

平成31年度

水産庁水産基盤整備調査委託事業

「アサリ漁業復活のための大規模整備技術・維持管理手法の開発」

成果報告書

令和2年3月

国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産工学研究所

国立研究開発法人水産研究・教育機構 増養殖研究所

千葉県水産総合研究センター

愛知県水産試験場

三重県水産研究所

株式会社東京久栄

海洋エンジニアリング株式会社

日本アスピー株式会社

a. 課題名

アサリ漁業復活のための大規模整備技術・維持管理手法の開発

【調査項目】

- ア) 効果的な漁場整備に向けた改善効果予測手法の高度化
- イ) 大規模な漁場整備技術の開発
- ウ) 整備漁場の維持管理手法の開発
- エ) アサリ漁場造成手引きの作成

b. 実施機関および担当者

国立研究開発法人水産研究・教育機構

水産工学研究所水産土木工学部

| | |
|-------|------|
| 部長 | 桑原久実 |
| 主任研究員 | 井上章誠 |
| 研究員 | 佐藤允昭 |
| 研究員 | 多賀悠子 |

増養殖研究所養殖システム研究センター

| | |
|-------|------|
| グループ長 | 渡部論史 |
| 主任研究員 | 石樋由香 |
| 主任研究員 | 松本才絵 |

千葉県水産総合研究センター

東京湾漁業研究所

| | |
|---------|------|
| 所長 | 川津浩二 |
| 主幹 | 石井光廣 |
| 主任上席研究員 | 山下元三 |
| 主任上席研究員 | 小林 豊 |
| 上席研究員 | 島田裕至 |

愛知県水産試験場

漁業生産研究所

| | |
|-------|-------|
| 所長 | 宮本淳司 |
| 主任研究員 | 二ノ方圭介 |
| 主任研究員 | 平井 玲 |
| 主任研究員 | 日比野学 |
| 主任研究員 | 服部宏勇 |
| 主任 | 阿知波英明 |
| 技師 | 長谷川拓也 |
| 技師 | 山田穂高 |
| 技師 | 石井 亮 |

三重県水産研究所

鈴鹿水産研究室

| | |
|-------|------|
| 主査研究員 | 羽生和弘 |
| 主査研究員 | 辻 将治 |
| 主幹研究員 | 勝田孝司 |

株式会社東京久栄
技術本部環境部
部長
技術顧問

課長
日本アスピー株式会社
専務取締役
海洋エンジニアリング株式会社
技術部

顧問

中林孝之
森重輝政
西村規宏
北山千鶴
大隈 正
佐藤誠浩
新井 功
豊福信也
斉藤政幸

岡本 博

今井大蔵
石井 亮
倉津健治
工藤倫彰
三輪正毅
湯浅城之
中川元也
河合 博

c. 本事業の概要

1. 目的

伊勢湾ではアサリ漁場環境の改善効果予測に基づいて碎石による漁場整備を実施し、漁獲までつなげた事例があがっている。一方で、整備してもアサリの生産性が低い漁場もあり、今後さらにアサリの漁場整備を推進するためには、このように効果が異なる原因を究明して、改善効果予測の高度化を図る必要がある。また、漁業活動を支えるためには数千トン規模の増産が必要であるため、アサリの生息可能域を最大限利用するための大規模な漁場整備技術、整備にともなう生物相や底質の変化に対応した維持管理手法が求められる。本事業では、伊勢湾で開発してきた漁場整備技術を他海域に展開するとともに、大規模な漁場整備技術を確立し、アサリの成長生残を向上させる漁場の維持管理手法の開発を行う。また、本事業の成果をもとに、水産基盤整備事業への展開に資するアサリ漁場造成の手引きを作成する。

2. 全体計画

上記の目的を達成するための研究開発として、下記4項目の研究開発等を行う。

1. 効果的な漁場整備に向けた改善効果予測手法の高度化

「アサリ資源回復のための母貝・稚貝・成育場の造成と実証」等の既往知見を整理して、漁場改善効果予測に適応させる新たな環境情報を提示するとともに、その調査・分析方法について検討する。また、これらの環境情報を考慮した改善効果予測手法を提案する。

2. 大規模な漁場整備技術の開発

「アサリ資源回復のための母貝・稚貝・成育場の造成と実証」で実施した漁場造成手法を整理して、波浪に対するアサリ定着促進および持続性に適した基質および敷設高について明らかにし、干潟など浅海域における大規模漁場整備技術について検討する。

3. 整備漁場の維持管理手法の開発

「アサリ資源回復のための母貝・稚貝・成育場の造成と実証」で造成されたアサリ漁場を利用して、アサリ生残率向上のための食害生物駆除や底質維持の方法、時期、頻度など効果的な維持管理手法について提案する。

4. アサリ漁場造成手引きの作成

本事業ならび「アサリ資源回復のための母貝・稚貝・成育場の造成と実証」で得られた知見をもとに、現地調査、漁場改善効果予測の提案、大規模漁場整備、維持管理手法一連のプロセスによるアサリ漁業活動復活のための方法論について、「碎石を利用したアサリ漁場造成の手引き(案)」の作成を行う。本年度は、手引き(案)の目次、構成、内容について整理する。

3. 方法・結果・考察

1 効果的な漁場整備に向けた改善効果予測手法の高度化

1.1 目的

「アサリ資源回復のための母貝・稚貝・成育場の造成と実証」(平成27~29年度)では、伊勢湾において、主に波浪に対する安定性向上や泥分含有率の低下など、物理的環境に対するアサリ漁場改善効果について予測し、適地選定、造成を実施してきた。しかしながら、造成後の実証試験において、アサリ生息に対する物理環境の制限要因は除去できているに

もかかわらず、予測を下回る造成地もみられたことから、適地選定に対する漁場改善効果予測の改善が求められる。アサリの成長や生残には、物理的要因だけでなく、底質・水中の餌料や食害生物などの生物的要因、底土に含まれる有機物・無機物などの化学的要因も関わるが、現状の予測モデルには生物的・化学的要因は考慮されていない。

以上の課題を解決するために、平成 30 年度には伊勢湾・三河湾・東京湾の各海域のアサリ漁場造成区および非造成区において、底土および水中のクロロフィルを指標とした餌料環境調査を実施し、造成区におけるアサリ成長生残と餌料環境の関係性について示した。本年度は、昨年度に引き続き餌料環境に関する現地調査を実施するとともに、クロロフィルの時系列推移の結果をもとに予測に適応させるパラメータを決定し、餌料環境を加えたアサリ分布予測モデルを作成し、アサリ分布に関係する環境要因を変化させることで得られる改善効果予測手法を検討する。

1.2 結果と考察

1.2.1 千葉県船橋地区

1.2.1.1 調査の概要

○砕石区のアサリの生残

千葉県船橋地区の水深 2m 以浅の潮下帯に 7 号砕石を使用して 2017 年に造成した砕石区（以下、H29 砕石区 25m×60m）、2018 年に造成した砕石区（以下、H30 砕石区 25m×60m）および今年、市川航路東側に造成した 6 号、7 号砕石区（以下、R1 砕石区 25m×40m×2）の 3 つの砕石区とその周辺域（以下、対照区）において各区のアサリ個体密度等を調査した。なお、今年の砕石造成は重機（バックホウによる砕石投入）で行った（図 1.2.1.1-1）。

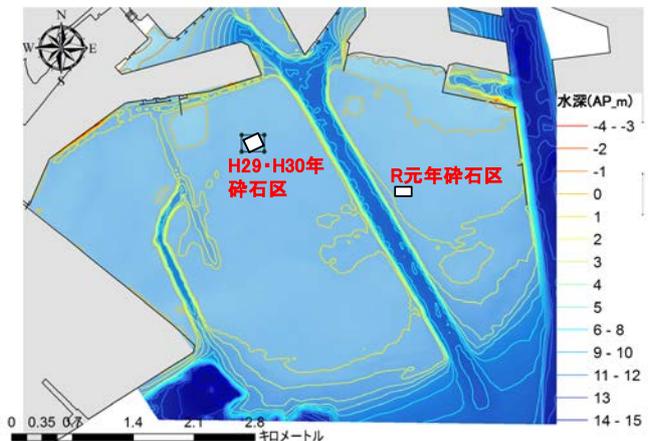


図 1.2.1.1-1 船橋地区における砕石区位置

調査は、造成前調査、造成後調査を実施した後、月 1 回の頻度で行った。アサリの採取は、軽量簡易グラブ採泥器（0.05m²）で底質を採取し、この中からφ75mm のコアサンプラーで 2 回採泥したものを目合 2mm のふるいにかけて、残ったアサリをサンプルとした。アサリは殻長、殻幅、殻高、湿重量を測定し、殻長からコホートの分離を行い、コホート毎の個体数の減少開始時期を調査した。

調査点数は、H29 砕石区、H30 砕石区とこれらの対照区を各々 5 点、6 号区、R1 砕石区を 4 点、これらの対照区を 6 点とし、各点で 2 回採泥を実施した。

この他、参考として 2019 年 5 月より 10 月までの期間に試験操業（目合 11～12 mm の大巻という漁具を用いて、砕石区の中を数 10m 程度の距離を操

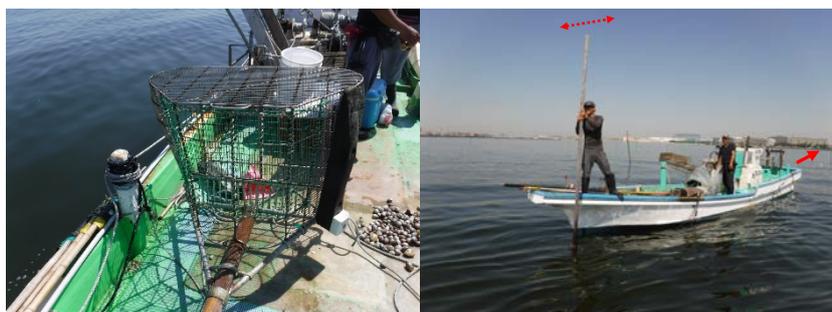


写真 1.2.1.1-1 大巻(左)による試験操業

業。場所は碎石区 10 地点、対照区 1～4 点とした。操業は写真 1.2.1.1-1 参照)による漁獲サイズのアサリの殻長・重量の計測を 4 回行った。また、碎石投入後は電磁流速計、水圧式波高計、クロロフィル濁度計、水温塩分計、D0 計を H29 年碎石区および R1 年 7 号碎石区内の 2 ヶ所に設置し、継続して連続データを取得した。

○海水と底質のクロロフィル a 量およびアサリの肥満度と群成熟度

調査時に海水のクロロフィル a 量および底質のクロロフィル a 量を測定した。底質は、底質表面から φ15mm のコアサンプラーにより採泥し、表面から 1cm の深さまで 3 回収したものを試料とした。調査点数は、H29 碎石区、H30 碎石区、R1 碎石区 5 点とそれぞれの対照区で 5 点とした。海水は 1L 採水し、これを GF/F フィルターでろ過し、残ったものを試料とした。採取した試料から、N,N-ジメチルホルムアミドで色素を抽出し、分光光度計で色素量を測定した。

同様に、アサリの肥満度はアサリの殻長、殻幅、殻高および軟体部湿重量を計測し、肥満度 = 湿重量 (g) / 殻長 × 殻幅 × 殻高 (mm) × 10⁶ の計算式から求めた。群成熟度は安田ら (1945) に従い、軟体部を観察し、生殖腺が消化盲嚢の全体を覆うものを 1、生殖腺が消化盲嚢の約半分を覆うものを 0.5、肉眼的に生殖腺の発達は認め難いものを 0 と判定し、試料群ごとの平均値を群成熟度とした。

1.2.1.2 結果と考察

○碎石区のアサリの生残

2017 年度以降のアサリの個体数と重量の変化を図 1.2.1.2-1、碎石区と対照区のアサリ重量の差を図 1.2.1.2-2 に示した。

2018 以降、春から秋にかけてアサリの個体密度・重量密度は、対照区に比べて大きく上回る状況 (個体数比で 9 倍程度、重量比で最大 15 倍程度、重量差で 2kg 程度) であったが、今年度においても同様の傾向が継続していた。試験操業によるアサリ個体数と重量 (図 1.2.1.2-3) においても碎石区は対照区を上回る結果が示された。

一方、今年度は夏場において貧酸素の影響 (図 1.2.1.2-8 参照) とと思われる個体数の減少が認められた。また、10 月には台風の出水による土砂の影響を受けて大幅にアサリ資源量が減少したが、土砂堆積の少ない H30 年碎石区の高地盤碎石区は依然アサリは生残していることが確認された。

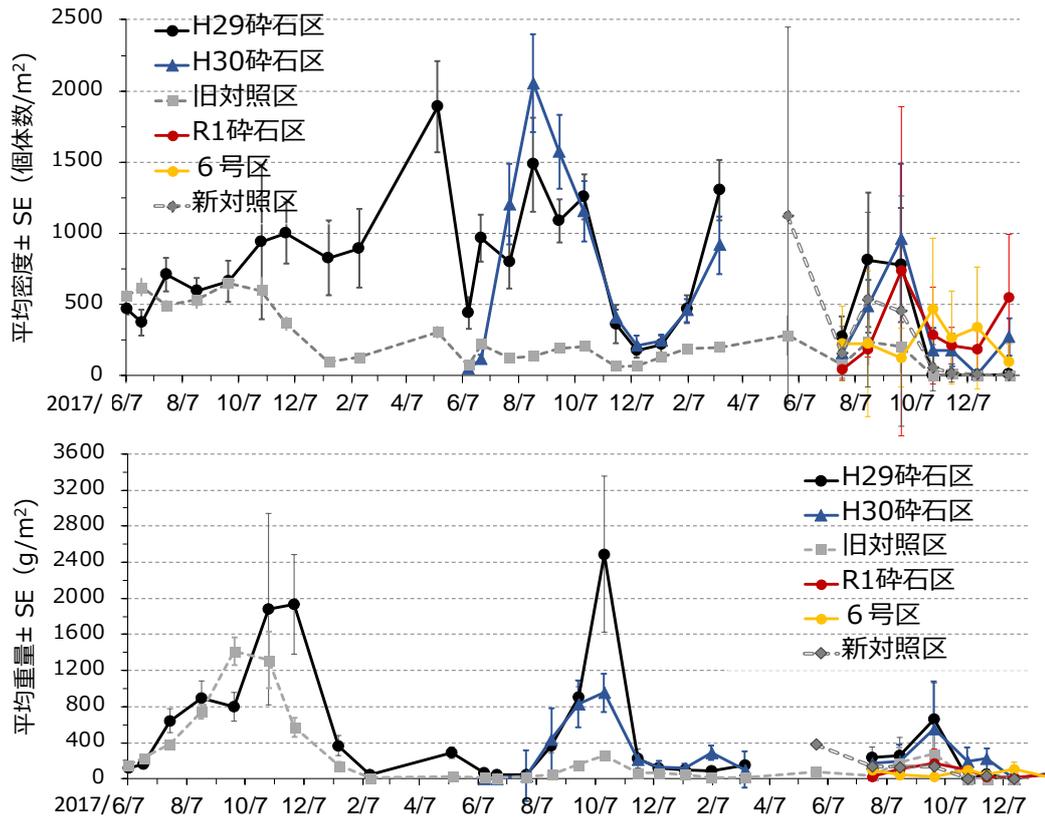


図 1.2.1.2-1 船橋地区におけるアサリ個体平均密度と平均重量の変化

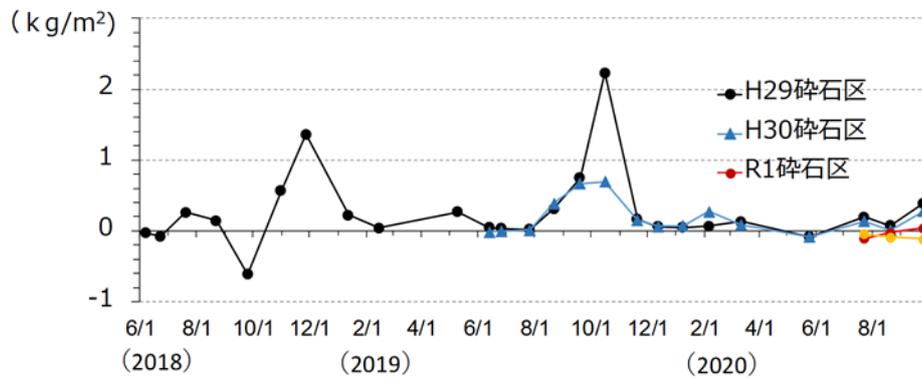


図 1.2.1.2-2 船橋地区における砕石区と対照区のアサリ重量の差

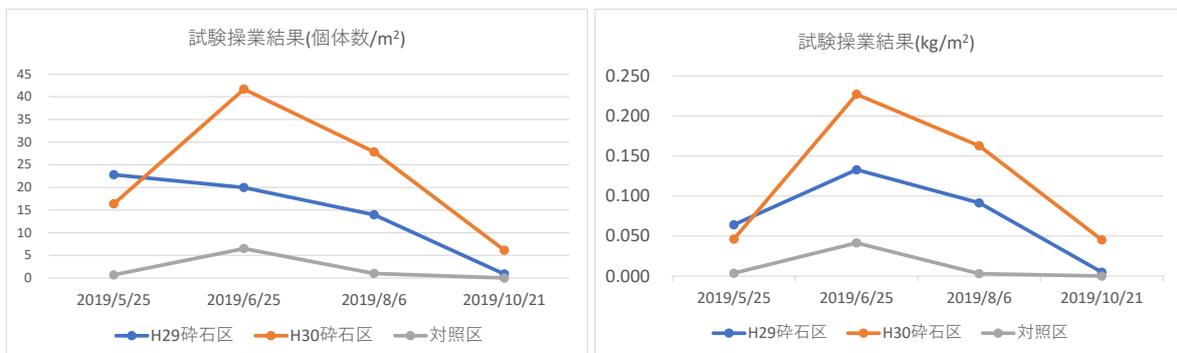


図 1.2.1.2-3 試験操業によるアサリ個体数とアサリ重量の変化(2019年)

○環境要因とアサリの生残

2018 年度以降の水圧式波高計による有義波高の変化（H29 砕石区上）を重ねて図 1.2.1.2-4 に示した。

これによれば、6 月下旬から 9 月初旬にかけては南風に伴う波浪が発達することが多いことが示され、秋季以降は総じて波高は小さい状況であった。

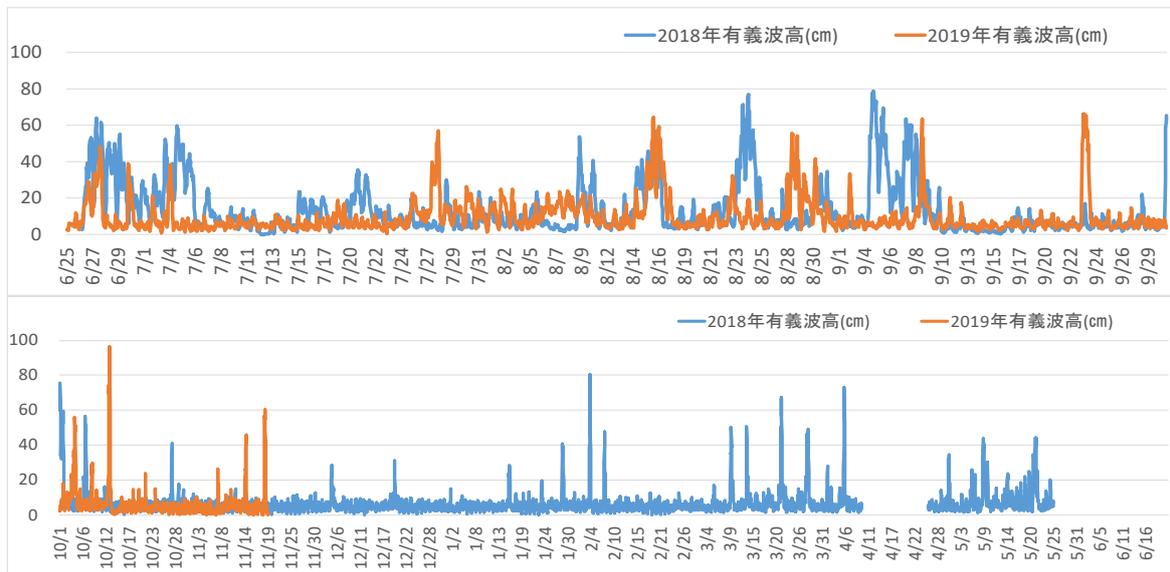


図 1.2.1.2-4 砕石区における有義波高の年間変化

また、2017 年度以降のメモリー式クロロフィル濁度計の自動計測によるクロロフィル量の変化（H29 砕石区上）を重ねて図 1.2.1.2-5 に示した。年間を通してみると 10 月から 12 月にかけてはクロロフィル量が非常に低くなっており、図 1.2.1.2-1 に示すアサリの秋季から冬季にかけての減少時期とほぼ一致していた。それ以外の時期である夏季および冬季のクロロフィル量は高めに推移していた。なお、自動計測のクロロフィル濁度計の値は交換時に採水分析によるクロロフィル a 量との相関分析により補正している。

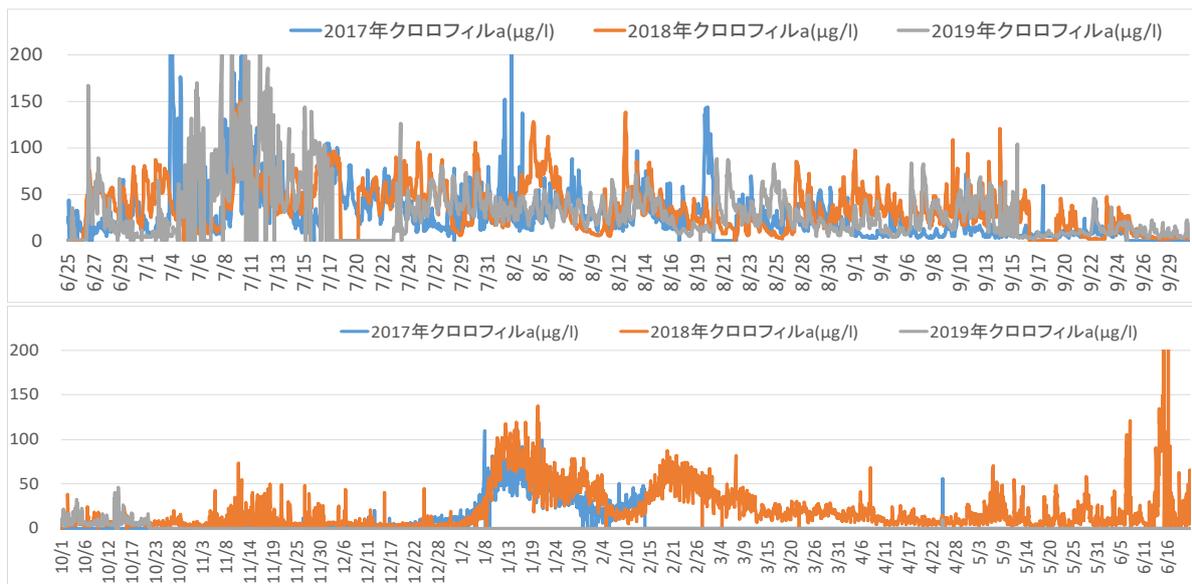


図 1.2.1.2-5 砕石区におけるクロロフィル量の年間変化

採泥および採水によるクロロフィル量の変化を図 1.2.1.2-6 に示したが、砕石上のクロロフィル量は対照区に比べて高めに推移していた。砂の堆積が進んでいる H29 砕石区では対照区との差は小さかった。

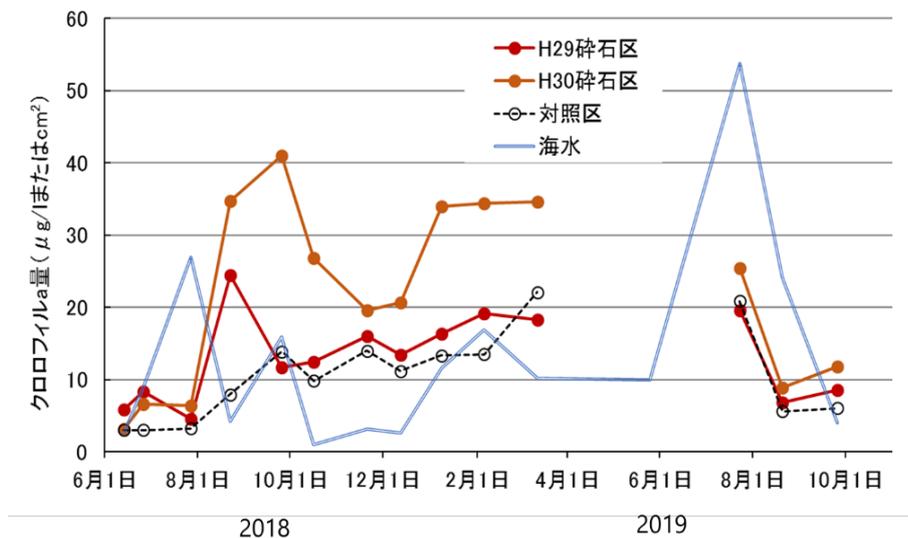


図 1.2.1.2-6 採泥及び採水によるクロロフィル量の変化

○アサリの肥満度と群成熟度

アサリの肥満度と群成熟度の変化を図 1.2.1.2-7 に示した。2月から4月にかけて H30 砕石区のアサリ肥満度がやや高くなっていったが、その他の期間は砕石区と対照区との差はあまりみられなかった。アサリの群成熟度は12月付近が最も低くなっていた。

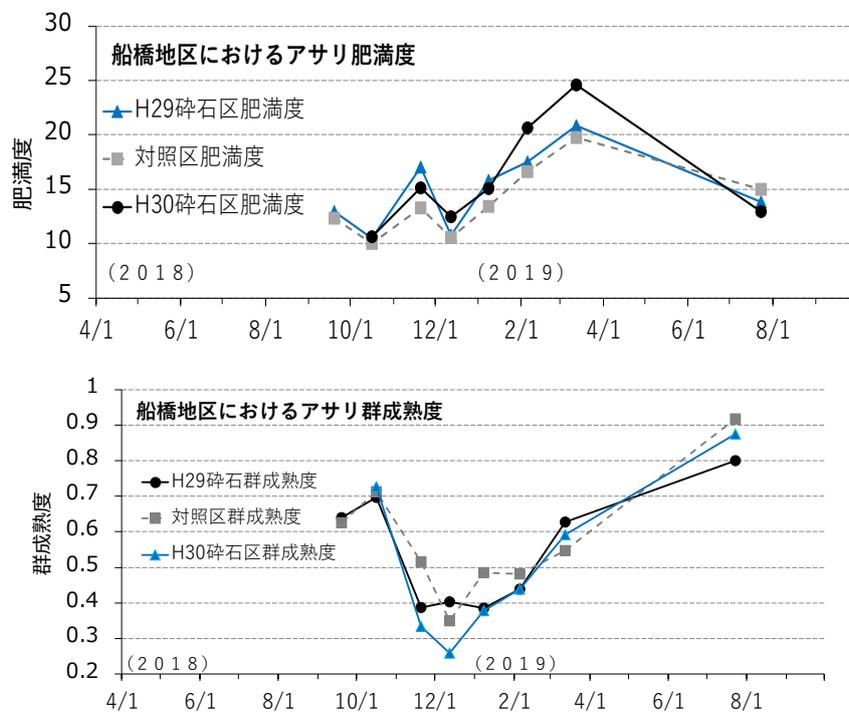


図 1.2.1.2-7 アサリの肥満度と群成熟度の変化

○環境要因とアサリのコホート解析

2018年6月から2019年9月までのアサリのコホート解析結果※（全試料のコホート10～コホート18の平均殻長）と環境条件（波高、水温、クロロフィル量、DO）の関係を図1.2.1.2-8に示した。

コホート11に着目すると平均殻長の成長が横ばいだった10月から12月の時期とクロロフィル量が少ない時期がほぼ一致していた。

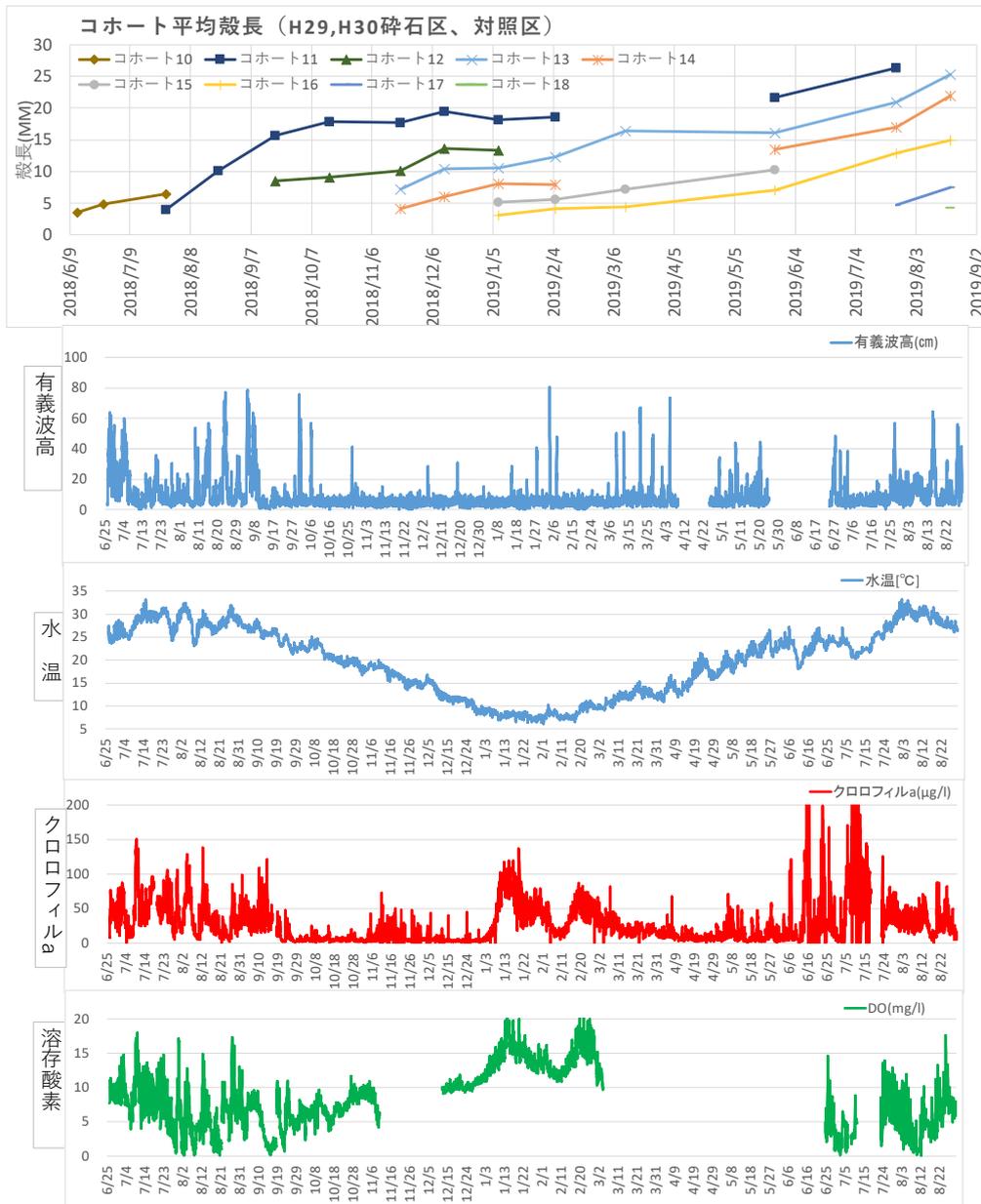


図 1.2.1.2-8 アサリのコホート解析と環境要因(波高・水温・クロロフィル量・DO)

※：MS-Excel を用いたサイズ度数分布から年齢組成を推定する方法の検討（相沢ら 1999）を使用してアサリの殻長から発生群ごとのコホートに分離を行った

○秋冬季のアサリ減耗要因

現在、船橋地区を含む千葉北部海域では秋冬季（10～2月）におけるアサリの減耗が問題となっている。2017年6月から2018年8月まで採取したアサリのコホートを分離した結果、16のコホートに分離された。秋冬季減耗がはじまる10月までに对照区の殻長が15mmを超えた例として2017年のコホート4（前年秋発生群）、2018年のコホート11（春発生群）、10mmに届かなかった例として2017年のコホート7（春発生群）、2018年のコホート16（春発生群）のコホート毎の個体数（左軸）と平均殻長（右軸）の関係を図1.2.1.2-9に示した。

对照区における個体数の減少が始まる直前の殻長がコホート4では殻長22.0mm、コホート11では17.6mmに対して、コホート7では殻長6.2mm、コホート16では4.1mmから減少していた。図1.2.1.2-7に示したとおり10月から2月の期間は特に肥満度が低い時期にあたり、各コホートともにこの期間中に对照区は減耗していた。また、2018年のコホート11と16を比較すると、コホート11の对照区が減少する10月には図1.2.1.2-8に示したとおり有義波高40cmを超える波浪が発生し、コホート16が2月に減耗した時期も、有義波高40cm以上の波浪が1か月に3回発生しており、波浪の影響を受けたものと考えられる。一般に殻長が大きなアサリは、小さなアサリよりも波浪の影響を受け易いと考えられるが、アサリの活性が低い低水温期に波浪が発生することで、より小さな殻長でも個体数が減少しているものと考えられた。

碎石区と对照区を比較すると、コホート4、コホート16において、碎石区のコホートの個体数減少の開始が对照区よりも遅くなっている。特にコホート16は、後述する2.大規模な漁場整備技術の開発における室内実験結果において7号碎石を使用すると殻長約10mmのアサリが定位しやすいと試験結果と一致する結果となった。コホート11において8月以降直線的に個体数が減少しているが、これは後述する3.整備漁場の維持管理手法の開発に示すとおり、ホトトギスガイの大量発生によるホトトギスマットが形成されたため、アサリ生息環境が悪化したことも原因と考えられた。

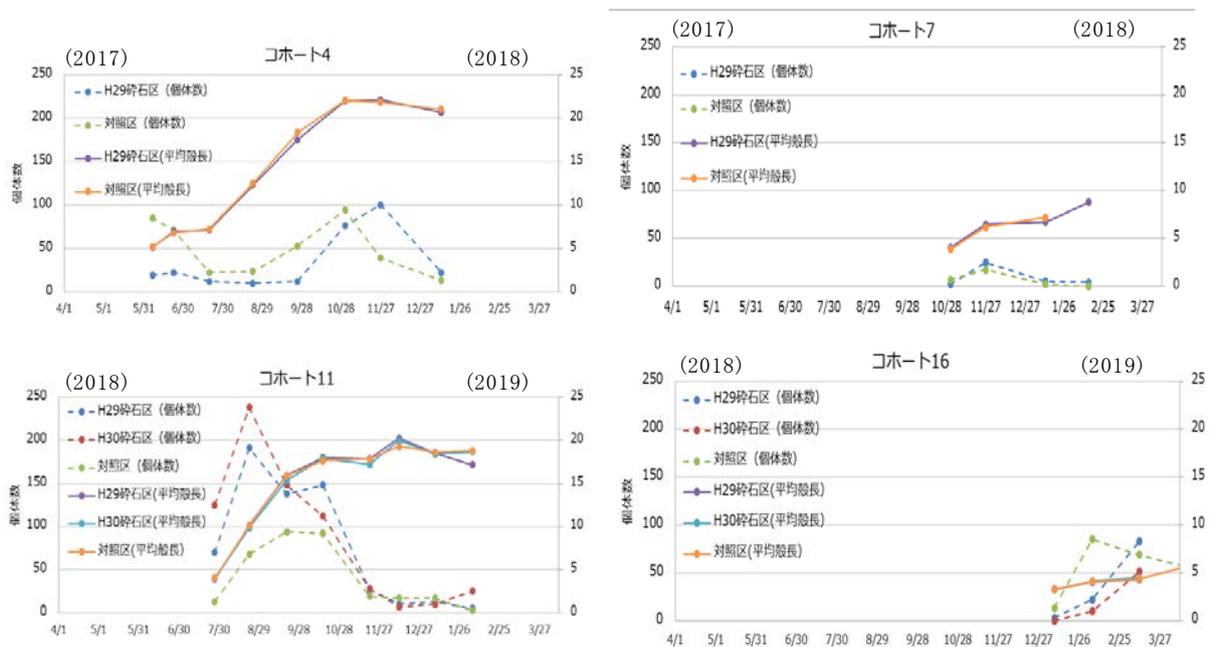


図 1.2.1.2-9 船橋地区試験区における一部コホートの個体数と平均殻長の関係

○出水時の地形変化

今年度の10月にあった出水前後の砕石区の地形変化を図1.2.1.2-10に示した。

H29、H30 砕石区の出水前後の水深変化は少なかったが、周辺では10 cm前後の堆積傾向を示していた。特にH30 砕石区では地盤高の変化はほとんどなかった。

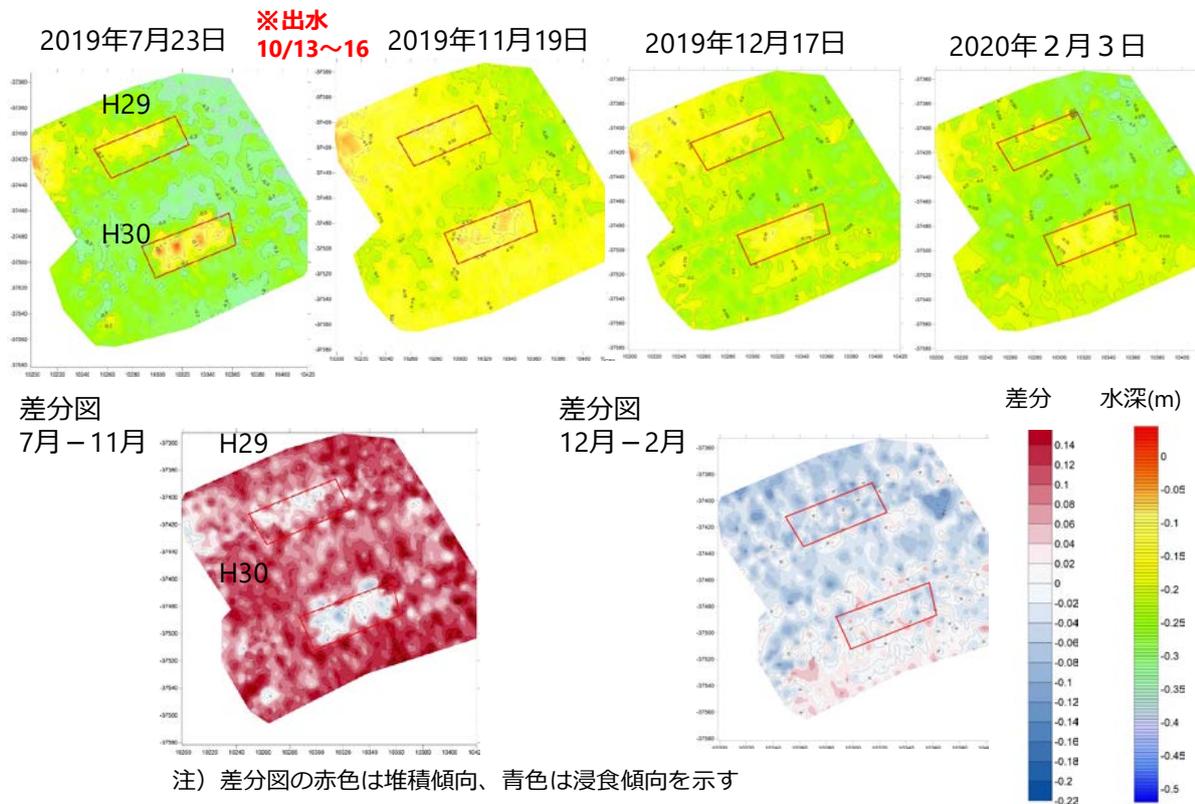


図 1.2.1.2-10 砕石区周辺の2019年7月～2020年2月の水深変化(AP基準)

1.2.2 三重県

1.2.2.1 調査の概要

三重県松阪地区では、これまでにアサリの生残率向上に対する砕石覆砂の有効性が確認されている。また、造成海域や年による生残率の大きな差異が確認され、この差異は貧酸素と食害の影響によるものと推測されている。今年度は、2015年、2016年、2017年、2018年に造成した7号砕石区と対照区において(図1.2.2.1-1)、アサリと食害生物の生息密度、底質、水温、塩分、濁度(クロロフィルa濃度)、D0、クロロフィルa濃度(海水、底質)、流動を調査し、アサリと食害生物の生息密度に対するこれら環境要因の影響を検討した。なお、2016年と2017年は夏季に稚貝を砕石区と対照区に移植し、その生残・成長を調査したが、2018年と2019年は稚貝が入手できなかったため、2017年の残存個体と2018年以降に自然発生した稚貝の生残・成長を調査した。調査は2019年5月27日、7月22日、9月19日、11月21日、1月15日(分析中のため未記載)に実施した。

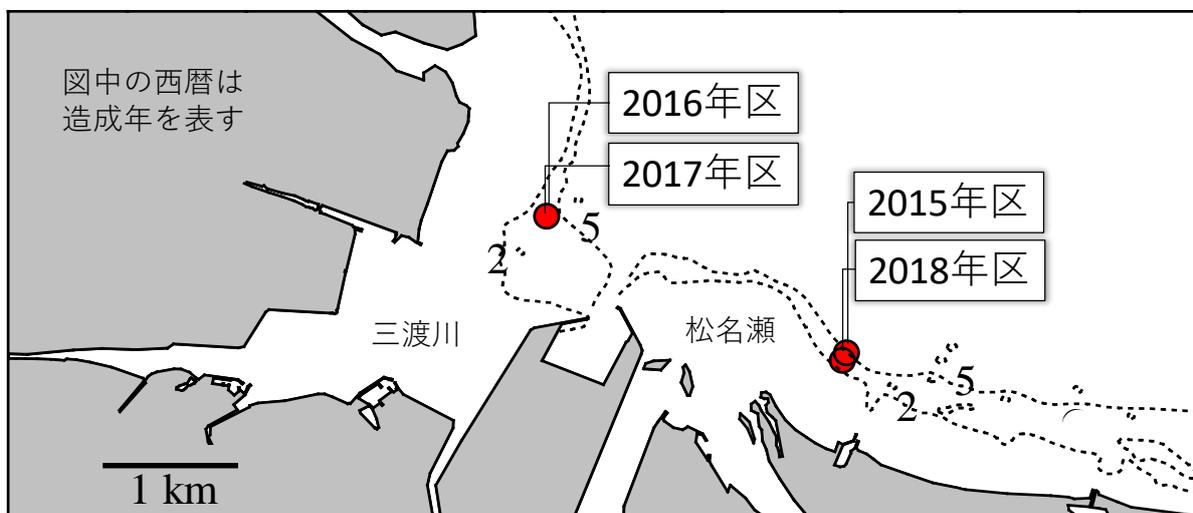


図1.2.2.1-1 松阪地区における砕石区の位置

1.2.2.2 結果と考察

2019年の松名瀬におけるアサリ生息密度は、1月から5月にかけて検出限界未満となった(図1.2.2.2-1)。その後、砕石区については、9月に稚貝の自然発生が認められた(図1.2.2.2-1)。2019年の三渡川におけるアサリ生息密度は、対照区ではアサリが確認されなかったが、砕石区では2018年以降大きく低下することなく推移し(図1.2.2.2-2)、2019年9月には稚貝の自然発生も確認された。

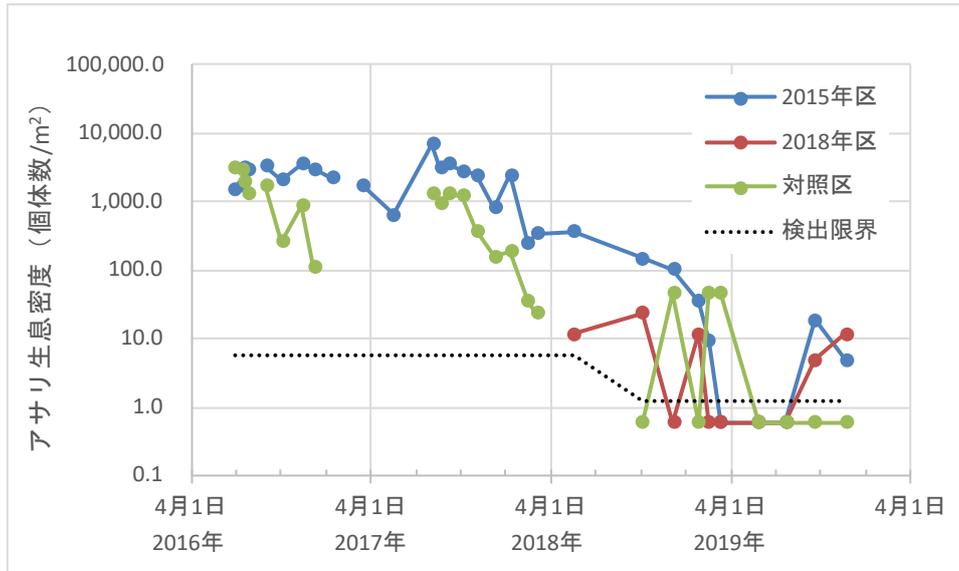


図 1.2.2.2-1 松阪地区松名瀬におけるアサリ生息密度

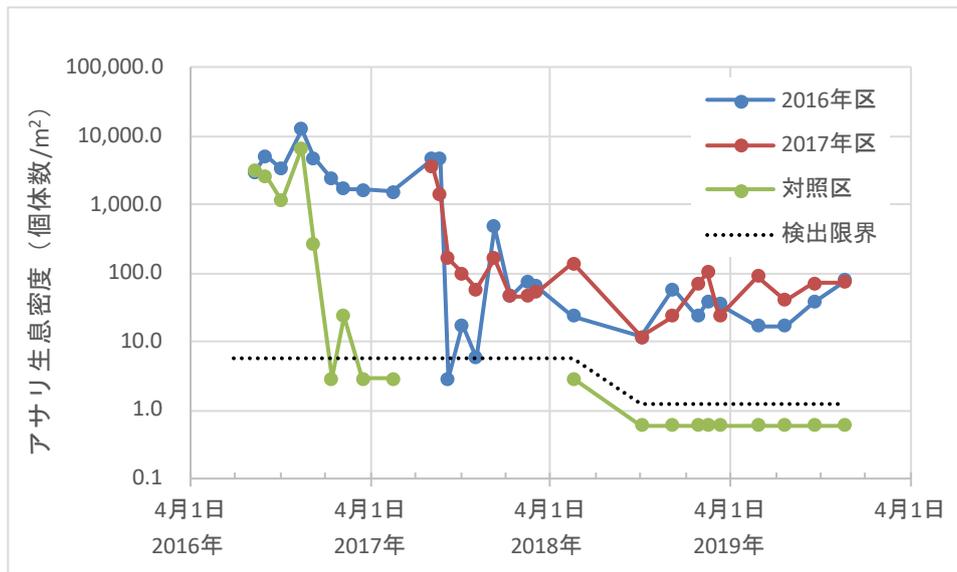


図 1.2.2.2-2 松阪地区三渡川におけるアサリ生息密度

2019年の砕石区と対照区のアサリの重量差は、生息密度が砕石区の方が高かったため、正值で推移した（図 1.2.2.2-3）。ただし、稚貝を移植していないため、生息密度が低く、稚貝を大量移植した2016年や2017年のように $1\text{kg}/\text{m}^2$ を超える重量の増加は確認されなかった（図 1.2.2.2-3）。

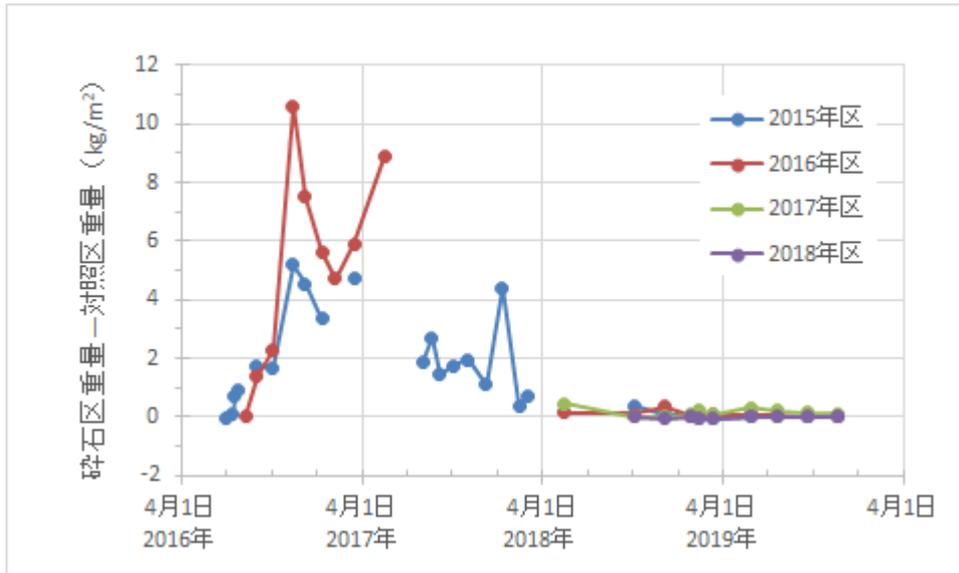


図 1.2.2.2-3 松阪地区における砕石区と対照区のアサリの重量差

2019年に確認された食害生物はヒトデ類（スナヒトデ、キヒトデ）であった。松名瀬ではこれらの生息密度が3月に激減し、その後の増加は確認されなかった（図 1.2.2.2-4）。三渡川では5月から7月にかけて増加したものの、9月に減少した（図 1.2.3.2-5）。同様の季節変化は2016年と2017年にも認められたことから（図 1.2.2.2-4、-5）、ヒトデ類の出現傾向は海域によって異なると考えられる。

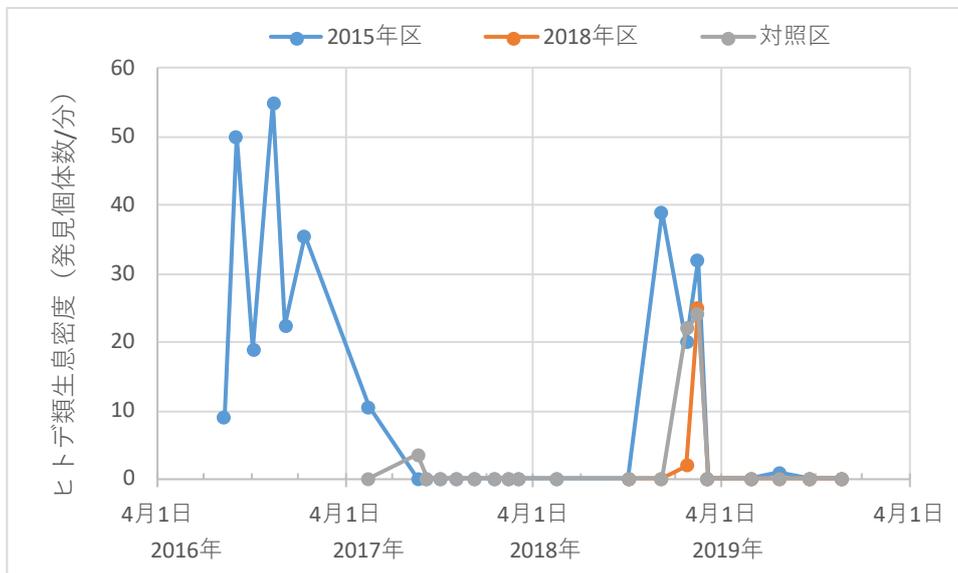


図 1.2.2.2-4 松阪地区松名瀬におけるヒトデ類生息密度

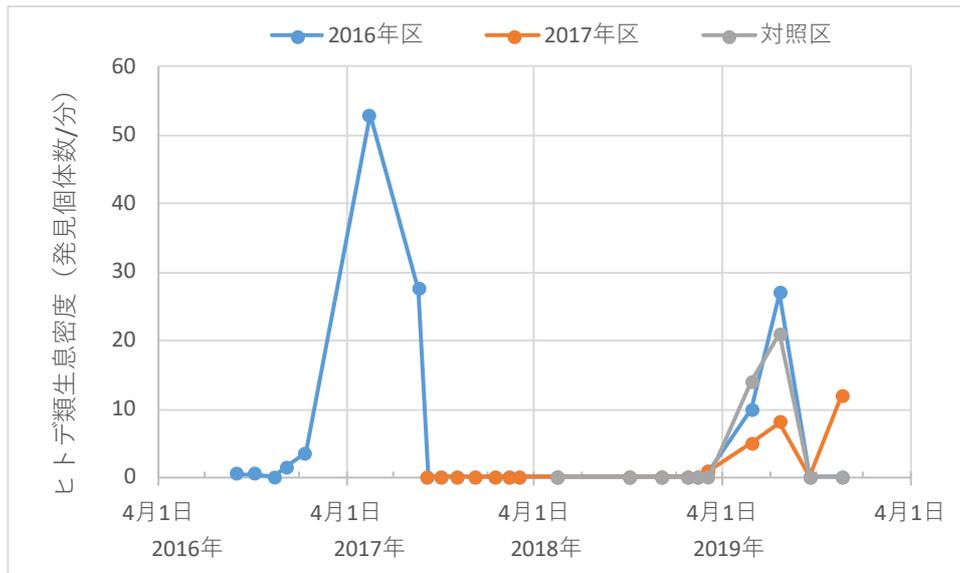


図 1.2.2.2-5 松阪地区三渡川におけるヒトデ類生息密度

ヒトデ類生息密度とアサリ生息密度変化率との相関は図 1.2.2.2-6 のとおりであった。潜水調査時にアサリの大量へい死が確認された貧酸素による減少を除けば、ヒトデ類生息密度の増加とアサリ生息密度変化率との間に明瞭な正の相関は確認できなかった。生息密度の推定誤差が大きく、食害の影響を検出できなかった可能性も否定できないが、ヒトデ類の出現時期とアサリ生息密度の減少時期が重なっていないことから（図 1.2.2.2-1, -2, -4, -5）、松名瀬と三渡川におけるアサリ生息密度の変化には、食害以外の変動要因が大きな影響を及ぼしていると考えられる。

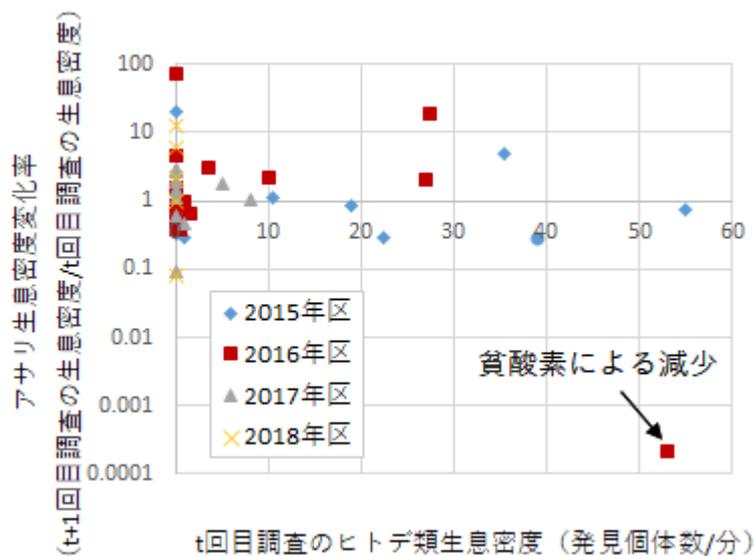


図 1.2.2.2-6 ヒトデ類生息密度とアサリ生息密度変化率との関係

砕石区における 2019 年の中央粒径は、松名瀬の 2015 年区と 2018 年区では 1 月から 3 月にかけてと 7 月から 9 月にかけて低下していた（図 1.2.2.2-7）。三渡川の 2016 年区に

においても、2016年7月が4.5mm、2017年7月が3.5mm、2019年が2.4mmと徐々に低下していた（図1.2.2.2-8）。2019年の底面波浪流速は、2月、3月、4月、6月、9月に40cm/secを超えており（図1.2.2.2-9）、これらの時期は2015年区、2017年区、2018年区において中央粒径が低下した時期とよく一致していた。また、これらの碎石区では、潜水調査時の目視観察において堆砂が確認された。一方、三渡川の2017年区ではそのような明瞭な中央粒径の低下は確認されず（図1.2.3.2-8）、潜水調査時の目視観察において堆砂は確認されなかった。

中央粒径の低下が著しかった2015年区と2018年区ではアサリの生息密度が検出限界未満となっていた（図1.2.2.2-1）。この減少は、強波浪により実験漁場周辺の砂が巻き上げられて碎石区に堆積し、碎石区の表面が波浪の影響を受けやすい環境へと変化した影響によるものと推測される。

2016年区と2017年区は互いに隣接しているため、両区の底面波浪流速には大きな差はなかったものと推測されるが、前述したように堆砂の状況が大きく異なっていた。2016年区は実験漁場（50m×50m）の2辺に幅5mで碎石を投入したL型碎石区であり、全面に碎石を投入したものとなっていない。一方、2017年区は実験漁場（50m×50m）の全面に碎石を投入した碎石区となっている。そのため、堆砂の状況が大きく異なった原因は碎石区の造成規模・形状によるものと推測され、堆砂の影響の軽減には大規模に碎石区を造成することが必要と考えられる。

2015年区と2018年区は実験漁場（50m×50m）の全面に碎石を投入しており、堆砂が確認されなかった2017年区と造成規模は同じである。しかし、前述したように堆砂の状況が大きく異なっていた。2015年区と2018年区は水深が約2mと浅く、実験漁場周辺の底質は砂となっている。一方、2017年区は水深が3～4mで実験漁場周囲の底質はシルト・クレイとなっている。そのため、大規模に碎石区を造成するとしても、堆砂の影響を軽減するためには、その周辺から砂が流入しにくい環境（例えば、周辺の底質の季節変動性が低い環境）を選定する必要があると考えられる。

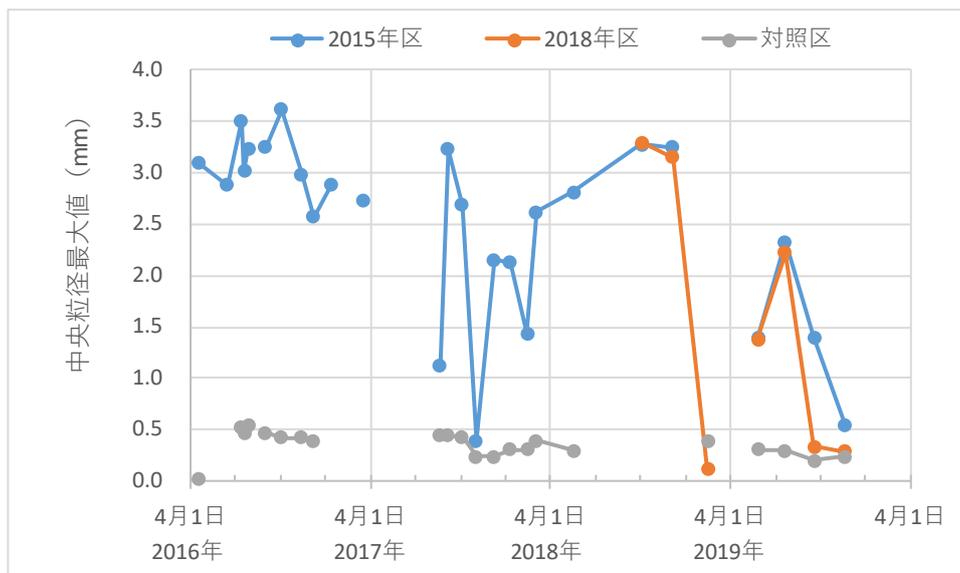


図 1.2.2.2-7 松阪地区松名瀬における底質

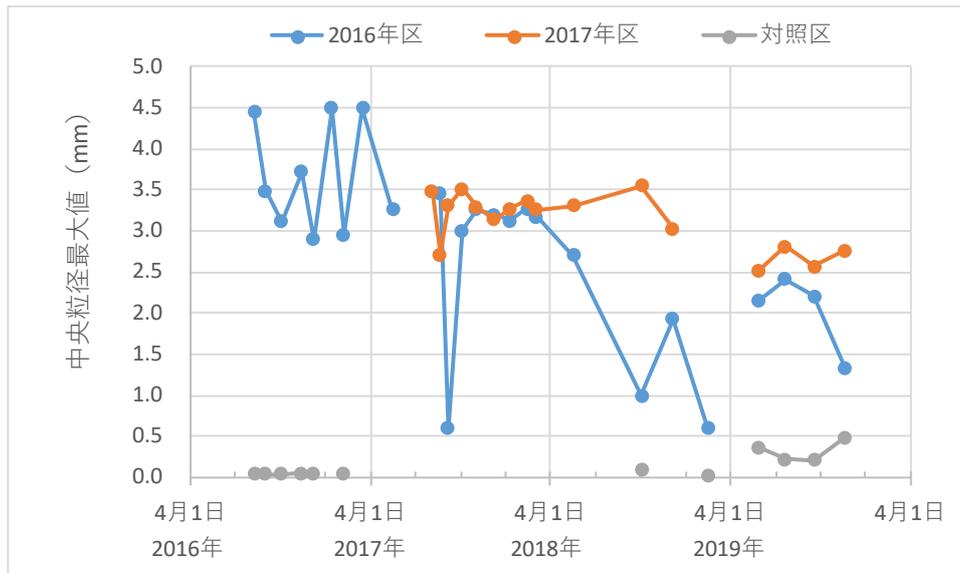


図 1.2.2.2-8 松阪地区三渡川における底質

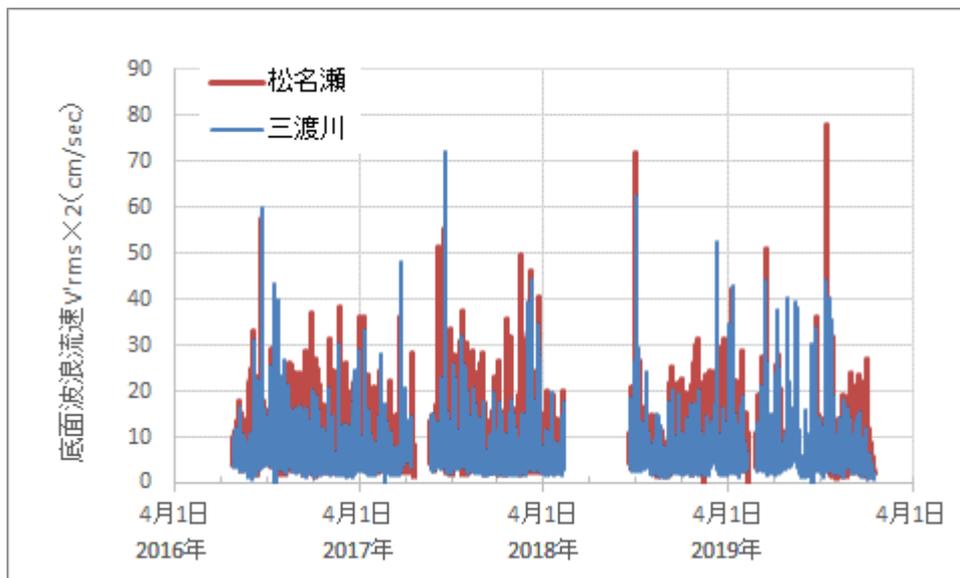


図 1.2.2.2-9 松阪地区における底面波浪流速

2019年の海底直上における溶存酸素濃度は5月から3mg/Lを下回る状況が確認された(図1.2.2.2-10)。しかし、2017年7月のような長期にわたる低下は確認されなかった(図1.2.2.2-11)。2016年から2019年までの調査において、碎石区で夏季にアサリの大量へい死が確認されたのは溶存酸素濃度3mg/L未満が96時間以上継続した2017年の三渡川だけであった(図1.2.3.2-1, -2, -11)。松阪地区において溶存酸素濃度3mg/L未満が何時間継続するかの平面的な知見はこれまでに得られていない。貧酸素の影響の回避は適地選定しかないと考えられるため、溶存酸素濃度を詳しく観測し、そういった知見を海域ごとに収集する必要がある。

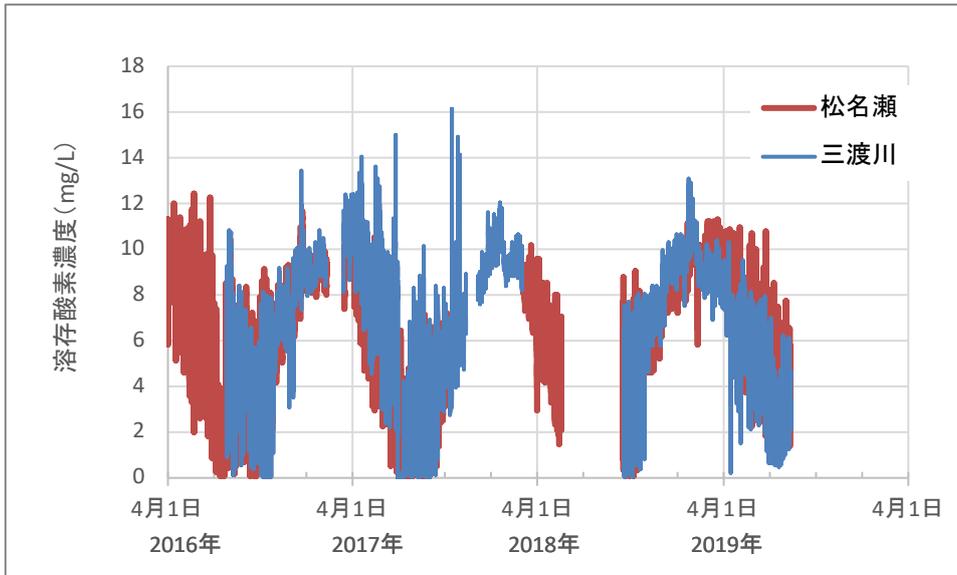


図 1.2.2.2-10 松阪地区における海底直上の溶存酸素濃度

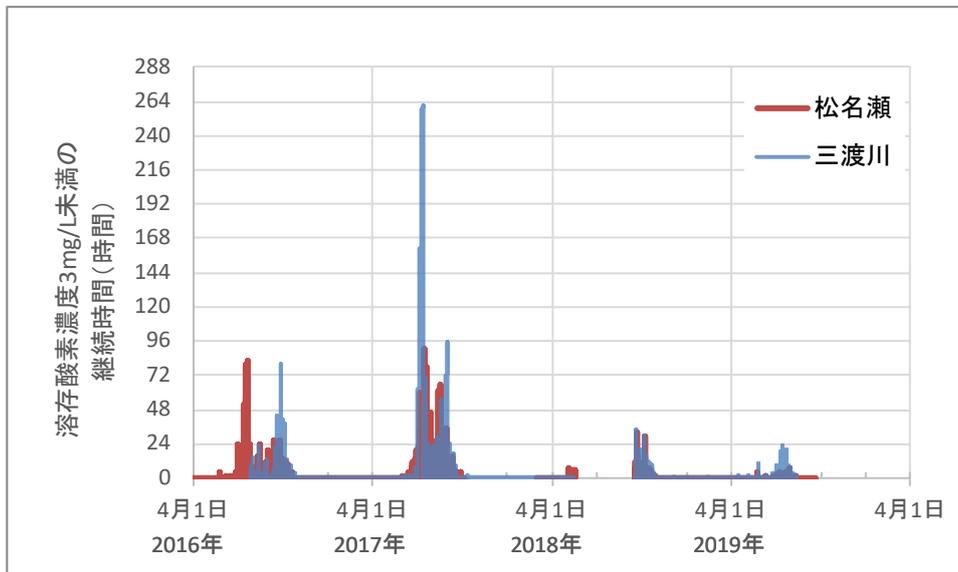


図 1.2.2.2-11 松阪地区における海底直上
溶存酸素濃度 3mg/L 未満の継続時間

1.2.3 愛知県

1.2.3.1 調査の概要

調査は三河湾の北西部にある一色干潟のうち、衣崎漁協管内の潮干狩り場、腰マンガ（ジョレン）漁場、底びき網漁場で行った。一色干潟は数年前までは毎年1万数千トン（全国のアサリ生産量の約1/2）のアサリが漁獲された海域であるが、2014年以降、漁獲量が激減している。これらの沖－陸方向の異なる地点でアサリの減耗過程と環境要因を追跡することで、アサリの減耗（もしくは生存）に及ぼす要素を抽出することを試みた。

調査海域および試験区を図1.2.3.1-1に示す。St.1、2は潮干狩り場、St.3は腰マンガ漁場、St.4は底びき網漁場で、潮干狩り場のうちSt.1は2018年度の本事業により7号砕石を用いて造成された砕石覆砂区、St.2はその対照として隣接する原地盤のままの場所（原地盤区）である。それぞれの地盤高は、St.1、2がD.L.+20cm、St.3、4がD.L.-30cmである。それぞれの試験区はノリ養殖用の支柱で20×20mに区画し、2019年8月1日に豊川河口で採捕されたアサリ稚貝（平均殻長12.8mm）を各区に約670個/m²の密度で移植した。

調査は、移植放流前の6月6日から開始し、おおむね毎月1回、アサリの減耗が報告される11月には月2回実施した。調査方法は、簡易グラブ採泥器により各区5回、アサリを採取し、アサリ密度、平均殻長、平均肥満度、群成熟度、カイヤドリウミグモ（以下、ウミグモ）寄生確認率を求めた。さらに毎月1回、φ76mm、目開き59μmのコアサンプラーを用いて底土表面を採取し、その中のアサリ着底稚貝、初期稚貝の数を数え、密度を算出した。また、簡易グラブ採泥器中の表土の一部を底質粒径計測用に採取した。

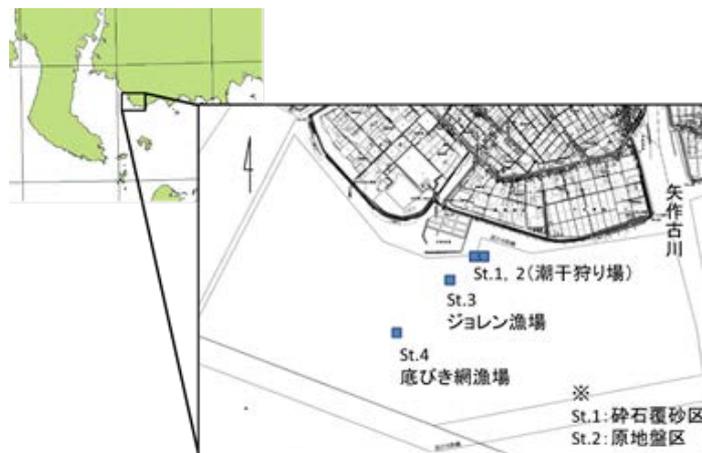


図1.2.3.1-1 三河湾一色地区試験区

餌料環境調査として、試験区内での採水によるクロロフィルa量測定、底泥中のクロロフィルa量の測定、および自記式クロロフィル濁度計による連続観測を行った。採水によるクロロフィルa量の測定は、各区において1回ずつ海底上30cm程度で採水し、500mLをGF/Fフィルタでろ過したのち、DMFでクロロフィルを抽出、ターナー蛍光光度計を用いて測定した。底泥中のクロロフィルa量の測定は、直径15mmまたは23mmのコアサンプラーを用いて、各区5回、底泥を深さ1cm採取し、DMFでクロロフィルaを抽出、ターナー蛍光光度計を用いてクロロフィルa量を測定した。クロロフィル濁度計はSt.1とSt.2の境界に1台、St.4に1台設置した。ただし、St.4のアサリ密度が減少したため10月16日以降はSt.3に移設した。

波浪環境調査として、自記式流向流速計を St. 1 と St. 2 の境界に 1 台、St. 4 に 1 台設置した。ただし、St. 4 のアサリ密度が減少したため、10 月 16 日以降は St. 3 に移設した。観測結果をもとに TSmaster(ver. 6. 6)により変動流速の 2 乗平均平方根 (V'_{rms}) を計算し、その 2 倍値を底面波浪流速値として算出した。

1. 2. 3. 2 結果と考察

各試験区での移植後のアサリ密度の推移を図 1. 2. 3. 2-1 に、それぞれの試験区でのアサリ密度、肥満度、群成熟度の推移を図 1. 2. 3. 2-2 に示した。アサリ密度は、St. 4 で移植後から減少した。St. 2 や St. 3 でも緩やかな減少傾向が見られたが、St. 1 では 11 月上旬まで移植時の密度を維持した。密度の減少は、St. 1 以外の複数の試験区で 9 月下旬から 11 月にかけてみられ、11 月下旬から 12 月上旬にかけては St. 1 も含めて減少が見られた。St. 2 では、9 月下旬と 12 月中旬以降にアサリ密度の顕著な減少が認められた。各地点における平均肥満度は、9 月下旬以降 11 月上旬まで 9 月 20 日の 10. 2 (St. 1) 以外は全て 10 以下と極めて低い値で推移した。アサリ密度の減少に伴い肥満度は上昇する傾向がみられた。群成熟度は、11 月 8 日にピークを示した St. 3 以外の試験区では、10 月 15 日に最大となったが、ピークにも関わらず群成熟度は 40% 以下と低かった。

ウミゴモの寄生は、11 月 22 日および 1 月 14 日に St. 3 においてそれぞれ 1 個体確認されたのみであり、調査期間中におけるアサリ密度の減少とは関係ないと考えられた。

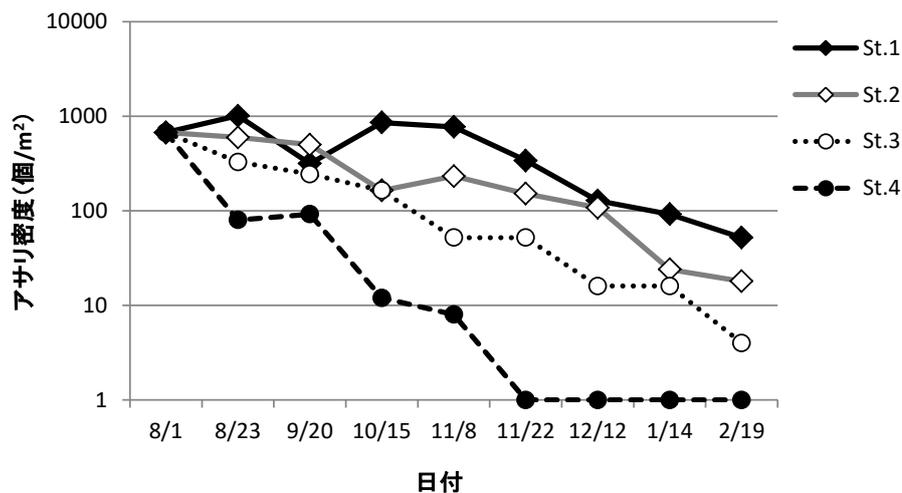


図 1. 2. 3. 2-1 各定点のアサリ密度の推移

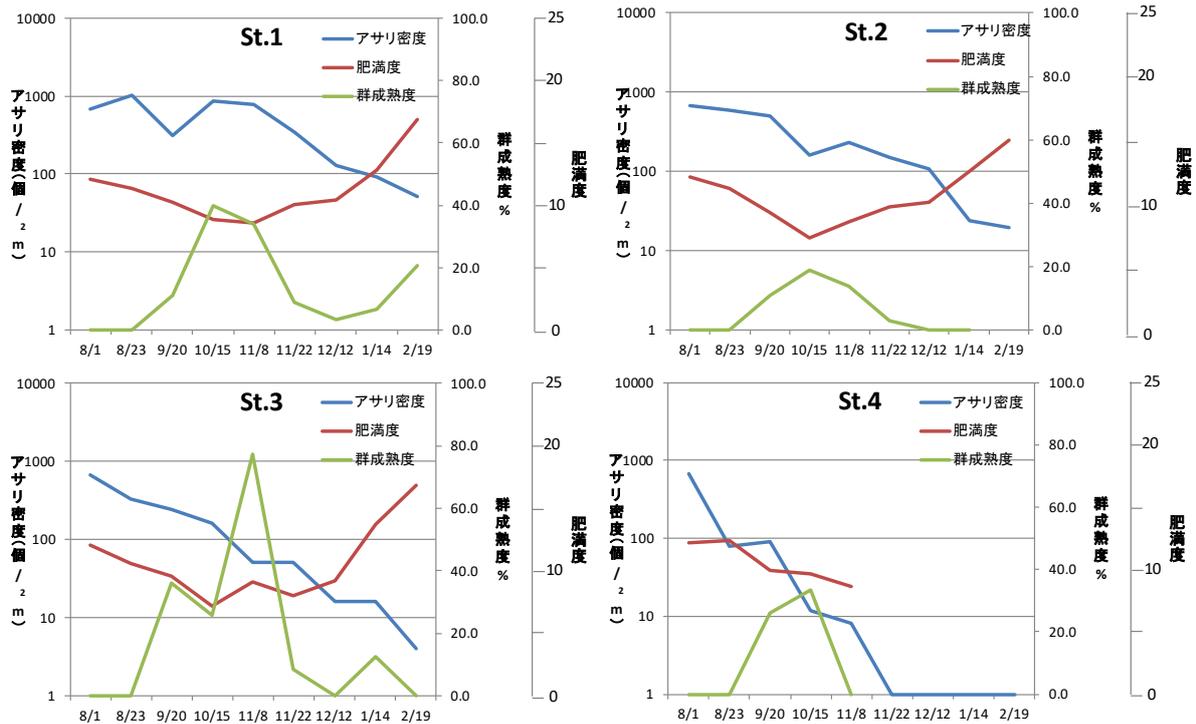


図 1.2.3.2-2 各試験区のアサリ密度、肥満度および群成熟度の推移

砕石覆砂による効果を把握するため、2018年度から調査日ごとのアサリの平均湿重量に平均密度からアサリ現存量を求め、砕石覆砂区 (St.1) および原地盤区 (St.2) におけるアサリ現存量の推移と、St.2 に対する St.1 の現存量の増加量および増加率について図 1.2.3.2-3 に示した。調査期間中の St.1 の現存量は 682g/m² (期間平均) であり、St.2 の 272g/m² (期間平均) を常に上回った。St.1 から St.2 を引いた差を増加量とすると、調査期間中の増加量は 26-1, 117g/m² の範囲で変動し、砕石覆砂による平均増加率は 353%となった。ただし、アサリ密度と同様に秋から冬にかけて現存量は顕著に低下した。

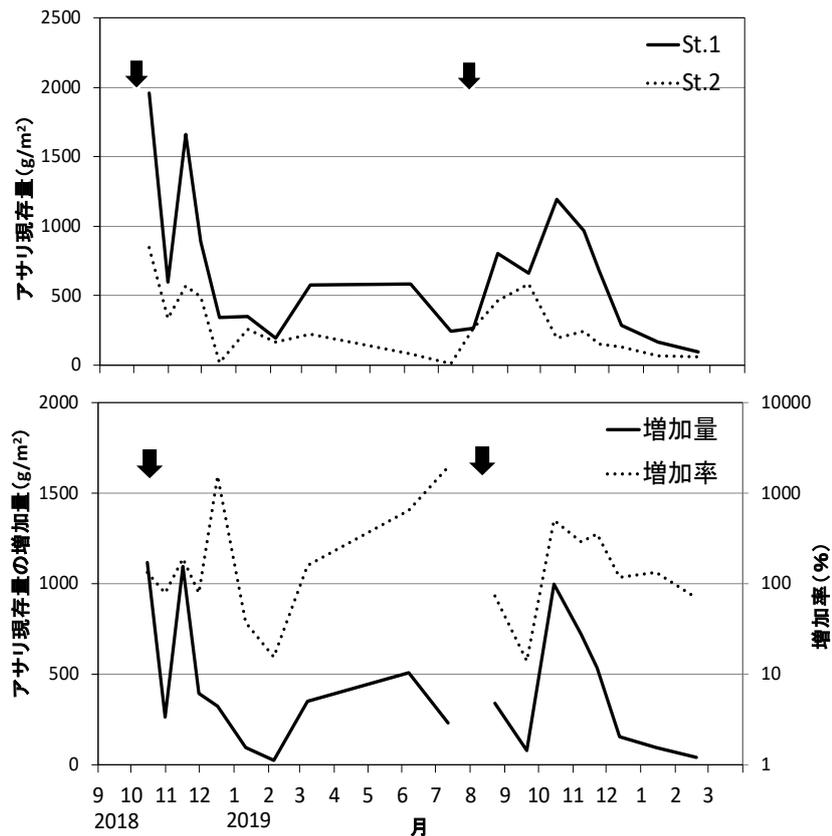


図 1.2.3.2-3 砕石覆砂区 (St.1) および原地盤区 (St.2) におけるアサリ現存量の推移(上)と St.2 に対する St.1 の現存量の増加量および増加率 (矢印はアサリ稚貝を移植した時期を示す)

また、同様にアサリ密度、肥満度、群成熟度、平均殻長における砕石覆砂区 (St.1) と原地盤区 (St.2) を比較したところ (図 1.2.3.2-4)、平均殻長以外について砕石覆砂が原地盤区を上回る傾向が見られた。調査期間の通期平均として、アサリ密度は St.1 の 486 個体/m² に対し St.2 では 201 個体/m² と約 2.4 倍、群成熟度は St.1 の 0.25 に対し St.2 では 0.15 と約 1.7 倍となった。特に、群成熟度が砕石覆砂区で高かったことは、再生産力の向上にもつながり、砕石覆砂が産卵のための親貝場としても有効である可能性が示唆された。

アサリの活力の指標とされる肥満度について詳細に検討した結果を図 1.2.3.2-5 に示した。St.1 と St.2 のアサリの平均肥満度について調査日ごとに比較すると (図 1.2.3.2-5 左)、通期における平均肥満度は砕石覆砂した St.1 で有意 ($P < 0.01$) に高かった。また、St.1 と St.2 の肥満度の関係式を求めたところ (図 1.2.3.2-5 右)、傾きが約 0.96 で切片が約 1.1 となり、平均で砕石覆砂区の肥満度が 1 程度高いことが明らかになり、砕石の安定性によりエネルギー消費が軽減されアサリの生残に関して有利になると考えられた。

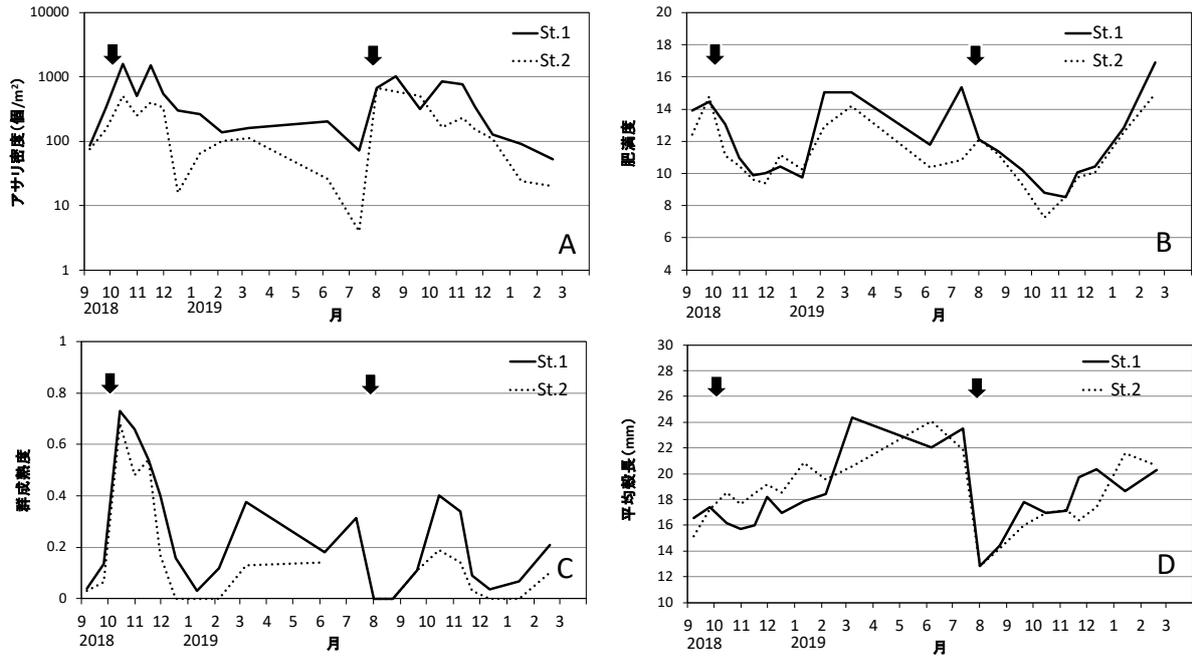


図 1.2.3.2-4 砕石覆砂区 (St.1) および原地盤区 (St.2) におけるアサリ密度 (A)、肥満度 (B)、群成熟度 (C) および平均殻長 (D) の推移 (矢印はアサリ稚貝を移植した時期を示す)

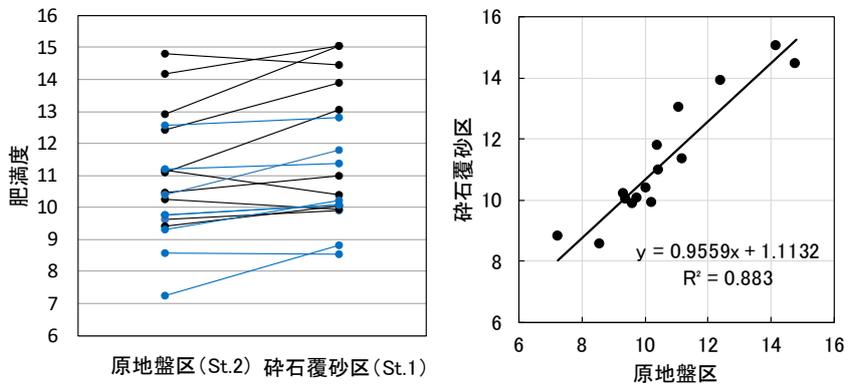


図 1.2.3.2-5 砕石覆砂区 (St.1) および原地盤区 (St.2) における調査日ごとの平均肥満度の比較 (左) と、それらの平均肥満度の散布図 (右)

調査期間中の餌料環境について、クロロフィル濁度計によるクロロフィル a 量(蛍光値)の日平均値の推移を図 1.2.3.2-6 に示した。St. 1 と St. 4 を比較するとクロロフィル a 量(蛍光値)は 8 月上中旬において St. 4 で高かったが、濁度も同時に高くなっていたことから、センサーの汚れ等による影響が考えられた。それ以外の期間については概ね両地点とも同様の推移を示し、9 月以降については日平均で $3\mu\text{g/L}$ を下回る期間が多く見られた。採水による海水クロロフィル a 量(実測値)について、図 1.2.3.2-6 中にプロットで示したが、概ねクロロフィル濁度計による蛍光値と同様の挙動を示した。

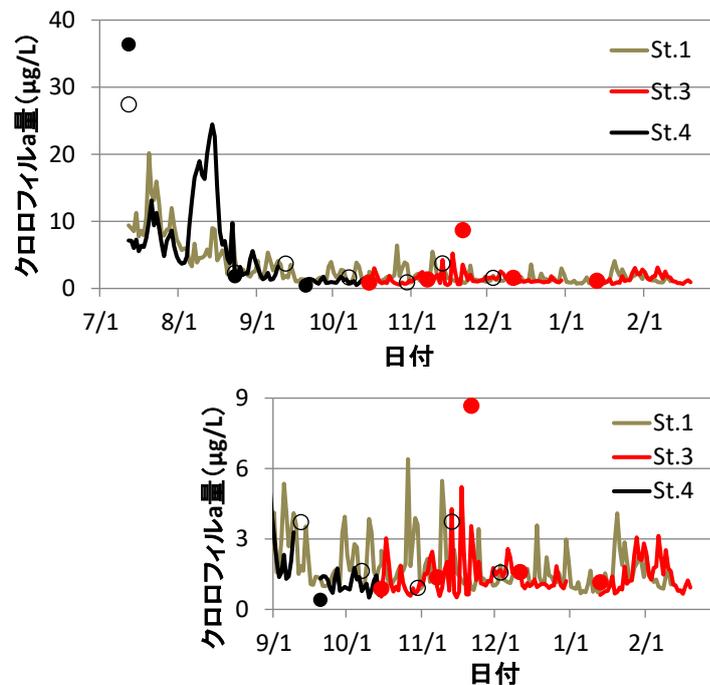


図 1.2.3.2-6 自記式クロロフィル濁度計によるクロロフィル a 量(蛍光値)日平均の推移
(下段は 9 月以降の拡大図を示す)

クロロフィル濁度計によるクロロフィル a 量(蛍光値)と採水による海水クロロフィル a 量(実測値)の関係について図 1.2.3.2-7 に示した。蛍光値と実測値の間には指数関数による高い相関が認められ、クロロフィル濁度計によるクロロフィル a 量(蛍光値)は実際のクロロフィル a 量より過小評価していると考えられた。

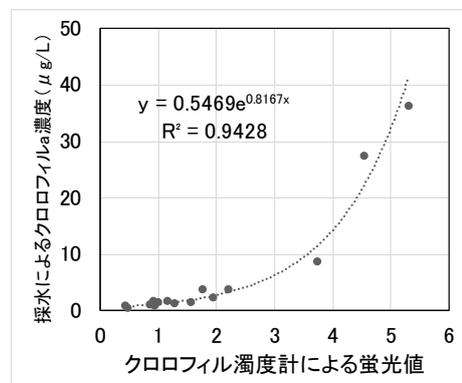


図 1.2.3.2-7 自記式クロロフィル濁度計によるクロロフィル a 量(蛍光値)と採水によるクロロフィル a 量の関係

採水による海水クロロフィル a 量（実測値）の推移について、図 1.2.3.2-8 に示した。海水クロロフィル a 量は 7 月 12 日には数十 $\mu\text{g/L}$ のレベルであったが、8 月 23 日の調査以降では、9 月 20 日の St. 1, 2 および 11 月 22 日以外は $3\mu\text{g/L}$ 以下と低く推移した。また、各試験区は同様の推移を示し、試験区間での顕著な差はみられなかった。

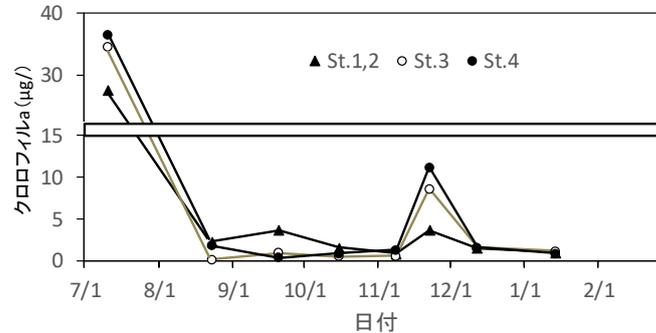


図 1.2.3.2-8 各試験区における採水による海水中クロロフィル a 量の推移

採泥による底泥クロロフィル a 含量の推移を図 1.2.3.2-9 に示した。底泥クロロフィル a 量は、調査期間を通じて、潮下帯である St. 3 と St. 4 で常に高い傾向となり、St. 1 と St. 2 の間には顕著な差は認められなかった。全体的に秋から冬にかけて横ばいからやや増加する傾向が認められた。

海水クロロフィル a 量は、9 月以降 11 月にかけてアサリにとって必要とされる $3\mu\text{g/L}$ を下回る極めて低い水準が継続しており、餌不足により肥満度が低下することで活力低下が引き起こされ、密度減少につながっていると考えられた。肥満度の変動は、底泥よりも海水クロロフィル a 量と相関する傾向があり、この傾向は 2018 年度の結果と一致していることから、海水クロロフィルの多寡がアサリの肥満度や生残に影響を与えている可能性が考えられた。また、アサリ密度の減少に伴い肥満度が増加したことは、餌料を制限要因とする密度効果が軽減したことを示している可能性が考えられる。一方で、St. 4 では移植直後からの減少がみられたが、潮下帯漁場においてアカニシが多かったことが今年度の別調査で示唆されており、特に潮下帯となる St. 4 では試験区周辺にアサリの移植が行われなかったことから、試験区のアサリに対するアカニシの捕食圧が高まった可能性も推測された。

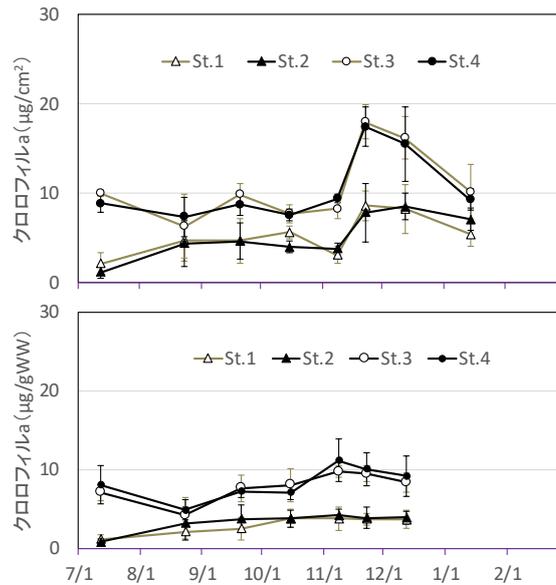


図 1.2.3.2-9 各試験区における採泥によるクロロフィル a 含量の推移
(上: 単位面積あたり、下: 単位重量あたり)

St. 1 および St. 4 (10 月 15 日以降は St. 3) で観測された底面波浪流速値の推移を図 1.2.3.2-10 に示した。今年度は台風通過に伴い、しばしば底面波浪流速の極大ピークがみられ、特に 9 月下旬以降に台風 17 号から 19 号の通過時に 50cm/s 程度の強い波浪が観測された。11 月以降には 20~30 cm/s 程度の波浪が断続的に観測され、また 12 月下旬から 1 月にかけては再び 40cm/s を超える強い波浪が観測された。試験区間の比較では、St. 1 と St. 4 又は St. 3 の間に顕著な差は見られず、概ね同様の傾向で推移した。St. 1 以外の試験区でアサリ密度の減少が見られた 9 月下旬から 11 月上旬にかけては、台風等の通過により大きな底面波浪流速が観測されており波浪による減耗が引き起こされた可能性があるが、同様の波浪条件においても St. 1 のアサリ密度に減少傾向は見られなかったことから、碎石覆砂による底面の安定により保護されたと考えられた。また、12 月下旬以降の底面波浪流速の上昇についても、St. 2 のアサリ密度減少要因の一つと推定されるものの、St. 1 では St. 2 ほど顕著な減少は見られず、同様に保護されていた可能性が推測される。一方で、St. 1 で減少が見られた 11 月から 12 月上旬にかけては卓越した底面波浪流速は観測されておらず、餌や肥満度が最低水準であったことや図 3.2.3.2-1 に後述する碎石割合の低下が、密度減少に影響した可能性が考えられた。

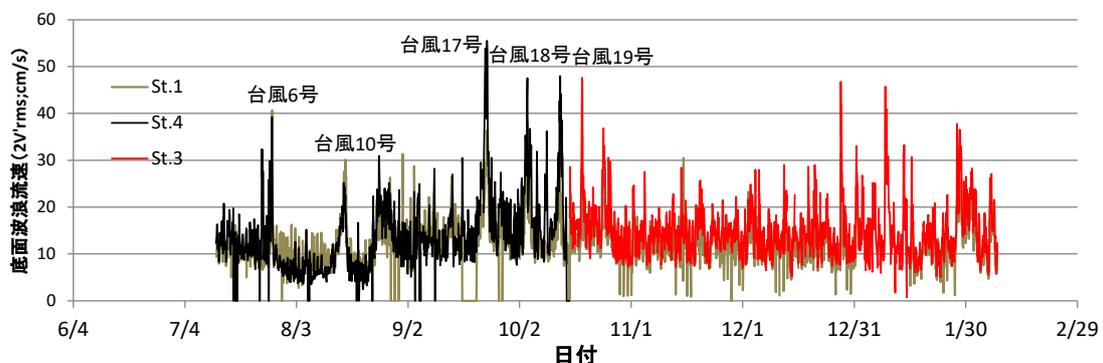


図 1.2.3.2-10 各試験区における底面波浪流速値 ($2 \times V'_{rms}$) の推移

St. 1 以外の試験区における底質の中央粒径値を図 1.2.3.2-11 に示した。底質の中央粒径値には試験区間および経時的に大きな差は認められず、概ね 150 μm 前後であり、細砂を主体とする底質であった。

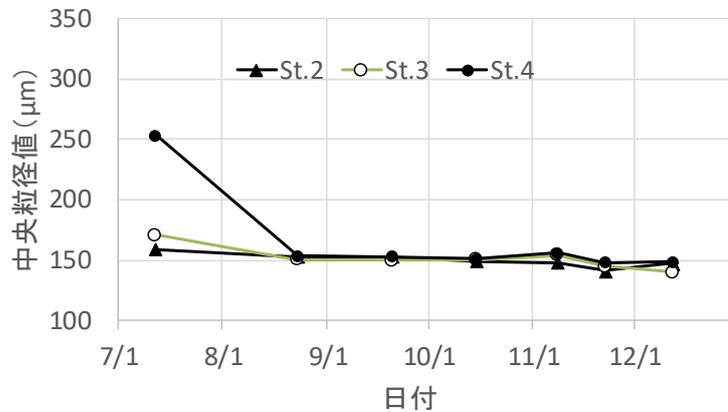


図 1.2.3.2-11 各試験区における底質の中央粒径値の推移

各試験区のアサリ着底稚貝および初期稚貝の密度について図 1.2.3.2 - 12 に示した。アサリ着底稚貝および初期稚貝は主に 7 月と 8 月および 11 月以降に多く確認された。密度は最大でも約 800 個/ m^2 であり高い水準ではないが、St. 1 では 11 月以降に他試験区よりも高い密度であった。原地盤区 (St. 2) に対する各地点のアサリ着底・初期稚貝密度の差について、図 1.2.3.2 - 13 に示した。碎石覆砂区 (St. 1) は隣の原地盤区 (St. 2) よりも、また潮下帯の試験区に比べても安定して着底・初期稚貝が多く確認された。秋仔の発生時期をカバーしている 11 月～1 月の調査における着底・初期稚貝密度の増加量は、碎石覆砂区で 354 個/ m^2 と最も大きかった。以上のことから、碎石という粗粒径の遮蔽効果により着底稚貝の定着又は集積が促進される可能性が考えられた。

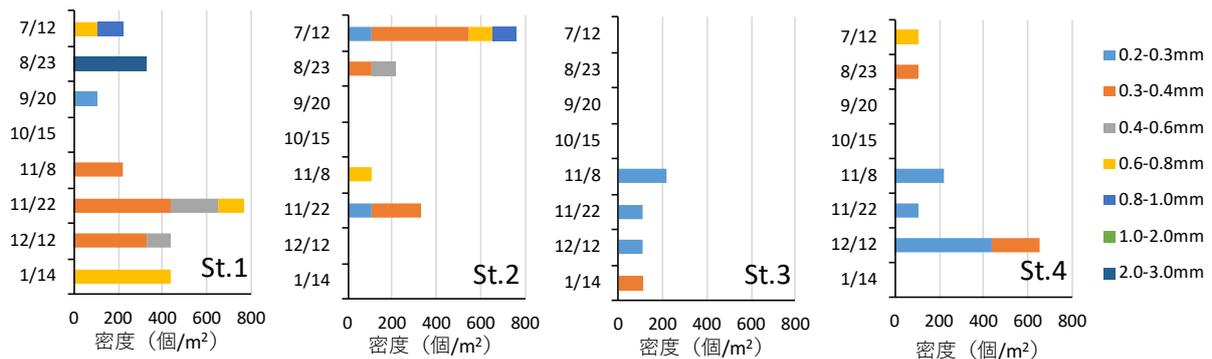


図 1.2.3.2-12 各試験区におけるアサリ着底稚貝および初期稚貝の密度

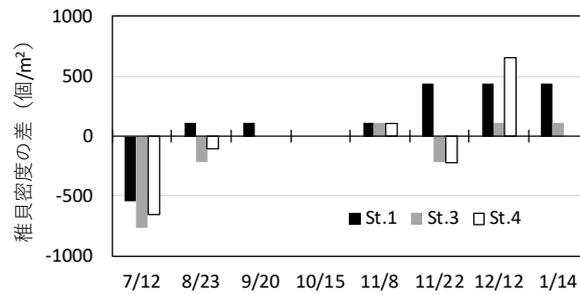


図 1.2.3.2-13 St.2 に対する各地点のアサリ着底・初期稚貝密度の差

以上の結果より、2018 年度事業成果と同様に、アサリ密度の減少と底面波浪流速の上昇が同期する場合もあるが、秋冬季を通じて海水クロロフィル a 量が低水準であることと、肥満度も低水準で推移し秋の産卵後にアサリが減耗していることから、餌不足によりアサリの活力が低下し、波浪等の攪乱や産卵に要するエネルギーコストに対しアサリが脆弱になっている可能性が考えられた。一方で、碎石覆砂区 (St.1) では、台風等による底面波浪流速の上昇にも関わらず、11 月上旬まで移植時の密度が維持されていたことや対照区に比べて肥満度が高い傾向が見られたことから、アサリの活力低下を軽減することも含めて、碎石覆砂はアサリに対して保護効果があると考えられた。ただし、11 月以降については碎石覆砂区 (St.1) のアサリ密度や現存量も同様に低下しており、慢性的な餌不足下での産卵や、図 3.2.3.2-1 に後述するように碎石機能の低下が複合して、減耗が生じた可能性が考えられた。

碎石覆砂区のアサリ現存量は、原地盤区に比べ常に高く、原地盤区に比べ約 3.7 倍のアサリ増産に寄与すると考えられた。一方で、餌不足がベースにある秋冬季の減耗が、現存量の変動においてボトルネックになっていることも確認されたため、造成効果を向上させるためには、秋冬季の減耗を軽減するための適地選定および碎石覆砂機能の維持が必要であると考えられた。

アサリの餌料としては干潟上の付着珪藻が重要との指摘もあるが、2018 年度および今年度の調査を通じて、秋冬季のアサリ密度および肥満度は、海水クロロフィル a 量と相関する傾向が確認された。底泥の付着珪藻は、剥離がないとアサリの餌料として供給されないため、その重要度は漁場によって異なる可能性が考えられる。この点については、安定同位体比分析等を通じて検討することも必要である。三河湾におけるアサリ資源減少に大きく影響する秋冬季の減耗については、海水中の浮遊珪藻の量に影響される可能性が考えられ、碎石漁場造成の適地選定においても重要な要素となりうると推測された。

2 大規模な漁場整備技術の開発

2.1 目的

「アサリ資源回復のための母貝・稚貝・成育場の造成と実証」(平成 27～29 年度)では、伊勢湾において、平均粒径 4mm の砂利や砕石を用いて、施工面積 400～2500m²、敷設高 5～30cm と複数の組み合わせでアサリ漁場造成を実施している。敷設高 5cm の造成区では、施工後 1 年でアサリ生残効果の低下が明らかとなっている。これは、原地盤の砂の堆積によると考えられるが、アサリの定着に対する砕石敷設高と砂の堆積の関連性は明らかとなっていない。また、造成方法について、水深 2m より深い海域では大型台船による施工を実施しているが、水深 2m 以浅の海域では小型船舶による施工に依存しており、時間・労力ともに負担が大きいと、浅海域での大規模な造成技術の開発が求められる。

以上のことを解決するために、平成 30 年度は室内実験として波浪環境下における砕石とアサリ定着の関係性について示した。また、野外実験として、圧送ポンプを利用した干潟域での砕石敷設が可能であることを示した。本年度は、室内実験では様々な基質に対する波浪環境下でのアサリ定着について評価する。また、野外実験では、圧送ポンプによる砕石敷設について、均一な高さに散布するための技術について検討する。

2.2 室内実験

水産工学研究所の振動流水槽を用いて、7 号砕石（粒径 2.5～5mm）によるアサリのトラップ効果について考察するための実験を平成 30 年度から実施している。平成 30 年度は、夏季条件の水温で実験を行い、今年度は、冬季条件の水温で実験を行った。さらに、7 号砕石よりもサイズの大きい 6 号砕石（粒径 5～13mm）を敷設した場合の実験も行った。



写真 2.2-1 振動流水槽(水産工学研究所保有)

2.2.1 方法

①振動流実験水槽内に砕石を敷設し海水を満たし、②さまざまな殻長のアサリを水槽に入れ、③複数の流速による振動流を一定時間おこし、④一定時間後、とばされず定位しているアサリ個体数の割合を殻長毎に調べた。

2.2.2 成果

平成30年度の実験の成果は、振動流の流速が大きくアサリの殻長が大きいほど、碎石にとどまる割合（定位率）が低下する傾向がみられた。約10mm以下の殻長のアサリは、流速が大きくても、高い定位率を示す結果となり、碎石のトラップ効果が確認できた。今年度は、水温による影響をみるため、冬季条件の水温で平成30年度と同じ実験をした結果、夏季条件時とほぼ同じ状況となり、アサリの定位率は碎石の物理的な効果によることが確認できた。また、6号碎石を敷設した実験も行い、碎石のサイズとアサリの定位率との関係を調べた結果、6号碎石は7号碎石に比べアサリの定位率がいずれの殻長においても向上することが確認できた。

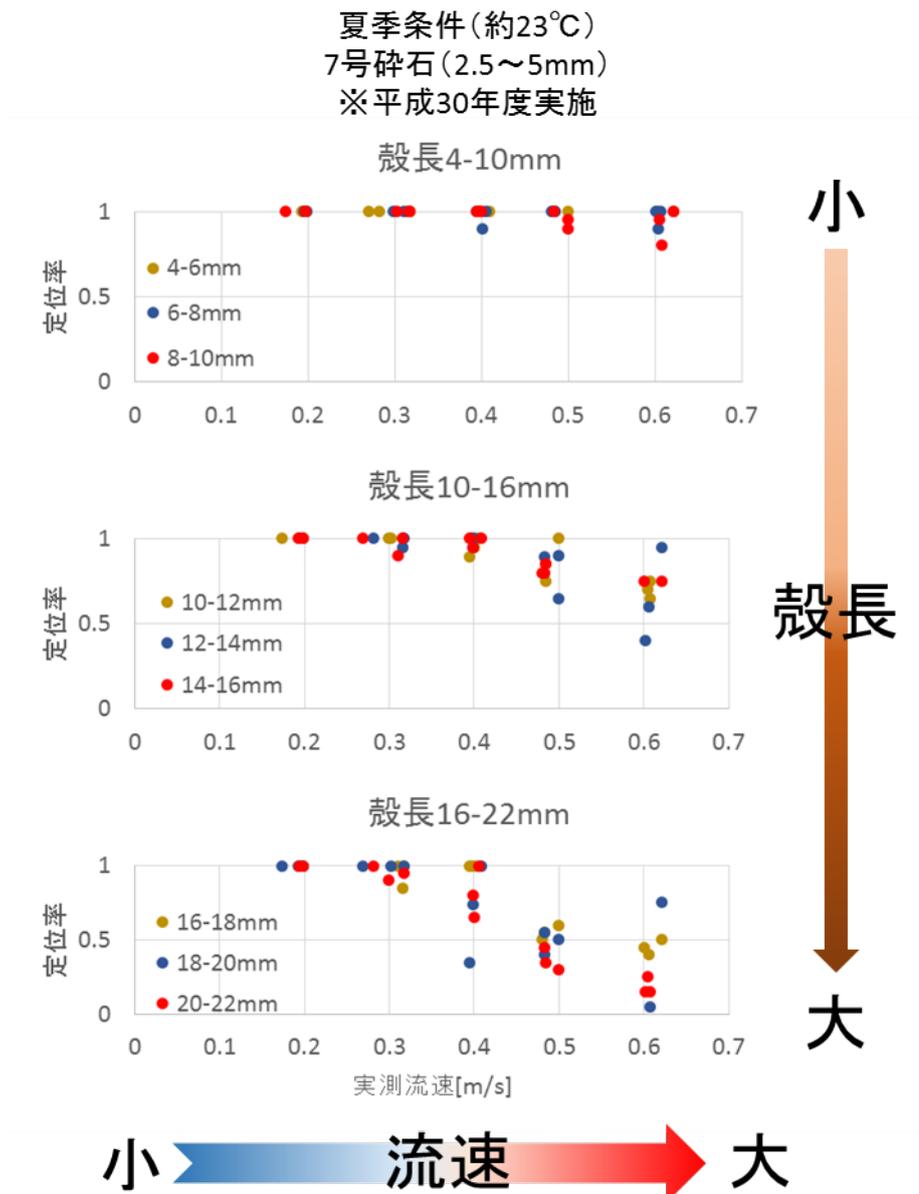
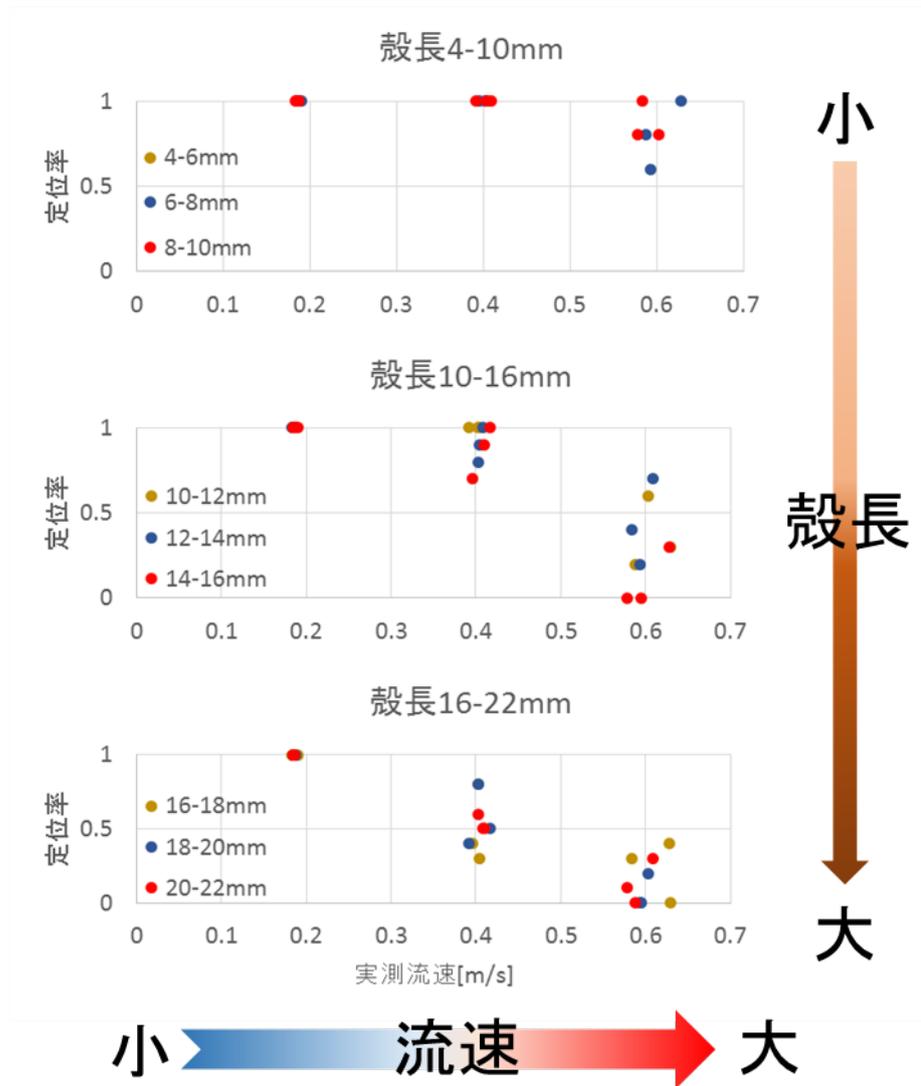


図 2.2.2-1(1) 振動流水槽を使用した碎石敷設環境下における波浪環境とアサリ殻長別の定位率の関係(夏季条件、7号碎石)
(流速は現地調査に基づいて、0.6m/sを最大波浪流速とした)

冬季条件(約13°C)
7号碎石(2.5~5mm)



冬季条件(約13°C)
6号碎石(5~13mm)

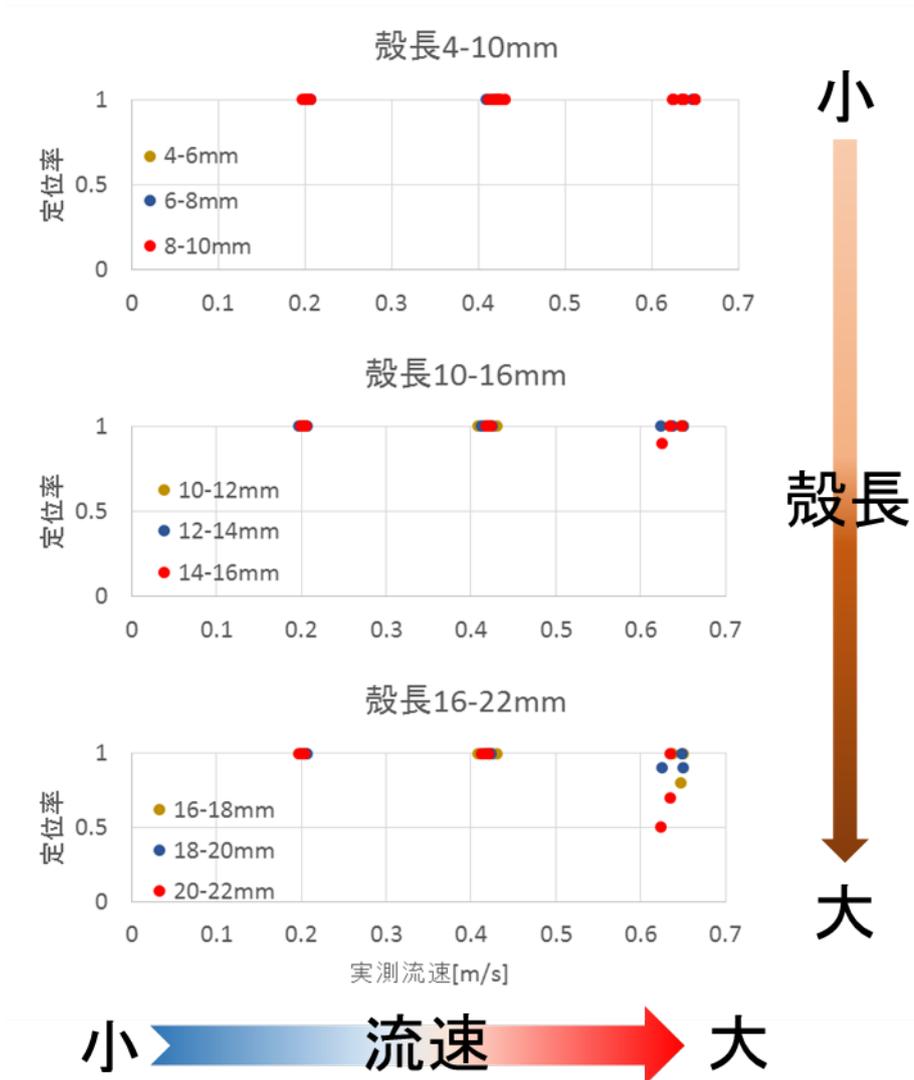


図 2.2.2-1(3) 振動流水槽を使用した碎石敷設環境下における波浪環境とアサリ殻長別の定位率の関係(冬季条件、6号碎石)
(流速は現地調査に基づいて、0.6m/sを最大波浪流速とした)

2.3 野外実験

砕石を用いた漁場整備の施工方法として、水深 2m 以下（潮下帯）では、グラブ船による施工が行われてきた。しかし、水深 2m 以浅（潮間帯）では、グラブ船が入れないことから、バケツスロープ（小型船舶に装着）を用いた手作業による砕石投入が行われてきたが、大規模な造成は困難である。そこで、浅海域の覆砂工事で用いられてきた圧送ポンプを活用した砕石敷設手法を検討した（図 2.3-1 参照）。

| グラブ船による施工 | 圧送ポンプによる施工 | バケツスロープによる施工 |
|---|---|---|
| グラブ船（ガット船）を用いた砕石の投入方式。大容量グラブを使うことで工期を短くすることが出来るが、喫水が深いことから、浅場での施工は困難。 | 圧送ポンプにより、砕石を海上に送り、砕石を投入する方式。喫水が浅いことから、潮間帯などの浅場で施工が可能。 | 漁船にバケツスロープを設置して、漁業者が自身で施工が可能。潮間帯での施工は可能であるが、施工量が小さいため大規模造成には不適。 |
|  |  |  |
| 潮下帯 | 潮間帯（水深0.7mまではOK） | 潮間帯 |
| 2,000万円（砕石費含む） | 4,600万円（砕石費含む） | 900万円（砕石費のみ） |
| 敷設：3日、準備・撤去：2日 | 敷設：24日、準備・撤去：5日 | 敷設：167日(60m ² /日) |

注）工事費・施工日数は大規模造成を想定して広さ 1ha、厚さ 0.2m としている

図 2.3-1 砕石敷設方法

2.3.1 方法

平成 30 年度は、愛知県衣崎漁協潮干狩り場にて、7 号砕石を 20m×20m の範囲に圧送ポンプを用いて施工試験を行った。今年度は、愛知県西三河漁協潮干狩り場にて、7 号砕石よりもサイズの大きい 6 号砕石の施工試験を実施した（範囲は 20m×20m）。

表 2.3.1-1 工事概要

| | |
|-------|---|
| 施工時期 | 令和 1 年 7 月 1～10 日 (準備:5 日、工事:1 日、撤収:2 日) |
| 場 所 | 愛知県西尾市西三河漁協潮干狩り場 |
| 規 模 | 20m×20m(400 m ²) |
| 地盤高 | D.L.+20 cm |
| 覆砂材 | 6 号砕石 |
| 覆砂厚 | 20 cm |
| 必要砕石量 | 80m ³ (20m×20m×0.2m) |
| 施工方法 | サンドポンプによる圧送法 |

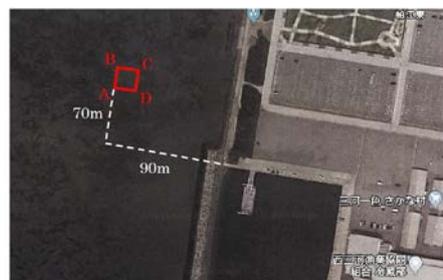


写真 2.3.1-1 工事位置

2.3.2 成果

平成 30 年度の施工試験の成果は、7 号砕石を圧送ポンプで散布することが可能であることがわかった。また、今年度の施工試験では、サイズの大きい 6 号砕石の散布も可能であり、小潮時に施工することで、潮位の制限を受けることなく、連続して作業することが出

来た。

課題としては、①陸上部に圧送ポンプユニット・砕石の置場など広いヤードが必要になる。②短期間での施工は可能であるが、圧送ポンプユニットなどの設置期間が必要。③費用が高い等が挙げられる。

以上のことから、浅海域の大規模な造成を目指すためには、さらに安価で施工できる技術を開発することが必要である。



写真 2.3.2-1 圧送ポンプユニット



写真 2.3.2-2 敷設状況



写真 2.3.2-3 砕石敷設状況(工事完了後1週間後)

3 整備漁場の維持管理手法の開発

3.1 目的

「アサリ資源回復のための母貝・稚貝・成育場の造成と実証」(平成 27～29 年度)では、造成した漁場でアサリ稚貝の移殖放流による漁場改善効果の検証試験を実施し、漁獲までつながった成功例が挙げられた。一方で、漁獲資源が少ない造成漁場もあり、その要因としてヒトデなどの食害生物の増加が考えられている。また、造成漁場への砂の堆積による機能低下も認められるため、整備した漁場を粗放的に利用するだけでなく、機能を最大限に発揮するための維持管理手法が求められる。

以上のことを解決するために、平成 30 年度はアサリ漁場造成区において、耕耘や漁業活動による食害生物駆除および底質変化について調査を行った。本年度は、整備した漁場の維持管理に伴うアサリ成長生残効果について検証する。これらの結果に基づいて、アサリ生残率向上のための食害生物駆除や底質維持について方法、時期、頻度など効果的な維持管理手法について検討する。

3.2 結果と考察

3.2.1 千葉県

3.2.1.1 調査の概要

阻害生物について、2018 年に船橋地区の造成区において、H30 砕石区で 8 月以降アサリ漁業の阻害生物とされるホトトギスガイが大量発生し、漁場内でマットを形成したため、ホトトギスガイの生物量をモニタリングするとともに、駆除を行った。駆除は、漁業者が底曳網用の桁で海底を耕うんすることにより行い、H30 砕石区のホトトギスマット発生面積のうち 2/3 の駆除を行った。

砂の堆積による造成漁場の機能低下を把握するため、7 号砕石を敷設した造成地における底質中の砕石比率(底質中の砕石の含有率, w/w, 以下、砕石比率)を調査した。先端のコア一部を取り外し可能とした直径 5cm の透明塩ビ管を用いた器具により、海底面から 20cm 以深までの底質を採取し、採取物を収納したままコア一部分を取り外して、ゴム栓で密閉した状態で研究室に持ち帰った。持ち帰ったサンプルは、表層から 5cm 毎の 4 層に分け、それぞれの砕石の含有比率(% , w/w)を求めた。

3.2.1.2 結果と考察

阻害生物について、駆除前の 10 月調査時には、H30 砕石区のホトトギスガイ個体密度が 13,734 個体/m²で同時期の対照区の 462 倍、重量密度は 2,371g/m²で同時期の対照区の 48 倍に達していたが、駆除後の 11 月調査時には個体密度、重量密度とも激減した(図 3.2.1.2-1, 図 3.2.1.2-2)。10 月調査時までは、簡易グラブ採泥器による採泥に障害となるほどの密度でホトトギスガイが見られたのに対し、11 月調査時には H30 砕石区の砕石区全ての調査点でホトトギスマットは確認されず、漁具による耕耘が効果的な駆除方法であることが確認された。

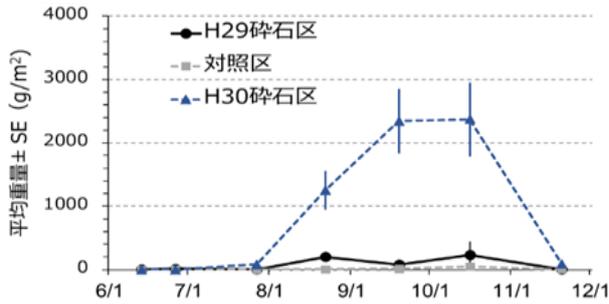


図 3.2.1.2-1 船橋地区試験区における
ホトギスガイ個体密度

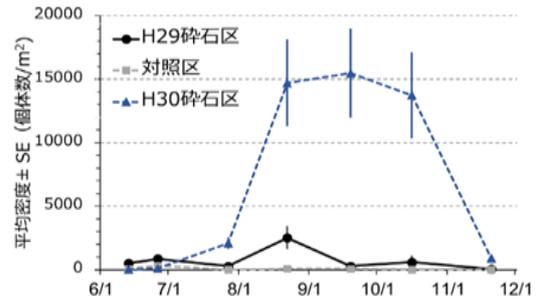


図 3.2.1.2-2 船橋地区試験区における
ホトギスガイ重量密度

底質中の碎石比率について、7月と8月の1か月間の変化を比較したとき、今年度造成したR1年碎石区では、敷設1か月後の7月では表層に近いほど碎石の比率が高かったが、敷設2か月後の8月では0～5cm層よりも5～10cmおよび10～15cm層の方が碎石の比率がやや高かった(図3.2.1.2-3)。表層では波浪によるかく乱および砂の移動により碎石比率の低下が生じたと考えられる。既存のH29、30碎石区では碎石の比率が高い層では、40～50%の碎石が混在していた。H30碎石区では7月に最も碎石の比率が高い層が10～15cmであったが8月には5～10cmに浅くなった。これに対し、H29年碎石区では、7月に最も碎石の比率が高い層が5～10cmであったのに対して8月には15～20cmと深くなった。碎石比率の高い層の深さが調査時により異なるのは、図1.2.1.2-4から調査時の間に2回、有義波高60cmの波浪が発生していることから、波浪が砂を移動させることで、碎石比率が高い層の深さが変化しているのではないかと考えられた。

また、敷設年ごとに比較した場合、碎石比率は0～20cmで造成後1～2か月(R1碎石区)で78.5%、1年後(R30碎石区)で31.8%、2年後(H29碎石区)で19.5%であった。アサリが底質に埋没してもあまりへい死しない0～10cm(崔 1963)までの場合、造成後1～2か月は88.8%、1年後は22.2%、2年後は17.3%、それより深い10～20cmでは造成後1～2か月は68.2%、1年後は41.4%、2年後は21.8%と急激に碎石の割合が低下、碎石が沈み込んでいることが確認された。このことから、碎石を敷設した効果を持続させるためには、表層近くの碎石比率を高めるための作業、例えば漁業活動や耕耘(底質を海中で篩うことにより、泥や細砂は流失し、碎石が元の場所に残る)が必要であると考えられた。

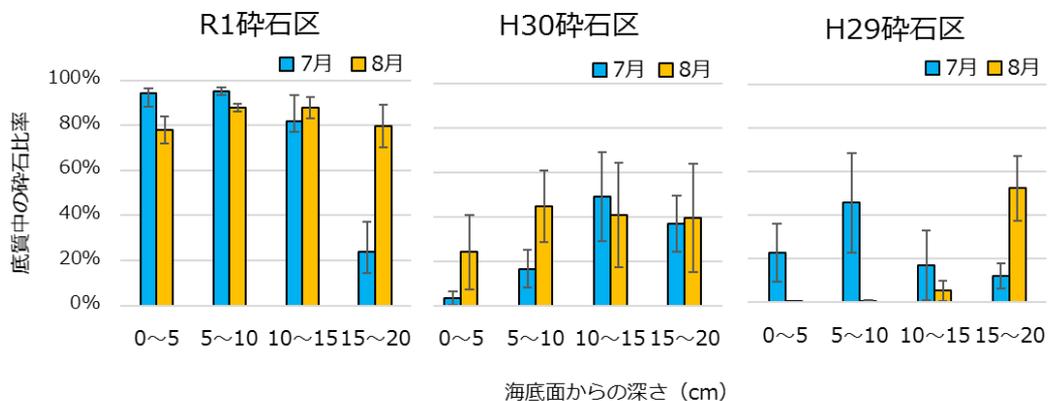


図 3.2.1.2-3 船橋地区試験区における海底面から20cmまでの階層別碎石比率

3.2.2 三重県

3.2.2.1 調査の概要

三重県松阪地区では、2014～2017年に造成した7号砕石区において砕石残存が確認されている。また、同地区では砕石区においてアサリを捕食するヒトデ類（キヒトデ、スナヒトデ、モミジガイ、トゲモミジガイ）の駆除が課題となっている。今年度は、引き続き砕石区の維持管理手法を検討するため、2015～2018年に造成した7号砕石区と対照区において粒度組成の季節変化を調査した。また、ヒトデ類の生息密度、ヒトデ類によるアサリの食害状況、およびヒトデ類の駆除方法を検討することとした。ただし、ヒトデ類の駆除については、ヒトデ類が自然消滅したため、駆除が不要となり、駆除方法を検討することはできなかった。

3.2.2.2 結果と考察

2017年区における砕石割合は、前年7月と比べて今年の5月にやや低くなったが、今年の7月に再び高くなり、堆砂の除去は不要と判断された（図3.2.2.2-1）。一方、2015年区や2017年区では砕石割合が低下し、2018年区では大部分の砕石が消失していた（図3.2.2.2-1）。浅い深度ほど低下が著しかったことから（図3.2.2.2-1）、砕石の消失は、波浪による砕石の散逸と大量の堆砂の影響によるものと推測される。

三渡川の2017年区では潜水調査時の目視においても堆砂が確認されておらず、上記のように柱状採泥においても確認されなかった。一方、2018年区では、柱状採泥により大量の堆砂が確認されたため、このような海域では人為的に堆砂を除去することは困難と考えられる。1.2.2で述べたように堆砂は周辺環境の影響によるものと推測され、2017年区のように堆砂除去が不要となる海域があることも確認することができた。そのため、今後は、堆砂除去が不要となる海域を選定するための技術開発に取り組むことが砕石区を造成し維持管理していく上で重要と考えられる。

2019年に確認された食害生物はヒトデ類（スナヒトデ、キヒトデ）であった。松名瀬ではこれらの生息密度が3月に激減し、その後の増加は確認されなかった（図1.2.2.2-4）。三渡川では5月から7月にかけて増加したものの、9月に減少した（図1.2.2.2-5）。このように、今年度はアサリの減耗が問題となる秋季から冬季にかけてヒトデ類が出現しなかったため、ヒトデ類の駆除および駆除方法の検討は不可となった。また、採集したヒトデ類全個体の胃内容物を目視で確認したところ、クモヒトデ、巻貝、シズクガイ、魚の死骸、砕石が確認されたものの、アサリは確認されなかった。そのため、今年度はヒトデ類の駆除は不要と判断された。

2018年と2019年の2年連続で、アサリの減耗が問題となる秋季から冬季にかけてヒトデ類がほとんど出現しなかった。ヒトデ類の減少の一因は貧酸素の影響によるものと推測されるが、松名瀬では3月に減少しており、本調査においてその変動要因を明らかにすることはできなかった。しかし、4年間の調査により、ヒトデ類の消長には海域特性があることが明らかとなり、過去に砕石区においてアサリが漁獲対象サイズまで生残・成長した三渡川では、秋季から冬季にかけてヒトデ類が出現しない傾向にあることがわかった。そのため、今後は、ヒトデ類が秋季から冬季にかけて出現しない海域を生息密度調査等により明らかにし、その上で、堆砂除去が不要となる海域の選定等に取り組むことが砕石区を造成する上で重要と考えられる。

| 深度 mm | 松名瀬 2015年区 | | | | | 2018年区 | | | | | 対照区 | | | | |
|-------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | 2018/7/2 | 2019/5/27 | 2019/7/22 | 2019/9/19 | 2019/11/21 | 2018/7/2 | 2019/5/27 | 2019/7/22 | 2019/9/19 | 2019/11/21 | 2018/7/2 | 2019/5/27 | 2019/7/22 | 2019/9/19 | 2019/11/21 |
| 25 | 32 | 14 | 24 | 16 | 9 | | 5 | 3 | 8 | 1 | | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 75 | 29 | 13 | 26 | 22 | 17 | | 7 | 0 | 15 | 1 | | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 125 | 23 | 8 | 17 | 39 | 13 | | 1 | 0 | 14 | 12 | | 1 | 0 | 5 | 2 |
| 175 | 11 | 8 | 11 | 5 | 2 | | 0 | 0 | 8 | 9 | | 2 | 2 | 3 | 1 |
| 225 | 10 | 7 | 0 | 7 | 2 | | 0 | 0 | 2 | 1 | | 2 | 4 | 2 | 2 |
| 275 | 2 | 3 | 1 | 5 | 1 | | 0 | 0 | 3 | 0 | | 3 | 1 | 3 | 1 |

| 深度 mm | 三渡川 2016年区 | | | | | 2017年区 | | | | | 対照区 | | | | |
|-------|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | 2018/7/2 | 2019/5/27 | 2019/7/22 | 2019/9/19 | 2019/11/21 | 2018/7/2 | 2019/5/27 | 2019/7/22 | 2019/9/19 | 2019/11/21 | 2018/7/2 | 2019/5/27 | 2019/7/22 | 2019/9/19 | 2019/11/21 |
| 25 | 21 | 10 | 28 | 20 | 6 | 36 | 21 | 31 | 37 | 38 | | 0 | 3 | 1 | 1 |
| 75 | 23 | 12 | 24 | 22 | 7 | 32 | 17 | 39 | 39 | 39 | | 0 | 4 | 2 | 1 |
| 125 | 14 | 12 | 12 | 22 | 3 | 31 | 16 | 33 | 26 | 24 | | 0 | 5 | 2 | 3 |
| 175 | 9 | 12 | 3 | 5 | 4 | 15 | 7 | 13 | 20 | 17 | | 3 | 8 | 2 | 2 |
| 225 | 5 | 9 | 1 | 5 | 4 | 7 | 9 | 19 | 17 | 23 | | 3 | 7 | 3 | 2 |
| 275 | 4 | 8 | 4 | 4 | 5 | 10 | 11 | 10 | 12 | 13 | | 0 | 5 | 1 | 0 |

図 3.2.2.2-1 松阪地区における砕石割合(%)の推移

3.2.3 愛知県

3.2.3.1 調査の概要

○造成漁場における底質の変遷

三河湾の北西部にある一色干潟のうち、衣崎漁協管内の潮干狩り場において、2018年8月に造成した碎石覆砂区（St.1）と隣接する原地盤の対照区（St.2）において、造成後の底質の変遷について調査した。柱状採泥による調査は、2019年6月（造成約9ヶ月後）、8月（同約1年後）、11月（同約1年3ヶ月後）に実施した。調査方法は、内径4.5cmの亚克力コアを25cm以上海底に挿入し、ゴム栓で封入し船上または研究室で表層から5cmずつ計4層を切り出し層別底泥試料とした。各区3回ずつ採取した。層別底泥試料は、脱塩処理および過酸化水素水による有機物分解後、約110℃で12時間以上乾燥させ、各メッシュのフルイにより分画し、各分画の乾燥重量を計測した。

○漁具（水流噴射式けた）による維持管理効果の検証

伊勢湾東岸域の小鈴谷地区で、2016年度に造成し2018年度にも試験を実施した28砂利区（10×20m）において、砂利や碎石覆砂漁場で維持管理効果について実証試験を行った。2018年度までの試験において、海苔養殖用コンポースの埋設用噴流ポンプを用い漂砂を噴き飛ばすことができ砂利漁場の改善効果が見られたため、今年度は漁業者が通常用いる噴流ポンプを備えた漁具（水流噴射式けた）の曳航による検証試験を実施した。使用した漁具はけた幅が1mで18個の水流吐出口が付けられている（図3.2.3.1-1）。ポンプ（セルプラポンプ、寺田ポンプ製作所）は、所要動力4.6kw、口径50mm、回転数約3,800回/分で運転し、作業時の出力条件と同じとし、ポンプ出口から消防ホース（約5m）を介してけたの水流吐出口へ海水が供給される構造となっている（図3.2.3.1-1）。この漁具による曳航試験は、2019年7月18日に実施し、砂利区内を5回曳航することによった。柱状採泥による調査は、2019年6月（試験前）、7月（試験直後）、8月（試験約1ヶ月後）、10月（同約3ヶ月後）に実施した。調査方法は、上述と同様である。



図 3.2.3.1-1 試験に用いた漁具(左)とポンプ稼働時の水流噴射(中)、および曳航試験時の様子(右)

3.2.3.2 結果と考察

○造成漁場における底質の変遷

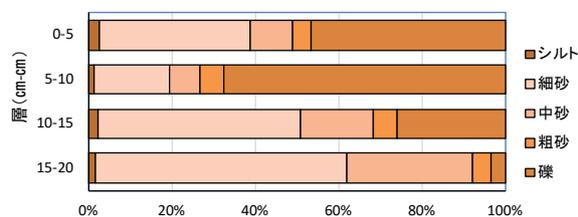
2018年8月の造成以降、衣崎地区の碎石覆砂区は維持管理措置を行っていないが、2019年6月（造成約9ヶ月後）においても、乾燥重量による礫割合は0-5cm層で47%、5-10cm層で68%と、アサリの潜砂深度（10cm）までの平均で58%であった（図3.2.3.2-1）。一方、隣接する対照区において礫は確認されず、中砂および細砂を主体とする底質であった。碎石覆砂は覆砂厚20cmで実施され周辺より地盤が高くなったため、漂砂の堆積が比較的

軽微であり、また対照区で礫がみられなかったことから、周辺への拡散はほとんどないと考えられた。ただし、台風が通過した後の8月（1年後）や11月（1年3ヶ月後）の結果を見ると、時間が経つにつれて礫割合は減少しており、細砂の割合が増加した（図 3.2.3.2-1）。このことは、隣接する原地盤区の調査や周辺原地盤の観察から碎石が逸散していないことが確認されていることから、造成材である碎石そのものが減少したものではなく、波浪等により攪乱されやすい細砂が碎石覆砂表面に堆積したものと考えられた。今後も天候イベントの後などを中心にその変遷について検討する必要がある。

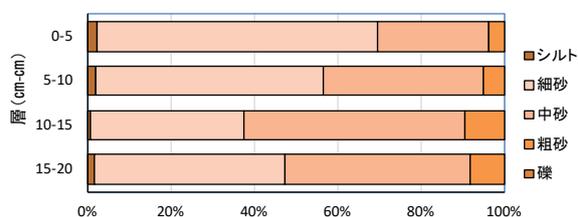
○漁具（水流噴射式けた）による維持管理効果の検証

検証試験実施前の6月における礫割合は、10 cm深までは9~13%と低く、礫は主に15cm以深での割合が高かった（図 3.2.3.2-2）。昨年度の水流ポンプによる維持管理措置後8か経過しており細砂および中砂が表面に堆積しているとみられた。水流噴射式けたの5回の曳航では、けた幅が1mであったため試験区全体に処理が施されなかったものの、試験1日後の観察によると、曳航したラインは周囲より地盤高が低く曳航痕として認識でき砂利が表面に露出していることが確認された（図 3.2.3.2-3）。その曳航痕において試料採取した結果、10 cm深までの礫割合は47~62%と試験前に比べ明らかに増加しており、地盤が下がったことから漂砂が水流噴射により吹き飛ばされ、礫が表面に現れたと考えられた。しかしながら、8月（1ヶ月後）には10 cm深までの礫割合は26~41%まで減少し、10月（3ヶ月後）には試験前と同レベルまで礫割合は減少した。以上から、漁場によっては数ヶ月で漂砂が堆積し維持管理が必要となる一方、漁具である水流噴射式けたを曳航することで礫割合の増加が確かめられたことから、通常の操業により碎石覆砂漁場を利用されることで、維持管理効果が期待できると考えられた。

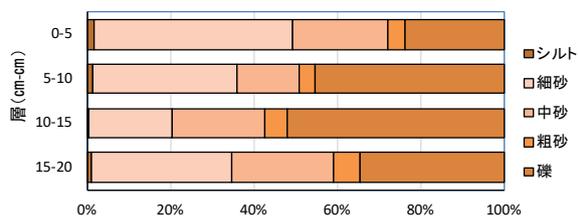
6月（9ヶ月後） 碎石覆砂区



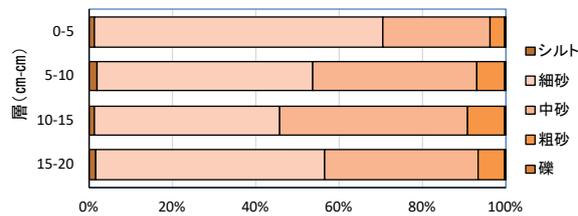
6月（9ヶ月後） 対照区



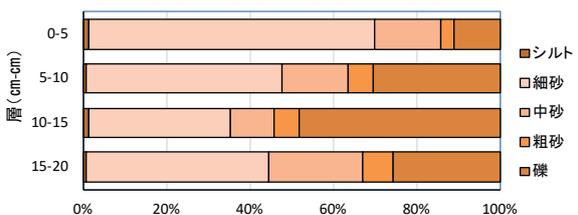
8月（1年後） 碎石覆砂区



8月（1年後） 対照区



11月（1年3ヶ月後） 碎石覆砂区



11月（1年3ヶ月後） 対照区

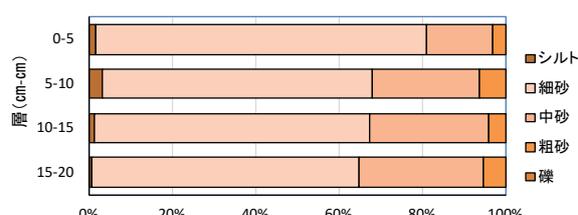
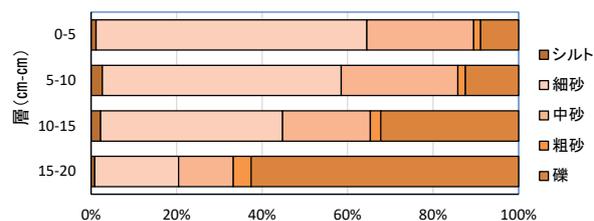
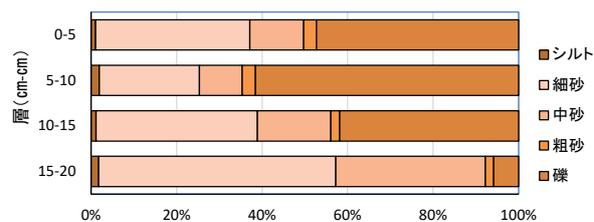


図 3.2.3.2-1 衣崎地区碎石覆砂区(左)と対照区(右)の層別における砂粒径区分の割合(乾燥重量%)

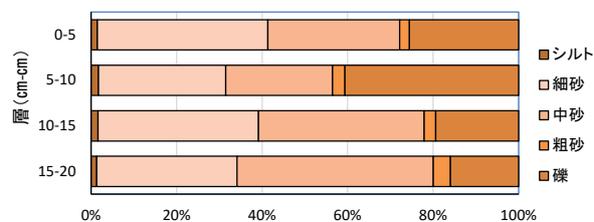
6月 試験前(維持管理8か月後)



7月 試験後(1日後)



8月 試験後(1ヶ月後)



10月 試験後(3ヶ月後)

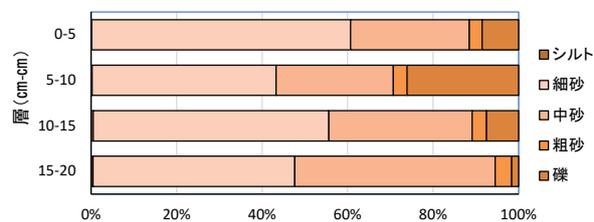


図 3.2.3.2-2 小鈴谷地区における水流噴射式けた曳航前後における砂粒径区分の割合 (乾燥重量%)



図 3.2.3.2-3 水流噴射式けた曳航後の曳航痕における海底表面の様子

4 アサリ漁場造成手引きの作成

4.1 目的

本事業の課題ア～ウの成果ならびに「アサリ資源回復のための母貝・稚貝・成育場の造成と実証」(平成 27～29 年度)の成果をもとに、大規模な漁場整備を実現させるために、公共事業へ反映させるための方法論の提案が必要となる。本課題では、現地調査、漁場改善効果予測による適地選定、大規模漁場整備技術、モニタリング調査、維持管理手法一連のプロセスによるアサリ漁業活動復活のための方法論について取りまとめて、「砕石を利用したアサリ漁場造成の手引き(案)」の作成を行う。本年度は、下記の目次(案)をもとに、執筆を行う。

4.2 目次案の検討

H30 年度に提案された旧 目次案に、砕石敷設工の効果として、理論的な考察と砕石敷設工を実施する際に必要な目標設定、施工方法の検討を追加した。旧目次案と新目次案を下記に示す。

旧 目次案

1. はじめに
2. 砕石の効果について
3. 適地選定に向けたアサリおよび環境データの収集および分析
4. 野外調査による予測の検証
5. 統計解析による改善効果予測
6. アサリ漁場造成
7. 造成後の維持管理手法
8. 引用文献
9. 執筆者

新 目次案

1. アサリ漁場の状況
2. これまでに実施されてきた対策
3. 砕石敷設工の効果
 - 1) 理論的考察
 - 2) 振動流水槽を用いた実験的考察
 - 3) 現地データによる考察
4. 砕石敷設工を実施する際の検討フロー
 - 1) 目標設定
 - 2) 適地選定
 - 3) 砕石敷設工の材料と形状の設定
 - 4) 施工方法の選定
 - 5) 維持管理の方法
5. 引用文献
6. 執筆者

4.3 目次に追加した項目の検討

4.3.1 「3. 砕石敷設工の効果 1) 理論的考察」について

アサリが生息する干潟域は、波と流れが共存する場であり、底質は種々な粒径の砂泥や砂漣による凸凹が形成されている。アサリ稚貝の移動は、潜砂や足糸などアサリの生物的な行動を考慮しないで、力学的な現象について単純化するならば、水理学の流砂や漂砂の理論を利用して求めることができる。本モデルの解析は、まず、対象地点における底質の平均的な安定性を評価し、次に、アサリ稚貝の安定性は、底質の平均粒径と比較してアサリ稚貝の遮蔽・露出の効果、アサリの低比重の効果を検討して算出する。海底に砕石（平均粒径 5mm 程度、漁業者の漁獲に影響しない）を敷設した場合は、砕石はアサリ漁場の極浅海域では波・流れで移動することは、ほとんど無い。外力によってアサリ稚貝を動かす力が、アサリ稚貝の止まる力（自動力を除外）よりも大きい場合は移動が生じ、その逆の場合は停止する。混合砂の漂砂の考え方を応用し、砕石などの敷設材の設置によるアサリ稚貝の定位効果を理論的に評価する。

4.3.2 「4. 砕石敷設工を実施する際の検討フロー 1) 目標設定」について

砕石を敷設して、どの程度のアサリの漁獲が期待できるか、試算を試みた。

まず、過去の資源量調査（船橋地先）から、どの程度漁獲できる漁場なのか評価した。船橋のアサリ漁場は、4ヶ月毎に、20地点でアサリの資源量調査を実施している。過去3年間、上位5の平均をとると、漁獲対象である殻長 27mm 以上は約 68 個体/m²であることがわかった。

次に、漁業者の生活を支えるために、どの程度漁獲できる漁場であるべきか評価した。漁業者に①1日の漁獲高、②1日の漁獲可能面積、③アサリ単価設定等をヒアリングした。

この結果、

①船橋または市川行徳での1日の金額は3万位が目標。

②大巻（間口 0.77m）は約 30m 程度操業。回数は 10 回程度

③アサリ単価：過去からの平均的単価 300 円/kg

※アサリ成貝 1 個を 8g として計算

以上をもとに試算すると、

1日の漁獲高（3万）÷アサリ単価 300 円/kg=100kg

従って、1日の作業で、上記漁獲するのに m²何個体成貝が生息すれば良いかを試算する。

漁獲量（100kg）÷1日の漁獲可能面積 231m²（30m×10回×0.77m）=0.43 kg/m²

0.43 kg/m²÷約 0.008kg÷54 個体/m²

漁業者の生活を支えるためには、約 50 個体/m²必要であることがわかった。

5 委員会などの設置・運営

以下のとおり、実施したので報告する(実施予定も含む)。

5.1 担当者会議

5.1.1 第1回担当者会議

開催日：2019年4月23日

場所：中央水産研究所 会議室

参加機関：水産工学研究所、増養殖研究所、千葉県水産総合研究センター、愛知県水産試験場、三重県水産研究所、(株)東京久栄、海洋エンジニアリング(株)、水産庁

概要：今年度の実施課題に関し、各担当機関から調査計画についての報告を行い、現地調査および現地観察の日程調整ならびに作業工程について確認した。また、本事業の予算配分について全機関から認証された。

5.1.2 第2回担当者会議

開催日：2019年10月16日

場所：中央水産研究所 会議室

参加機関：水産工学研究所、増養殖研究所、千葉県水産総合研究センター、愛知県水産試験場、三重県水産研究所、(株)東京久栄、海洋エンジニアリング(株)、評価委員(北海道大学 門谷先生、東京海洋大学 鳥羽先生、横浜国立大学 中村先生)

概要：本年度の中間報告として成果の見込みを報告し、調査や観測計画について確認を行った。また、評価委員から本事業の取組みについてコメントをもらった。

5.1.3 第3回担当者会議

開催日：2020年2月4日

場所：中央水産研究所 会議室

参加機関：水産工学研究所、増養殖研究所、千葉県水産総合研究センター、愛知県水産試験場、三重県水産研究所、(株)東京久栄、海洋エンジニアリング(株)、評価委員(北海道大学 門谷先生、東京海洋大学 鳥羽先生、横浜国立大学 中村先生)

概要：本年度の年度末報告として成果の見込みを報告し、調査や観測計画について確認を行った。また、評価委員から本事業の取組みについてコメントをもらった。

5.2 年度末報告会

水産基盤調査委託事業のアサリ・干潟グループの研究事業年度末報告会は、2020年2月25日に農林水産省中央会議室で開催された。本年度の事業取り組み内容の説明、評価委員(東京海洋大学 鳥羽先生、東邦大学 大越先生)をはじめ会場参加者の方々から助言を受けた。

6 成果の普及

6.1 目的

学会発表やシンポジウム等を利用して、成果の普及を行なう。(全組織)

6.2 学会発表等

- 日比野 学・服部宏勇・松村貴晴・長谷川拓也・宮脇 大・鈴木智博 2019年11月30日
「アサリに起こったこととこれから」水産海洋地域研究集会第15回
伊勢・三河湾の環境と漁業を考える(愛知県名古屋市(名古屋大学))
行政・漁業者等119名

6.3 論文

該当なし

6.4 普及活動

- 日比野学 2019年5月「耕うんによる砕石覆砂の機能維持について」月刊水試ニュース
514号, 愛知県水産試験場発行
- 服部宏勇 2019年7月9日「県内各地先におけるアサリの減耗と生残及びそれに関わる要
因～アサリを増やすためにできること～」令和元年度藻類貝類養殖技術修練会
(愛知県半田市) 漁業者等89名
- 日比野学・服部宏勇・松村貴晴・長谷川拓也・阿知波英明・二ノ方圭介 2019年12月25
日「三河湾におけるアサリの現状とこれから」あさり勉強会(東京
都品川区(東京海洋大)) 大学等約70名
- 山下元三 令和元年12月4日 アサリ資源増大対策の取組と評価・検証 第4回アサリ
資源増大対策推進会議 漁業者等約40名
- 佐藤誠浩 令和元年12月25日 振動流下における砕石敷設によるアサリ定着メカニズム
の解明(続編) あさり勉強会 研究者等約70名
- 佐藤誠浩 令和元年12月17日 令和元年度・水理模型実験結果 船橋市漁協活動グルー
プ砕石覆砂検討会 漁業関係者等約25名

6.5 報道

該当なし