

I. 調査課題名

「アサリ資源回復モデルの開発と実証」

II. 実施機関、部局名及び担当者名

水産総合研究センター

水産工学研究所*

桑原久実*・南部亮元

増養殖研究所 日向野純也・渡部諭史・藤岡義三・石樋由香・松本才絵・長谷川夏樹

三重県水産研究所

羽生和弘・国分秀樹・畑直亜・水野知巳

愛知県水産試験場 宮脇大・阿知波英明・服部克也・原田誠・山本有司・村内嘉樹・

山本直生・横山文彬・石井亮

株式会社東京久栄

田中良男・竹下彰・西村規宏・齊藤政幸・井上隆彦

株式会社日本アスピー

岡本博

海洋エンジニアリング株式会社 工藤倫彰・石井亮・菊地昭・松井康雄・志水貴之

*印は中核機関と主担当者

III. 実施年度

平成24年度～平成26年度

IV. 目的

アサリの漁獲量は1980年代半ばをピークに減少傾向にあり、近年は最盛期の5分の1程度の漁獲量で推移している。これまでの水産基盤整備調査事業や他の研究によって、湾内に点在しているアサリの局所個体群が浮遊幼生の分散を介した輸送ネットワークによって互いに子孫を供給し合い、個体群を維持する機構が明らかになりつつある。したがって、アサリ資源の回復を図る方策として、局所個体群間のネットワークを考慮した対策技術を構築し、湾域全体として漁獲量を増大させ、安定させることが望まれている。本事業では、波浪による減耗が大きいと考えられる伊勢湾を対象に、アサリの生活史を考慮した資源回復モデルを開発し、これを軸として、これまでに水産基盤調査で積み重ねてきた各種要素技術を現地で展開し、低迷するアサリ漁獲量の資源回復を実現し、成功事例をつくることを目的とする。また、湾スケールでのアサリ資源回復に向けたマスタープランの提示を目指す。

V. 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6項目の研究開発等を行う。

(1) アサリ資源回復モデルの開発

a) 浮遊幼生、稚貝、成貝、産卵・漁獲といったアサリの一連の生活史を取り入れたアサリ資源動態のベースモデルを開発する。

b) アサリの生存に関する制限因子を制御することにより、伊勢湾内のアサリ漁獲量が効率良く回復するために必要な各漁場における対策の種類や規模などについて検討する。

(2) アサリ資源分布調査

a) アサリ資源量および空間分布パターンを把握するための調査方法を検討する。

b) 検討した調査方法を実施し、採取されたアサリの計数・計測を行い、稚貝や成貝の主要な生息場所を明らかにするとともに、稚貝や成貝の主要な生息場所を明らかにす

るとともに、アサリの丸型指数、肥満度などに基づいたアサリの移殖放流の効果に関する基礎資料とする。

(3) 各漁場スケールを対象とした生息環境評価モデルの開発

アサリ資源量調査に基づいて、アサリの生残や成長と各環境データからアサリの好適環境を評価するモデルを構築する。このモデルを用いて、(1)で提示した湾スケールの対策案を、各漁場で実施する際に必要な具体的な方法や場所を提示する。

(4) アサリ資源回復対策の実施

a) 「湾・内海スケールでのアサリ稚貝の自給と干潟ゾーニングによる生産増大システムの開発」(平成22年度～24年度)で開発されたアサリ収集装置について、さらにアサリ稚貝を効率的に採集するための装置に改良する。

b) 漁場スケールモデルによるアサリの生息適地の推定に基づいたアサリ漁場造成方法の検討および漁場造成を実施する。

c) アサリの生息適地の推定およびアサリ漁場造成の効果を検証するため、アサリ稚貝の移殖放流を実施する。

(5) アサリ資源回復対策の検証

a) (4)-c)で実施したアサリ稚貝移殖放流の効果を検証するために、アサリ放流の物理環境調査およびアサリの成長・生残などについてモニタリング調査を実施する。

b) モニタリングの結果にもとづいて、アサリの成長、生残に適した環境について解析を行い、伊勢湾における移殖放流適地について提示する。

(6) 委員会などの設置・運営

a) 伊勢湾のアサリ漁業に従事する漁業者やその関係者、有識者らを招集し、本調査の推進について協議し、調査結果の報告等を行う現地検討会を開催する。

b) 水産基盤調査委託事業のアサリ・干潟グループの事務局として、水産庁と調整しながら、アサリ干潟調査研究事業合同報告会を開催・運営する。

VI. 方法・結果・考察

(1) アサリ資源回復モデルの開発

担当機関：(独)水産総合研究センター水産工学研究所

a) アサリ資源回復モデルの開発

方法

アサリ資源回復モデルは以下の要素から構成した。

1. 伊勢湾と三河湾の沿岸域を、アサリの漁獲量や漁業実態を参考に、15地区に分割した(図1参照)。
2. アサリの産卵は、毎年6月16日と10月17日の年2回で、殻長20mm以上ではじまり、産卵量は1個体当たり50万個体とした。
3. アサリ幼生の地区から地区への輸送は、流動数値解析を行い、幼生に見立てたマーカーを移動させて求めた。マーカーの出発地区(産卵場所)から到着地区(着底場所)への割合を算出して、幼生の輸送マトリクスを作成した。幼生の浮遊期間は15日間と

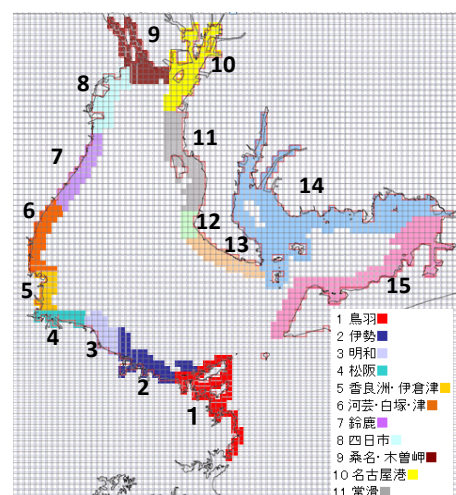


図1 モデル設定した地区区分

し、その間、幼生数は 1/100 になると仮定した。

- 産卵期における湾内流動は、アサリ幼生の輸送に大きく影響するため、幼生輸送マトリクスは、河川流量、風向・風速および湾口部周辺の潮位について、多変量解析で類型化を行った。1983～2003 年の解析を行った結果、春産卵期では 5 パターン、秋産卵期では 6 パターンに類型化できることがわかった。各パターンの中から代表年を決めて流動シミュレーションによるマーカー移動を利用して幼生輸送マトリクスを求めた。
- 稚貝の初期着底は、毎年 7 月 1 日と 11 月 1 日の年 2 回とし、貧酸素の発生や底質悪化などを参考に DL+3m 以浅の漁場に均一密度分布するものとした。
- 着底後のアサリの死亡は、これまでの知見から波浪による底質の不安定/安定性と密接に関係していることから、殻長に応じて、底質が安定/不安定性により死亡率が 0.006 から 0.0285 に変化させた。また、漁獲による死亡率を 0.0015 とした
- アサリが定位可能な底質の安定/不安定性は、対象漁場に来襲する波浪を SMB 法で風データを用いて求め、平均水位(MWL) の月ごとの最大有義波で生じるシールズ数 0.2 以下/以上(底質粒径は 0.3mm と一定)で判定した。この際、波浪場の解析は、エネルギー平衡方程式を用いた。
- アサリの成長は、伊勢湾のアサリを対象とした水野氏（三重県水産研究所）の調査データを参考に Gompertz 曲線で表した。
- 各要素を連結させると図 2 のようになる。

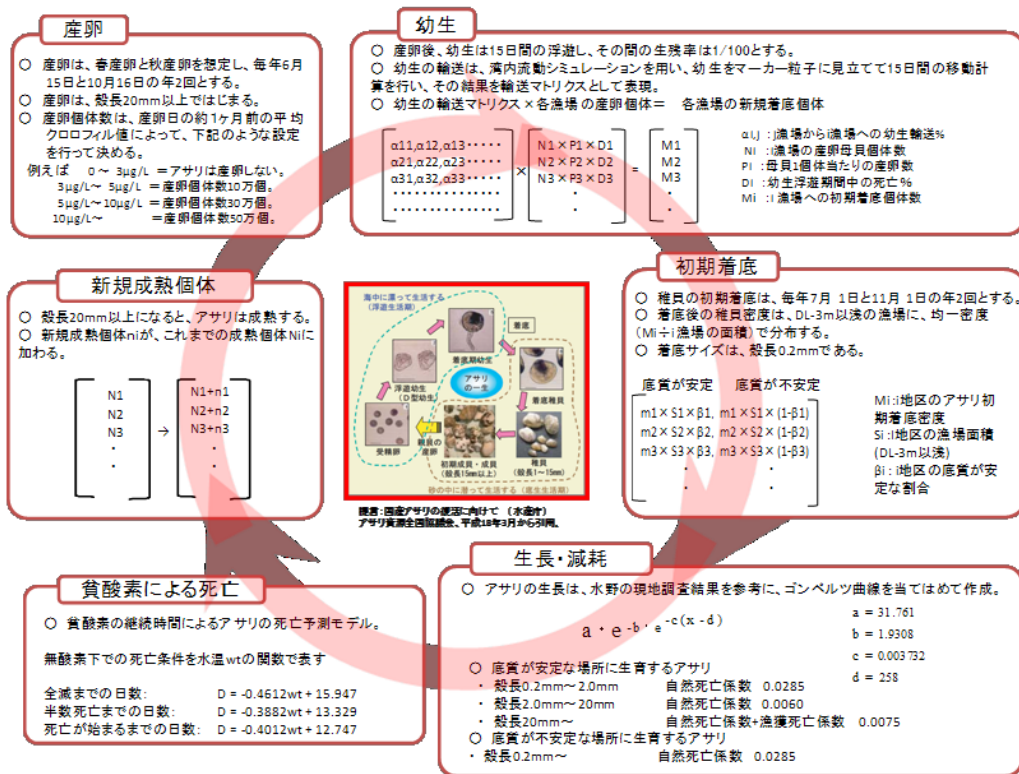


図 2 モデルの概要

結果と考察

地区別漁獲量の年変化について、上述したように種々の仮定をもうけているため実測値と予測値は正確には一致しなかった。そのため、さらに精度を高めるためにフィッティングを実施した。フィッティングの方法は、着底稚貝（殻長 0.2mm）から潜砂能力が高まる

(殻長 15mm) までの死亡率を漁場毎にチューニングした。図 3 は漁獲量の実測値、図 4(a)、(b)は、それぞれ、フィッティング前、フィッティング後の漁獲量の計算値である。また、図 5(a)、(b)は、それぞれ、フィッティング前、後の実測値と計算値の比較を示している。図 5 を見ると、フィッティングを行うことによって、線形近似直線が原点を通る対角線に近づき、多くの地区で漁獲量の予測精度に改善が認められたが、美浜と常滑については大きな改善は見られなかった。以上のことから、フィッティングを行うことで、伊勢湾アサリの資源変動を再現できるモデルが開発できたと考える。

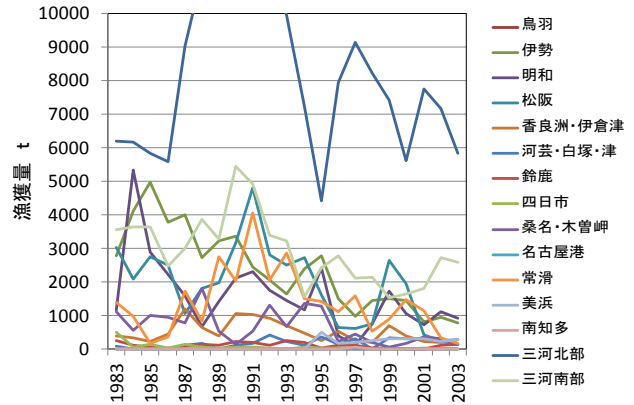


図 3 アサリ漁獲量の実測値

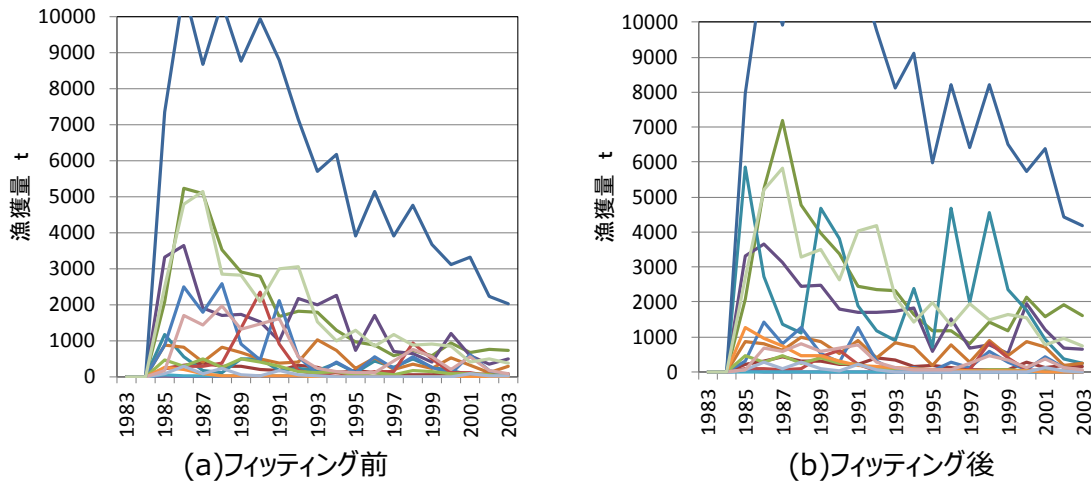


図 4 アサリ漁獲量の予測値

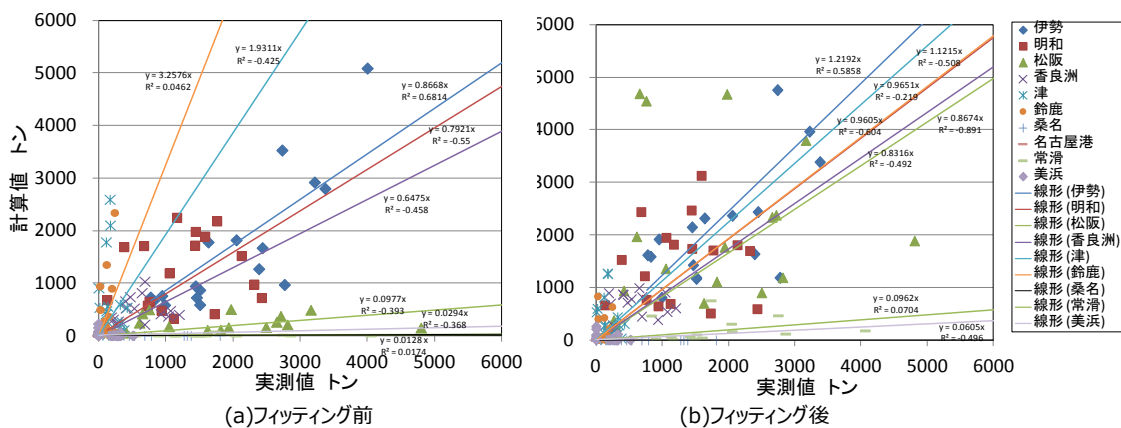


図 5 アサリ漁獲量における漁場別の実測値と予測値の比較

b) アサリ資源回復モデルによる対策技術の検討

方法

アサリ資源回復モデルを用いて、成育場造成と母貝場造成の効果を検討した。検討方法は、1983年から本モデルを用いた計算を行い5年後の1988年に各漁場で、その15年後の2003年に、対策をしなかった場合に対して、伊勢湾全体の漁獲量がどの程度増加するか計算した。成育場造成は、波浪によって底質が不安定となり稚貝が定位できず死亡しやすい場所を、粒径の大きな砂で覆砂することによって底質を安定させ稚貝の生残を高める対策（シンク対策）にあたる。また、母貝場造成は、母貝場に生息する母貝から毎年春と秋に産卵し、海域に幼生を供給する対策（ソース対策）にあたる。

結果と考察

図6に(a)成育場造成を実施した場合、(b)は母貝場造成を実施した場合に伊勢湾全体の漁獲量がどの程度増加するか計算したものである。(a)成育場造成については、三重県側に限られており、松阪や河芸～津で、(b)母貝場造成については、四日市から鈴鹿、名古屋港から常滑で効果が認められた。このことは従来から言われてきたように、母貝場は幼生供給源として湾奥に、成育場は着底稚貝の受け皿として湾中央から湾口に設置した方が良いことを示している。また、15年後、無対策に対して1000トン以上の漁獲増加を見込むためには、成育場は100ha以上、母貝場は1億個体以上を上述した適地に造成する必要があることが明らかとなった。

以上、本モデルを用いて、伊勢湾におけるアサリ資源回復対策について検討した結果、予想以上に、時間と対策規模が必要であることが明らかとなった。しかしながら、当海域では、幸いにも、アサリ稚貝が毎年比較的安定して発生することから、これらの有効利用を徹底して実施することが考えられる。具体的には、次項の各漁場スケールモデルで明らかにした河川余剰土砂や砕石による造成適地に成育場を造成し、放置しておけば死んでしまうアサリ稚貝を積極的に移植して母貝に成長させ母貝場を作る。この取り組みによって、①稚貝の生残を高める移植放流、②母貝場による幼生供給、③安定して成育する漁場造成が、組み合わせさせた複合対策が実現し、相乗効果が期待できるものとする。

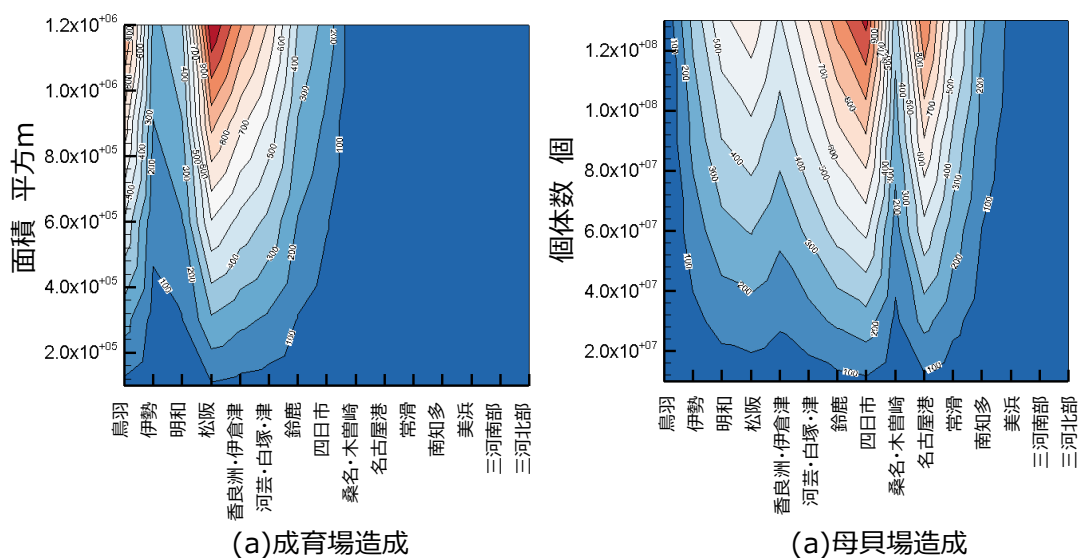


図6 対策効果の予測

(2) アサリ資源分布調査

担当機関：愛知県水産試験場、三重県水産研究所、海洋エンジニアリング株式会社、
(独)水産総合研究センター水産工学研究所・増養殖研究所

a) アサリ資源分布調査方法の検討

目的

アサリ資源量解析を行うにあたり、既存資料などを参考に調査方法や調査計画を設計する方針であったが、当課題を実施するに足る知見が乏しかった。そこで本年度は、春季調査において面積密度法¹⁾による推定精度(変動係数)を検討し、調査地点や調査方法などの調査計画の再構築を行った。秋季調査では、新しい調査計画に基づいて調査を行い、同じく面積密度法による資源量推定および推定精度について検討した。

1. 春季調査

調査方法

2012年4月～5月に三重県桑名地区、津地区、香良洲地区、松阪地区(三渡川および榎田川河口)、2012年6月に愛知県小鈴谷地区で調査を行った。各調査域の調査点数は60地点、採泥回数は4回とした。

採泥回数の検討

調査効率の向上かつ推定精度を下げない採泥回数を決定するために、次のように変動係数による採泥回数の検討を行った。まず、地点毎に実データ(採泥数4回のアサリ密度データ)を用いて1回～8回のリサンプリングを行い、各調査地点の平均密度を求める。次に前述で算出した各調査地点の平均密度を用いて、調査域の調査点数分(60地点)のリサンプリングを行って各調査域の平均密度を求める。この計算を5000回繰り返し、調査域における密度の平均値および標準誤差から変動係数を算出した(図7)。実調査の採泥数4回に比べて、採泥回数を8回にした場合では0.2%～2.3%の改善しか見られず、採泥回数を2回にした場合でも0.3%～3.1%の悪化しか見られなかった。ただし、採泥回数を1回にした場合は、変動係数が10%以上の悪化が見られる調査域があった。以上の結果を踏まえると、1地点あたりの採泥回数は2回以上であると、精度に大きな差はないと考えられる。

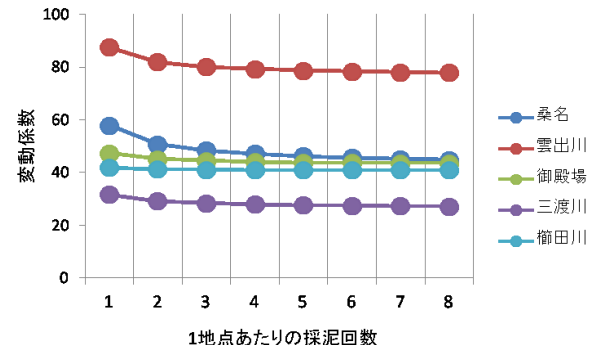


図7 採泥回数と変動係数の関係

調査地点数の検討

最適な調査地点数を決定するため、採泥回数の検討と同様に変動係数による調査地点数の検討を行った。検討は次のように行った。まず、採泥回数の検討で得られた結果に基づいて、地点あたりの採泥数を2回としてリサンプリングを行い、各調査地点の平均密度を求める。次に算出した各調査地点の平均密度を用いて調査域ごとに20地点、30地点(設定した調査地点の半分)、40地点、50地点、60地点(実際の調査地点

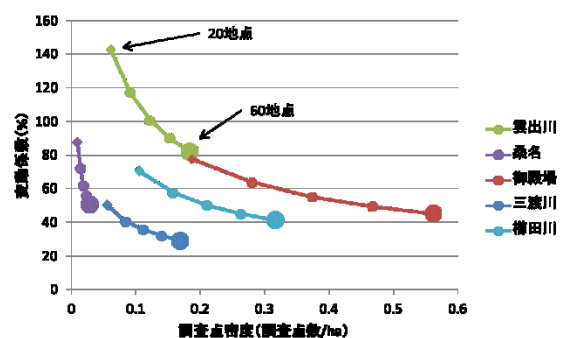


図8 採泥回数と変動係数の関係

数)のリサンプリングを行って、各調査域の平均密度を求める。この計算を 5000 回繰り返して、調査域における密度の平均値および標準誤差から変動係数を算出し、各調査域の面積あたりの調査地点数と変動係数の関係について求めた(図 8)。調査面積あたりの調査地点数と変動係数の関係は調査域間で大きく異なった。これは各調査域の水深や粒度組成の差が影響していると考えられる。ただし、全ての調査域において、調査地点数を減らすと変動係数が大幅に悪化したことから、調査地点数を決定するには、事前調査から各海域における調査地点数別の変動係数を求め、目標とする資源量推定の変動係数を設定して、面積あたりの調査地点数を決定することが望ましい。

2. 秋季調査

調査方法

2012 年 10 月～11 月に、三重県鈴鹿地区、香良洲地区、松阪地区（三渡川および櫛田川河口）、明和地区、伊勢地区、愛知県鬼崎地区、常滑地区、小鈴谷地区、野間地区で調査を行った。春季調査の解析結果に基づいて、各調査域の調査地点数はもっとも変動係数が高かった香良洲地区(雲出川)の調査点数 0.2 点/ha を最小地点数とし、調査地点あたりの採泥回数は調査労力を考慮して採泥回数を 2 回とした。

現存量推定

各調査域のアサリ現存量推定(重量換算)は次のように求めた。まず、志村ら¹⁾を参考に各調査域のアサリ密度を算出し、アサリ個体重量は各調査域の平均殻長から長谷川・日向野²⁾の殻長-重量換算式を用いて求め、各調査域の密度と面積から現存量を重量ベースで算出した。全調査海域の現存量は約 4300t と推定され、もっとも現存量の多い地区で約 1300t、少ない地区では約 30t であった。これは調査域間の密度差ではなく、平均殻長が約 23mm と約 7mm と個体重量が大きく異なっているためである。また、各調査域の変動係数は 22%～69%とばらつきが見られたが、2012 年度の調査では殻長や空間分布を考慮せずに現存量の推定を行ったためと考えられる。今後は、コホート(同時発生群)別あるいは水深や底質などの生息環境による階層化によってアサリ密度に関わる環境因子を抽出し、その結果に基づいて現存量推定を行う必要があるであろう。

推定精度の再現性

春季と秋季で共通して調査した地区は 4 地区あった。推定精度(変動係数)が春季調査と比べて良かった地区は 3 地区、悪かった地区は 1 地区であった。改善した理由としては、単位面積あたりの調査点数に変更したことで春季調査時より 0 個体の地点数が減少したことが考えられる。逆に悪化した原因としては稚貝コホートの出現によって密度のばらつきが大きくなったためと考えられるが、春季調査の香良洲地区の変動係数を超えることはなく、推定精度として許容される範囲であるといえる。このことから、推定精度は調査時期、存在するコホートによって変動するが、今回設定した調査方法で多くの地区で推定精度が改善されることから、本調査による調査計画は妥当であったと考えられる。

b) アサリ資源分布調査

1. 三重県側

方法

2013 年および 2014 年の 5 月(春季)と 11 月(秋季)に、三重県鈴鹿地区、香良洲地区(雲出川河口)、松阪地区(三渡川および櫛田川の河口)、明和地区、伊勢地区(宮川および五十鈴川の河口)で採泥によるアサリ資源調査を行った。調査地点の配分は、資源量推定値の変動係数を可能な限り小さくするように各水深帯に配分した。松阪地区につい

ては2013年7月、9月、1月、2014年7月、9月、10月、1月にも調査を実施した。各地点において、軽量・簡易バケツ採泥器(0.05m²)によって底土を採集し、目合い2mmのふるいでサンプルを分離した。なお、各地点における採泥回数は(2) - a)の結果から2回/地点とした。採集されたアサリについて、2013年春季の三重県全域および2012年秋季の松阪地区で採集されたアサリを対象に丸型係数の解析を実施し、アサリの成長に及ぼす因子について検討をおこなった。また2014年5月(春季)に採集されたアサリについては丸型指数や肥満度の一般化線型モデルによる解析、群成熟評価を行った。また、鈴鹿地区のアサリ(5月の春季調査および4月の試験操業で得られたアサリ)についてELISA法による卵黄タンパク量の定量を行い、よう卵数の推定を行った。

結果と考察

全調査期間を通して、稚貝密度の高い水深帯は香良洲地区、松阪地区、明和地区、伊勢地区では水深DL-2~2m、鈴鹿地区では水深DL±0~-7mであった。春季と秋季の間で稚貝密度を比較したところ、香良洲地区、松阪地区の櫛田川河口、伊勢地区では春季の方が高く、鈴鹿地区、松阪地区の三渡川河口では秋季の方が高かった。

松阪地区において、2ヶ月に1回の調査より、春季で稚貝密度が高かった櫛田川河口では秋季に稚貝が大量消失することが明らかとなった。一方、秋季で稚貝密度の高かった三渡川河口では夏季に稚貝が大量発生し、秋季に減耗するものの、その後高い密度で生残することが明らかとなった。

鈴鹿地区において、深い水深帯の稚貝密度は年変動が大きいことが明らかとなった。稚貝密度と溶存酸素量との対応関係を検討したところ、この地区では貧酸素水塊(3mg/L以下)に暴露されるかどうかで稚貝密度が規定されていると考えられた。また、2013年秋季には水深5m前後に比較的高い密度でアサリ(平均殻長15mm、119個体/m²)が確認されていた。2014年春季には、それらが成長したものが同水深において高密度で確認され(平均殻長25mm、63個体/m²)、水深10m前後まで調査範囲を広げたところ、そこでも高い密度で確認された(平均殻長30mm、21個体/m²)。しかし、その後2014年秋季では、広い範囲で大量の死殻が確認され、アサリの生息は確認されなかった。この激減は、2014年8月から11月までの期間、伊勢湾で大規模に出現した貧酸素水塊が浅場まで到達し、アサリが大量死亡したことによるものと考えられる。

丸型係数の解析において、2012年秋季の松阪地区では一般化線型モデルによる丸型係数の説明変数として様々な変数が選択された。この中には水深や海底勾配に加え2012年の月別波浪場の年平均などが選択されており、これらの変数の係数はマイナスであった(表1)。この結果は、深場や海底勾配がきつい地点、さらには平均的な波浪場が大きく海水交換が大きい地点で丸型係数が低く、アサリの成長に良好な環境である可能性が示唆された(図

表1 一般化線型モデルによるアサリ丸型係数の解析。解析は、殻幅を目的変数、殻長をオフセット項とし、目的変数の誤差項はガンマ分布に従うとみなした(リンク関数にはlogを採用)

切片	水深	海底勾配	河川からの距離	中央粒径	淘汰度	泥分	アサリ個体数	波浪(2012年平均)	波浪(2012年最大)	LN(殻長)	pH
2012年秋季 松阪地区											
-0.86	-0.028	-0.023	0.036	-2.4E-05	0.021	not	-	-0.11	-	0.047	not
2013年春季 三重県全域											
-0.60	-	-	not	-1.7E-02	0.020	-	-1.3E-04	not	not	0.079	-0.049

-:AICを基準としたモデル選択で採用されなかった説明変数

not: 解析に用いなかった変数

9)。2014 年度春季の全域を対象とした解析では、三重県側では伊勢湾の湾奥に近い鈴鹿地区のアサリで最も指数が小さく成長が良好であることが示されたのに対して、湾口に近づくにつれ指数は大きくなり成長が低調となり、湾口に最も近い伊勢地区で最も指数は大きくなった(図 10)。

群成熟評価において、地区間で成熟状態に違いがあることが明らかとなった(図 11)。地区間の肥満度の差は成熟状態の差も影響を及ぼしている可能性もあるが、群成熟組成が類似する鈴鹿地区と伊勢地区の推定肥満度(殻長 30 mm)はそれぞれ 20.7 と 16.7、大きなひらきがあり、湾奥に近い鈴鹿地区が栄養状態も良好であることが示唆された。また、2014 年 4 月に鈴鹿地区での試験操業で採集されたアサリを用いた成熟評価では、これらのアサリは成熟盛期にあり、そのよう卵数は過去に伊勢地区で報告されたよう卵数を大きく上回ることが明らかとなった(図 12)。以上のことから、栄養状態や成長が良好な鈴鹿地区のような湾奥のアサリ群は、産卵量の観点からも母貝群として重要であることが示された。

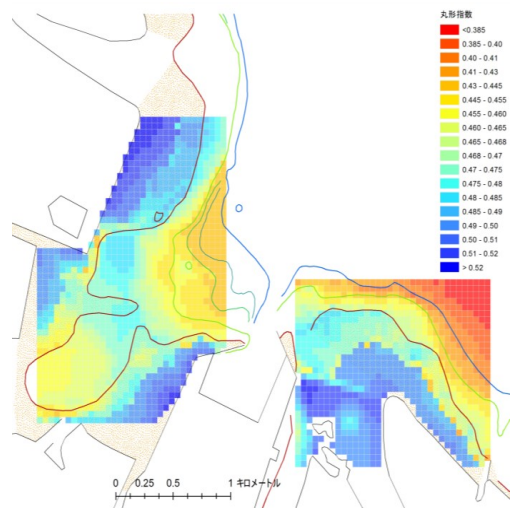


図 9 2012 年秋季の資源調査データ解析結果から推定した松阪海域における殻長 15 mm のアサリの丸型係数

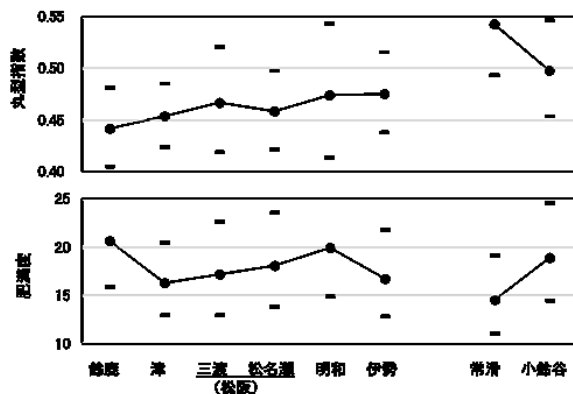


図 10 2014 年春季調査で採集されたアサリから推定した各地区の殻長 30 mm のアサリの丸型指数および肥満度(平均±標準誤差)

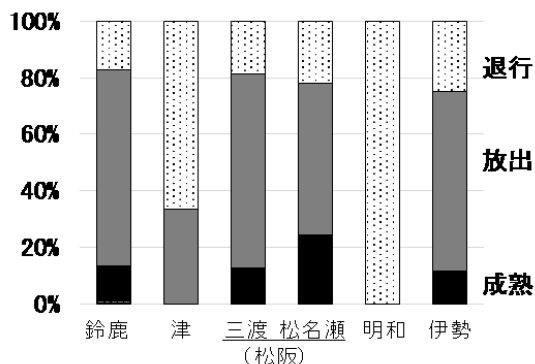


図 11 2014 年春季調査で採集されたアサリの群成熟

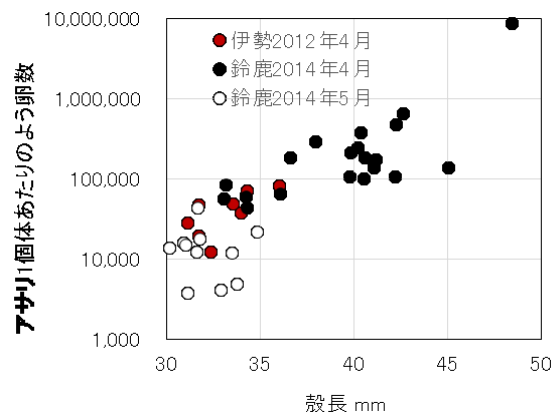


図 12 アサリ殻長とよう卵数の関係

松阪地区における 2014 年の 2 ヶ月に 1 度の調査から、アサリの生残・成長の解析を行った。生残・成長を表す指標として、1 月時点の殻長 15mm 以上の残存率（5 月～9 月の出現ピークを初期密度とし、それに対する 1 月時点の殻長 15mm 以上の密度の割合）を調査点ごとに求めたところ、残存率が 5%以上の調査点は 120 点中 11 点（全体の 9%）であった（図 13）。また、残存率の高かった調査点のうち三渡川河口のものについて、殻長組成に基づくコホート解析により平均殻長と生残率の推移を調べたところ、①5 月から 9 月の間に最も成長し、それ以降はあまり成長しないこと（図 14a, c）、②三渡川河口でも台風によりアサリが死亡するものの、その死亡率は 60%～80%にとどまり（図 14b, d）、櫛田川河口や松名瀬のそれ（99%）より低いこと、③5 月から 7 月の間に平均殻長 4mm～7mm で出現したもの（st.18L, st.20, st.60, st.25, st.34, st.44）は 1 月には平均殻長 13mm～19mm まで成長し、1 月までの生残率は 15%前後であったこと（図 14）、④

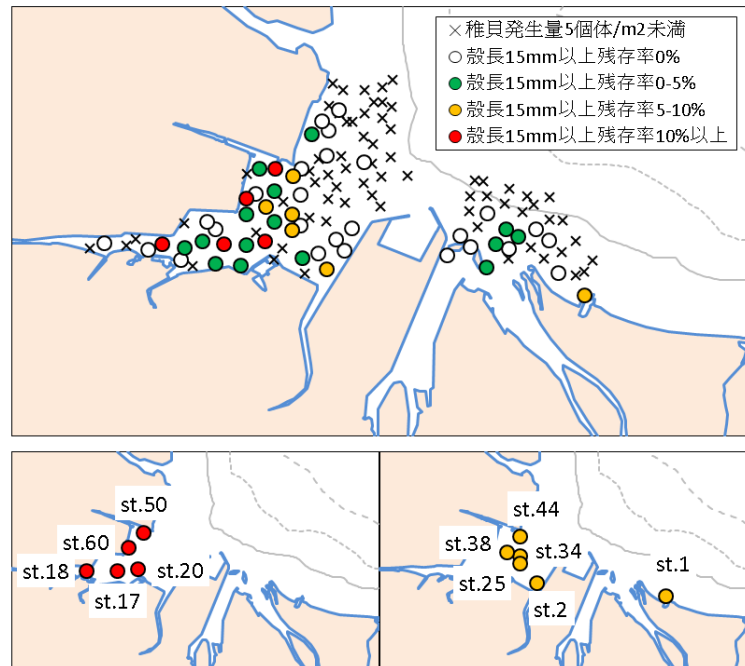


図 13 松阪地区における 2014 年に発生した稚貝の生残率の空間分布

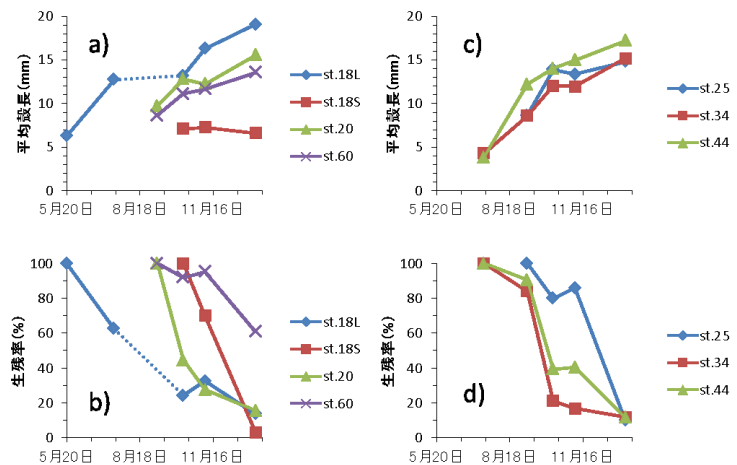


図 14 松阪地区におけるアサリ稚貝の成長生残

10 月に平均殻長 7mm で出現したもの（st.18S）はその後成長することなく、11 月以降消滅したことが確認された（図 14a, b）。また、⑤これらの生残・成長の良い調査点の位置は、一般化線形モデルによる予測結果³⁾とほぼ一致したことが確認された。以上より、櫛田川河口や松名瀬で 5 月ごろに大量に出現するものの台風によりその後死滅してしまうアサリは、生残・成長の良い三渡川河口へ 5 月から 9 月までの間に大量移殖することにより、漁獲サイズまで生残・成長させることが可能と考えられる。

2. 愛知県側

方法

2013 年 6 月(春季)と 10～11 月(秋季)、2014 年 6 月(春季)と 10 月(秋季)に、鬼崎（常滑市大野町～榎戸の地先）、常滑（常滑市多屋～苧屋漁港の地先）、小鈴谷（常滑市大谷～坂井

の地先)及び野間(知多郡美浜町上野間～野間の地先)で採泥によるアサリ資源調査を行った。各区域の調査地点数は(2)－a)の結果に基づいて、鬼崎50地点、常滑80地点、小鈴谷60地点及び野間60地点とした。各地点において、軽量・簡易バケツ採泥器(0.05m²)によって底土を採集し、目合い2mmのふるいでサンプルを分離した。なお、各地点における採泥回数は(2)－a)の結果から2回/地点とした。採集されたアサリについて、2014年春季に採集されたアサリについては丸型指数や肥満度の解析を行った。

結果と考察

愛知県では殻長25mm超を成貝とし、漁業者が移殖している豊川河口稚貝と区別するため、殻長10mm未満を天然稚貝と定義している。

2013年春季調査において、天然稚貝が確認されたのは、鬼崎7地点(密度10～20個/m²)、常滑1地点(同20個/m²)および野間2地点(同10、170個/m²)であった。小鈴谷では天然稚貝が確認されなかった。分布状況を調査地点の地盤高でみると、常滑、野間では潮間帯でのみ天然稚貝が確認されたのに対し、鬼崎ではD.L.-2.5mから潮間帯まで幅広く分布していた。2014年春季調査において、天然稚貝が確認できたのは、鬼崎7点(密度10～620個/m²)、常滑7点(同10～660個/m²)、小鈴谷5点(同20～260個/m²)および野間19点(同10～1,550個/m²)であった。各調査点の地盤高からみると、鬼崎(D.L. -1.53～1.44m)および小鈴谷(D.L. -1.10～1.63m)では潮下帯から潮間帯まで幅広く分布していたのに対し、常滑(D.L. -0.14～1.51m)および野間(D.L. 1.30～2.21m)では潮間帯に分布していた。

2013年秋季調査において、鬼崎7点(密度10～50個/m²)、常滑3点(同60～1150個/m²)、小鈴谷9点(同10～1,110個/m²)および野間2点(同10～20個/m²)で天然稚貝が確認でき、鬼崎(D.L. -1.88～1.13m)では潮下帯から潮間帯にかけて分布していたのに対し、常滑(D.L. 0.76～1.30m)、小鈴谷(D.L. 0.66～1.64m)および野間(D.L. 1.39～2.22m)では潮間帯に分布していた。2014年秋季調査において、鬼崎10地点(密度10～20個/m²)、常滑5地点(同10～90個/m²)、小鈴谷3地点(同10～20個/m²)及び野間1地点(同10個/m²)で天然稚貝が確認され、常滑、小鈴谷及び野間ではD.L.-0.6m以浅の地点に、鬼崎ではD.L.-3.2～-0.3mの地点に分布していた。

以上のことから、天然稚貝は鬼崎では潮下帯～潮間帯にかけて、常滑、小鈴谷および野間では主に潮間帯に分布することが明らかとなった。また、殻長10～25mmおよび成貝についても、天然稚貝の分布とほぼ同じ傾向がみられたことから、アサリは、鬼崎で潮間帯から潮下帯にかけて、それ以外の3地区では、主に潮間帯に分布していることが明らかとなった。調査地点における底質pHは一部の地点を除いて三重県側に比べて高い傾向にあり(図15)、愛知県ではアサリの分布に還元的な底質は影響していないと考えられる。

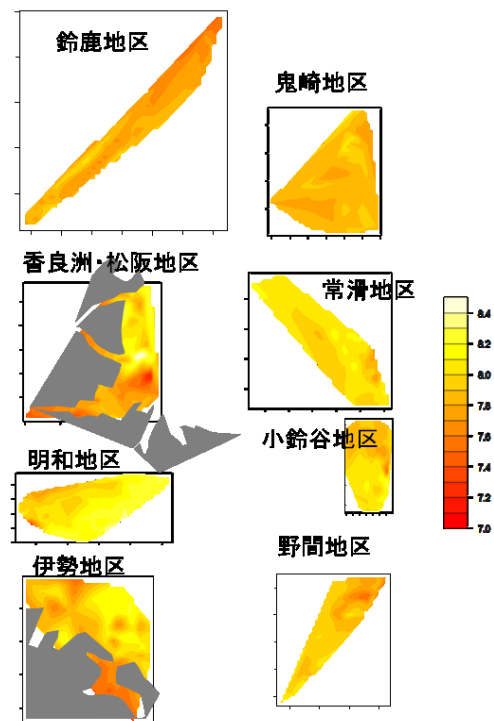


図15 2013年春季の資源調査に際して測定した伊勢湾内各地区の底質間隙水pH分布

丸型指数は、愛知県では三重県に比べ高い傾向にあった(図 10)。また、肥満度は低い傾向が見られたことから(図 10)、愛知県側では成長や成熟しにくい環境であると考えられる。

(3) 各漁場スケールを対象とした生息環境評価モデルの開発

担当機関：(独)水産総合研究センター水産工学研究所

解析方法

平成 25 年 5～6 月および 10～11 月に実施したアサリ資源分布調査から、稚貝、成貝のアサリ個体数、競合生物としてカシパン、キセワタガイ、ツメタガイ、ヒトデ類、カニ類、底質として中央粒径、シルト含量、淘汰度、強熱減量、淡水の影響として河川幅と河口距離から算出した河川(淡水)指数、地形として水深、海底勾配、波浪環境として底面波浪流速を地区別にデータセットを作成した。調査地点におけるアサリの有無を応答変数、各環境因子を説明変数として、アサリの出現確率と環境因子の関係性について、二項分布を仮定した一般化線型モデル(GLM)によって予測した。解析するにあたり、調査地区によっては地点数が少ないため、AIC が改善される地区を組み合わせでモデル予測を行った。地区の組合せは次のとおりである：1.伊勢・鈴鹿地区、2.明和地区、3.香良洲・三渡川・松名瀬地区、4.鬼崎・常滑・小鈴谷・野間地区(愛知県地区)。なお、底面波浪流速の計算は平均水位に基づいて行っているため、4 つの区域について底面波浪流速が計算できる潮下帯と計算できない潮間帯に分けてモデル予測を行った。ソフトウェアは R2.15.2 を利用し、モデルは AIC に基づいて選択した。

春季調査に基づく分布予測

春季調査に基づいてアサリ成貝の分布に関連する一般化線型モデルで選択された環境因子を表 2、各地区の分布予測図を図 16a～f に示す。潮下帯の解析において、伊勢・鈴鹿地区は貧酸素の有無が強く関与していた。明和地区および香良洲・三渡川・松名瀬地区は、底質の安定性に関する最大波浪流速と中央粒径が選択された。愛知県地区は潮下帯にカシパンが広く分布しており、負の因子として選択されていた。潮間帯の解析において、地区毎に関連する環境因子は異なっていた。潮下帯と潮間帯を通して共通した環境因子として、強熱減量が負の因子として選択された。

表 2 各地区において一般化線型モデルで選択された成貝の分布(2013 年春季調査)に関連する環境因子

数値：選択された環境因子の係数、+：カテゴリ変数として選択された環境因子、-：選択されなかった環境因子、空欄：解析に含めなかった環境因子

地区	解析区域	切片	水深	海底勾配	河川指数	中央粒径	淘汰度	シルト	強熱減量	最大波浪流速	貧酸素の有無	カシパン	競合生物(ヒトデ類等)	地区内
伊勢・鈴鹿	潮下帯	-2.43884	-0.51327	-	-	-	-	-	-0.29575	-	+		0.09138	-
	潮間帯	-0.9649	-	-1.0627	-	1.9015	-	-	-0.2433				0.4788	-
明和	潮下帯	0.6527	-0.7697	-		-0.9427	-2.0858	-	-	-2.4009	-		-0.4265	-
	潮間帯	70.18	-	-		-	-	-	-52.85				-	-
香良洲・三渡川・松名瀬	潮下帯	0.34638	-	-1.13844	0.05407	0.9366	-1.59797	-	-0.71839	-1.93061	-		-1.54209	-
	潮間帯	-0.86829	1.48612	-	-0.03283	-	-0.82545	-	-0.20758				-	-
鬼崎・常滑・小鈴谷・野間	潮下帯	-1.29378	-0.90087	-		-	-	-	-0.30236	-	-	-0.05117		+
	潮間帯	-0.3812	-	-		-	-6.0457	-75.442	-0.7607			-0.4051		+

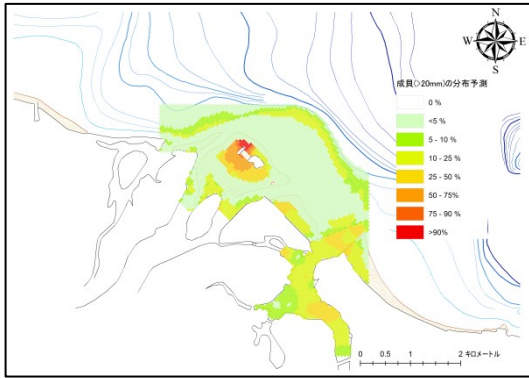


図 16a 2013 年春季調査に基づく伊勢地区のアサリ成員の分布予測

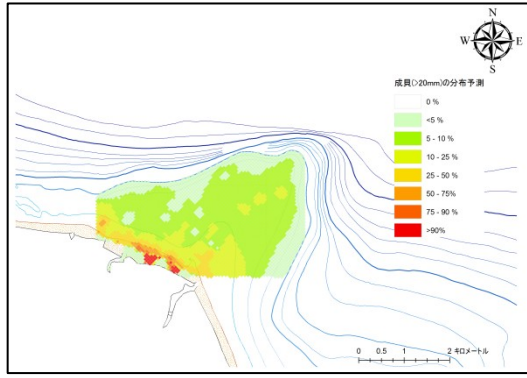


図 16b 2013 年春季調査に基づく明和地区のアサリ成員の分布予測

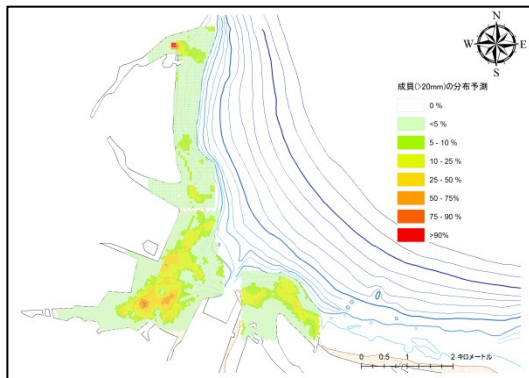


図 16c 2013 年春季調査に基づく松阪・香良洲地区のアサリ成員の分布予測

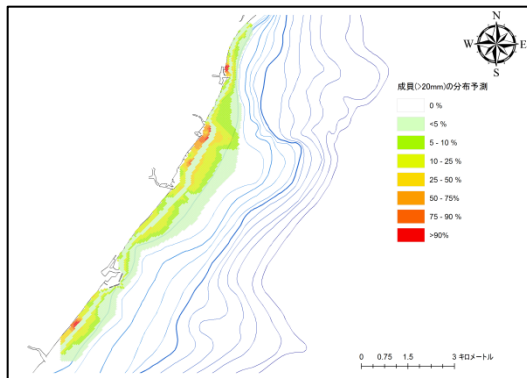


図 16d 2013 年春季調査に基づく鈴鹿地区のアサリ成員の分布予測

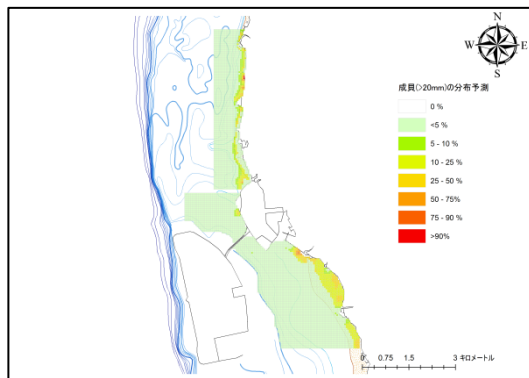


図 16e 2013 年春季調査に基づく鬼崎・常滑地区のアサリ成員の分布予測

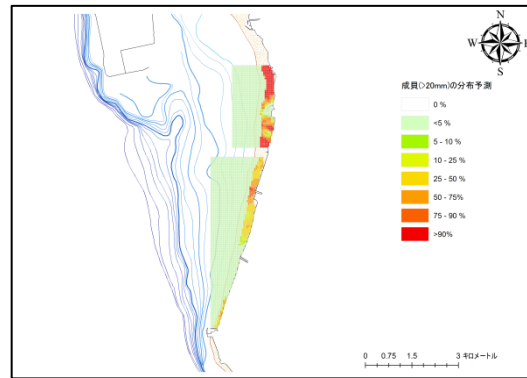


図 16f 2013 年春季調査に基づく小鈴谷・野間地区のアサリ成員の分布予測

秋季調査に基づく分布予測

アサリ成員の分布に関連する一般化線型モデルで選択された環境因子を表 3 に示す。潮下帯の解析において、伊勢・鈴鹿地区は春調査と同様に、貧酸素の有無が強く関与していた。香良洲・三渡川・松名瀬地区も春調査と同様に、底質の安定性に関する最大波浪流速と中央粒径が選択された。愛知県地区は春調査と異なり、強熱減量が正の因子として選択されていた。潮間帯の解析において、地区毎に関連する環境因子は春調査と比較して選択

される変数は少なかった。

表3 各地区において一般化線型モデルで選択された成員の分布(2013年秋季調査)に関連する環境因子

数値：選択された環境因子の係数、+：カテゴリ変数として選択された環境因子、-：選択されなかった環境因子、空欄：解析に含めなかった環境因子

地区	解析区域	切片	水深	海底勾配	河川指数	中央粒径	淘汰度	シルト	強熱減量	最大波浪流速	貧酸素の有無	カシパン	競合生物(ヒトデ類等)	地区内
伊勢・鈴鹿	潮下帯	-0.8944	-0.8518	-	-8.3866	-	-	-	-0.2887	-	+			-
	潮間帯	-2.284	-	-268.265	-	-	-1.529	-8.202	-0.2433					-
香良洲・三渡川・松名瀬	潮下帯	-3.4496	-0.7453	-	-	2.0259	-1.4836	-	-	-3.3116	-			-
	潮間帯	3.469	5.404	-	-	-	-	-9.7554	-3.7096					+
鬼崎・常滑・小鈴谷・野間	潮下帯	-3.4362	-0.6596	-	-	-	2.7565	-	1.4965	-	-	-		-
	潮間帯	-2.9224	-0.7932	-	-	-	-	-37.1595	3.7807			-		+

香良洲・三渡川・松阪地区における覆砂および砕石施工の効果

春季調査と秋季調査の解析を通して、粒度組成や波浪といった底質の安定性に関わる環境因子が選択された地区は、香良洲・三渡・松名瀬であった。そこで、本年度施工した覆砂および砕石施工に適した場所を選別するため、選択された予測モデルを利用して、アサリの生息場としての改善効果を検討した。覆砂施工として、櫛田川河口の浚渫土砂を敷設することを想定して、底土が中央粒径 0.75mm、淘汰度-0.8、強熱減量 0.1%、食害生物の影響がなくなるように底質改善すると仮定した。砕石施工として、本年度実施した規格と同様の砕石を利用すると想定して、底土が中央粒径 4.0mm、淘汰度-0.8 に底質改善すると仮定した。施工効果の算出は、仮定した砂・砕石に置き換わったときのアサリ生息確率を求め、施工によるアサリ生息確率から調査に基づいたアサリ生息確率の差で求めた。

春季調査に基づく予測モデルを用いたアサリ生息改善効果は図 17a,b のとおりである。覆砂施工では、三渡川河口から松阪港左岸壁にかけて 50%ほど改善する場所が認められ、松名瀬および香良洲では覆砂による改善効果は 25%未満であることが明らかとなった(図 17a)。砕石施工では、潮下帯の広範囲にわたり 75%~90%ほど生息確率が上昇することが明らかとなった(図 17b)。

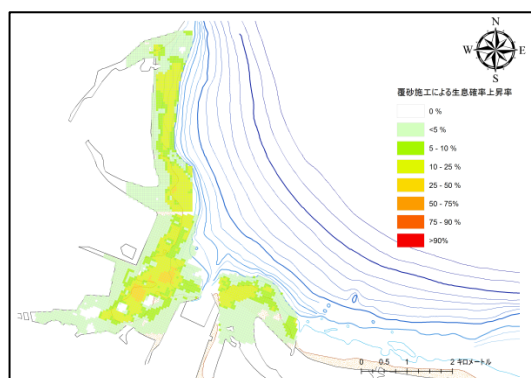


図 17a 2013 年春季の松阪・香良洲地区における覆砂施工による成員(>20mm)の生息改善率

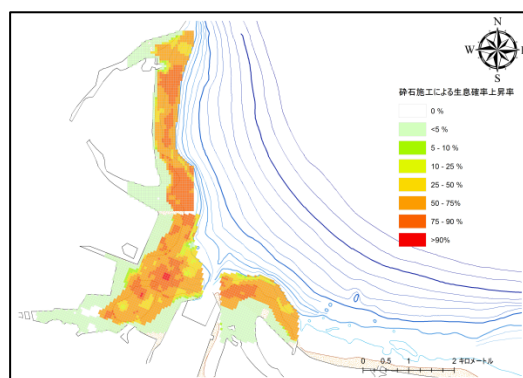


図 17b 2013 年春季の松阪・香良洲地区における砕石施工による成員(>20mm)の生息改善率

秋季調査に基づく予測モデルを用いたアサリ生息改善効果は図 18a,b のとなる。覆砂施工では、春季と比べて施工効果が低いことが明らかとなった。ただし、三渡川河口の一部で 50%程度の改善効果がある場所が認められた(図 18a)。碎石施工では、潮下帯の広範囲にわたり 90%以上で生息確率が上昇することが明らかとなった(図 18b)。

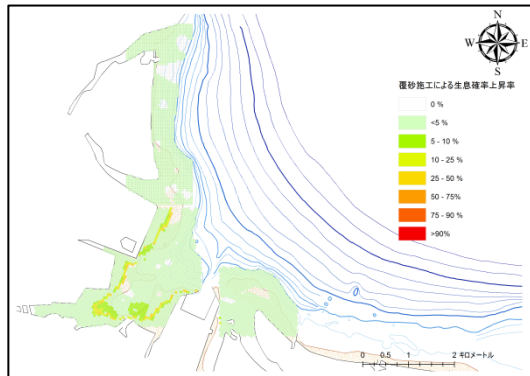


図 18a 2013 年秋季の松阪・香良洲地区における覆砂施工による成貝 (>20mm) の生息改善率

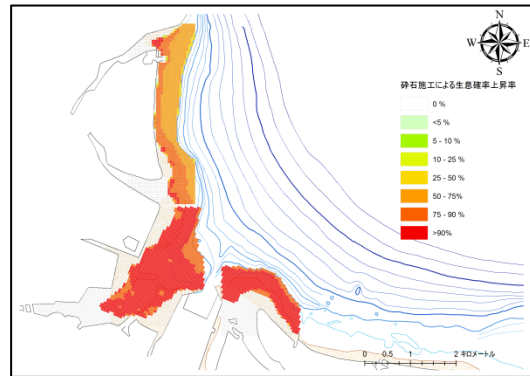


図 18b 2013 年秋季の松阪・香良洲地区における碎石施工による成貝 (>20mm) の生息改善率

覆砂および碎石施工の提案

底質改善を主とした対策を実施するにあたり、アサリ資源分布調査で得られたデータから一般化線型モデルによってアサリの生息に関する環境因子を抽出し、対策を実施した場合の効果および効果範囲を示すことを可能とした。ただし、対策できる環境因子は限られており、香良洲・三渡川・松阪地区に代表される底質の安定性に関わる因子がある場合に効果を発揮し、伊勢・鈴鹿地区や愛知県地区のように貧酸素の有無やカシパンなどの競争生物が強く関与している場合の対策は困難であると考えられる。また、強熱減量を説明変数に加えることで予測精度が向上した。強熱減量は有機物含有量を示す指標であるため、覆砂によって底質が改善される効果を示すことが可能となった。このように対策が可能かつアサリの生息環境に関する新たな環境因子を求めることが、より効果的な対策の提案につながると考えられる。

(4) アサリ資源回復対策の実施

担当機関：株式会社日本アスピー、株式会社東京久栄、海洋エンジニアリング株式会社、
(独)水産総合研究センター水産工学研究所・増養殖研究所、愛知県水産試験場、
三重県水産研究所

a) アサリ収集装置の改良

アサリ吸引装置の概要と改良点

装置各部の名称と船外機船上の配置を図 19 に示す。装置各部の本プロジェクトにおける改良内容は表 4 のとおりである。この改良により、以下のように安定して連続的なアサリ稚貝の収集が可能となった。

まず、船上にあるエンジンポンプにより海水を吸引して、これをイジェクターに送る。イジェクターは 45° のベンド管で、海水が流入する部分は口径が絞り込まれている。このため、流入した海水はイジェクター内部でジェット流となる。このジェット流により海底面付近にある吸引口には負圧が生じ、この負圧によりアサリを含む底質がホース内に吸い込まれる。吸引されたものはホース内を通過し回収ネットに運ばれる。このネットの目合いは、4mm であるため、砂はネット外に流出し、4mm 以上のアサリ、貝殻、玉石などが、ネット内部に残る。ネットに、これらが 10~15kg たまったら船上に回収し新しい回収ネットを設置する。

ソリは円形(直径 1.5m)にし、急な方向転換にも対応できるようにした。また、吸引口はソリの中央部に取り付けられ、これにより吸引口の位置が海底面からいつもほぼ同じ高さになり安定した吸引が可能となる。

アサリの吸引は、船を移動させながら実施する必要がある。大量の底質を連続的に吸引すると吸引部の負荷が大きくなり、船外機による操船ができなくなることから、船に取り付けたり取外したりすることができるウィンチ装置を開発した。

100V 発電機によりギアードモーターを駆動し、タイコリールを回転させてロープを巻き取る方式で、ギア比を 1/20 にしている。これにより 35cm/sec 程度の速度で船を前進させることができる。このウィンチは、ロープの牽引力が 180kg までは耐えることができるが、安全のためモーターとタイコリール間にトルクリミッターを設けて 100kg 以上の負荷がモーターにかからないようにしている。

なお、吸引されたアサリ稚貝は、イジェクター内部を通過するが、ここには障害物が無いので、稚貝が破損することは少ない。吸引されたアサリ稚貝の生残を室内水槽で確認した結果、90%以上の生残率であった。

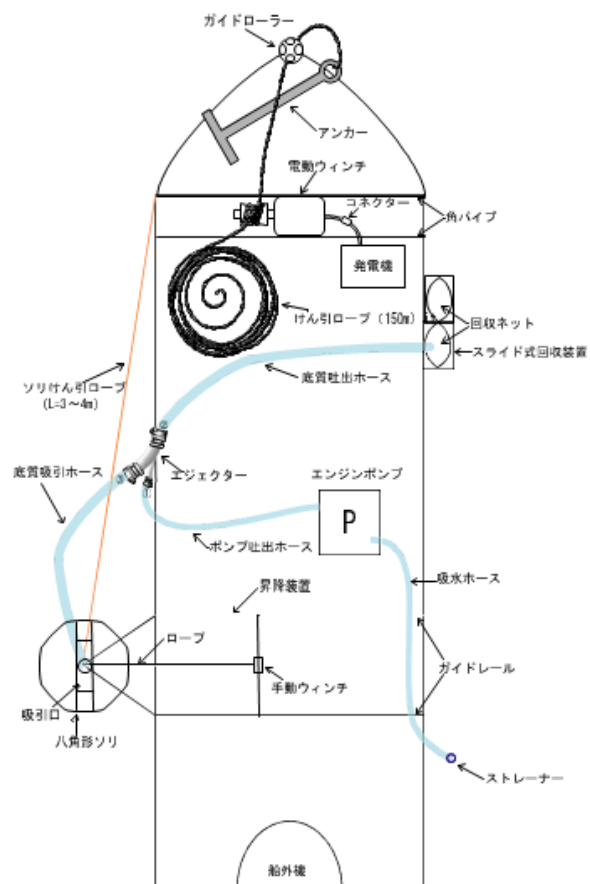


図 19 アサリ稚貝収集装置の平面図

表 4 アサリ吸引装置の改良点の概要

装置名称	プロジェクト以前の開発状況	本プロジェクトにおける改良点	改良後の写真
エンジンポンプ	当初、PGM50 型を使用した が、吸引能力不足のため TED80 型に変更した。	変更なし	
エジェクター	当初、90° ベンド管を使用 したが、性能および作業性 向上のため、ステンレス製 45° ベンド管とした。	変更なし	
吸引口	当初、φ30cm の円形、その 後 50×20cm の長方形とし た。	収集効率向上のため、90×20cm 型に変 更。また、吸引口の垂直部の高さは実 験の結果 5cm とした。	
8 角形ソリ	当初、平行型ソリにジョレ ンを取り付けた。その後、 海底面の不陸に安定的に 対応できるよう 8 角形ソ リ（断面径 12.5cm）に改良	操作性向上のため、8 角形ソリの断面 径を 7.5cm、直径を 1.0m と軽量小型化 した。	
ソリ昇降装置	手作業による海中投入、引 上げ方式とした。	作業性向上のため、昇降装置を新た に開発した。これにより、これまでの 三人作業が一人で行えるようになった。	
底質回収装置	ホースの吐出側を船べり に固定して、回収ネットを 直接ホース先端に取付け た。	ホースの先端を固定し、ネットを取付 けた二つのカセットを交互に移動させ ることにより連続的な底質吸引に対応 可能となるようにした。	
収集装置の移動方法	船外機で船を前進または 後進させながら、連続的に 底質を吸引する方法を用 いた。この方法だと、大量 の底質が吸引される場合 には、吸引口の負荷が過大 となり、操船不能となる。	船上に取付けたウインチを巻取りなが ら船を一定方向に一定速度で前進させ て連続的に吸引する方式とした。ロー プの長さは 150m とした。	
ホースの長さ	いろいろな船外機船への 取付や、水深の変化に対応 できるよう、4本のホース とも長さに余裕を持たせ た。	ホースが長すぎると、ホースの曲がり によりエネルギーロスが大きくなり、 目詰まりや吸引力不足の原因となるた め、ホースの長さは必要最小限となる ようにした。さらに、吸引口からエジ ェクターまでのホースの長さは、試験 の結果、短くしたほうが吸引力が大き いことが明らかになったことから、底 質吸引ホースの長さは 50cm とした。	

操作方法

本装置を用いた操作手順は次のとおりである(写真1)。

- 1) 船がアサリ稚貝を吸引する予定場所に到着したら、150mの長さのロープをつないだアンカーを海中に投入し船を後進させてロープを繰り出す。
- 2) ロープを 150m繰り出したところで昇降装置により吸引口を取付けたソリを海底に降ろす。
- 3) エンジンポンプを駆動させて、アサリを含む底質の吸引を開始する。吸引が開始したのを確認したらすぐにウィンチ装置を駆動させ、ロープを巻きながら船を一定速度で一定方向に前進させる。
- 4) 回収ネットに 10～15kg の底質がたまったところで、ネットを船上に回収し、すぐに次のネットを取付けて回収を続ける。
- 5) 別途に用意した船で回収したネットを予定した地点まで運搬し、アサリ稚貝を放流する。
- 6) 1) ～ 5) の作業を繰り返す。



写真1 吸引作業の様子

b) アサリ漁場造成方法の検討と実施

1. アサリ漁場造成方法の検討

目的

漁場スケールモデルで推定した適地条件のうち、波による物理環境条件に着目し、現在、アサリが漁獲されていない場所に余剰土砂を用いて漁場造成を行う場合の適地や投入土砂の粒径について検討を行った。アサリ漁場の条件として、底質の大きな移動が無い事が必要であるが、底質を安定させるためには、消波構造物によって波を抑えるか、覆砂により底質の粒径を大きくして安定化を図るかのどちらかであり、これらを複合的に検討することが必要となる。

検討方法

アサリ漁場の適地条件として、松阪地先では期間最大有義波が重要であることが明らかとなっている(「(3) 各漁場スケールを対象とした生息環境評価モデルの開発」参照)。その指標として、期間最大有義波来襲時のシールド数が概ね 0.1 程度であることがわかったので、①消波構造物として大型土嚢を置いた場合にどのような場所に置けば良いのか、②覆砂としてどこにどの程度の粒径を設置すれば良いのかを検討した。なお、ここでのシールド数の計算は、Swart⁴⁾の式を用いている。

波浪条件の設定

浜田観測所の風データ(2013年)から、SMB法によって期間最大有義波来襲時の対象海域沖波を算定した。その結果、最も風速値が大きく、真正面から波が来襲すると予想される台風26号通過時の風速21.8m/sをもとにSMB法により波浪推算すると、波高2.22m、周期4.96sが得られた。

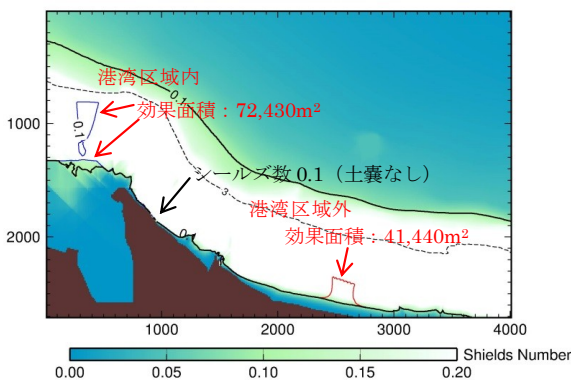
土嚢設置の効果面積の検討

【検討条件】

松阪地先で2か所(「後背部が広い場所：港湾区域内」と「後背部が狭い場所：港湾区域外」)を想定し、高さ1mの大型土嚢を、設置水深を変えて設置(2段積みで高さ2m；長さ200m)して、アサリ漁場適地が造成できる面積を検討した。

【検討結果】

H.W.L.(最も厳しい条件に相当)で比較すると、背後地が広い港湾区域内で効果面積が広く取れやすいことが確認された(図20左)。また、設置する水深が浅く、設置場所周辺の粒径が大きいと効果面積が広がること示された(図20左)。そのため、設置する場所の粒径が小さい場合は、設置水深をより浅くすることが必要となる。



H.W.L 粒径 0.5mm DL-0.5m 帯

設置水深及び底質粒径	水位	土嚢効果面積(m ²)	
		港湾区域内	港湾区域外
DL-0.5m, 粒径0.5mm	H.W.L	72,430	41,440
	M.S.L	74,490	26,730
	L.W.L	340	0
DL-0.5m, 粒径0.125mm	H.W.L	24,490	35,930
	M.S.L	83,580	32,750
	L.W.L	4,430	9,830
DL-1.0m, 粒径0.5mm	H.W.L	20,840	18,980
	M.S.L	81,530	47,850
	L.W.L	5,260	14,390
DL-1.0m, 粒径0.125mm	H.W.L	9,030	7,370
	M.S.L	84,270	47,150
	L.W.L	8,900	28,460

図20 土嚢設置の場所(左)と各条件による効果面積の比較(右)

覆砂材の粒径の検討

【検討条件】

松阪沖 D.L-3mに覆砂を行う場合、どの程度の粒径にすれば安定であるか検討した。なお、D.L-3m以浅は貧酸素水塊の来襲が、ほとんど無い水深であり、深いほど波浪による底質安定には有利であること、を考慮して設定した。底質粒径を 0.5mm、1.0mm、2.0mm、3.0mm、4.0mm と順次大きくし、どの粒径で D.L-3m でのシールズ数が 0.1 未満になるかを検討した。

【検討結果】

底質粒径別のシールズ数計算結果では、粒径 3mm 未満では全潮位でシールズ数が 0.1 以上、粒径 3mm では、H.W.L でシールズ数 0.1 以下であるが、M.S.L、L.W.L ではシールズ数が 0.1 以上、粒径 4mm の場合は、全潮位でシールズ数が 0.1 以下となり、アサリの好適環境を満たすことが明かとなった(図 21)。

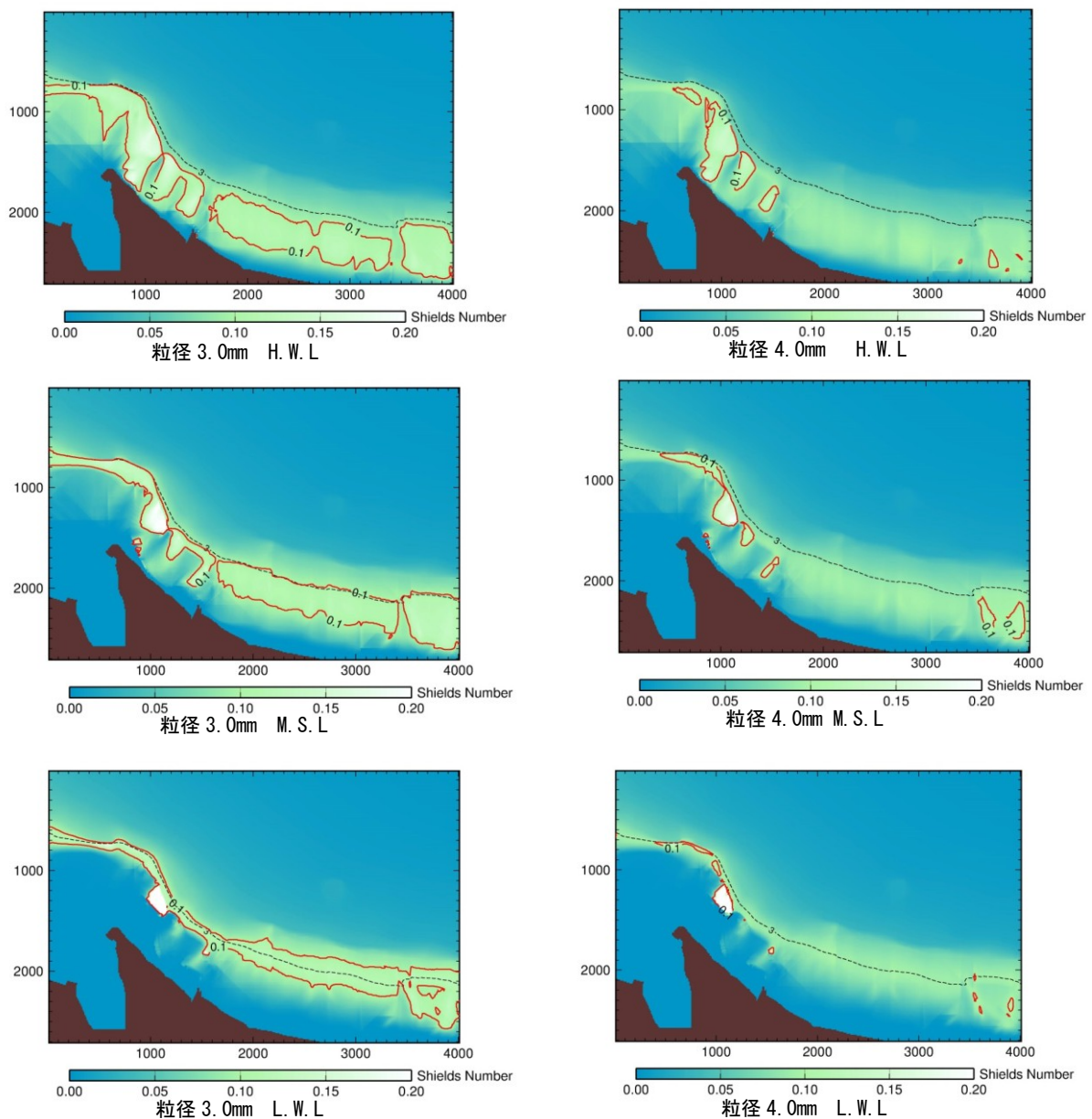


図 21 底質粒径別のシールズ数の分布 (赤線はシールズ数 0.1)

2. 覆砂によるアサリ漁場造成

方法

2014年10月に覆砂によるアサリ漁場造成を、三重県松阪市東黒部地先で実施した。覆砂を実施するにあたり、先述した「1. アサリ漁場造成方法の検討」での方法をもとに想定される覆砂材の粒径と底層流速から、底質の安定する領域（シールズ数 0.1 以下）を算出し、造成場所を設定した。覆砂は沖側の波浪影響が弱い場所では作濬で発生する土砂を利用、岸側の波浪影響が強い場所では砕石を利用して施工した。

沖側覆砂

沖側覆砂は、2014年10月2、3日に作濬土を利用して、面積 2500 m² (50m×50m)、厚さ 50 cmで造成した。施工方法は、浚渫した土砂を台船で施工場所まで運搬し、グラブ浚渫船 (3.5m³) で土砂を投入した。施工状況を写真2に示す。



写真2 沖側覆砂の施工状況

岸側覆砂

岸側覆砂は、2014年10月8、9日に、砕石を利用して、面積 2500 m² (50m×50m)、厚さ 10 cmで造成した。施工方法は、松阪港内ヤードに仮置きした砕石を台船に積み込んで施工場所まで運搬し、グラブ浚渫船 (3.5m³) で土砂を投入した。施工状況を写真3に示す。



写真3 岸側覆砂の施工状況

3. カシパン除去によるアサリ漁場造成

方法

小鈴谷地先においてカシパン除去試験区 (F1) を潮下帯に、カシパン等の競合生物が見られない対照区 (KS1) を潮間帯にそれぞれ 50m×50 m の区域を設定した (図 22) 2014年5月13日から18日に小型底びき網漁船および潜水作業により、試験区内のカシパン等の競合生物を除去し、再侵入を防ぐため、周囲に目合い 40mm の網を用いた高さ 50cm のフェンスを設置した (写真 4)。2014年6月18日から20日に取り残しのあったカシパン等の競合生物を潜水作業により再度除去した。また、波浪や食害影響などによるアサリの消失の可能

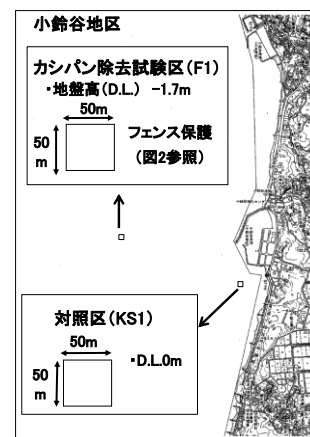


図 22 小鈴谷地先におけるカシパン除去試験区と対照区

性が考えられたため、既存のカシパン除去試験区内に、碎石区（波浪影響軽減）、敷網区（波浪影響軽減、食害軽減）、対照区（対策なし）の3つの区画を造成した。

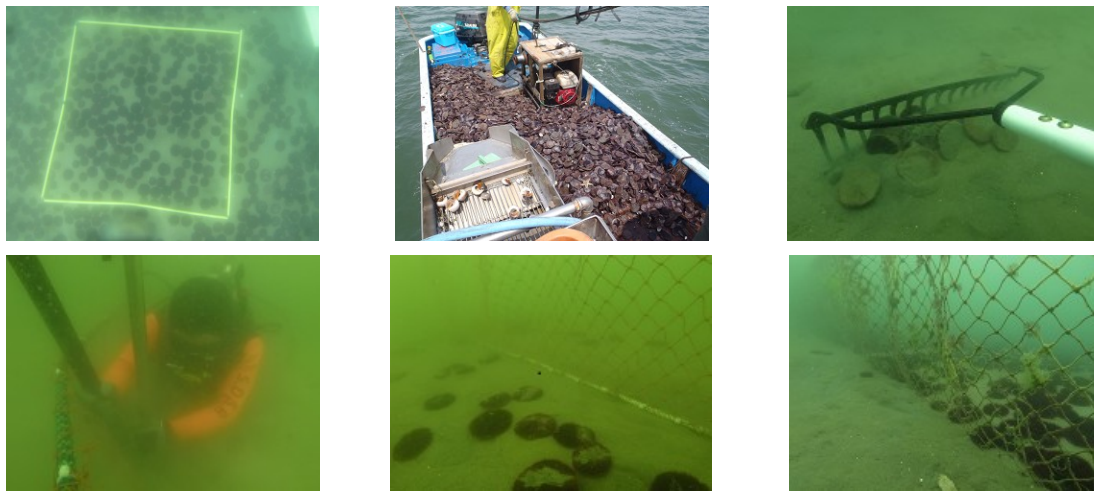


写真4 カシパン等競合生物の除去作業およびフェンス設置作業の様子

施工概要

施工は、カシパンを除去したフェンス内に、各区画 200m^2 ($20\text{m} \times 10\text{m}$) の試験区を造成した（図 23）。碎石区は中央粒径約 4mm の砂利を厚さ 2cm で敷設した。敷網区は、 $20\text{m} \times 3.6\text{m}$ のポリエチレン製の網（目合 9mm ）を鉄筋棒で海底に固定した。

施工状況

試験区の施工は、2014年10月15～17日に実施した。まず、カシパン除去試験区内に $20 \times 10\text{m}$ の区画ロープを設定し、その後 20kg 入りの土嚢袋 300袋を船外機船で運搬し、潜水士により碎石を厚さ約 2cm で敷き詰め。敷網は、潜水士により海底で広げ、鉄筋棒で周囲を固定した。施工状況を写真5に示す。

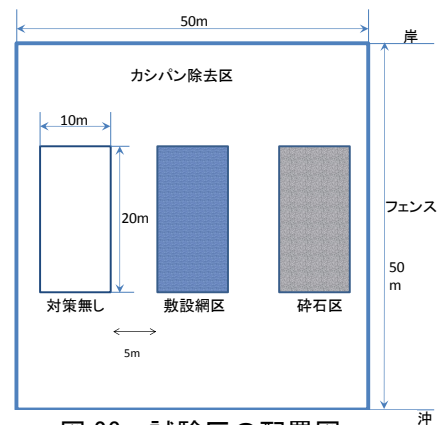


図 23 試験区の配置図



写真5 カシパン除去区での碎石施工(上)および敷網施工(下)の状況

c) アサリ移殖放流

1. 三重県における天然海域へのアサリ稚貝の移殖放流

2013年5月27日～5月31日に、三重県松阪地先において、アサリ吸引装置を利用したアサリ稚貝の移殖放流を実施した。アサリ稚貝は櫛田川河口から384万個体を採集し、松名瀬干潟に206万個体、三渡川河口に178万個体の移殖放流に成功した(図23)。なお、移殖放流区の位置や面積は、松名瀬干潟のT1、三渡川河口のT2を中心に、半径30m内の範囲である(図24参照)。

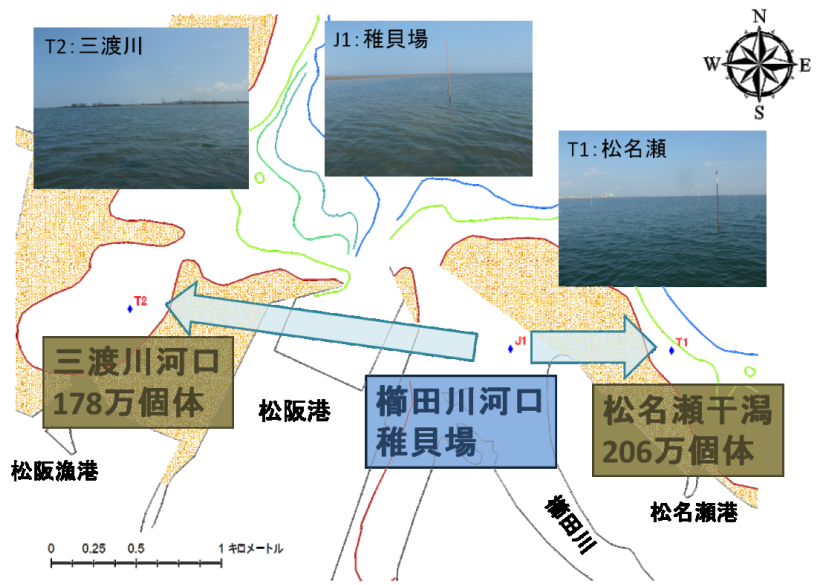


図24 三重県松阪地先におけるアサリ移殖放流の結果と稚貝場および放流場

2. 愛知県における天然海域へのアサリ稚貝の移殖放流

2013年8月1日に豊川河口干潟で採取された稚貝(以下、豊川稚貝、平均殻長 $9.2 \pm 1.5\text{mm}$)を、愛知県小鈴谷地先に $50\text{m} \times 50\text{m}$ の移殖放流区を4区(KS1～4、図25参照)設定し、1区あたり328万個体移殖放流した。なお、移殖量から算出した推定密度は 1313 個体/ m^2 となる。また、天然発生稚貝と区別するために、豊川稚貝をペイント塗料で標識し(以下、標識稚貝、写真6参照)、移殖放流区KS2に7.1万個体、KS3に7.6万個体それぞれ放流した。



写真6 ペイント塗料で標識したアサリ稚貝

2013年8月19日に豊川稚貝(平均殻長 $14.2 \pm 2.7\text{mm}$)

を、愛知県野間地先においてに $40\text{m} \times 40\text{m}$ の移殖放流

区を4区(NN1、2、NS1、2、図26参照)設定し、1区あたり33万個体移殖放流した。なお、移殖量から算出した推定密度は 208 個体/ m^2 であり、標識稚貝については移殖放流区NN2に2.0万個体、NS2に2.1万個体それぞれ放流した。

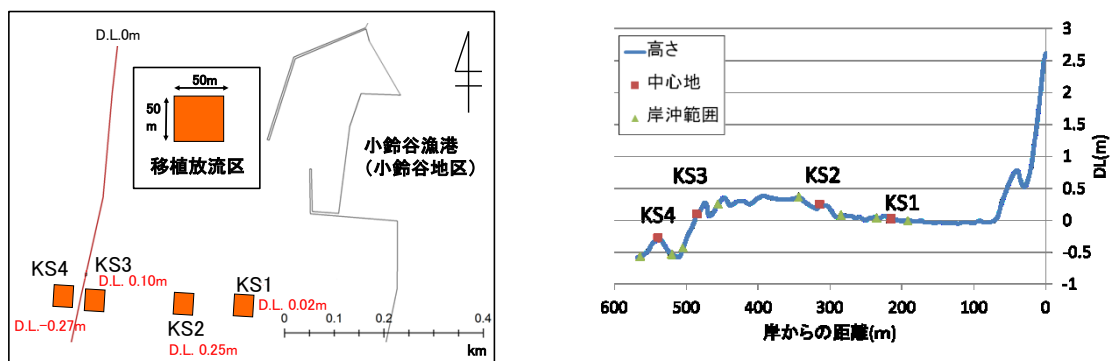


図25 小鈴谷地先における移殖放流区の設定場所と地盤高

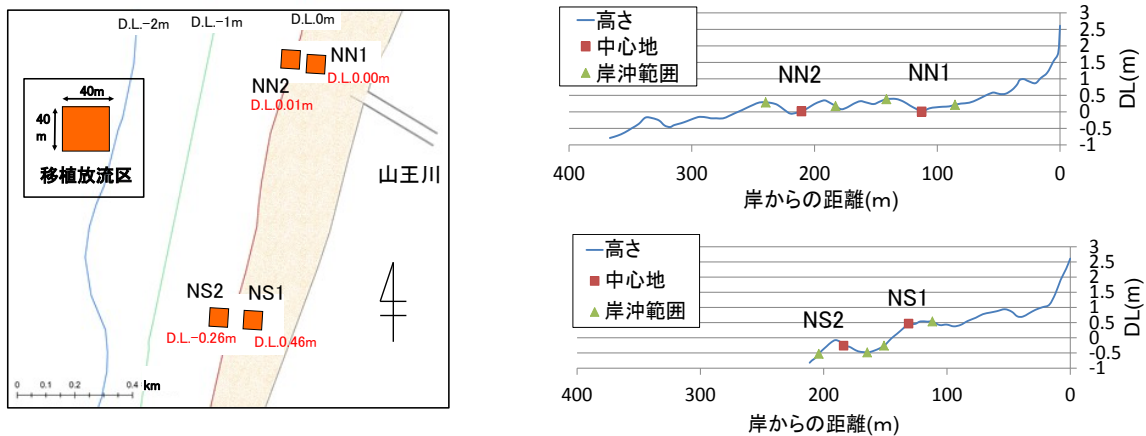


図 26 野間地先における移殖放流区の設定場所と地盤高

3. 三重県におけるアサリ漁場造成地へのアサリの移殖放流

2014年10月8日に吸引装置により広範囲の稚貝採集も試みたが、移殖先にて生残成長の追跡調査に必要な稚貝密度（目標 1000 個体/m²）を確保することは困難であったため、稚貝移殖は中止した。稚貝の移殖放流の代案として、松阪漁業協同組合の協力を受け、次のように実施した。

50m×50mで施工した砂利区内と覆砂区内、およびそれぞれの対照区の各区画に 10m×10m の放流先を設けた。2014年11月11日に碎石区とその対照区に平均殻長 30mm のアサリ（愛知県産）を、2014年11月14日に覆砂区とその対照区に平均殻長 31mm のアサリ（愛知県産）を 1000 個体/m² となるよう放流した。放流作業は、均一な密度となるようダイバーが手作業で実施した（写真 7）。

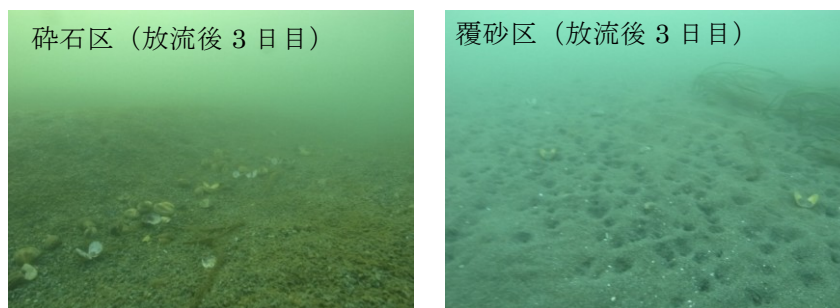


写真 7 碎石区および覆砂区でのアサリ放流後の海底面の様子

4. 愛知県におけるアサリ漁場造成地へのアサリ移殖放流

2014年7月23日に豊川河口干潟で採取された稚貝（平均殻長 10.2±1.9mm）をカシパン除去試験区および対照区に 1 区あたり 368 万個体、移殖放流した。なお、移殖量から算出した密度は 1471 個体/m² であった（写真 8）。また、2014年10月17日に、カシパン除去区への碎石および覆砂した区画において、試験区には豊川河口干潟で採取されたアサリ稚貝（平均殻長 14.2±2.7mm）を各区画に 1 区あたり 33 万個体、移殖放流した。なお、移殖量から算出した密度は 1670 個体/m² であった。



写真 8 稚貝の移殖放流の様子

(5) アサリ資源回復対策の検証

担当機関：(独)水産総合研究センター水産工学研究所・増養殖研究所、海洋エンジニアリング株式会社、愛知県水産試験場、三重県水産研究所

a) モニタリング調査

1. 三重県における天然海域に放流したアサリ稚貝の成長・生残方法

(4) - c) - 1 で行った移殖放流後に、松名瀬干潟および三渡川に放流したアサリ稚貝の成長・生残についてモニタリング調査を行った。調査は3週間に1回行い、移殖放流した場所を中心に、採泥1回あたりのアサリ個体数のばらつきを考慮し、松名瀬干潟で30回、三渡川河口で20回の採泥を行った。また、波浪や食害による減耗を除去したときのアサリ稚貝の成長生残を明らかにするため、粒径10mmの砂利を入れた網袋にアサリ稚貝を1000個体入れて、採泥調査時に網袋の回収を行い、計数、計測を行った。各放流区では流速計、水温塩分計、濁度計を設置し連続観測を行った。

アサリの密度変動と成長

松名瀬干潟における放流後(2013年5月31日)のアサリの生息密度は、1273.9個体/m²であった。移殖放流3日後には913.0個体/m²、2週間後には563.3個体/m²、1ヶ月後には35.3個体/m²、2.5ヶ月後に2個体/m²となり、漁獲対象サイズに達する前に生息が確認できなくなった(図27)。

三渡川河口における放流後(2013年5月31日)のアサリの生息密度は、1167.3個体/m²であった。移殖放流3日後には1692.5個体/m²、2週間後には1448.3個体/m²、1ヶ月後には534.4個体/m²、2.5ヶ月後に536.5個体/m²、4ヶ月後には120.8個体/m²となった。放流後4ヶ月の時点で、移殖放流したアサリ稚貝の殻長が漁獲対象サイズの20mmに達したためモニタリングを終了した(図27、28)。

吸引装置によるアサリ稚貝の移殖放流の効果について試算すると、8月時点の密度から期待される漁獲量は約2トンとなり、約100万円(500円/kg10月時点)に相当すると見積もられた。しかし、本年度は台風の影響により密度が激減したため期待された密度の1/3程度となった。ただし、三渡川河口以外ではアサリ漁獲サイズの生息が確認できなくなったことを考慮すると、移殖放流によってアサリ稚貝の生残を高める方法は効果的であることが示された。

移殖放流区における網袋でのアサリ稚貝の成長と生残

網袋アサリの生残について、松名瀬干潟では移殖放流とは異なり、2.5ヶ月後でも736個体/網袋の生残が確認された。その後、台風18号の影響により網袋が20cmほど埋没したことで、網袋設置5ヶ月後には300個体/網袋まで減少していた。三渡川河口でも松名瀬干

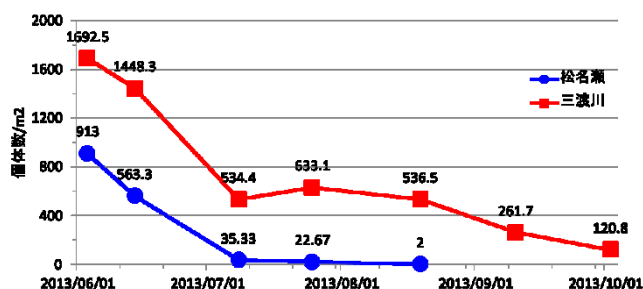


図27 松名瀬および三渡川河口における移殖放流後のアサリ稚貝の密度変動

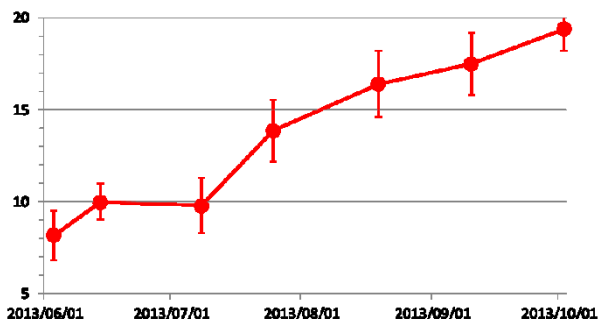


図28 三渡川河口における移殖放流後のアサリ殻長の推移

潟と同様に高い生残が見られ、網袋設置後5ヶ月後で596個体/網袋となった。両区域とも移殖放流に比べて生残率は非常に高い結果となった(図29)。

網袋アサリの成長について、松名瀬干潟では網袋設置3.5ヶ月後には殻長が20mmに達した。一方、三渡川河口では網袋設置後5ヶ月後では殻長が16.6mmまでしか成長せず、松名瀬干潟の網袋や三渡川河口での移殖放流したアサリより成長は良くなかった(図30)。

生息環境の連続観測

流速計(Compact-EM、JFE アドバンテック)による底面波浪流速は三渡川河口より松名瀬干潟で高く、松名瀬干潟ではモニタリング調査間における最大底面波浪流速が20cm/sを常に超えていた。塩分は三渡川河口で変動が大きく、しばしば0psuを観測するときが見られた。水温は両調査区とも夏に向かって水温の上昇が確認された。濁度(クロロフィル換算濃度)は松名瀬干潟より三渡川河口において高濃度で観測されていた(図31)。

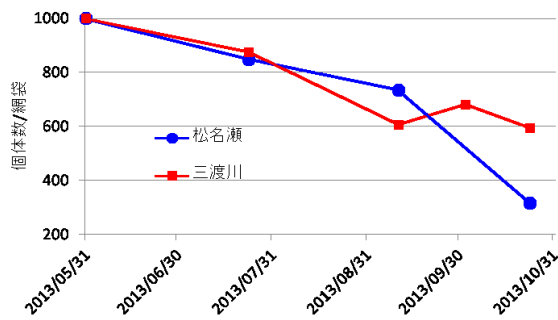


図29 松名瀬および三渡川河口での網袋におけるアサリの個体数推移

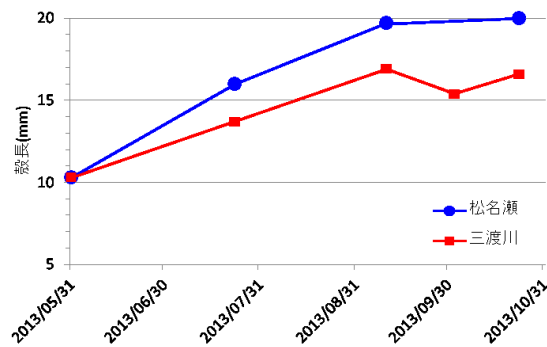


図30 松名瀬および三渡川河口での網袋におけるアサリ殻長の推移

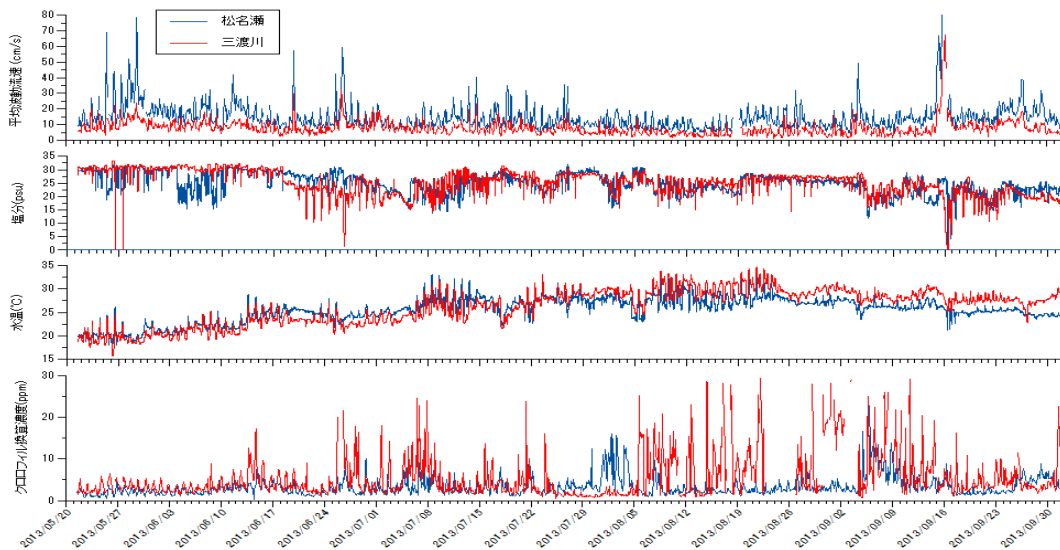


図31 松名瀬および三渡川河口での流速、塩分、水温、クロロフィルの時系列推移

2. 愛知県における天然海域に放流したアサリ稚貝の成長・生残

方法

(4) - c) - 2 で放流したアサリ稚貝について、移殖放流区（小鈴谷：KS1～4、野間：NN1, 2、NS1, 2）において、毎月1回、採泥器(0.05m²)を用いて各区8回底土を採取し、各移殖放流区における放流稚貝の密度変化および殻長を調査した。また、放流稚貝の成長を把握するため、放流稚貝と砂利を入れた網袋を各移殖放流区の中央部に6袋設置し（KS1～4：2013年8月7日稚貝500個、NN1, 2、NS1, 2：2013年8月22日稚貝300個）、1カ月毎に各移殖放流区1袋を回収し、放流稚貝の生存個体数及び殻長を調べた。さらに、同所の漁場環境を把握するため、KS4、NS2において、自記式流向流速計（INFINITY-EM, JFEアドバンテック社製）およびクロロフィル濁度計（INFINITY-CLW, JFEアドバンテック社製）を設置し、海底直上約10cmの底面波動流速、水温及びクロロフィル換算濃度を測定した。

アサリの密度変動と成長

図25に小鈴谷地先の移殖放流区における放流稚貝の密度を示す。2013年9月18日（放流49日後）には沖側の移殖区（KS3およびKS4）において密度が著しく低下し、10月22日（放流76日後）以降移殖稚貝は確認されなかった。いずれの移殖放流区においても9月18日以降密度は低下したが、最も岸側の移殖放流区であるKS1は他の移殖区と比べて低下の程度は小さかった。稚貝の成長については、移殖放流区間において殻長の平均値に差は見られなかった（*t*-test, *p*>0.05）（図33）。野間地先の移殖放流区における稚貝の密度は、移殖放流時には208個体/m²であったが、9月18日（放流30日後）には0個体/m²となった。

網袋でのアサリ稚貝の成長と生残

網袋アサリの生存個体数について小鈴谷地先を図34、野間地先を図35にそれぞれ示した。小鈴谷地先では岸側の地区（KS1, KS2）ほど生存個体数が多い傾向がみられ、野間地先では南部よりも北部の移殖放流区である

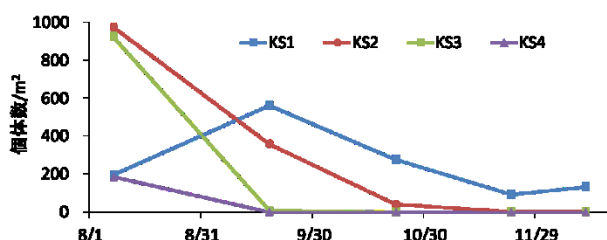


図32 小鈴谷地先の移殖放流区における放流稚貝の密度の推移

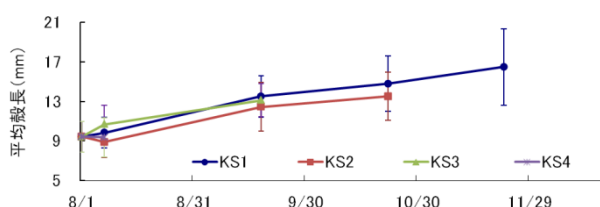


図33 小鈴谷地先の移殖放流区における放流稚貝の平均殻長の推移

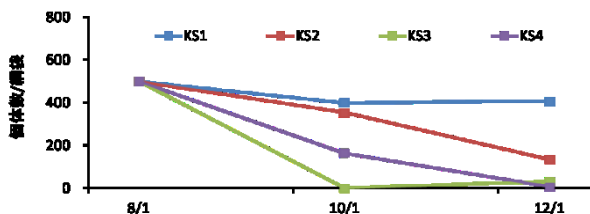


図34 小鈴谷地先に設置した網袋アサリの個体数推移

NN1、NN2 で生存個体数が高い傾向がみられた。小鈴谷地先に設置した網袋アサリの平均殻長を図 36 に示した。沖側の地区 (KS4) で平均殻長が大きい傾向がみられた。

生息環境の連続観測

小鈴谷地先 (KS4) 及び野間地先 (NS2) における底面波動流速と水温を図 37 に、クロロフィル換算濃度の平均値を図 38 にそれぞれ示した。底面波動流速は、9 月中旬頃までは最大でも 20cm/s 程度で推移していたが、それ以降は 20cm/s 以上の値が多くなり、40cm/s を超える値も測定された。水温は、10 月中旬まで 20℃以上で推移し、その後 12 月中旬までに約 10℃に低下した。クロロフィル換算濃度の平均値は、9 月 19 日～10 月 22 日の値が最も高かった。また、9 月 19 日～11 月 20 日で小鈴谷地先 (KS4) の値が野間地先 (NS2) より高く ($p<0.01$)、11 月 22 日～12 月 10 日で野間地先 (NS2) の値が小鈴谷地先 (KS4) よりも高かった($p<0.01$)。

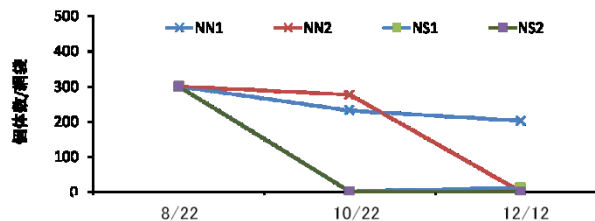


図 35 野間地先に設置した網袋アサリの個体数推移

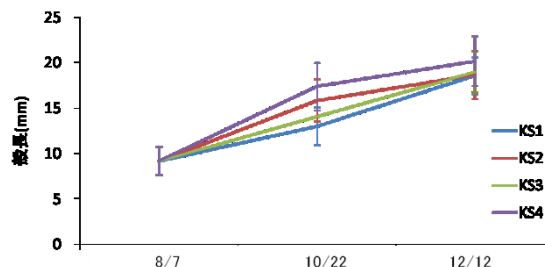


図 36 小鈴谷地先に設置した網袋アサリの殻長の推移



図 37 小鈴谷地先 (KS4) と野間地先 (NS2) の底面波浪流速および水温の時系列推移

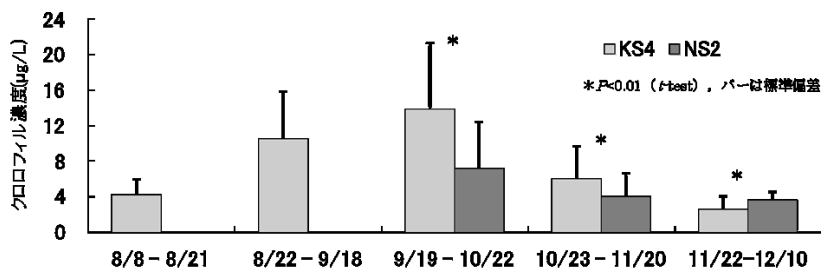


図 38 小鈴谷地先 (KS4) と野間地先 (NS2) のクロロフィル換算濃度平均値

3. 三重県におけるアサリ漁場造成地に放流したアサリの成長・生残方法

2014年11月に放流したアサリについて、放流後3日目、7日目、1ヶ月目、2ヶ月目に実施した。また、海底の環境条件として、溶存酸素、塩分、流速、水温、クロロフィルの連続観測を放流の1ヶ月前から実施した。ただし、観測機器数の制約により、環境条件の観測は碎石区と覆砂区で実施し、それぞれの対照区では実施しなかった。

アサリの成長・生残

碎石区と碎石対照区における放流後3日目の密度(初期密度)は、それぞれ1166個体/m²と1078個体/m²であった。その後、生残率は低下することなく推移し、碎石区と碎石対照区とで生残率に差は認められなかった(図39)。碎石区と碎石対照区における放流後3日目の平均殻長は、それぞれ33mmと34mmであった。放流後7日目に両区とも29mmと小さくなったが、放流後2ヶ月目には碎石区が38mm、碎石対照区が34mmと大きくなり、碎石区では放流後3日目より大きくなった。

覆砂区と覆砂対照区における放流後3日目の密度(初期密度)は、それぞれ824個体/m²と930個体/m²であった。その後、生残率は低下することなく推移し、覆砂区と覆砂対照区とで差は認められなかった(図40)。覆砂区と覆砂対照区における放流後3日目の平均殻長は、それぞれ28mmと29mmであった。放流後1ヶ月目まで変化なく推移したが、放流後2ヶ月目には覆砂区が31mm、覆砂対照区が32mmとなり、両区とも放流後3日目より大きくなった。

生息環境の連続観測

貧酸素(溶存酸素 3mg/L 以下)は放流前の2014年10月25日に覆砂区で認められたが(2.5mg/L)、放流後は碎石区と覆砂区のいずれにおいても認められなかった(図41)。低塩分(20psu 以下)は碎石区と覆砂区のいずれにおいても認められなかった(図41)。最大流速

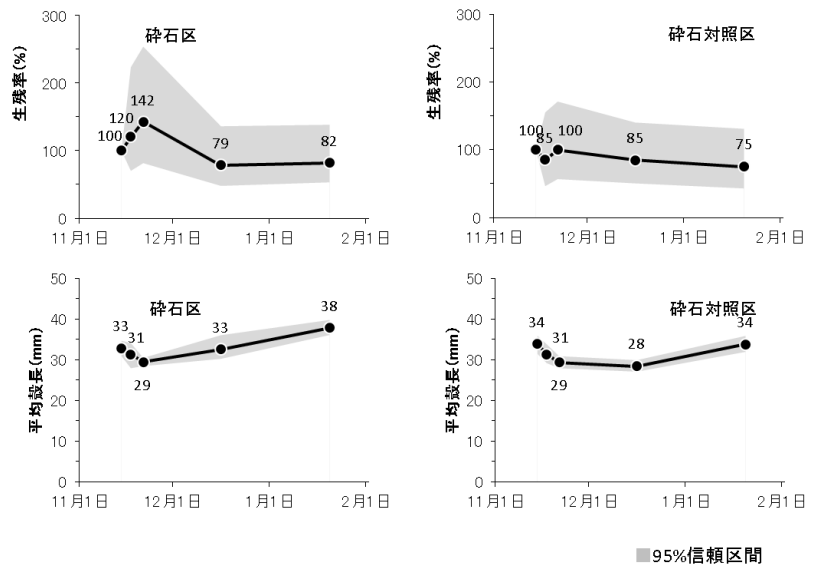


図39 碎石区および碎石対照区における移殖放流したアサリの成長・生残

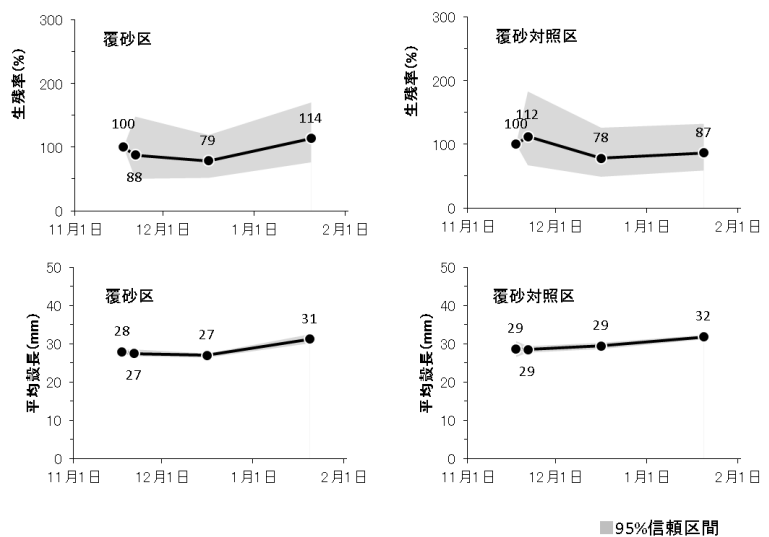


図40 覆砂区および覆砂対照区における移殖放流したアサリの成長・生残

は、2015年1月7日に碎石区で観測された31cm/secであり、アサリを大きく移動させる40cm/secを超える流速は確認されなかった(図41)。11月上旬(放流時)の水温は19°Cであり、その後徐々に低下し、12月上旬の水温は15~17°Cであった(図41)。クロロフィルは、両区とも11月下旬まで2μg/L以下で推移していたが、それ以降は、12月下旬を除いて、5μg/Lを超える期間が継続した(図41)。

以上のように、全ての試験区においてアサリの生残率が低下せず推移したのは、アサリの死亡原因となる貧酸素、低塩分、流速が確認されなかったためと考えられる。また、全ての試験区において12月以降アサリの平均殻長が大きくなったのは、海水中の餌料量が増加し、アサリが成長したことによるものと考えられる。碎石区のアサリにおいて高い成長が認められたことについては、対照区的环境条件を観測していないため、本研究では明らかにできなかった。

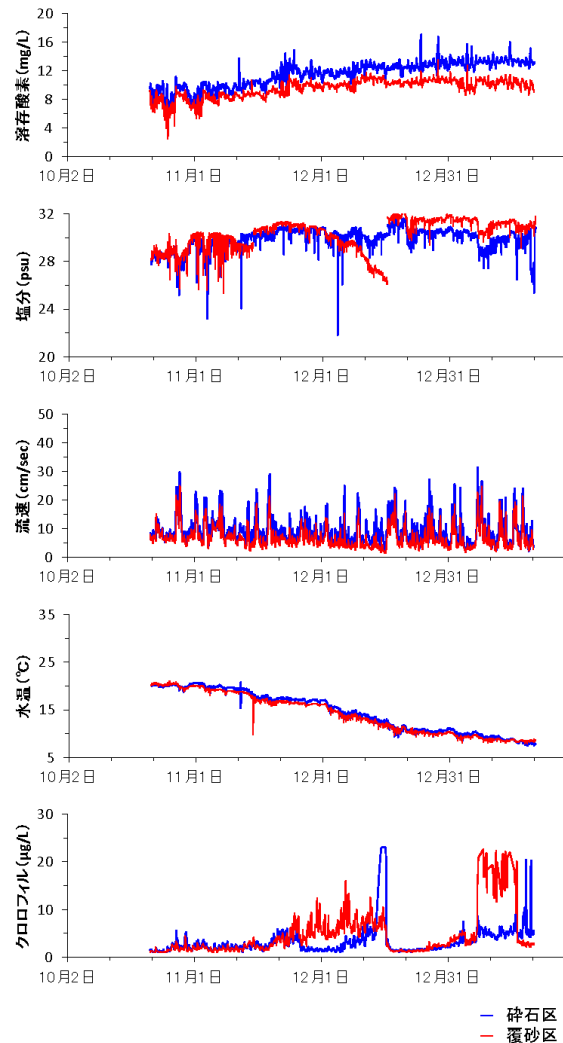


図41 碎石区および覆砂区における環境観測の時系列変動

4. 愛知県におけるアサリ漁場造成地に放流したアサリの成長・生残方法

(4) - c) - 4において2014年7月23日にアサリ稚貝の移殖放流後、カシパン除去試験区(F1)および対照区(KS1)に移殖したアサリ稚貝の成長、生残についてのモニタリング調査を行った。調査は移殖放流の8日後(7月31日)に初期調査を行い、その後は毎月1回、採泥器を用いて各区20点底土を採取し放流稚貝の密度変化および殻長を調べた。

(4) - c) - 4で2014年10月17日にアサリ稚貝を放流した試験区において、移殖放流してから4日後(10月21日)、10日後(10月27日)、19日後(11月5日)、34日後(11月20日)、63日後(12月19日)、97日後(1月22日)に各区20点底土を採取して放流稚貝の密度変化および殻長を調べた。採泥にはコアサンプラー(直径11.2cm)を用いて1地点あたり5回採泥した(採泥器と同等量)。

波浪や食害による減耗の影響を除去した状態での稚貝の生残や成長を把握するため、2014年7月23日に豊川河口干潟で採取された稚貝(平均殻長10.2±1.9mm)200個と砂利を入れた網袋(目合4mm)を同年7月24日にカシパン除去試験区(F1)および対照区(KS1)に6袋設置して、1カ月毎に1袋回収し、移殖稚貝の生存個体数および殻長を調べた。

底面波浪流速、塩分、水温、水深、溶存酸素濃度、クロロフィル濃度を測定するため、

カシパン除去試験区(F1)および対照区(KS1)に自記式流向流速計(INFINITY -EM、JFE アドバンテック社製)、塩分計(COMPACT-CT、JFE アドバンテック社製)、水深計(COMPACT-TD、JFE アドバンテック社製)、DO計(COMPACT-DOW、JFE アドバンテック社製)、クロロフィル濁度計(INFINITY-CLW、JFE アドバンテック社製)を設置した。

放流稚貝の密度変動と殻長の推移

カシパン除去試験区(F1)における移殖放流 8 日後の密度は 7106 個体/m²であったが、42 日後に密度は著しく低下し 25 個体/m²となり、72 日後には生息が確認されなかった(図 42)。一方、対照区(KS1)における移殖放流 8 日後の密度は 4956 個体/m²、42 日後は 1583 個体/m²、105 日後は 268 個体/m²、149 日後には生息が確認されなかった(図 42)。

カシパン除去試験区(F1)において放流稚貝の生息が確認されなくなる前の 42 日後の平均殻長は 13.0±2.6mm で、同日の対照区(KS1)の平均殻長は 13.2±2.4mm であった(図 43)。対照区(KS1)における 105 日後の平均殻長は 15.3±2.6mm であった(図 43)。

砕石区および敷網区における移殖放流 19 日後の密度はそれぞれ 2580 個体/m²、2008 個体/m²であったが、対照区では 448 個体/m²に急激に低下していた(図 44)。34 日後には全ての放流区において密度が低下し、63 日後には対照区で生息が確認されなくなり、97 日後には全ての放流区において生息が確認されなくなった。

網袋の稚貝の生残と成長

網袋の稚貝の生残については、カシパン除去試験区(F1)と対照区(KS1)における 42 日後の生残個体数はそれぞれ 143 個体/網袋、171 個体/網袋で、183 日後ではそれぞれ 19 個体/網袋、54 個体/網袋であった(図 45)。両区とも移殖放流と比べて生残率は非常に高かった。

網袋の稚貝の成長については、カシパン除去試験区(F1)と対照区(KS1)における 42 日後の平均殻長はそれぞれ 17.0±3.1mm、17.1±2.5mm で、183 日後ではそれぞれ 25.7±2.5mm、28.6±3.3mm であった(図 46)。成長は移殖放流した稚貝よりも網袋内の稚貝が早かった。

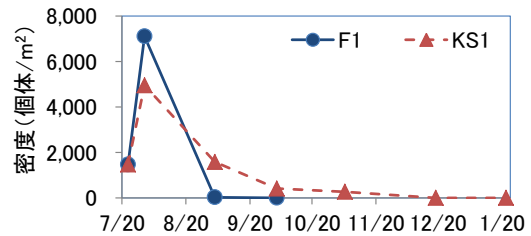


図 42 カシパン除去試験区 (F1) と対照区 (KS1) における放流稚貝の密度変動

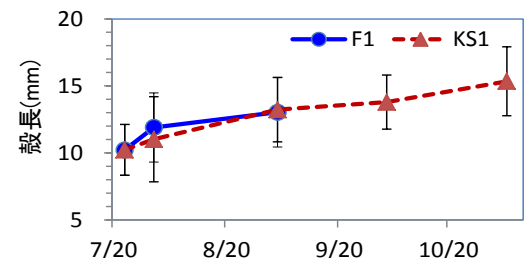


図 43 カシパン除去試験区 (F1) と対照区 (KS1) における放流稚貝の殻長推移

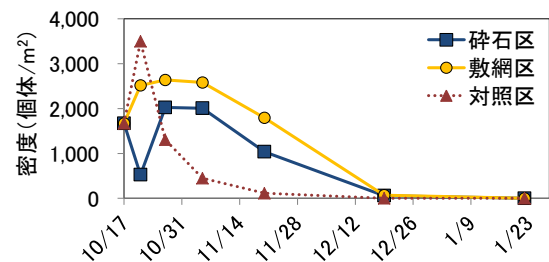


図 44 砕石区、敷網区、対照区における放流稚貝の密度変化

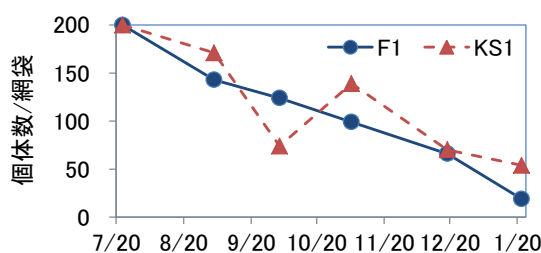


図 45 カシパン除去試験区 (F1) と対照区 (KS1) における網袋の稚貝の個体数の推移

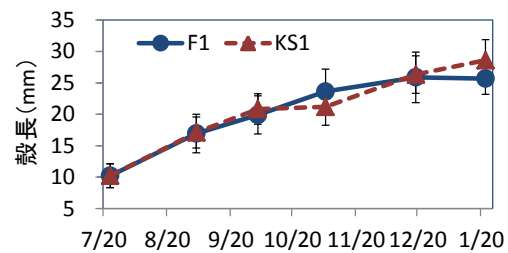


図 46 カシパン除去試験区 (F1) と対照区 (KS1) における網袋の稚貝の殻長推移

環境観測

底面波浪流速値はカシパン除去試験区(F1)よりも対照区(KS1)で高く、放流稚貝の密度が著しく低下するまでの間には 50cm/s を超える値が観測された。10月6日には底面波浪流速値が 70cm/s を超えており、その後も 40cm/s を超える値が頻繁に観測された(図 47)。水温は夏季に対照区(KS1)で高く、逆に秋季以降は低かった。塩分は夏季および秋季の変動が大きく、対照区(KS1)では 8月に著しい低下が確認された。溶存酸素濃度については DO 計に付着物が多く見られ、安定した継続的な観測値は得られなかったが、対照区(KS1)では夏季に 3mg/l を下回る値が観測された。クロロフィル濃度は両区で得られた観測値を比較すると、対照区(KS1)よりカシパン除去試験区(F1)において高濃度であった。

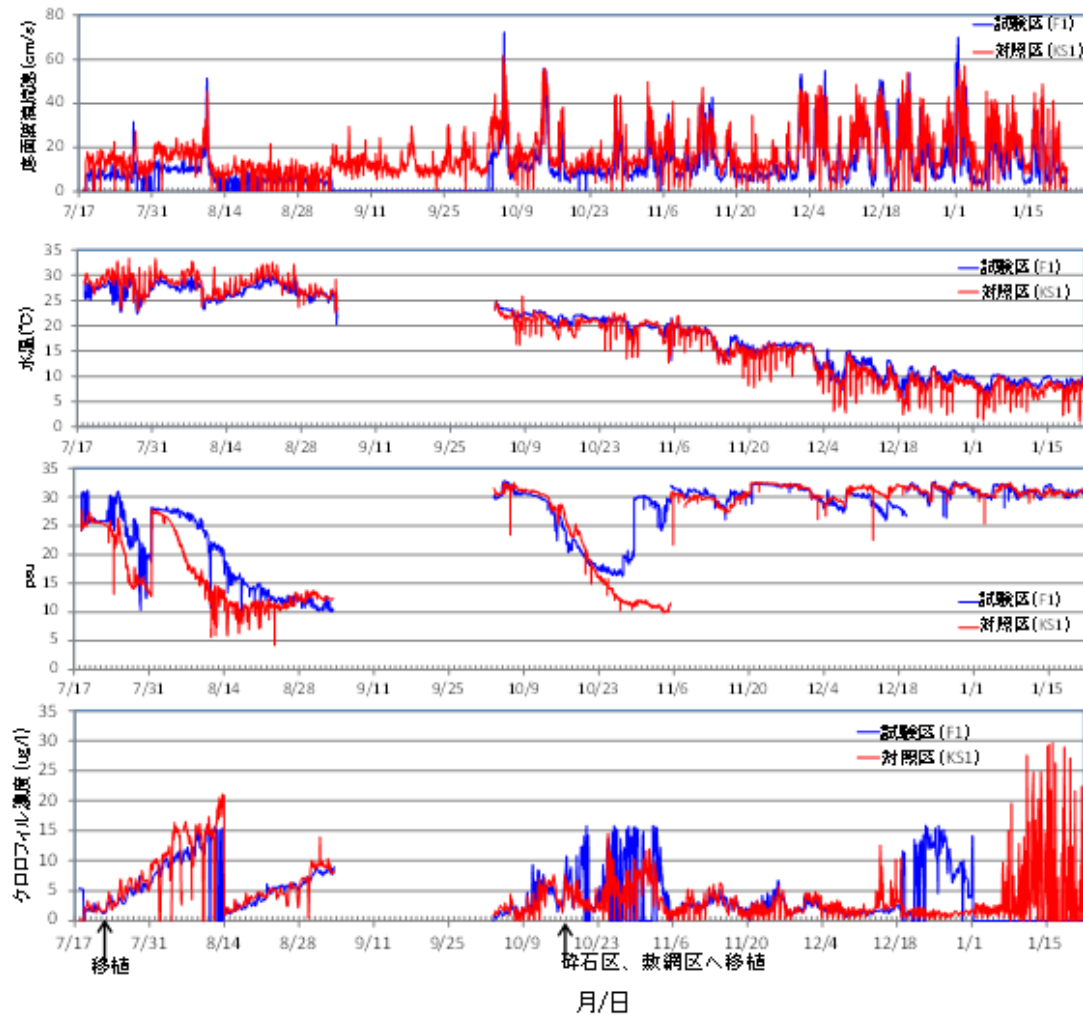


図 47 カシパン除去試験区 (F1) と対照区 (KS1) おける底面波浪流速、水温、塩分、クロロフィル濃度の観測値

b) アサリの成長、生残に適した環境の解析

1. 三重県における天然海域に移殖放流したアサリの成長・生残と関与する環境因子

「(5) - a) - 1 三重県における天然海域に放流したアサリ稚貝の成長・生残」で取得したデータを用いて、移殖放流したアサリ稚貝の個体数密度と種々の環境因子の期間変化の関係について解析を行った。アサリ個体数密度の期間変化から減少率を計算し、その減少率と波浪流速、塩分、水温、クロロフィルの期間平均値との関係を示したのが図 48 である。アサリ個体数密度の減少率と有義波浪流速の期間平均値と相関値が最も高く、次に、塩分との関係が高く表れたが、水温やクロロフィルとの相関値は小さくなった。従来の研究からアサリの生残は、波浪流速に密接に関係することが知られており、この理由は、波浪流速が大きくなると底質が掃流移動や浮遊移動の状態となり、アサリ稚貝がその場に定位できないためだと考えられている。

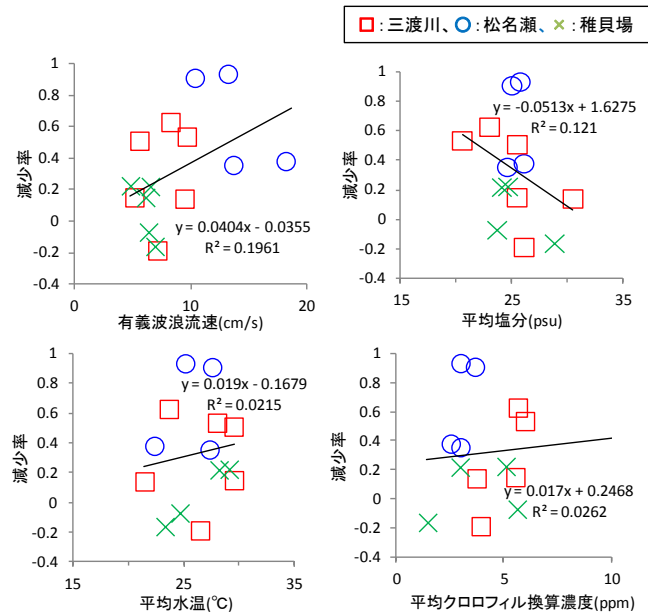


図 48 アサリ個体数密度の減少率と波浪流速、塩分、水温、クロロフィルの期間平均値との関係

図 49 は、アサリ個体数密度の減少率と有義波浪流速の期間最大値と相関を示している。有義波浪流速の期間平均値を用いた場合（図 49 左上の図）に比べて、期間最大値を用いた相関値は、0.196 から 0.407 と大きく増加することがわかった。このことは、アサリ稚貝の減少率は、その場に来襲する平均的な波浪ではなく、ある期間に来襲する最大の波浪と密接に関係することを示しており、アサリ稚貝が定位できる移殖放流場所の選定や漁場造成の設計においては、この期間最大波浪（有義波）によって生じる外力条件をベースに検討する必要のあることがわかる。

図 50 は、期間最大有義波による底面波浪流速を用いて求めたシールズ数とアサリ個体数密度の減少率との関係を示している。シールズ数を求める際の底質粒径は、実測値の d_{50} を用いている。

シールズ数の算出方法を下記に示す⁴⁾。

$$A_{orb} = (u_{orb} T) / 2$$

$$\tau_w = (1/2) \rho \cdot f_w \cdot u_{orb}$$

$$f_w = \exp[5.213(ks/A_{orb})^{0.194} - 5.977]$$

$$f_w = 0.3$$

$$A_{orb}/ks > 1.57$$

$$A_{orb}/ks < 1.57$$

$$\theta = \tau_w / [(\rho_s - \rho)gD_{50}]$$

ここに、 u_{orb} : 底面波浪流速、 T : 波浪の周期、 A_{orb} : 波浪による底面軌道振幅、 fw : 摩擦係数、 ks : 相当粗度 (ここでは $2.5 \times D_{50}$ を用いる)、 τ_w : 波浪による底面せん断力、 ρ_s : 砂の密度、 ρ : 海水密度、 θ : シールズ数、 g : 重力加速度、である。

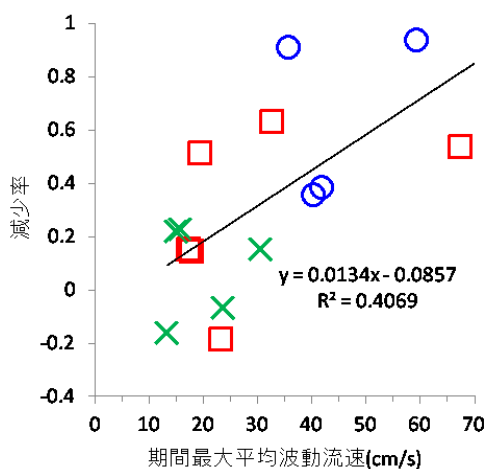


図 49 アサリ個体数密度の減少率と波浪流速の期間最大値との関係

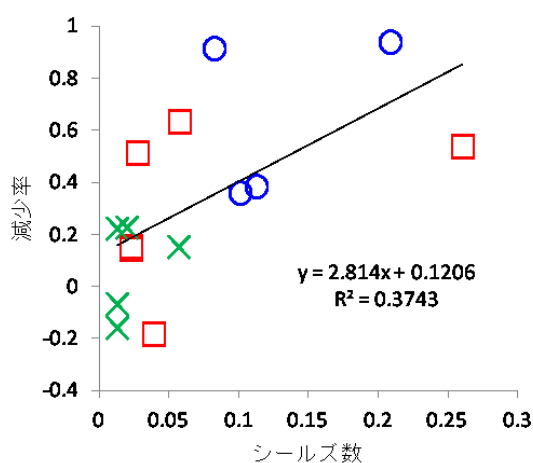


図 50 アサリ個体数密度の減少率と波浪流速の期間最大波から求めたシールズ数との関係

2. 対策効果の解析と評価

解析方法

愛知県および三重県において、「(5) - a) モニタリング調査」で取得したデータを用いて、一般化線型モデルにより、各実験区におけるアサリ稚貝の生残に関わる環境因子について抽出した。一般化線型モデルにおいて、応答変数をアサリの生残率、説明変数を調査期間における最大波浪流速、平均波浪流速、平均塩分、塩分変動幅、平均水温、水温変動幅、平均クロロフィル量、クロロフィル量変動幅とした。また、対策施工の有無として、カシパン除去区および岸側対照区にそのまま放流した区を天然海域区、カシパン除去区において碎石施工および敷網施工した場に放流した区を施工区として説明変数に組み込んだ。もっとも当てはまりのよい予測モデルは AIC を用いて選択した。

愛知県小鈴谷地区における移殖放流したアサリの生残に関与する環境因子

愛知県小鈴谷地区において、アサリ稚貝の生残に寄与する環境因子として最大波浪流速が選択された。また、施工の有無も選択された。このことから、最大波浪流速が大きいほど減耗するが、碎石や敷網など底質の安定性を増加させる対策をすることで減耗率を抑えることができることが明らかとなった(図 51)。

三重県碎石覆砂施工区における移殖放流したアサリの生残に関与する環境因子

三重県東黒部地区において、一般化線型モデルにより予測を試みたが、ベストモデルと Null モデル(生残率~1)に有意な差は検出されなかった。これは、生残がどの環境因子にも依存しないことを意味しており、これは (5) - a) - 3 で指摘したように減耗に起因する低塩分、貧酸素、最大流速の低さが原因と考えられる。実際に小鈴谷地区で選択された環境因子である最大波浪流速は沖側で約 50cm/s を記録しているが、三重県では岸側沖側とも 20cm/s となっている(図 52)。2014 年度の小鈴谷地区の死亡率および 2013 年度の松阪地区における移殖放流の死亡率を参考にすると、底面流速が低いときの死亡率は 1 割未満と

なり、差が出なかったと考えられる。

伊勢湾天然海域における波浪によるアサリ稚貝の生残

2013年三重県松阪地区および2014年愛知県小鈴谷地区における移殖放流したアサリ稚貝の減耗率は最大波浪流速が関与していたため、天然海域を対照として地区間の最大波浪流速による減耗率が異なるか検討した。その結果、減耗率に地区間の差は認められず(ANOVA, $p > 0.1$)、減耗率と最大波浪流速にのみ相関が見られた($p = 0.051$)(図53)。このことから、天然海域への移殖放流を実施する場合、対象とする海域の最大波浪流速を推定し、目標とする稚貝の生残率を設定して移殖放流量を決定すると良いと考える。

天然海域のみでの解析となったが、愛知県小鈴谷地区では施工によるアサリ稚貝の減耗率が下がることが示された。今後も対策を実施した区域での移殖放流およびモニタリングを実施し、生残率向上効果の検証を実施する必要がある。

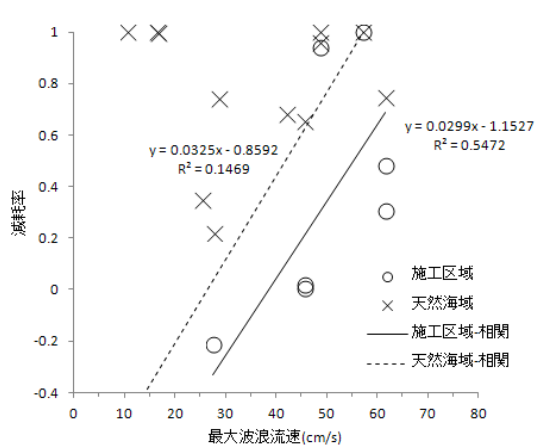


図51 カシパン除去試験区と対照区における底面波浪流速とアサリ稚貝減耗率の関係

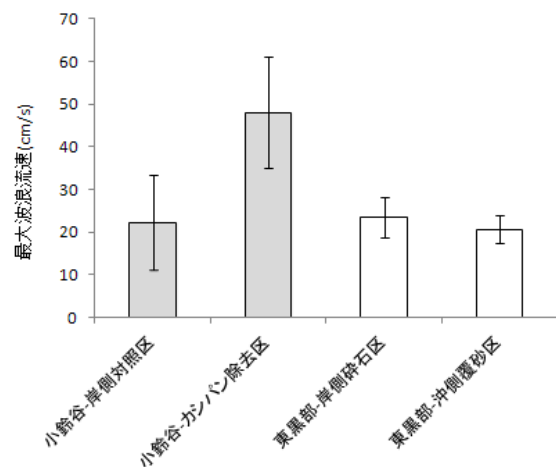


図52 愛知県小鈴谷地区と三重県東黒部地区における観測期間中における底面波浪流速の比較

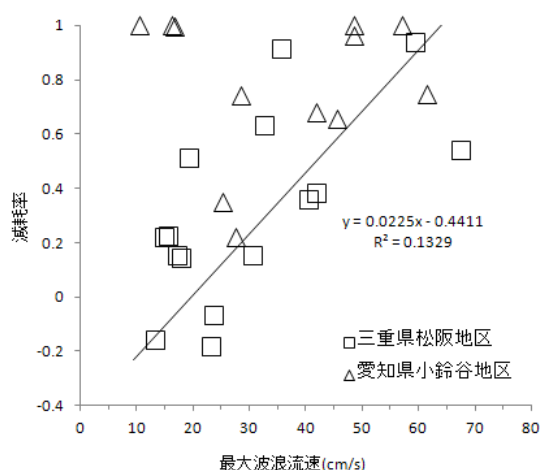


図53 愛知県小鈴谷地区と三重県松阪地区における天然海域におけるアサリ稚貝の減耗率と底面波浪流速の関係性

(6) 委員会などの設置・運営

担当機関：(独)水産総合研究センター水産工学研究所

a) 現地検討会

第1回現地検討会

2012年12月4日(火)13:00～17:00に愛知県自治センター会議室D8階において、現地検討会を開催した。本検討会の目的は、伊勢湾全域のアサリ漁業に従事する漁業者に集まっただき、本年度、本事業で実施した調査内容の報告と今後の調査計画について相談し、アドバイスをもらうためである。鈴鹿漁協を除く、全漁協から参加いただいた。学識経験者として、藤原 建紀(京都大学)、石田 基雄(元愛知県水産試験場)、町口 裕二(増養殖研究所)に参加いただき貴重な意見をいただいた(写真9)。



写真9 現地検討会の様子

第2回現地検討会

2014年3月11日(火)13:00～17:00に愛知県自治センター会議室で開催した。検討会では2014年度の事業取り組み内容の説明を行い、その後、漁業者や行政担当者との意見交換を行った。

b) アサリ干潟調査研究事業合同報告会

2013年3月14日(三田共用会議所)、2014年2月24日(農林水産省共用会議室)、2015年2月23日(農林水産省共用会議室)に各年度の成果報告を行った。本プロジェクトについて、評価員ならびに会場参加者からの助言をいただくとともに意見交換を行った。

VII. 摘要

1. 本研究課題では、伊勢湾を対象にアサリ浮遊幼生、着底後の成長生残、成貝の産卵といったアサリ生活史を連結させたアサリ資源回復モデルを開発した。このモデルを用いて、移殖放流や漁場整備などの対策技術を、「どこに」「どの規模」で実施させると、湾全体および各漁場で「どのくらい」アサリ資源が回復するか推定することを可能とした。
2. アサリ資源回復モデルに基づく対策を実施するために、伊勢湾全域のアサリ漁場における資源量を把握するための調査方法を確立した。
3. アサリ調査の結果に基づいて、一般化線型モデルを用いて漁場スケールでアサリの生息適地を推定した。この漁場スケールモデルに基づいて、移殖放流や漁場造成などの対策効果を推定することが可能となった。
4. アサリ資源回復モデルおよび漁場スケールモデルにおける対策技術の効果を検証するために、大規模なアサリ稚貝の移殖放流および覆砂を用いたアサリ漁場造成を実施に成功した。
5. アサリの移殖放流後のモニタリング調査を通して、アサリの成長生残に適した環境の主因子が波浪であることを明らかにし、波浪を制御する対策技術が有効であることを示した。
6. 漁場スケールモデルにより、アサリの生息適地が着底場、成育場、母貝場としての産卵適地でそれぞれ異なっており、より効果的なアサリ資源の回復を目指すために各成長段階に応じた生息場の整備を大規模にすすめる必要がある。

VIII. 引用文献

- 1) 志村健・大下誠二・寺門弘悦・田永軍 (2009): 日本海南西海域における中層トロールと面積密度法を用いたマアジ当歳魚の現存量推定手法の開発. *日本水産学会誌*. **75**: 1042-1050.
- 2) 長谷川夏樹・日向野純也 (2010): 伊勢湾におけるアサリの殻長-重量換算式. *水産増殖*. **58**: 155-158.
- 3) 南部亮元 (2013): 統計モデルを用いたアサリ好適環境条件の把握. 平成 25 年度水産工学関係研究開発推進会議水産基盤部会「沿岸漁場再生のための情報収集と要因把握」報告書. p53-58.
- 4) Swart DH (1974): Offshore sediment transport and equilibrium beach profiles. *Delft hydr. Lab. Publ. No 131*. pp302.