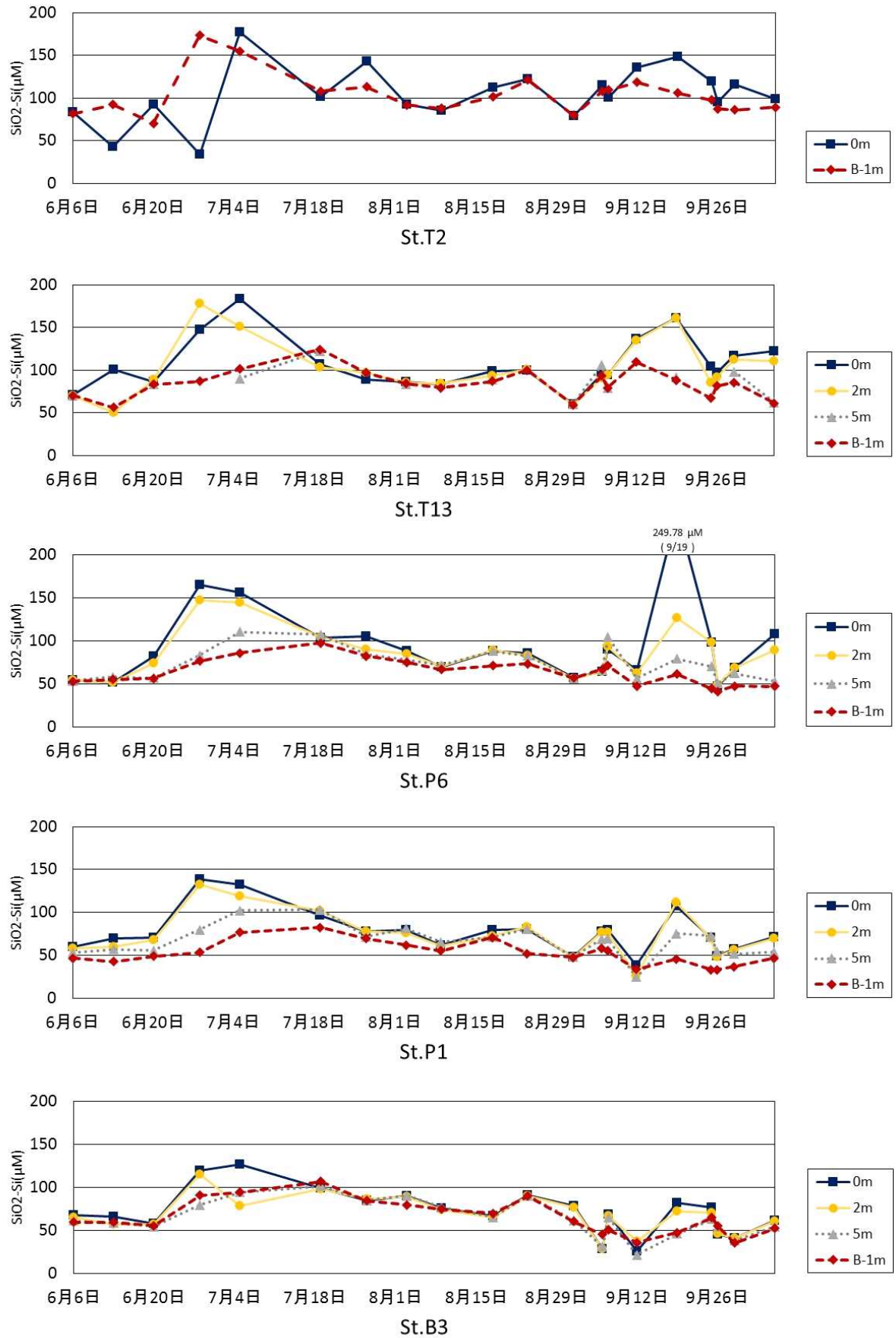


図4 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ (6~10月)

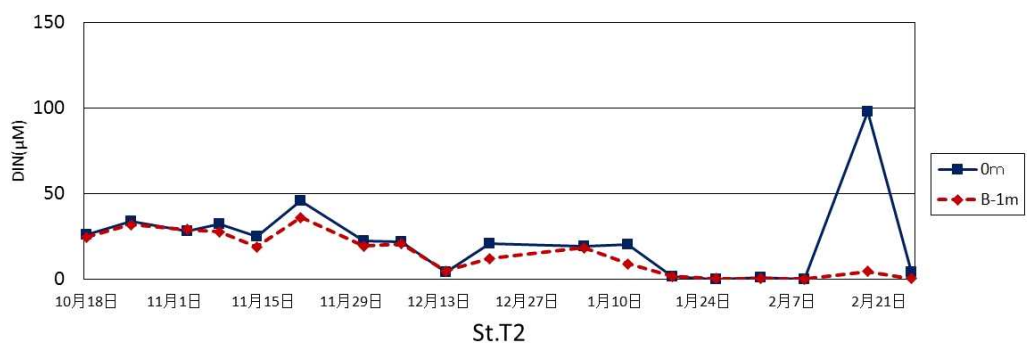
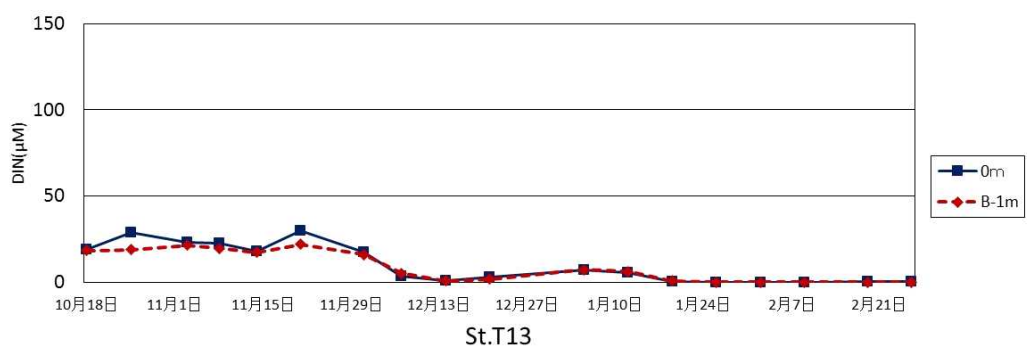
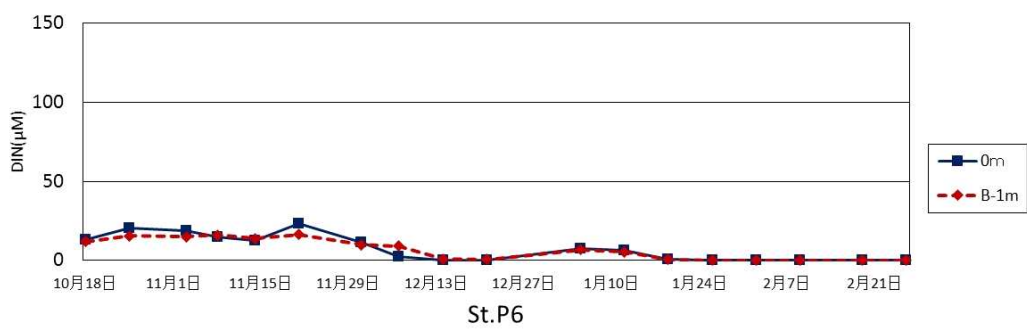
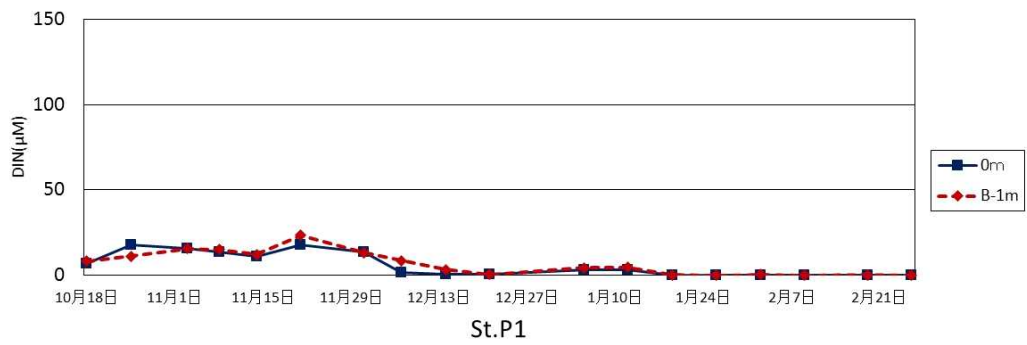
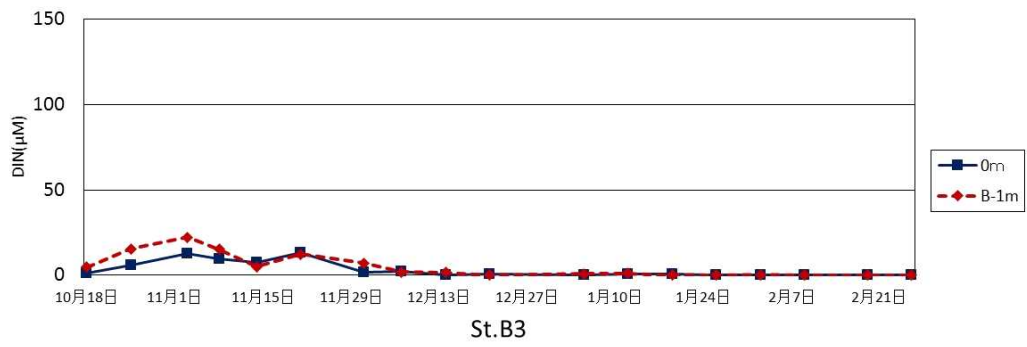


図 5 - 1 D I N の 推 移 (10 ~ 2 月)

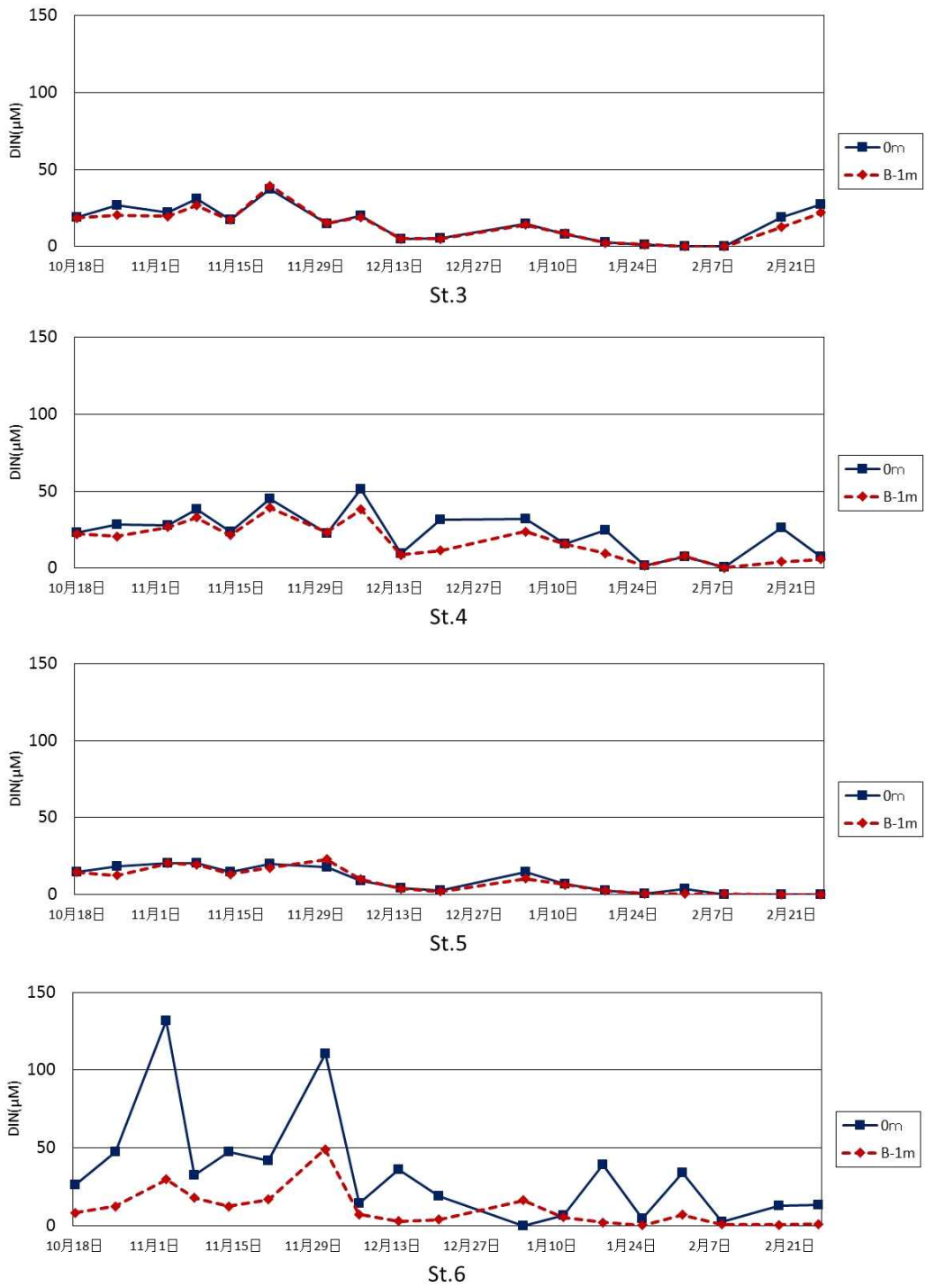


図 5 - 2 DIN の推移 (10 ~ 2 月)

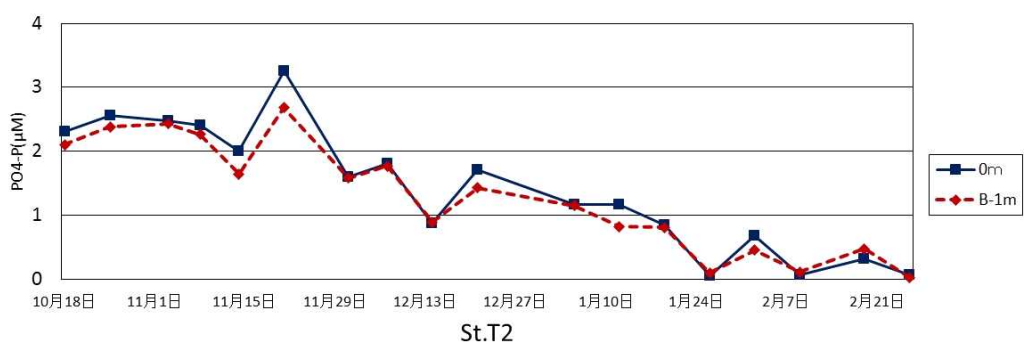
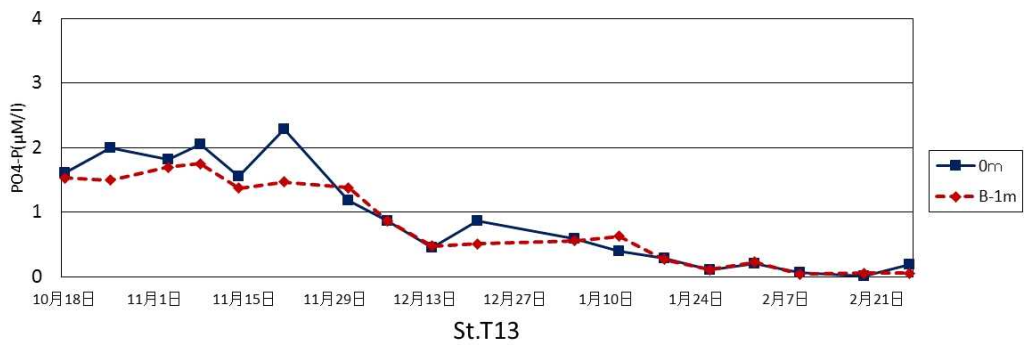
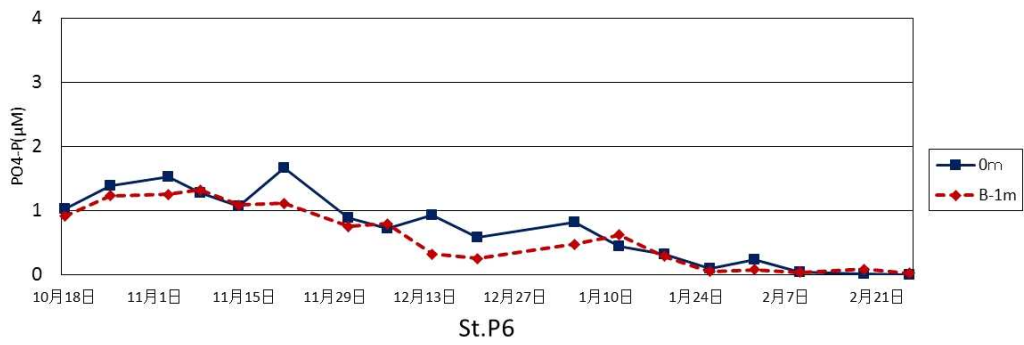
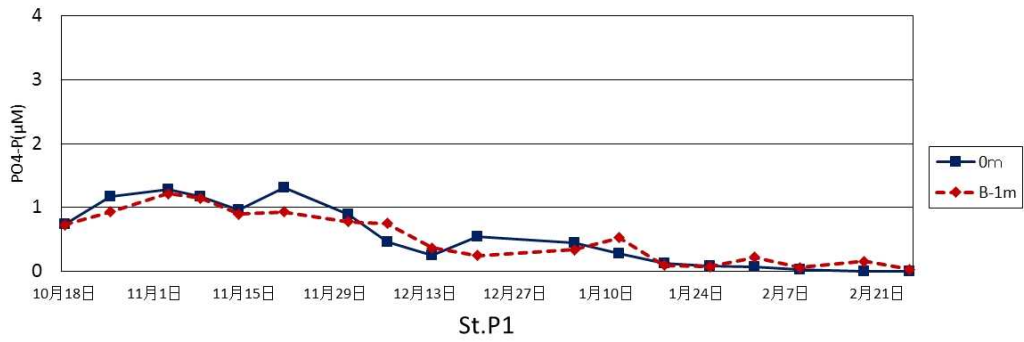
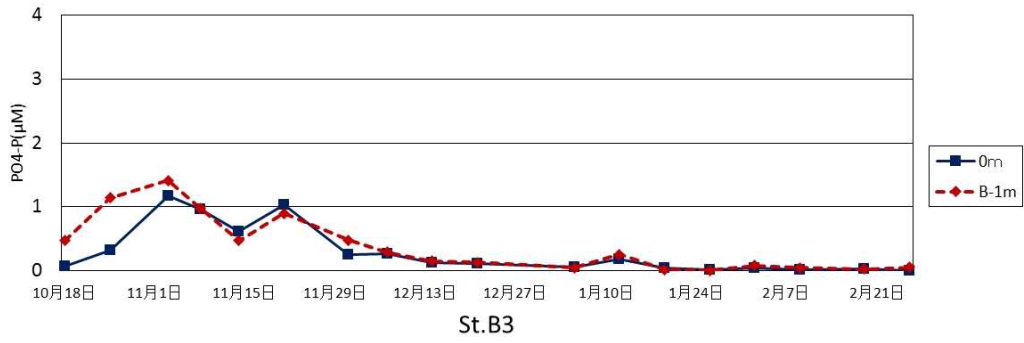


図 6 - 1 PO₄-P の推移 (10 ~ 2 月)

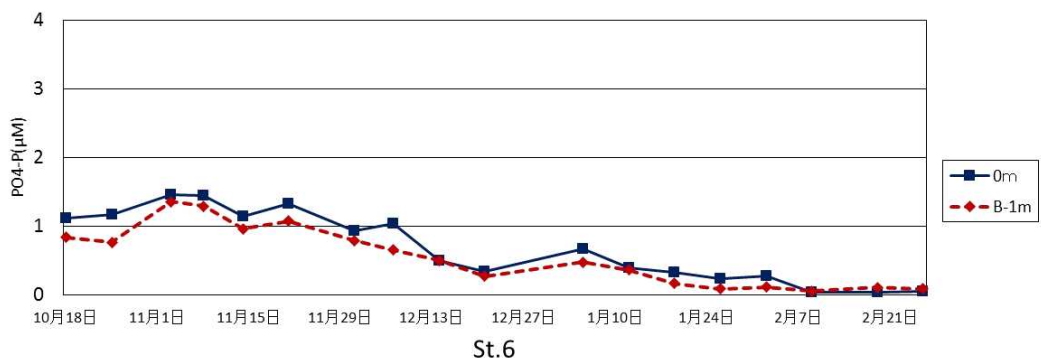
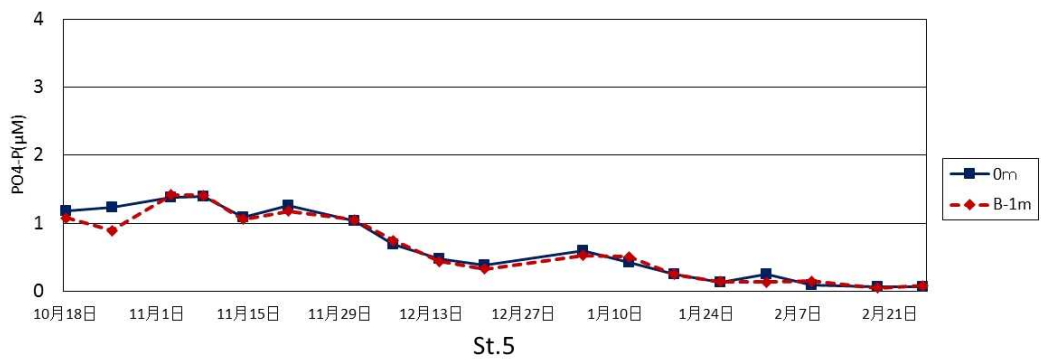
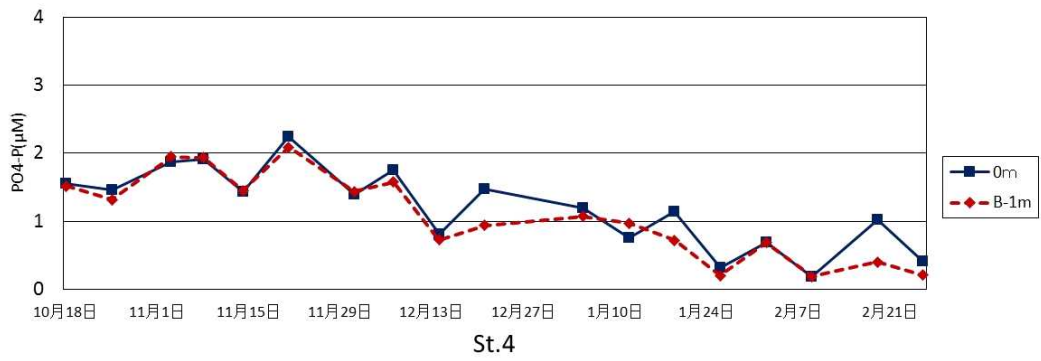
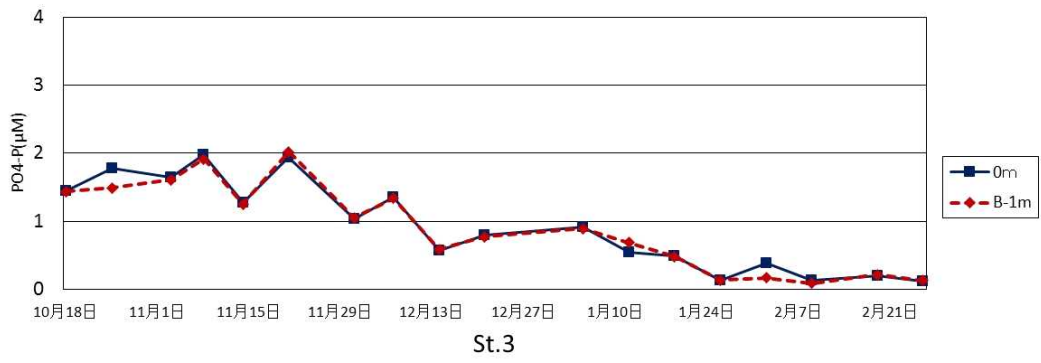


図 6 - 2 PO₄-P の推移 (10 ~ 2 月)

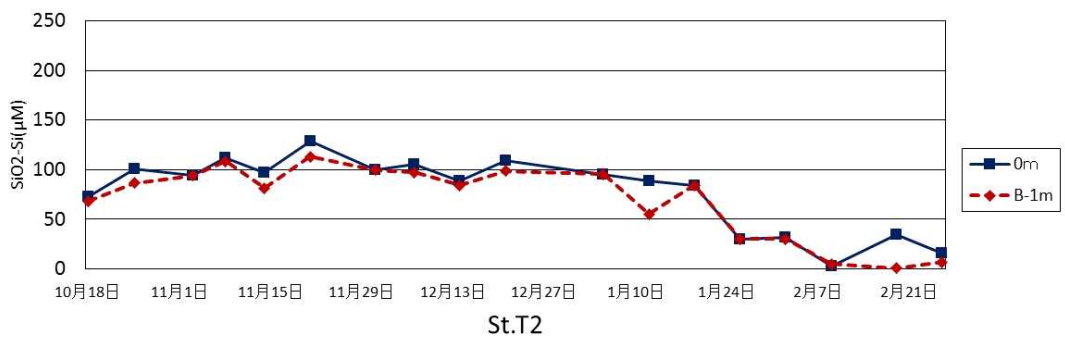
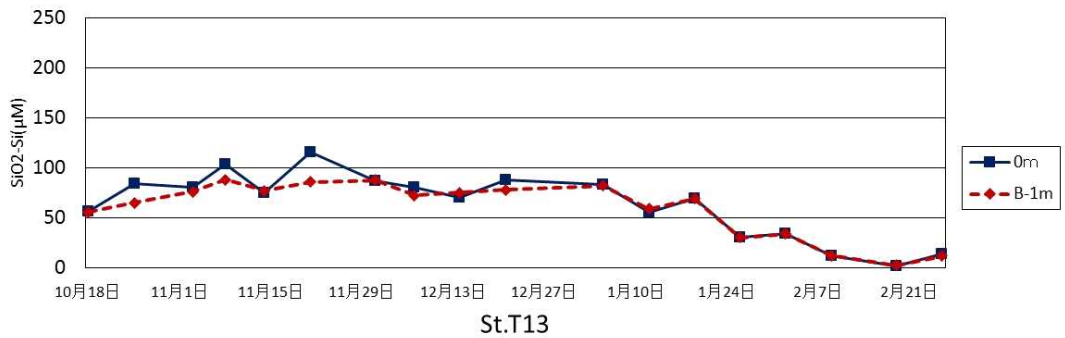
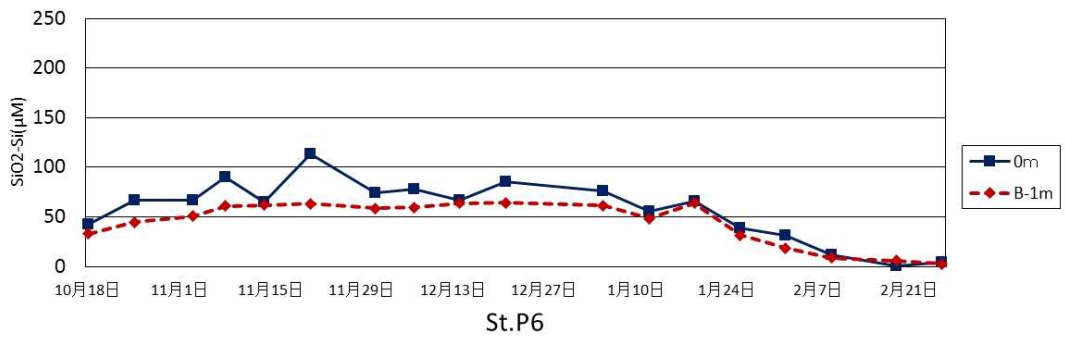
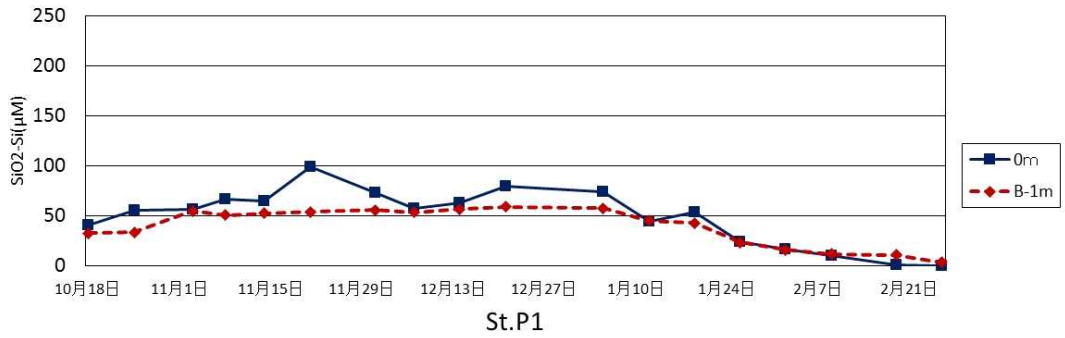
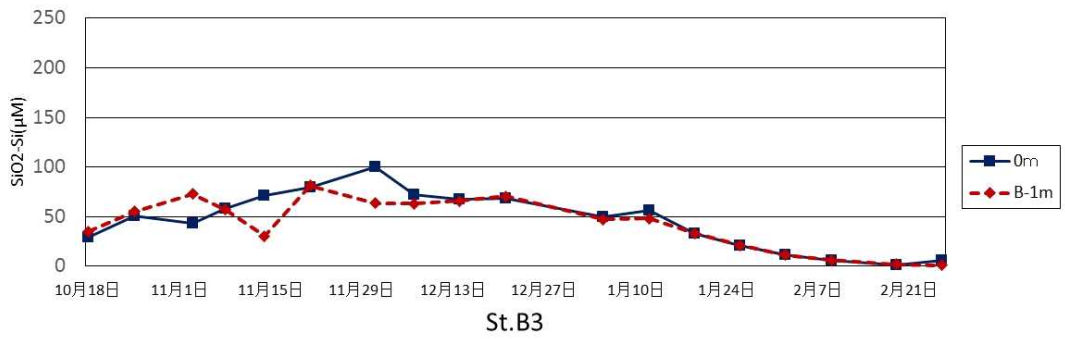


图 7 - 1 SiO₂-Si (10~2月)

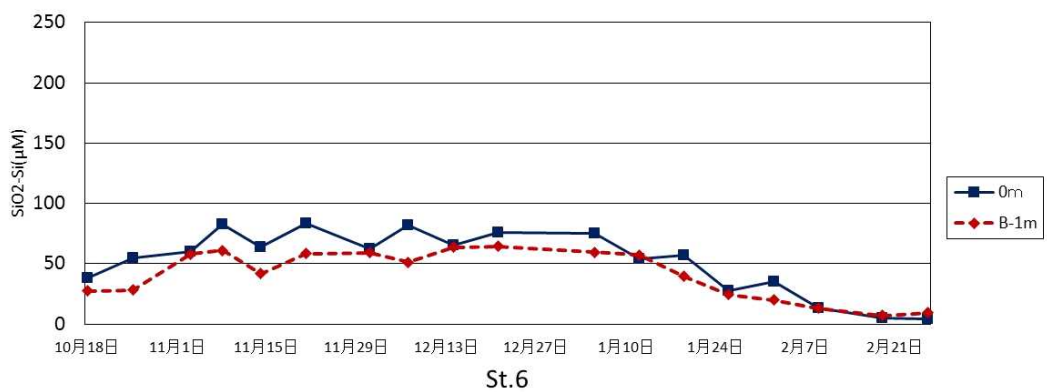
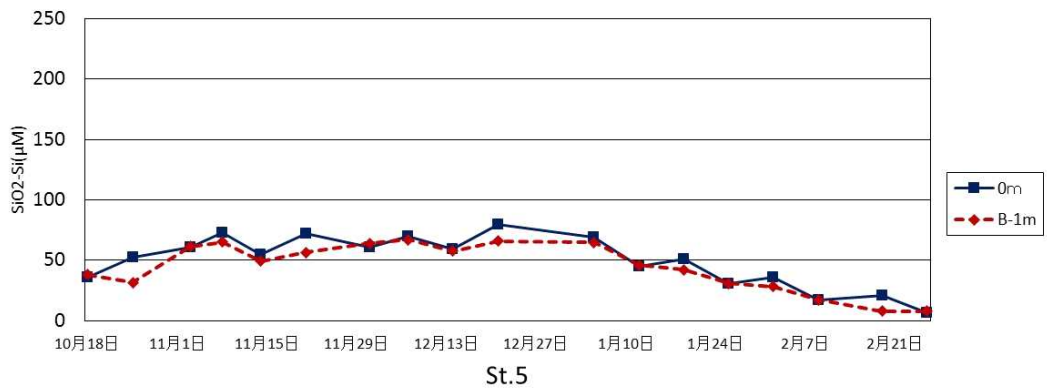
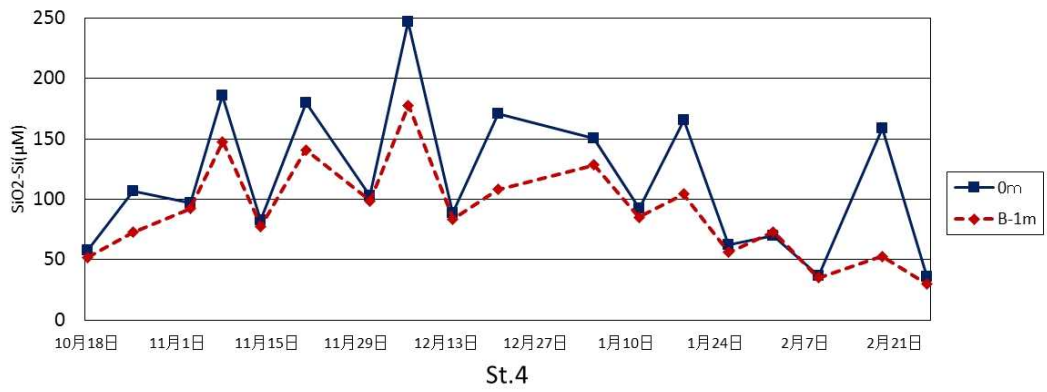
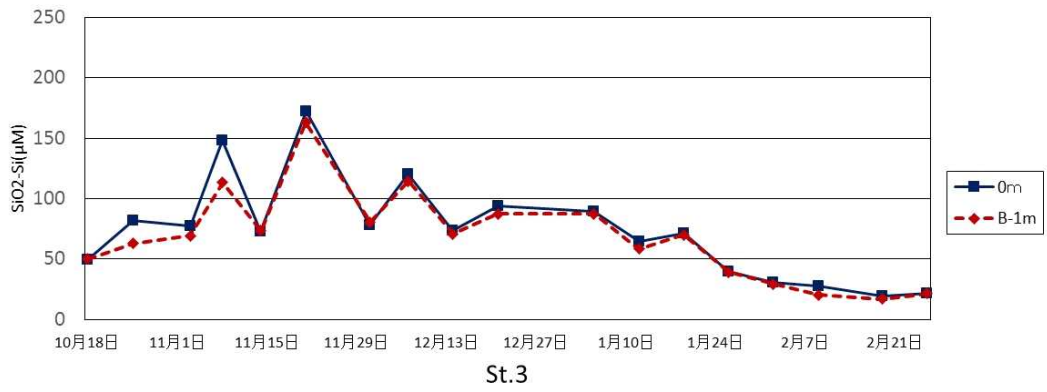


图 7 - 2 SiO₂-Si (10~2月)