

水産基盤整備調査委託事業報告書

I 調査課題名

アサリ稚貝の定着を促進する 海底境界層の物理環境の解明

II 実施機関名

(独) 水産総合研究センター	水産工学研究所	桑原 久実 齊藤 肇
	養殖研究所	日向野 純也
北海道立中央水産試験場	水産工学室	櫻井 泉 福田 裕毅
千葉県水産総合研究センター	東京湾漁業研究所	鳥羽 光晴 小林 豊
愛知県水産試験場	漁業生産研究所	岡本 俊治 日比野 学
熊本県水産研究センター	浅海干潟研究部	生嶋 登 渡辺 裕倫

III 調査実施年度

平成18・19・20年度

IV 緒言（まえがき）

我が国におけるアサリの生産が回復しない原因は、第一に全国の多くのアサリ漁場において稚貝の発生が少ないことにあり、稚貝発生量を増やすことが危急の課題である。稚貝の天然発生を促進するために覆砂や網掛け、柵立てなど種々の方策が試みられてきたが、これらのほとんどは海底面の砂の移動を抑えアサリ稚貝を物理的に安定した環境下に置くことを意図したものである。しかしながら、海底面の形状、底質や流動環境とアサリ稚貝の定着との関係が明らかになっていないため、設計条件の基準化や事例の成否の原因究明が不十分となっている。

このため、本調査課題では、現地調査や水槽実験によってアサリ稚貝が定着あるいは移動する流動、底質、地形等の物理環境条件を見出すとともに、各種の方策による海底面の安定化とアサリ稚貝の定着に対する効果を評価することにより、アサリ稚貝の定着を促進し種場を造成するための水産土木工学的な調査法に関するガイドライン案を提示する。具体的には、回流水槽を用いた実験により海底近傍における稚貝・砂粒子の移動・定着を決定する物理条件を精密に把握する。また、アサリ稚貝の定着と海底の物理環境との関係を野外で把握するため、代表的なアサリ漁場において、貝殻散布、被覆網、碎石散布などの対策技術による野外実験を行う。さらに関連情報として、底質の巻き上げがアサリ稚貝の成長に与える効果に関する室内実験を行う。

V 調査方法

① アサリ稚貝の移動判定モデルの作成と水槽実験による補正（水工研）

水路長 12m、水路幅 0.5m、水深 0.5m の回流水槽（図 V-1-1）の床をカラーコンパネ

の固定床とし、[図 V-1-2](#) に示すように砂利大($d=20\sim 30\text{mm}$)、砂利小($d=5\sim 15\text{mm}$)、被網(メッシュ間隔= 12mm)を敷いた状態及び何も敷かない対照とで、水路中央における水平流速の鉛直勾配を粒子画像可視化法(PIV法)により計測し、それぞれの実験条件における摩擦速度を求めて比較した。

水路長 12mの回流水槽の底面に底質(玉砂利大・小、ネット、破碎したホタテ殻)を敷き、粒子画像可視化法により一方向流での水平流速の鉛直分布を計測し、各設定流速における水平流速の勾配から、それぞれ底質を用いた場合における摩擦速度と粗度高さを算出した。さらに水路中央部にアサリ稚貝模型(のべ 100 個)を散布し、直上から動画撮影しながら設定流速を段階的に増加させ、それぞれの模型が最初に 3 cm以上移動したときの設定流速を記録した。本実験は、一方向流と往復流の両方の場合で行った。

② 遥動状態でのアサリ稚貝の生残率に関する実験(養殖研)

小型の振盪装置ロッキングミキサーRM-300 にアクリル製水槽を設置し([図 V-2-1](#))、往復の傾斜運動から振動流を発生させて底面上に砂連、およびシートフローを生じさせ、静置区も設定しアサリ稚貝(殻長約 1mm, 各区 15 個体)を収容して飼育実験を行った。餌料用微小藻類 *Pavlova lutheri* と $0.5\mu\text{m}$ ろ過海水を用いて、餌料の有無についても検討した。底質は珪砂 6 号を洗浄して極細粒分を洗い流して用いた。

③ 底質の巻き上げがアサリ稚貝の成長に与える効果に関する実験(北水試; 福田)

H19 年度は底質中の藻類の現存量がアサリの成長に影響する可能性を検討するための現地試験を実施した。試験は事前調査で底質中のクロロフィル a 量に大きな差が見られた、北海道厚岸郡浜中町の霧多布漁港内の造成干潟とこれに隣接する暮帰別沼の造成干潟で行った([図 V-3-1](#))。両干潟にプラスチック製の仕切り板を用いて $0.4\text{m}\times 0.4\text{m}$ の試験区を 4 区設定した。2007 年 6 月 13 日に、平均殻長 32.6mm のアサリを各試験区に 40 個体移殖した。同 8 月 13 日と 11 月 21 日に各干潟で 1 区画ずつすべてのアサリを回収して測定を行った。また、干潟の藻類現存量を調べるために、6 月から 11 月までの毎月、各干潟の試験区近傍で底層水と干潟表面の泥を採取し、海水中のクロロフィル a 濃度と底質表面のクロロフィル a 量を求めた。そして、底質中の藻類が成長に影響していれば、底質中に藻類の多い場所では、そうでない場所と比較してアサリの成長が良くなると考えた。

H20 年度は、藻類を含んだ干潟の表面堆積物を巻き上げによるアサリへの給餌効果を調べる室内試験を実施した。試験には直径 20cm の円筒形試験容器にケイ砂 1.2kg を入れ、この上に干潟で採取した底質を 500g(層厚約 3cm)敷設したものを用いた。道東地域の暮帰別造成干潟、霧多布造成干潟および霧多布天然干潟([図 V-3-1](#))の各 3 点の表層で採取した計 9 種類の底質を試験に使用した。各底質について試験区と対照区の試験容器を作成した。各容器に個体識別した殻長約 15mm のアサリを 10 個体入れ、照明を当てたろ過海水掛け流しの試験水槽に設置して、1 回 45 日程度の飼育試験を実施した。掛け流し海水の水温は外海水温とほぼ同じであり、試験水槽の水位は試験容器の高さ+10cm 程度であった。試験区では約 2 日ごとに試験管ブラシで底面を軽く擦って底質を巻き上げた。その際、巻き上げを行う前に試験水槽の水位を試験容器の高さまで下げた。巻き上げ後、底質が完全に沈降してから再び水位を上昇させた。このようにして巻き上げられた細粒分が流出することを防いだ。実験作業の模式図を[図 V-3-2](#)に示した。試験開始前と終了時にアサリのサイズを測定し、終了時には試験区、対照区の平均肥満度を算出した。試験はアサリを入れ替えて 3 回実施した。底質の入れ替えは行わなかった。底質の巻き上げに餌料供

給効果があれば、アサリの成長および肥満度は、表面堆積物を巻き上げ試験区が、巻き上げない対照区より大きくなると考えた。

④ 河口域における稚貝集積プロセスに関する調査（愛知水試）

矢作川河口左岸における稚貝の分布状況を明らかにするため、矢作川河口の上下流方向に測点を4点設け（図 V-4-1）、平成18年4月から11月にかけて、月1回程度（アサリ稚貝の着底時期は月2回）、底質、二枚貝稚貝量を調査した。底質調査は、エックマンバージ採泥器を用いて採泥し、底泥の粒度組成、乾燥減量、強熱減量、全硫化物量、泥中植物色素量を分析した。また、稚貝調査は、当水試で開発した内径219mmの採泥部を備えた吸引式ベントス定量採集器（荒川ほか、投稿中）を用い、1測点当たり4回、繰り返し採集した。なお、採集した稚貝は1mm目合いのフルイに残った稚貝の大きさと数を計測した。

平成19年6月から8月に、矢作川河口左岸の干潟の上下流方向に3地点（上流地点から St.1 とし最下流地点を St.3 とする）を設定した（図 V-4-2）。各地点において、内径3.7cmのコアで表層泥約2cm程度を3回採取し1試料としたものを6試料（採泥面積32.2cm²）、および10×10cm（深さ約10cm）の枠取りにより採泥したものを4試料採取した。コアサンプルは全数、枠取りについては1mmフルイに残ったアサリ稚貝を選別・計数し、殻長を測定した。自記式電磁流向流速計（Compact-EM, ALEC）をセンサー部分が海底上約5cmになるよう海底に埋設し、平成19年7月30日から8月28日の約1ヶ月間にわたり流向流速を観測した（図 V-4-3）。得られたデータから、流速の移流成分（流れ）と変動成分（波浪）に分離し、地点ごとの流動環境を解析した。データの解析には、流動解析ソフト TS Editor ver. 4.21 および TS Master ver. 6.6（両者とも川俣, 2007）を用いた。

平成20年6月から8月に、平成19年度と同様に矢作川河口左岸の干潟の上下流方向に3地点（上流地点から St.1 とし最下流地点を St.3 とする）を設定した（図 V-4-2）。内径5.6cmのコアで表層泥約2cm程度を採取したものを6試料（採泥面積24.6cm²）、および10×10cmの枠取り（深さ約10cm）により採泥したものを4試料採取した。コアサンプルは全数、枠取りについては1mmフルイに残ったアサリ稚貝を選別・計数し、殻長を測定した。コホートの分離は、殻長組成により明瞭に分離される場合には各コホートのモード値を基準に示し、分離が困難な場合には MS-Excel のソルバー機能を用いた相澤・滝口1)の方法を用いた。各地点に自記式電磁流向流速計（Comact-EM, ALEC）をセンサー部分が海底上約5cmになるよう海底に埋設し、平成20年7月4日から8月1日の約1ヶ月間において、流向流速を連続観測した。得られた結果から流速の移流成分と変動成分に分離し、地点ごとの流動環境の分析を行った。なお、St.1 では測器の不調により、移流成分について正確なデータが入手できなかった。他分担課題で開発されたアサリ稚貝の移動限界評価モデルにより解析を行い、安定領域逸脱時の移流特性について地点毎に検討した。

⑤ ホタテ貝殻破碎物の散布によるアサリ稚貝定着促進効果に関する野外実験（北水試；櫻井）

本試験は、H7年に造成された北海道サロマ湖赤川地区のアサリ増殖場を対象とした（図 V-5-1）。H18年度は、貝殻を散布した試験区、比較区および対照区を3区画ずつ設定した（以下、H18貝殻区、H18比較区およびH18対照区と表記）。また、H19年度は貝殻区、比較区および対照区を、H20年度は貝殻区および対照区を1区画ずつ設けた（以下、

H19 貝殻区, H19 比較区, H19 対照区, H20 貝殻区および H20 対照区と表記)。区画の大きさと間隔は, H18 年度の試験では 5m×5m で 5m 間隔, H19 年度および 20 年度の試験では 10m×10m で 10m 間隔とし, これらを地盤高がほぼ同じになるように配置した。貝殻区の造成には 2~5mm に粉砕した市販のホタテ貝殻を使用し, H18 年 7 月, H19 年および H20 年の 6 月に, ①四隅に杭を打ち込み, 区画を設定, ②区画内をバックホウで約 10cm 掘削, ③区画内に貝殻を厚さ 12cm 程度に敷設, ④散布面を平坦に整地といった手順で散布を行った。なお, H20 貝殻区については, より簡便な敷設方法を検討するため, 区画内を掘削せずに貝殻を散布した。一方, H18 比較区および H18~20 対照区は無処理としたが, H19 比較区は生息するアサリを排除するため, 区画内をレーキで約 3cm 掘削した。

H18 年 9 月~H20 年 11 月の間に合計 14 回, 各試験区においてアサリ稚貝の採集を行った。また, 散布した貝殻の層厚や貝殻上に堆積した砂の層厚を計測するとともに, 調査期間中の流速を連続観測した。アサリ稚貝については, 各試験区に設けた任意の 4 点においてステンレス製枠 (20cm×20cm×10cm) を砂面に差し込んで枠内の底質 (表層下 2cm 分) を採集し, 5%ホルマリン海水で固定した。これらを実験室に持ち帰り, 肉眼あるいは実体顕微鏡下でアサリ稚貝の選別を行うとともに, 個体数と殻長を計測した。貝殻の層厚については, H18 貝殻区, H19 貝殻区および H20 貝殻区にそれぞれ任意の 5 点を設定し, 小型シャベルで砂層が出現するまで掘削した後, ステンレス製定規を用いて計測した。流速の連続観測には波高計 (Wave Hunter H201) を使用し, これを H18 比較区の中心部に埋設した。流速の観測期間は, アサリの産卵開始時期~湖内の結氷が始まる直前まで (9 月上旬~12 月上旬) とした。得られた流速データについては, TSEditor ver.4.12 および TSMaster ver.6.6 (川俣 2007) を用いて変動成分と移流成分に分離した。さらに, これらの流速データを用いて海底面のせん断応力を求めるとともに, アサリ稚貝, 貝殻および砂の移動限界を算出することによって貝殻散布が稚貝定着に及ぼす効果を検討した。なお, せん断応力と各種移動限界の解析には, 移動限界判定シート Ver.3 (桑原・田中 2009) を用いた。

⑥ カキ貝殻加工物の散布によるアサリ稚貝定着促進効果に関する野外実験 (養殖研)

カキ殻粉末+水酸化マグネシウム+水を攪拌し, 練り合わせたものを乾燥・固化させた加工固形物 (長径 10mm 短径 8mm 厚さ 6mm) を, 2008 年 5 月 8 日に三重県鳥羽市本浦湾の砂質干潟上 DL.0.2m 点に, 3m×3m, 厚さ約 5cm になるよう散布した試験区を 3 区設け, 各試験区の隣接地には対照区を設定した。2008 年 5 月 (試験開始時) と 2009 年 1 月 (終了時) には, 各区において 20cm 角の方形枠と 1mm 目で篩いを用いて, アサリ密度 (SL5mm 以上) の調査を行った (n = 4)。また, 各区から定期的に 4 本ずつコア採取し, アサリ稚貝 (SL5mm 未満) の出現状況を調べた。調査地の中央部では, 2008 年 6 月から 11 月にかけて電磁式流速計を設置し, バーストモードでの流動環境の観測を断続的に行い, 堆積物および加工物存在下での移動限界判定を行った。

⑦ 被せ網によるアサリ稚貝定着促進効果に関する野外実験 (千葉水総研)

調査区画 調査場所は東京湾盤洲干潟の木更津市久津間地先であり, 地盤標高の異なる岸沖地点に調査区画を各 1 区画設定した (岸 A, 地盤高+0.6m ; 沖 B, +0.2m ; MLWS=0) (図 V-7-1)。調査区画には実験区 (被覆網敷設区画) と対照区 (非敷設区画) を設置し, 実験区には目合い 6mm×6mm のナイロン製撚糸網を, その周縁を底土中に約 10cm の

深さまで埋め込んで敷設した (図 V-7-2)。対象区には何も操作を行わず、自然のままの裸地とした。

アサリ分布密度 アサリ分布密度の調査は、実験区、対照区、および周辺区 (区画の外側周囲) において 4~8 の採取点を設定して行った。小型貝の採取は、内径 41mm の樹脂製円筒で 1 採取点当たり 3 回採取した。また、大型貝の採取は、内径 68mm の樹脂製円筒で 1 採取点当たり 10 回採取した。

トラップ捕集実験 海水の流動と稚貝のまき上げの関係を把握するため、調査区画 B の対照区において、セジメントトラップ (Emerson 型、内径 41 mm×長さ 400 mm) でアサリ稚貝を採取するとともに底面流速を観測した。セジメントの採取時間は 15 分間とし、干潮時から満潮時にかけて採取を行った。

地盤高 実験区と対照区の全域、および周辺区の内側領域において、樹脂製棒 (直径 18mm×長さ 1.2m) を縦横約 2m 間隔で格子状に 20 本 (4 本×5 列) 鉛直に設置した (図 V-7-2)。各棒は下部を約 80cm 程度埋設し、上部約 40cm が海底上に露出するようにした。稚貝の採取の際に各棒に上端から海底面までの高さを計測し、地盤標高の変動を求めた。

底質粒度 粒度分析用の底土試料の採取点は、実験区と対照区でそれぞれ 4 点とし、小型貝採取と同様のプラスチック円筒で、各調査点につき表層土約 3mm を 1 回採取した。粒度分析はふるい法 (JIS A1204) によって行った。

流動環境 底面流速および波高の観測は調査区画の中央でそれぞれ実施した。底面流速の観測には電磁流速計 (Compact-EM, アレック電子 (株)) を用い、センサーを海底面上約 5cm に設置した。波高観測には水圧式波高計 (MWR-II, 三洋測器 (株)) を使用し、センサー部が海底面上約 20cm になるようにした。1 観測期間は 12 日間とし、平成 19 年 6 月から 10 月まで 2 日から 2 週間間隔で合計 6 回の観測を実施した。

調査対象区画 各年度における調査対象区画は表 1 のとおりとした。

表 1 調査対象区画

	平成 18 年度	平成 19 年度	平成 20 年度
アサリ分布密度	B 区画	B	A,B
トラップ捕集実験	B		
地盤高		B	
底質粒度	B		
流動環境		B	A,B

⑧ 砕石散布及び支柱柵によるアサリ稚貝定着促進効果に関する野外実験 (熊本水研セ)

1 試験区の設定

平成 18 年 8 月、緑川河口域の宇土市長浜地先に下記仕様の試験区を造成した。試験区は 5mm 大の砕石 (中央粒径値 3.75mm) を厚さ 20cm になるよう散布した砕石区 (10m×20m)、消波施設としてノリ養殖用支柱を林立させた支柱区 (10m×20m)、双方を複合させた砕石+支柱区、何も敷設しない区 (以下なし区) と対照区を配置した (図 V-8-1)。

2 アサリ分布密度調査

殻長 1 mm 以上のアサリ採取は、毎月 1 回干潮時に実施した。各試験区に 4 箇所の調査点を設定し、各調査点で 10 cm 方形枠を用いて深さ約 10 cm の底土を 1 箇所につき 4 回採取した (図 V-8-1)。採取物は個別に 1 mm メッシュの篩でふるい分けてローズベンガル入りの

10%ホルマリンで固定し試料とした。試料から得られたアサリは個体数の計数および殻長の測定を行った。

殻長 1 mm未満のアサリ採取は、主に着底期にあたる任意月の干潮時に実施した。各試験区内で内径 29 mmのコアを用いて深さ約 2 cmの底土を 3 回採取し 1 サンプルとし、1 試験区につき 3~5 サンプル採取した。採取物は 0.125 mm目の篩でふるい分けを行い試料とした。試料中のアサリは蛍光抗体法により同定のうえ、個体数の計数および殻長の計測を行った。

3 セジメントトラップ調査

平成 20 年 7 月 3 日の干潮時、対照区を除く全ての試験区に開口部 65 mm、深さ 165 mmのセジメントトラップを各 3 本設置した。トラップが浸水し始めてから 15、25、35 分後にそれぞれの試験区で 1 本ずつ回収し、トラップされた砂量を計量するとともに殻長 1 mm未満のアサリについて計数を行った。

4 底質調査

底質の採取は、毎月 1 回干潮時に実施した。各試験区内で内径 44 mmのコアを用いて深さ約 10 cmの底土を採取し、中央粒径値、泥分率 (0.063 mm未満)、AVS (検知管法) および強熱減量 (550℃、2 時間) について測定した。

5 移動限界判定評価

電磁流速計を用い、碎石+支柱区および碎石区内の各 1 点で、センサーを海底面上 10 cmになるよう設置して底面流速の観測を行った。流速計測は平成 19 年 11 月 13 日~11 月 29 日、平成 20 年 5 月 13 日~6 月 3 日、平成 20 年 10 月 21 日~11 月 12 日に 0.5 秒間隔で 5 分間の計測を 2 時間間隔で行った。得られた観測データについて独立行政法人水産総合研究センター水産工学研究所作成の移動限界判定ファイル (Ver. 3) を用いて、アサリと底質の安定性について解析を行った。

※上記の項目のうち、1 と 2 及び 4 の平成 18 年度分の定期調査は水産工学研究所が熊本県水産研究センターの協力を得て行い、2 及び 4 の平成 19 年度分の定期調査は熊本県水産研究センターに調査の継続を再委託し、平成 20 年度分は熊本県水産研究センターが担当して定期調査を継続した。

VI 調査結果

① アサリ稚貝の移動判定モデルの作成と水槽実験による補正 (水工研)

底質として玉砂利大・小、ネット、破砕したホタテ殻を敷いた場合、一方向流における底質による摩擦速度の違いは小さかったが、何も敷かない平坦な板の場合よりは明確に摩擦速度が大きかった (図 VI-1-1)。粗度高さは玉砂利、ネット、ホタテ殻、板の順に小さくなり、板の場合、流速の増加に従い粗度高さが小さくなった (図 VI-1-2)。玉砂利を底質に用いた実験では、稚貝モデルの移動限界流速はほぼ正規分布していたことから (図 VI-1-3)、底質の粒子自体の 3 次元配置、模型が落ちた場所、模型の姿勢といったランダムな要因によって、移動限界流速の分散が大きくなることが考えられる。移動判定モデルの補正には、移動限界流速の中央値を採用し、遮蔽の効果の補正を行った。

上記の補正を行った移動判定モデルを使用して、各共同提案機関が担当した水理観測と底質粒度計測のデータから、海底直上の流れの移流成分と変動成分によるせん断応力と、底質と稚貝の移動限界せん断応力を求め、それらの関係を各調査場所のあいだで比較した (各機関の野外調査、野外実験の報告を参照)。

② 遥動状態でのアサリ稚貝の生残率に関する実験 (養殖研)

全ての条件下で 22 日後までは 80%以上の生残率であり、特に静置区では全て生残していた。32 日後に無給餌区では生残率が約 20%低下した (図 VI-2-1)。得られた生残曲線から Kaplan-Meier 生存率分析を行い各ケースのログランク検定を行ったところ、餌料の有無は生残に有意な影響を与えるが ($p < 0.05$)、振盪強度は有意差が無かった。このことから、殻長 1mm 程度のアサリ稚貝は海底境界層の振動流中で動揺を受けても短期間に死亡する危険性はないと考えられる。

③ 底質の巻き上げがアサリ稚貝の成長に与える効果に関する実験 (北水試; 福田)

約 5 ヶ月の試験期間におけるアサリの平均殻長および平均肥満度を 図 VI-3-1, 図 VI-3-2 に示した。図中のエラーバーは標準偏差である。試験期間に成長した殻長の平均値は、霧多布で約 6mm であったのに対し、暮帰別は 1mm 程度と非常に大きな違いが見られた。しかし、肥満度については、8 月の調査では霧多布が 16.2、暮帰別が 13.0 と差が見られたが、11 月では差はほとんど無かった。図 VI-3-3 に底面積 1m²あたりの底質に含まれるクロロフィル a 量を、図 VI-3-4 に底層水のクロロフィル a 濃度を示した。底層水では 8 月、底質では 7 月を除けば、霧多布が暮帰別よりも高い値であった。底層水と底質のクロロフィル a 量の関係を見ると、霧多布の 10 月では、底層水の濃度が 15.3mg/m³ と非常に高く、これには巻き上げられた底生藻類が含まれていると考えられた。しかし、他のデータについては、底質と底層水のクロロフィル a 関連性は分からなかった。

底質の巻き上げによる効果に関するアサリの飼育実験では、試験終了時のアサリの殻長、殻高、殻幅は試験開始前とほとんど変化しなかった。そこで、アサリのサイズの変化に関する検討は行わず、肥満度について、試験区と対照区に有意差があるか調べた

(Mann-Whitney's U-test, $p < 0.05$)。図 VI-3-5 に各実験の試験区および対照区の平均肥満度と有意差の有無を示した。1 回目の試験では 9 種類の底質すべてにおいて、試験区の平均肥満度は対照区より 1 以上大きく、また、すべてに有意差が認められた。これより、アサリが巻き上げられた底質を摂餌し、対照区と比較して肥満度が増加したと考えられた。しかし、2 回目の試験ではすべての底質で有意差が認められなかった。また、3 回目の試験では 2 種類の底質は試験区の肥満度が大きく、有意差が認められたが、他の底質では有意差が認められなかった。このように、2,3 回目の試験では底質の巻き上げに餌料供給の効果がほとんど認められなかった。線形混合モデルを用いて解析を行った結果、巻き上げの有無と実験回数に交互作用が認められた。

④ 河口域における稚貝集積プロセスに関する調査 (愛知水試)

平成 18 年 7 月 4 日、8 月 2 日調査でみられた稚貝は、測点間の比較では St.2 が両時期とも他の測点よりも多かった。またそれ以降は、St.2 では調査期間終了時に稚貝は殻長 11~24mm に成長し、密度は約 1,000 個/m²となったが、St.2 以外の測点は調査期間中に減耗し、調査終了時にはほとんど生残しなかった (図 VI-4-1)。一方、着底稚貝の測点間における出現は、調査回時毎に変化し一定の傾向は見られなかった。

平成 19 年度に実施した調査では、殻長 0.3mm 未満の着底稚貝の平均対数個体密度には、地点間で有意な差がみられ、上流地点 (St.1) で高い傾向がみられた (図 VI-4-2、Tukey HSD, $p < 0.05$)。一方、1mm フルイに残った個体の平均対数個体密度には、複数の採集日で有意差がみられず、かつ有意差がある場合にも密度の高低について期間を通して一定の傾向はみられなかった (図 VI-4-2)。流速の変動成分には地点間において顕著な差はみられなかったが、移流成分では着底稚貝密度が高かった St.1 において流速値が小

さい傾向がみられた (図 VI-4-3)。また、移流成分の稚貝調査時の直前 48 時間における移流成分の合成ベクトルの大きさ (累積移送強度) を検討したところ、累積移送強度と着底稚貝密度には有意な負の相関がみられた (図 VI-4-4)。

平成 20 年度の調査では、6 月 3 日 (C1) と 7 月 17 日 (C2) に新規コホートが認められ、8 月 1 日調査時までの経時的な密度変化を追跡したところ (図 VI-4-5)、C1 では時間の進行とともに分布密度は下流地点 (St.3) で低くなり、両コホートともに 8 月 1 日の調査時で St.1 や St.2 での密度が高くなった (Tukey HSD, $p < 0.05$)。この期間、C1 の平均殻長は、約 4mm (St.1,2) と約 8mm (St.3) に成長した。同様に C2 では、各地点とも約 0.6mm に成長した。この期間の C1 の平均殻長および底質粒径 (0.3mm) における移動限界評価によると、主に波成分のせん断応力により稚貝・底質が攪乱されているとみられ (図 VI-4-6)、稚貝の移動限界は底質の移動限界より著しく低かった。せん断応力が底質の移動限界を超える時間帯は、低潮時から上げ潮時であった (図 VI-4-7)。現場の印象から、底質粒径より稚貝粒径が大きい場合には、稚貝の移動限界は底質の移動限界で評価することとした。この底質の移動限界から逸脱している観測時の移流ベクトルを合成し、観測全期間中 (7 月 4 日から 8 月 1 日) の移流フラックスを推定すると、St.3 および St.2 ともにフラックスは上流方向へ向くが、その積算値は St.2 で 8.4 であるのに対し、St.3 では 60.9 と著しく大きかった (表 VI-4-1)。

⑤ ホタテ貝殻破砕物の散布によるアサリ稚貝定着促進効果に関する野外実験 (北水試; 櫻井) (18~19 年度部分)

1 稚貝密度の変化

本調査では、H16~19 年夏季に発生したと推定される 4 つの年級群が採集されたが、H16 および 18 年発生群は採集数が少なく出現期間も限られていたので、ここでは H17 年および 19 年発生群を対象にアサリ稚貝の密度変化を整理した。

H18 および H19 試験区で採集された稚貝密度の変化を H20 年度調査分と併せて図 VI-5-1 および表 VI-5-1 に示した。H18 試験区における稚貝密度は、対照区では時間経過に伴って減少傾向を示し、比較区でも H19 年 4 月の一時的な増加を除いて減少傾向を示したが、貝殻区では H18 年 10 月に対照区と同等の値に達した後、翌年 4 月には比較区・対照区の 14~24 倍の値に急増した (Tukey HSD, $P < 0.01$)。一方、H19 貝殻区では H19 年 6 月~11 月の間は稚貝がほとんど採集されず、比較区と対照区においても密度は減少傾向を示した。以上のように、H18 貝殻区では散布から 3 か月後にアサリ 1 歳貝の移入が認められ、9 か月後には顕著な稚貝の集積が認められたことから、貝殻散布による稚貝 (殻長 5mm 程度) の集積効果が示唆された。

2 貝殻散布状況の変化

H18 貝殻区は、H18 年 9 月にはシオグサ類や珪藻類の繁茂、10 月には貝殻の分散や砂の堆積が若干認められたものの、外観からの識別は可能であったが、その後に著しい砂の堆積を受け、H19 年 4 月には外観からの識別は困難となった。H19 貝殻区は、H18 貝殻区と同様、H19 年 9 月にシオグサ類や珪藻類の繁茂が認められたが、その後の砂の堆積は少なく、散布から 5 か月後の 11 月時点においても外観からの識別は可能であった。

H18 および H19 貝殻区における貝殻層厚を、貝殻上に堆積した砂の層厚と併せて図 VI-5-2 および表 VI-5-2 に示した (H20 年度調査分を含む)。H18 貝殻区では、造成時に 10.3cm あった貝殻層厚が散布後 3 か月目から顕著に減少し始め、9 か月目の H19 年 4 月

には 4.7cm になった。これに対して、貝殻上に堆積した砂の層厚は、散布後 3 か月目から増加し始め、9 か月目までに 6.7cm の砂の堆積が観測されたが、9 か月目以降は貝殻層厚および砂層厚ともに顕著な変化は認められなかった。H19 貝殻区では、散布後 3 か月目までに 2cm 程度の貝殻層厚の減少と散布後 4 か月目に 2cm 程度の砂の堆積が認められたが、その後は両者ともほとんど変化がみられなかった。

3 移動限界判定シートによる稚貝定着効果の評価

H18 貝殻区において稚貝密度が増加し、H18 比較区において稚貝密度が減少した H18 年 10 月の流速データに基づいて波成分・流れ成分による海底面のせん断応力を算出し、貝殻、砂およびアサリ稚貝の移動限界を評価した結果を図 VI-5-3 に示した。計算条件は、貝殻区については中央粒径を 3.5mm、貝殻比重を 2.765、比較区については中央粒径を 0.45mm、砂比重を 2.65 とした。また、稚貝の殻長は 5.0mm とし、波によるせん断応力を評価するため、Urms を用いた計算を行った。その結果、稚貝の移動限界値は、貝殻区のほうが比較区よりも大きく、貝殻散布により波・流れを遮蔽する領域が形成されることによって稚貝が物理的に移動しにくくなることが示された。また、両区とも稚貝、砂および貝殻の移動限界を超える観測値がプロットされたが、その数は貝殻区のほうが比較区よりも少なく、貝殻が分散するとともに砂が移動・堆積する中で稚貝密度が貝殻区で増加し、比較区で減少した現地調査の結果をよく説明していた。

(20 年度部分)

4 稚貝密度の変化

H18 試験区における H17 年発生群の密度は、H20 年 4 月～6 月の間は各区とも横ばい～減少傾向で推移したが、9 月は各区とも増加傾向を示した (図 VI-5-1)。一方、H19 年発生群は、各区とも H20 年 6 月に初めて確認され、密度は比較区、対照区、貝殻区の順に高い値を示したが、9 月は順位が逆転し、貝殻区が最も高い値を示した。なお、H18 貝殻区は、先述のように H19 年 4 月以降は貝殻上に砂が堆積し、外観上は比較区や対照区と区別がつかなくなった。このため、H20 年 6 月以降に観察された稚貝の密度変化は、貝殻散布とは無関係であるものと推察された。

H19 試験区における H17 年発生群は、貝殻区と対照区では H20 年 6 月、比較区では同年 6 月～9 月にかけて密度の増加が認められた (図 VI-5-1)。また、H19 年発生群は、各区とも H20 年 6 月に初めて確認され、その後 11 月にかけての密度は貝殻区では増加するとともに他区に比べて高くなった (Tukey HSD, $P < 0.01$)。以上のように、H19 貝殻区では散布から 1 年後にアサリ稚貝の移入が認められ、特に H19 年発生群では散布から 1 年 5 か月後も密度の増加が続いていた。また、H19 貝殻区は、後述のように散布から 1 年 5 か月が経過しても砂の堆積は少なく、貝殻層が表面に露出していたことから、1 歳貝 (殻長 3mm 程度) でみられた密度の増加は貝殻散布による集積効果と推察された。

H20 試験区における H17 年発生群は、対照区では H20 年 6 月～11 月にかけて密度が減少したのに対して、貝殻区では同年 9 月に出現し、11 月まで同様の密度で推移した (図 VI-5-1)。一方、H19 年発生群は、対照区では密度が 6 月～9 月にかけて増加した後、11 月に減少したのに対して、貝殻区では 11 月に初めて出現が認められた。以上のように、H20 貝殻区では散布から 3 か月後に 3 歳貝、5 か月後に 1 歳貝 (殻長 3mm 程度) の移入が認められたことから、3 年にわたって造成した貝殻区はいずれもアサリ 1 歳貝の集積に有効であったことが確認された。

5 貝殻散布状況の変化

H20 貝殻区は、H18 および H19 貝殻区と同様、H20 年 9 月にシオグサ類や珪藻類の繁茂が認められたが、散布から 5 か月が経過した H20 年 11 月時点において砂の堆積はほとんどみられず、外観からの識別は可能であった。

H18 および H19 貝殻区では、H20 年 4 月以降は貝殻層厚および砂層厚ともに顕著な変化は認められなかった（図 VI-5-2）。H20 貝殻区では、散布後 5 か月が経過した時点において貝殻層厚の変化は認められなかったが、散布後 4 か月目に 1cm 程度の砂の堆積が確認された（図 VI-5-2）。

6 移動限界判定シートによる稚貝定着効果の評価

H19 および H20 貝殻区において H19 年発生群の密度が増加し、H19 および H20 対照区において H19 年発生群の密度が減少した H20 年 9 月～10 月の流速データに基づいて波成分・流れ成分による海底面のせん断応力を算出し、貝殻、砂およびアサリ稚貝の移動限界を評価した結果を図 VI-5-4 に示した。計算条件は先述の H18 貝殻区の評価と同様であるが、稚貝の殻長は 3.0mm とした。その結果、稚貝の移動限界値は、貝殻区のほうが比較区や対照区よりも大きく、貝殻を散布することによって稚貝が物理的に移動しにくくなることが示された。また、対照区では稚貝の移動限界を超える観測値が複数プロットされたが、砂の移動限界を超える観測値は 2 点のみであり、稚貝は移動するものの砂はほとんど移動しないという予測結果を示した。また、貝殻区では稚貝や貝殻の移動限界を超える観測値はプロットされず、稚貝も貝殻も移動しないという予測結果となっており、貝殻の分散や砂の堆積がほとんどみられない中で稚貝密度が貝殻区で増加し、対照区で減少した現地調査の結果をよく説明していた。

⑥ カキ貝殻加工物の散布によるアサリ稚貝定着促進効果に関する野外実験（養殖研）

アサリ密度調査の結果、試験開始時および終了時のアサリ密度は、対照区と試験区で有意な差は検出されなかったが（GLM Wald 検定 $p = 0.2, 0.3$ ）、SL10mm 以上の大型個体が終了時の試験区のみで出現した。また、これら大型個体群は平均殻長 18.6 mm の単一コホートと識別され、丸型指数：0.44、身入り率（湿）：42.3 %、肥満度：16.2 で殻厚も薄いことから敷設区ではアサリの成長が良好であったことが明らかとなった。

稚貝密度の調査の結果、2008 年 7 月 4 日および 8 月 28 日の調査では試験区と対照区で着底稚貝密度に有意な差は検出されなかったが（GLM Wald 検定 $p = 0.9, 0.6$ ）、7 月 30 日の調査では試験区において対照区に比べ高密度に稚貝が出現した（GLM Wald 検定 $p < 0.001$ ）。流動環境の観測の結果、調査地では船舶の航跡波によって変動成分の流速が短期的に上昇し、カキ殻加工物の散布による移動限界の向上が、変動成分のせん断力の上昇に有効であることが明らかとなったが、一様成分のせん断力は散布に関わらず移動限界以下であることが明らかとなった。

⑦ 被せ網によるアサリ稚貝定着促進効果に関する野外実験（千葉水総研）

（18～19 年度部分）

アサリ分布密度 平成 18 年度の調査では、小型貝（1mm 以下が主体）の分布密度（ $\text{Log}(N+1)/100\text{cm}^2$ ）は、7 月 10 日には実験区、対照区、周辺区でそれぞれ 2.20 ± 0.07 、 2.10 ± 0.09 、 2.03 ± 0.06 （平均±標準誤差）であり、その後 10 月 4 日にはそれぞれ 1.66

± 0.06 , 1.89 ± 0.06 , 1.57 ± 0.08 となった (図 VI-7-1A)。調査日ごとの区画間の密度には有意差が認められなかった。

大型貝の分布密度は、平成 18 年 8 月 23 日には実験区、対照区、周辺区でそれぞれ 2.47 ± 0.15 , 1.84 ± 0.08 , 1.64 ± 0.09 であり、実験区の密度は他の 2 区に比べて有意に高かった ($P < 0.05$) (図 VI-7-1B)。その後、10 月 5 日にかけて各区ともに密度は徐々に低下したが、各区の密度差は同様であり、9 月 6 日を除いて実験区が有意に高かった。

アサリ密度の調査は、その後平成 19 年 11 月まで実施した。この間、大型貝では一時期を除いてほとんどの調査で実験区の密度が有意に高かったが、小型貝ではほとんどの場合で密度に有意差は認められなかった (図 VI-7-1A, B)。

トラップ捕集実験 海水の流動による底面せん断応力とトラップ捕集稚貝数は明瞭な関係を示した。底面せん断力が 0.25 N/m^2 未満の場合には、トラップ捕集稚貝数 ($\text{Log}(N+1)/\text{トラップ}/15 \text{ 分}$) は 0.69 以下だったが、 $0.25 \sim 0.30 \text{ N/m}^2$ では 1.28 ± 0.41 (平均 \pm 標準誤差)、 $0.30 \sim 0.35 \text{ N/m}^2$ では 2.01 ± 0.11 となった (図 VI-7-2)。

地盤高 2007 年 5 月に被覆網を設置したところ、対照区および周辺区では地盤高に大きな変動はなく、約 2 ヶ月後それぞれ原地盤に対し $-0.1 \sim +2.1$, $+0.6 \sim +1.7 \text{ cm}$ の変動であった (図 VI-7-3)。これに対し、被覆網区画では 1 週間後には地盤が約 6 cm 上昇し、その上昇した地盤はその後 $+5.5 \sim +6.2 \text{ cm}$ と継続的に高い状態が維持された。

底質粒度 底土表層のシルト・粘土分は、対照区では被覆網設置前に $2.96 \pm 0.57 \%$ (平均 \pm 標準誤差) だったものが、約 1 ヶ月後に $2.85 \pm 0.56 \%$ でほとんど変化なかったのに対し、実験区では $1.88 \pm 1.37 \%$ だったものが $5.39 \pm 0.84 \%$ と有意に増加した (図 VI-7-4A)。また、中央粒径は、対照区では $0.094 \pm 0.003 \text{ mm}$ が $0.092 \pm 0.001 \text{ mm}$ となって変化がなかったのに対し、実験区では 0.092 ± 0.002 が 0.089 ± 0.001 となって小型化した (図 VI-7-4B)。

流動環境 観測された日最大有義波高 H_{sx} は、7 月中旬から 9 月上旬までは $0.10 \sim 0.19 \text{ m}$ だったが、9 月中旬以降大きな波高が観測され、9 月 27 日には観測中最大である 0.47 m の H_{sx} が観測された。底面直上の変動流速 (有義波流速全振幅 U_s) は、波高 0.15 m 前後の静穏時には 20 cm/s 以下であることが多かった。 25 cm/s を越える日最大流速 U_{sx} が観測されたのは 8 月 12 日、15 日、9 月 14 日、26 日、および 10 月 2 日の 5 回だった。

(20 年度部分)

アサリ分布密度 岸側区画 A では、被覆網設置時に殻長 $7.9 \pm 1.9 \text{ mm}$ であった稚貝は、約 3 ヶ月後の 10 月 16 日に $19.8 \pm 2.6 \text{ mm}$ に成長した。この間、被覆網内の密度 ($\text{Log}(N+1)/1000 \text{ cm}^2$) は、 2.14 ± 0.14 から 1.64 ± 0.15 に、また区画外の対照域では 2.15 ± 0.10 から 1.63 ± 0.10 に低下した。この結果、被覆網区画内外で密度差は認められず ($P < 0.05$)、被覆網によって稚貝は集積されなかった (図 VI-7-5A)。

また、沖区画 B では、7 月 23 日に殻長 $4.6 \pm 0.8 \text{ mm}$ のアサリ稚貝の新規加入が認められ、この群は 10 月 16 日に $17.1 \pm 1.0 \text{ mm}$ に成長した。この間被覆網内外の密度は、それぞれ 1.77 ± 0.10 から 0.95 ± 0.17 に、および 1.73 ± 0.18 から 1.66 ± 0.11 になり、被覆網区画内の密度が有意に低くなったことから ($P < 0.05$)、被覆網による稚貝の集積効果は認められなかった (図 VI-7-5B)。

流動環境 区画 A と B で 1 潮汐間の流動環境を比較したところ、沖側の区画 B では冠水時間が長いこと強い流動にさらされることが多かった (図 VI-7-6)。同じ時刻で比較する U_s は満潮に近い一時期を除いて区画 B で常に大きかった。

⑧ 碎石散布及び支柱柵によるアサリ稚貝定着促進効果に関する野外実験（熊本水研セ）

1 試験区

碎石を敷設した碎石区、碎石+支柱区においては、平成 18 年冬期の波浪等によると考えられる碎石の拡散が見られた。碎石区においては当初の敷設範囲に碎石は見られず、南東方向へ大きく拡散している状況が確認された。そのため、碎石敷設の効果を調査するために、碎石区の調査は全て拡散した碎石箇所で行った（図 V-8-1）。拡散した碎石表面は現地底土により被覆されて砂漣が発達し、その谷部に碎石が若干見られる状況であった。一方、碎石+支柱区では支柱基部に波浪等による局所潜掘が見られ、碎石の一部が拡散したものの、当初敷設箇所にも碎石が見られた。施設内の碎石には現地底土の顕著な被覆は見られず、砂漣もほとんど見られなかったが、泥分の堆積が見られた。また、平成 20 年 7 月以降、支柱区および碎石+支柱区ではホトトギスが大量発生し、マットを形成する状況が見られた。

2 アサリ分布密度調査

殻長 1 mm 以上のアサリは、なし区と対照区では調査期間中ほとんど見られなかった。碎石区、支柱区、碎石+支柱区では平成 19 年 4 月の調査で平成 18 年秋期発生群と思われる稚貝を、7 月の調査では支柱区および碎石+支柱区では平成 19 年春期発生群と思われる稚貝を確認したが、8 月以降全ての区でアサリ稚貝はほとんど見られなくなった。平成 20 年 4 月調査以降、支柱区および碎石+支柱区を主体に新たに平成 19 年秋および平成 20 年春発生群と思われる稚貝の分布を確認した（図 VI-8-1）。

各サンプルのアサリの対数個体数 ($\log(x+1)$) で変換を用いて、碎石、支柱の有無を要因とした因子分析を行ったところ、平成 19 年 4 月は碎石の効果が有意 ($p<0.05$) であったが、平成 19 年 5 月には有意差はなくなり、6 月および 7 月は支柱の効果が有意であった。また、平成 20 年は平成 20 年 5 月を除く 4 月から 12 月までの調査で支柱の効果が有意であった。このため、一元配置分散分析と多重比較を行ったところ、平成 19 年度調査では平成 19 年 4 月および 5 月の碎石+支柱区はなし区より有意に高かったが、碎石区、支柱区はなし区に対して有意差は検出されなかった (Tukey HSD $p<0.05$)。6 月以降は試験区間に差はなかった。平成 20 年度は、4 月および 10~12 月は碎石+支柱区、7 月は支柱区、8、9 月は碎石+支柱区および支柱区でなし区に対してアサリの密度が有意に高かった。一方、碎石区はなし区に対して有意差は検出されなかった（図 VI-8-2）。

殻長 1 mm 未満のアサリについて同様に分析を行ったところ、平成 19 年 2 月は碎石と交互作用、6 月および 7 月は碎石、支柱、交互作用、11 月から翌年 1 月は支柱の効果が有意 ($p<0.05$) であった。また、平成 20 年春期発生群が加入した平成 20 年 4~5 月は支柱の効果が有意であった。一元配置分散分析と多重比較を行ったところ、平成 19 年 2 月は有意差がなかったが、6 月は碎石+支柱区が、11 月および平成 20 年 1 月は碎石+支柱区および支柱区がなし区より有意に高かった (Tukey HSD $p<0.05$)。また、平成 20 年 4 月は支柱区および碎石+支柱区がなし区より有意に高かったが、以後の調査ではなし区との有意差は見られなかった。

3 セジメントトラップ調査

採取された砂量は全ての試験区について時間経過とともに増加したが、支柱を設置した区では最大 35ml、支柱を設置していない区では最大 581ml と大きく異なった。一方、採取された殻長 1 mm 未満のアサリ個体数は時間経過や砂量と明確な傾向は見られなかった。

4 底質調査

中央粒径値は、碎石区では碎石の拡散と被覆によりなし区より若干大きい値で推移した。一方、碎石+支柱区は碎石の混入により当初は大きな値であったが、10月以降採取点の値は他区と大きな違いは見られなかった。泥分率(0.063mm以下)は、碎石+支柱区で他区より高く増加傾向を示した。一方、支柱区ではやや高い値が見られ、9月以降は急激に上昇した(図VI-8-3)。AVSは、支柱を敷設した試験区で他区より高い値が見られ、特に7月以降はホトトギスマット発達の影響もありさらに上昇した。また、強熱減量は当初試験区間に大きな差は見られなかったが、平成20年10月以降支柱を敷設した区で高い値が見られた。

5 移動限界判定評価

3回実施した観測時のアサリと底質の移動限界について、底質サイズについては碎石敷設直後および調査時の中央粒径値、アサリサイズについては平成19年秋期発生群の調査時における殻長を設定条件として解析を行った。

碎石敷設直後を条件とした解析結果を図VI-8-4に示す。碎石の大きな拡散が確認された平成18年度冬期は未観測だが、今回の各観測時において碎石が移動限界を超える値も見られた。

調査時の底質の中央粒径値を用いた解析結果を図VI-8-5に示す。いずれの観測時についても、全ての試験区においてアサリおよび底質の移動限界を超える値が多数見られた。

Ⅶ 考察

① アサリ稚貝の移動判定モデルの作成と水槽実験による補正(水工研)

1) 底質が玉砂利大・小、ネット、破砕したホタテ殻を敷いたときに底質による摩擦速度の違いは小さかったので、これらの底質の間で上層の水の流れを抑制する効果には大きな差が無いと判断できる。

2) アサリ稚貝モデルの移動実験から、アサリ稚貝モデルの移動限界摩擦速度は底質の粒径に対する稚貝モデルの粒径の違いに大きく依存しており、底質による遮蔽効果が重要であることがわかった。また、実験結果は単一比重での既存の漂砂理論では説明できなかったため、実験結果を用いて移動判定モデルの補正を行った。

② 遥動状態でのアサリ稚貝の生残率に関する実験(養殖研)

殻長1mm前後のアサリ稚貝は、海底境界層の振動流中で動揺を受けても短期間に死亡する危険性はなく、むしろ餌量が十分にあるかどうかが生残率を支配する要因として重要であると考えられる。

③ 底質の巻き上げがアサリ稚貝の成長に与える効果に関する実験(北水試; 福田)

野外試験の結果、暮帰別よりも底質中にクロロフィルaが多い霧多布でアサリの成長が良く、底質中の藻類が多い場所では、そうでない場所と比較してアサリの成長がよくなるという仮説を傍証する結果が得られた。しかし、得られたデータでは、成長に底生藻類がどの程度寄与しているのかについて明らかにすることができなかった。底質中の藻類を餌料に有効利用し、干潟の生産力およびアサリの生産量の向上に資するには、今後これらを明らかにする必要がある。それには、底層水および底質に含まれていた藻類の同定や、環境条件を調節しやすい室内試験で底生藻類量と成長の関係を調べ、底生藻類のアサリ餌料としての有効性を明らかにすることが重要である。

藻類を含んだ底質を巻き上げることは、アサリへの給餌効果があると考えられるが、そ

の効果の発現に他の要因が関与していると思われた。その要因については明らかでないが、同じ底質で実験を続けたことや、実験後との水温の違いなどが影響している可能性が考えられた。今後は、底質の巻き上げによる餌料供給効果を高めるために、相互作用が生じた要因を明らかにする必要がある。底質中に存在する藻類をアサリの餌料として利用する技術は、植物プランクトンの供給量が少ない漁場や、過密により餌料不足が生じている漁場の生産力を高めるために有効活用できると考えられる。それには、先述の相互作用の要因を明らかにすることや、効率よく底質を巻き上げる技術の開発が必要であるが、人為的に餌料量をコントロールできる技術として今後の発展に期待される。

④ 河口域における稚貝集積プロセスに関する調査（愛知水試）

H18 年度結果より、矢作川河口では稚貝密度に水平的に差がみられ、稚貝高密度域の形成には着底稚貝の高密度加入とその後の移動・集積が関与している可能性が示唆された。H19 年度結果より稚貝の着底に関して、1) 移流成分において流速が小さく、2) 流動の滞留傾向（移流成分が一方向に卓越しない）があることが重要であることが示唆された。これらのことから、H18 年度結果において、地点間における着底稚貝の密度が調査回時毎に変化したのは、河川流量や潮汐条件により滞留域が変化していたためと考えられた。

H20 年度結果では、着底期以降の大型稚貝期における移動・集積の可能性を検討した。コホートを追跡した結果、経時的に稚貝密度は増減し、地点毎に増減の傾向は異なった。流動観測期間の St.1 の流動が把握できなかったため、客観性を評価するにはややデータが不足しているものの、安定性評価モデルによる解析と合わせて検討すると、着底後にも稚貝は、3) 恒常的に変動成分による攪乱を受け流れにより移動する、4) 移動の方向は任意期間における移流成分のフラックスが関係していることが示唆された。厳密には、密度の増減が流動による移動に起因するか、それとも地点間の生残率の差であるのかは議論の余地が残されるが、セジメントトラップを用いた予備的な調査や他県における調査結果では、底砂と稚貝が実際に動かされていることが確認されている。

以上のことから、河口域のアサリ稚貝高密度分布域（稚貝場）の形成には、海底境界層の流動環境が関与していると考えられ、第一に滞留域への着底稚貝の高密度着底、第二に流動フラックスに由来する集積が関与していると推定された。

天然海域で自然に稚貝が発生するための流動条件の提示は、敷設材設置などの人為的な定着促進や人工干潟などの場の造成を計画する上で重要な基礎知見となる。本事業の結果では、天然稚貝場であってもアサリ稚貝の波による恒常的な攪乱が認められたが、必ずしも散逸につながるのではなく、移流特性によっては集積することが示唆された。したがって、移流特性（例えば一方向への流動フラックスが卓越する場合）を稚貝定着に適するように改変する、または、稚貝を掃流状態にさせないために波による攪乱を抑制することが有効な手段となると推定される。

⑤ ホタテ貝殻破砕物の散布によるアサリ稚貝定着促進効果に関する野外実験（北水試；櫻井）

本調査の結果、貝殻散布には殻長 3~5mm 程度のアサリ 1 歳貝の定着を促進する効果が認められ、このような効果は、波・流れで移入する稚貝を貝殻によって形成される遮蔽領域にトラップすることによりもたらされることが推察された。現在、水産基盤整備事業ではアサリ稚貝の着底促進に向けた漁場機能改善策として覆砂などを実施しているが、今後は貝殻を覆砂材として活用することが事業を効果的に進める上で有効と考えられる。また、貝殻散布の計画立案に際しては、本調査で開発された移動限界シートが有効であり、散布場所や時期、

貝殻の大きさや混合割合などを総合的に検討できるものと考えられる。

⑥ カキ貝殻加工物の散布によるアサリ稚貝定着促進効果に関する野外実験（養殖研）

カキ殻加工物の散布によるアサリ密度の増加は確認されなかった。これは、試験地では変動成分のせん断力が短期的に上昇するものの、一様成分が小さく、カキ殻加工物の散布による明瞭な定着促進効果は発揮なかったことによるものと考えられた。一方で、変動成分のせん断力の上昇として検出された航跡波による攪乱に対して、加工物が耐性を持つことが明らかとなり、加工物による潜掘の抑制が試験区での大型個体の出現につながった可能性が考えられた。このように本試験で用いた移動限界判定法は、試みた方策（本試験では加工物の敷設）による稚貝密度の変化という形で評価される定着促進効果を物理環境の評価から判定するだけでなく、貝の成長に及ぼす物理環境の評価にも拡張できる可能性が示唆された。しかし、方策がもたらす物理的安定性以外の要因がアサリの生残や成長におよぼす影響についても留意しておくことが必要不可欠と考えられた。

⑦ 被せ網によるアサリ稚貝定着促進効果に関する野外実験（千葉水総研）

被覆網によるアサリの集積効果 以上の結果から、被覆網の設置はアサリの集積に一定の効果が認められることが明らかとなった。目合い 6mm の網を用いたところ、殻長 4～20mm 程度のアサリ稚貝の密度が高まることが観察され、特に大型稚貝の集積に効果があることが示された。しかし、殻長 1mm 以下の稚貝については明確な集積効果は認められず、アサリの大きさによって被覆網の効果は異なると思われた。また、アサリの集積は 2 週間程度の短期間に起きることがあり、また密度の高い状態は数ヶ月にわたって維持されることが観察された。

集積機構 トラップ捕集実験の結果から、実験海域ではアサリ小型稚貝は海水の流動、特に変動流によって日常的に生息基盤である底質から剥離されていることは明らかである。これに対し、現場観察によれば被覆網設置後にその内部では地盤の上昇、底質の細粒化などが起きていることから、被覆網は底質を安定化させる効果があると想像できる。すなわち、海水の流動によって生息場から剥離、移動させられたアサリ稚貝が、被覆網内部に輸送され、その物理的に安定した環境下でとどまることによって、被覆網内部で密度が高まったことが想定できる。

従って、アサリが物理的に移動させられる環境下では、被覆網がアサリを捕集し、その内部で密度が高まる現象が普遍的に発生することが考えられる。このとき、当然ながら、集積対象となるアサリは被覆網の目合いを通り抜けることができる大きさでなければならないし、被覆網内部ではその大きさのアサリを安定的に定着させるのに十分な程度まで物理環境が緩和されていなければならない。従って、その場の物理環境条件、網の形状などによって効果が影響を受けることになる。

区画 A と B の底面流速の比較から明らかなように、地盤標高や沖波の到達状況など、場所によって流動環境は異なる。また、同一場所でも季節によって海水の流動が変化することは容易に想像できる。すなわち、設置場所や季節など、物理環境や生息稚貝の大きさが異なる場合には、被覆網の効果には差が生じることが考えられる。平成 20 年度の結果で示されたように、海水の流動による物理的な輸送力が弱いときには、稚貝の明確な集積は起きないことが考えられた。

総括 被覆網によってアサリの集積が安定して起きることが判明したことによって、本手法がアサリ増殖にとって有用な手法であることが示された。また、その集積機構は被覆網

による底質の物理的安定化によるものであることが明らかとなったことは、本手法が科学的根拠に立脚した技術であることを示しており、同様の物理機構を有する全国のアサリ干潟漁場に適用の可能性が開かれた。さらに、本手法は大規模な土木工事などを必要としないため安価で適用可能である。加えて、被覆網は永久構築物ではないので、必要となるときに必要な場所で展開し、アサリが成長して保護が必要なくなった場合などは撤去することができる。安価で柔軟な適用が可能であることは、漁業者自身による応用展開の可能性が高いことを示している。さらに、敷設機械による設置・撤去技術の開発によって実用化に向けたコストダウンが進めば大規模展開がさらに容易になろう。重ねて、本手法は水産基盤整備事業が目的とする水産資源（アサリ）の増殖に有用であることが確認された。

⑧ 砕石散布及び支柱柵によるアサリ稚貝定着促進効果に関する野外実験（熊本水研セ）

アサリの対数個体数から因子分析を行った結果、全サイズのアサリについて時間経過とともに砕石敷設の効果から支柱設置の効果へと変化した。また、調査期間をとおして、砕石区ではなし区に対してアサリ対数個体数に有意差はなかった。要因として平成18年度冬期の波浪等により砕石が拡散し、現地底土に被覆されたことが考えられた。一方、支柱を設置した区においては、アサリの着底促進効果は限定的に見られるものの、最終的にアサリ密度は大きく低下しており、漁獲に結びつくような効果は当地では確認できなかった。支柱を設置した区でなし区と異なる底質の変化が見られたが、砕石、支柱の敷設による底質の変化がアサリの生息に与える影響は現時点では低いと考えられた。

試験を実施した宇土市長浜地先は、過去の調査でもアサリの発生はほとんど見られず、漁場として活用されていない場所である。このような条件の厳しい干潟にアサリを増殖させることを目的に5mm大の砕石を用いて試験を行ったが、波浪等により拡散し、現地底土により被覆され、ノリ養殖用支柱でも十分な消波効果を得ることは出来なかった。移動限界判定を解析したところ、アサリと底質の移動限界を超える値が見られ、現地で見られた砕石の拡散や加入したアサリ密度の低下など、調査から得られた結果が支持された。砕石+支柱区ではアサリが移動限界を超える観測値の頻度が砕石区と比較して低いことから、このことが支柱を設置した試験区としていない試験区の分布密度の差に影響していると考えられた。

今回用いた移動限界判定ファイルではアサリの生物特性（足糸による付着、潜砂）は考慮していないが、潜砂能力が十分備わった殻長10mm程度のアサリを安定させるためには当該試験地でどの程度の砕石を用いることが妥当か検討した。その結果、砕石区のデータでは中央粒径値で30mmの砕石すら安定することは出来ず、一方、砕石+支柱区のデータでは中央粒径値で13mm程度の砕石を用いるとアサリ、砕石ともに安定する結果であった。

上記のように本評価方法は事業実施の適地や使用敷設材の選定に活用することが可能であるが、一方でアサリの生物特性が考慮されていないため、用いる敷設材等の大きさについて過大な結果となることも考えられる。また、海砂覆砂のように覆砂域が波浪等により少しずつ変化しながらも、着底促進効果を発現する事例もあり、敷設材の層厚や敷設規模によっては必ずしも完全な安定条件を導き出す必要性はないのかもしれない。今後、本評価方法を用いてこれまでに造成された漁場や天然優良漁場を評価し、実態との整合性を検証することが重要で、安定条件の程度や生物特性の考慮などを含めた具体的な活用方法を整備することが必要と考えられる。

VIII 摘要

- ① アサリ稚貝の移動判定モデルの作成と水槽実験による補正（水工研）
 - 1) アサリ稚貝を想定した移動判定モデルを作成した。
 - 2) 水路実験の結果を元に、上記モデルの補正を行った。
 - 3) 上記モデルを用いて、野外調査、野外実験の流向流速観測データの解析を行った。
 - 4) 野外調査、野外実験の方法と上記モデルを用いたデータ解析法に関する手引き（案）を提案した。
- ② 遥動状態でのアサリ稚貝の生残率に関する実験（養殖研）

殻長 1mm 前後のアサリ稚貝は、海底境界層の振動流中で動揺を受けても、短期間に死亡する危険性はない。
- ③ 底質の巻き上げがアサリ稚貝の成長に与える効果に関する実験（北水試；福田）
 - 1) 底質を巻き上げることでアサリの肥満度が大きくなったことから、底質の巻き上げに給餌効果があることが分かった。
 - 2) 巻き上げによる給餌効果には他の要因が関与していると考えられたが、これを明らかにすることはできなかった。
- ④ 河口域における稚貝集積プロセスに関する調査（愛知水試）
 - 1) 稚貝の着底に関して、移流成分の滞留傾向（移流成分が一方方向に卓越しない）があることが重要であることが示唆された。
 - 2) 着底後にも稚貝は、恒常的に変動成分による攪乱を受け移流成分のフラックスにより集積・移動が規定されることが示唆された。
 - 3) 河口域における稚貝の集積プロセスについては、一河川での事例でありどの程度の普遍性があるかは検証が必要である。
- ⑤ ホタテ貝殻破砕物の散布によるアサリ稚貝定着促進効果に関する野外実験（北水試；櫻井）

本調査では、北海道サロマ湖赤川地区アサリ増殖場において、2～5mm に破砕したホタテ貝殻を散布し、その後のアサリ稚貝の定着状況を追跡調査するとともに、貝殻散布が稚貝定着に与える効果を海底境界層の物理環境の側面から検証した。得られた結果は、以下のとおりである。

 - 1) 貝殻散布には、殻長 3～5mm 程度のアサリ 1 歳貝の定着を促進する効果が認められた。
 - 2) 貝殻散布による稚貝定着促進効果は、波・流れで移入する稚貝を貝殻によって形成される遮蔽領域にトラップすることによりもたらされることが推察された。
 - 3) 散布した貝殻は砂の堆積を受けるが、砂が 6～7cm 堆積した後は砂中で安定的に存在することから、貝殻散布による稚貝定着効果を持続するには、埋没した貝殻を底質表面に掘り出すなどの処置を実施する必要があると判断された。

なお、貝殻散布によって高密度に集積させたアサリ稚貝については成長阻害が危惧されるため、今後は貝殻区内の稚貝を分離・回収するとともに、適正な密度下で成育させるための技術開発が必要と考えられる。
- ⑥ カキ貝殻加工物の散布によるアサリ稚貝定着促進効果に関する野外実験（養殖研）
 - 1) カキ殻加工物の散布によるアサリ密度の増加は確認されなかった。
 - 2) 一方で、加工物による潜掘の抑制が試験区での大型個体の出現につながった可能性がある。
- ⑦ 被せ網によるアサリ稚貝定着促進効果に関する野外実験（千葉水総研）
 - 1) 被覆網によってアサリの集積が安定して起きることが判明し、同手法がアサリ増殖にとって有用な手法であることが示された。
 - 2) 被覆網の集積機構は、網による底質の物理的安定化によるものであることが明らかとなった。
 - 3) 今後は、網の設置と撤去の機械化など実用に向けたコストダウンの技術開発が必要である。

- ⑧ 碎石散布及び支柱柵によるアサリ稚貝定着促進効果に関する野外実験（熊本水研セ）
- 1) アサリ個体数密度に係る効果は、時間経過とともに碎石敷設の効果から支柱設置の効果へと変化した。また、調査期間中、碎石区ではなし区に対してアサリ対数個体数に有意差はなかった。要因として平成 18 年度冬期の波浪等により碎石が拡散し、現地底土に被覆されたことが考えられた。
 - 2) 支柱を設置した区では、泥分率や AVS の増加、ホトトギスマットの発達など他区と異なる底質の変化が見られたが、碎石、支柱の敷設による底質の変化がアサリの生息に与える影響は現時点では低いと考えられた。
 - 3) 移動限界判定による解析から、現地で見られた碎石の拡散やアサリ分布密度の低下等の状況が流動環境の面から支持され、事業実施の適地や使用敷設材の選定などへの本評価方法の活用が可能と考えられた。
 - 4) 移動限界判定評価により、これまでに造成された漁場や天然優良漁場を評価し、実態との整合性を検証することで、安定条件の程度や生物特性の考慮などを含めた具体的な活用方法を整備することが必要と考えられる。

IX 引用文献

相澤康・滝口直之、1999：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、水産海洋研究、63、205-214.

图 表

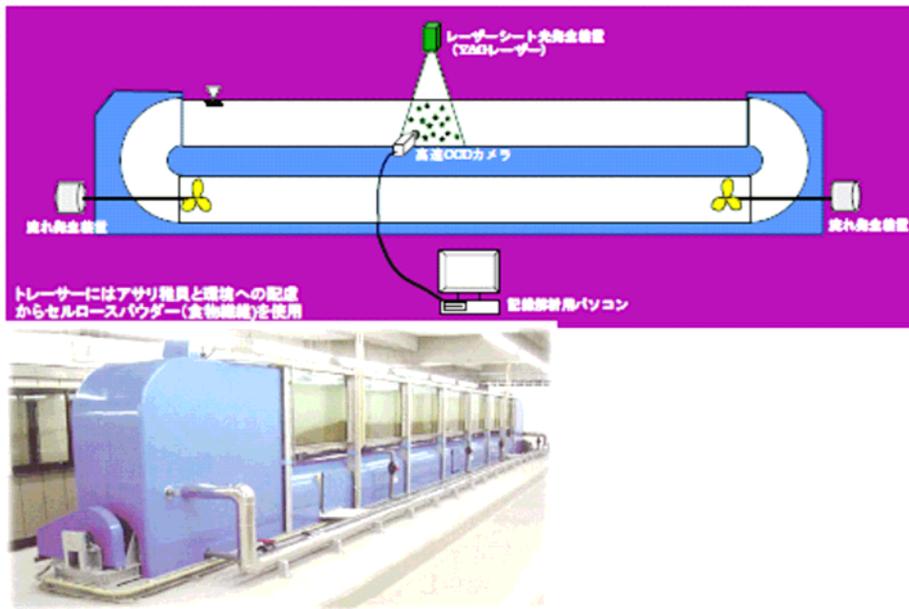


図 V-1-1 回流水槽の概要

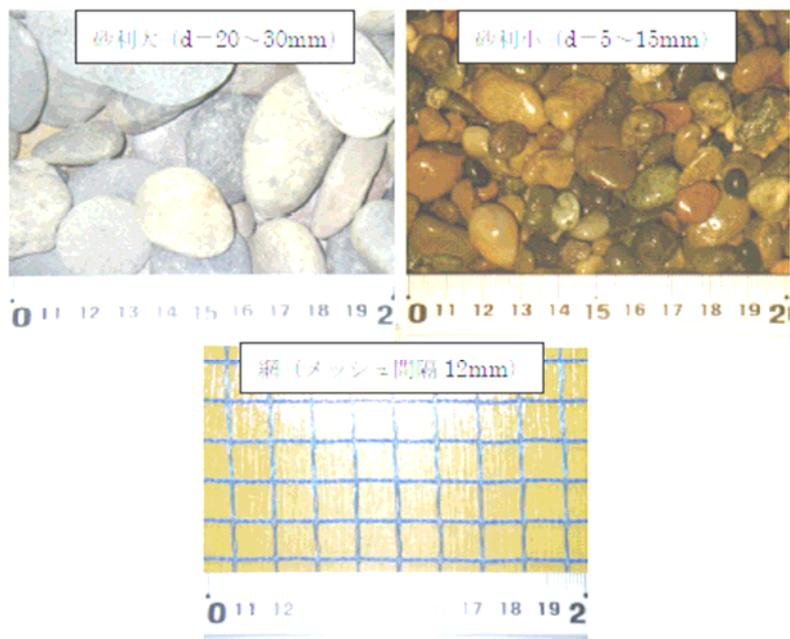


図 V-1-2 底面の状況

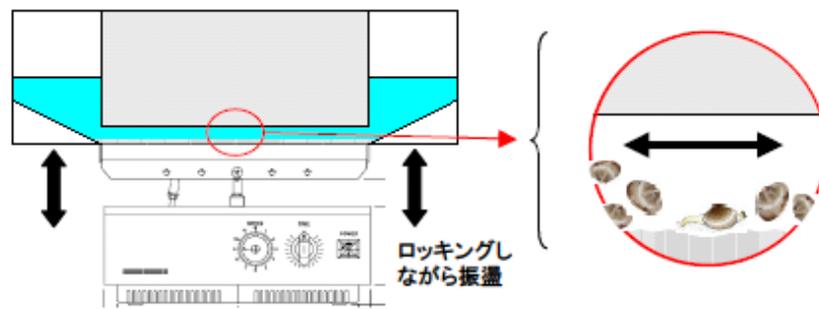


図 V-2-1 アサリ稚貝（殻長約 1mm）の振盪実験装置模式図。
揺動の周期を変えることにより底面に砂連及びシートフローが形成される。

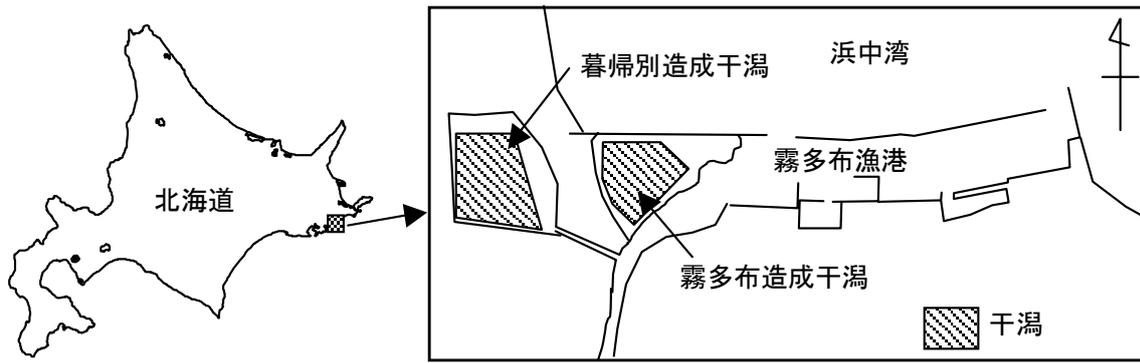


図 V-3-1 底質採取場所の概略図

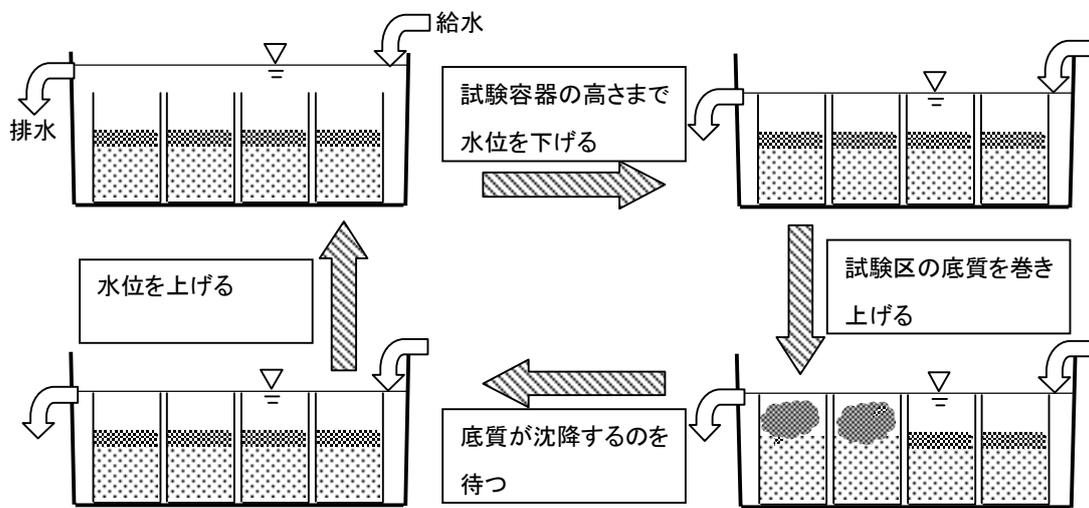


図 V-3-2 実験作業模式図

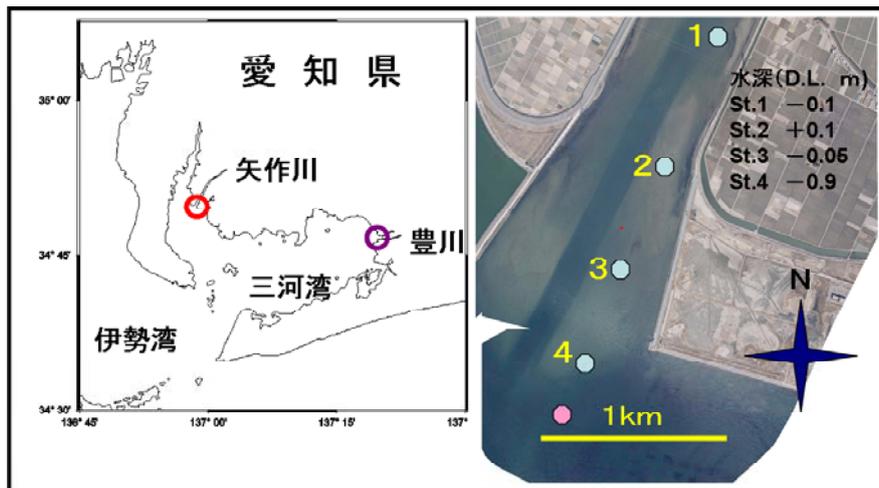


図 V-4-1 平成 18 年度事業における調査測点

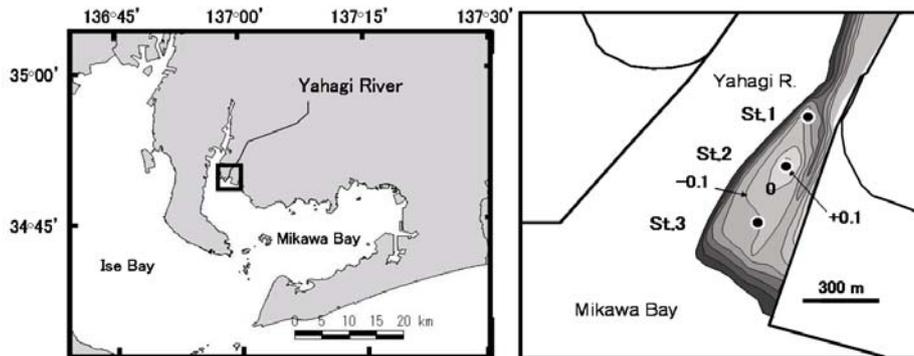


図 V-4-2 H19, 20 年度事業における調査地点 (左) および地盤高 (右)
 (地盤高の等高線は 0.1m 間隔、左岸干潟のみ；国土交通省豊橋
 河川事務所深淺測量データより作図)



図 V-4-3 干潟上への観測器の設置。右図白枠内が自記式電磁流向流速計

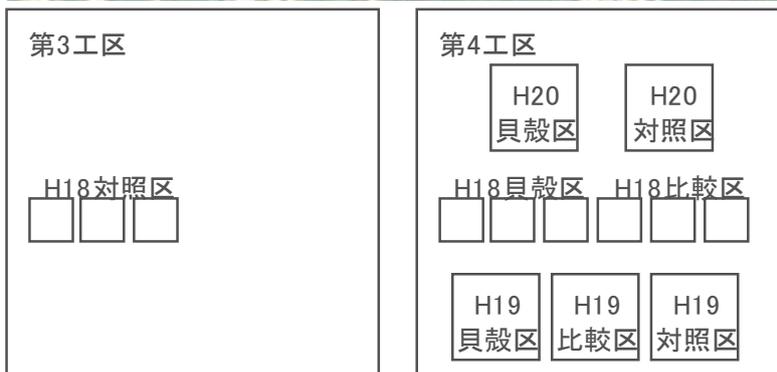


図 V-5-1 試験場所と試験区の配置

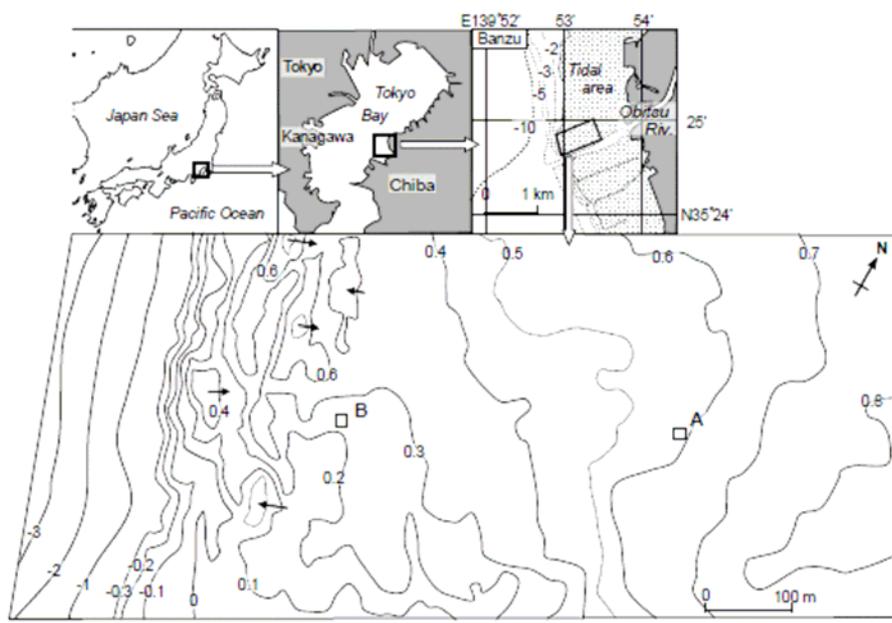


図 V-7-1 調査位置図

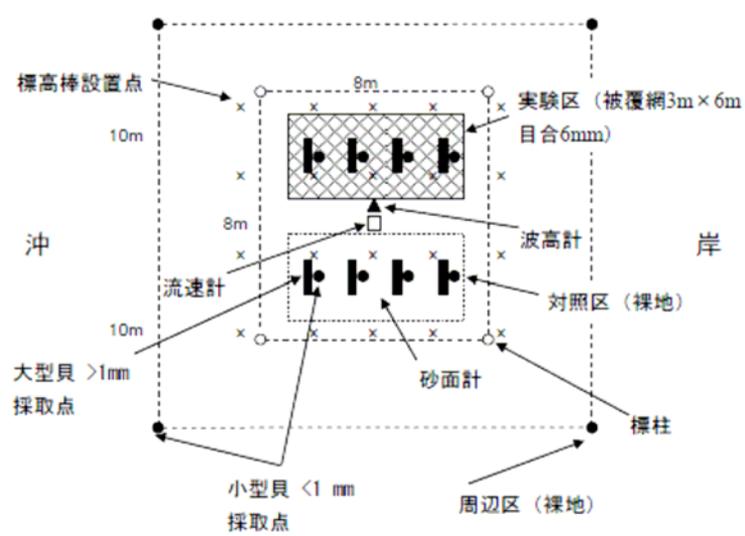


図 V-7-2 調査区画図

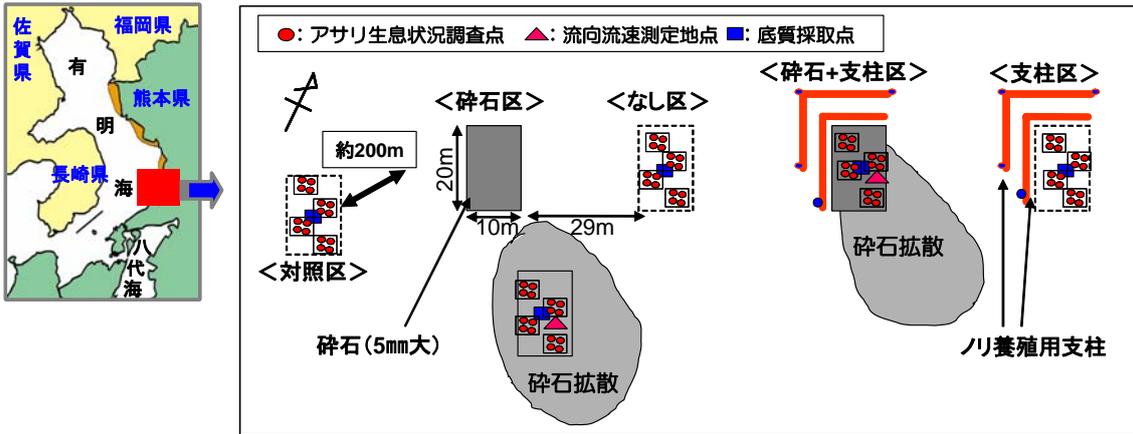


図 V-8-1 試験区の配置および碎石の拡散状況図

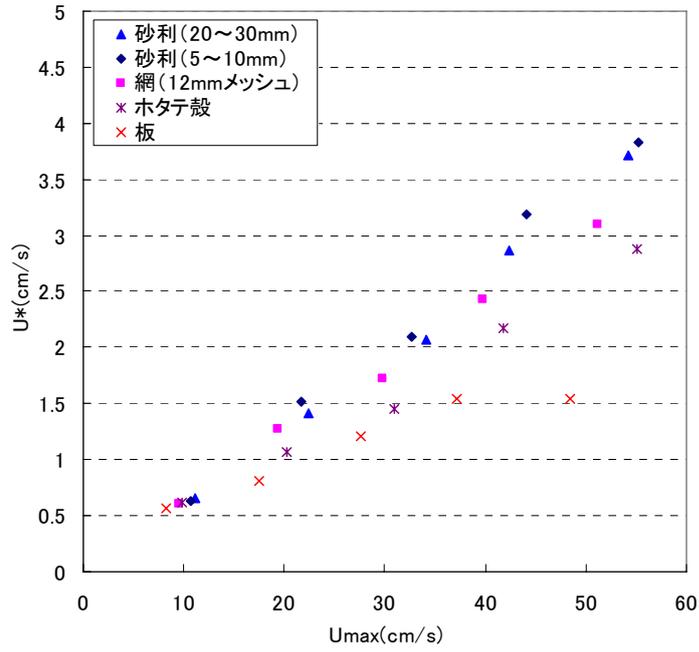


図 VI-1-1 底質の違いによる流速と摩擦速度との関係

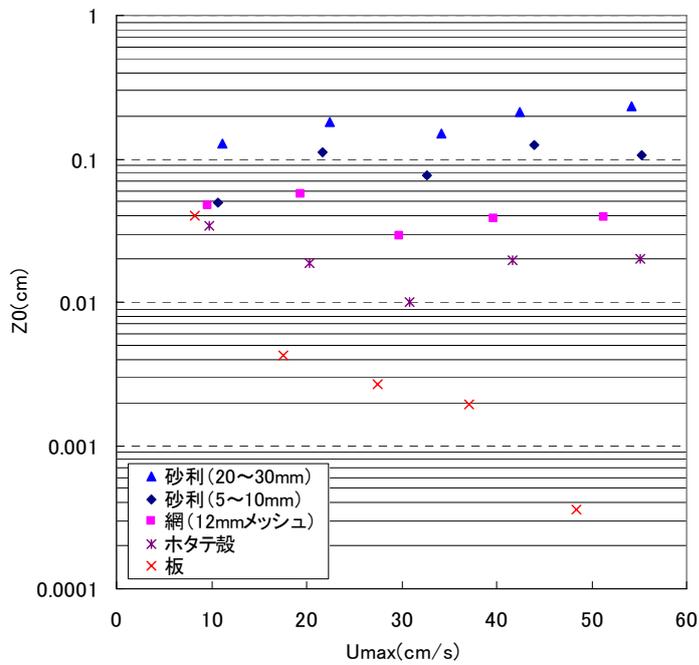


図 VI-1-2 底質の違いによる流速と粗度高さ (Z0) との関係

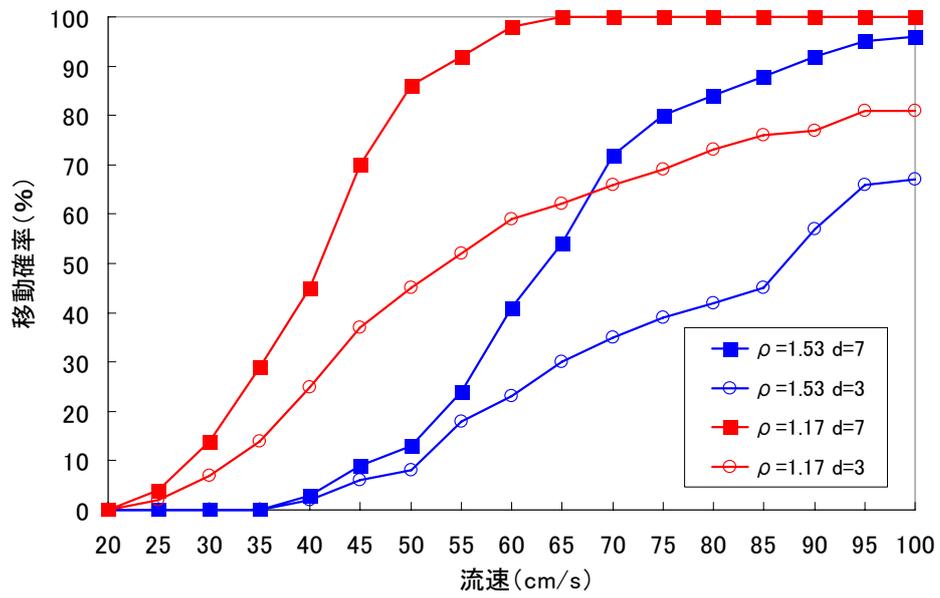


図 VI-1-3 稚貝模型移動実験結果 (底質は 5mm~10mm の玉砂利)

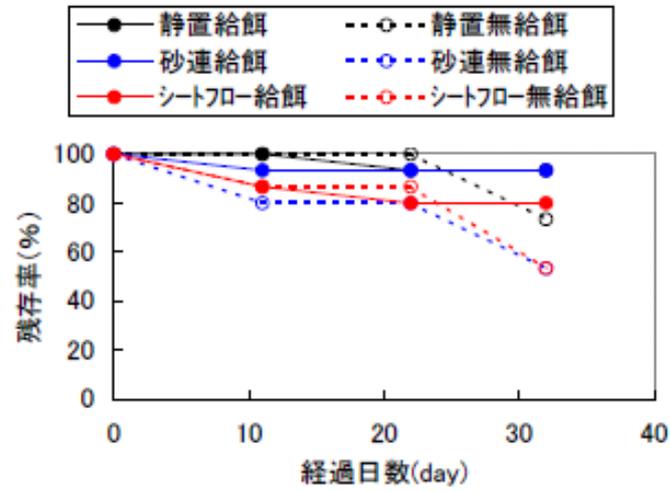


図 VI-2-1 アサリ稚貝（殻長約 1mm）の振盪実験における残存率の変化。
回収・計数時に不明の個体があったため、残存率とした。

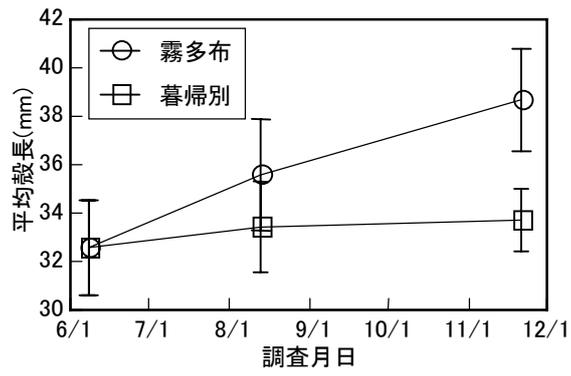


図 VI-3-1 平均殻長の変化

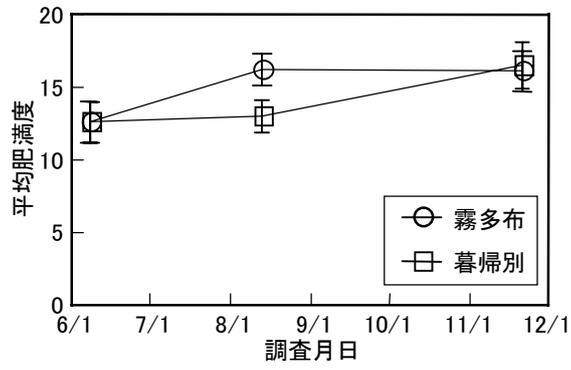


図 VI-3-2 平均肥満度の変化

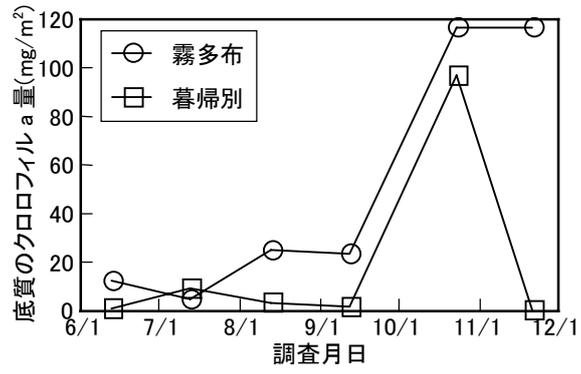


図 VI-3-3 底面 1m²あたりのクロロフィル a 量

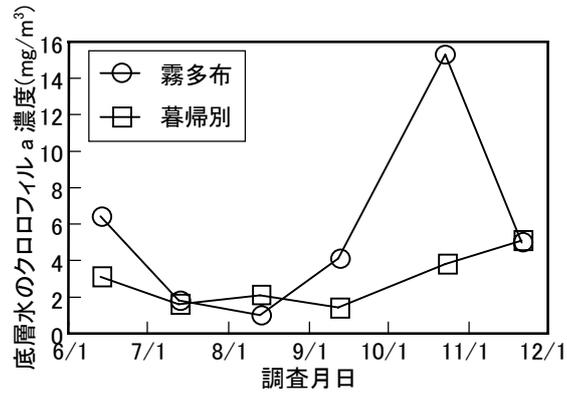


図 VI-3-4 底層水のクロロフィル a 濃度

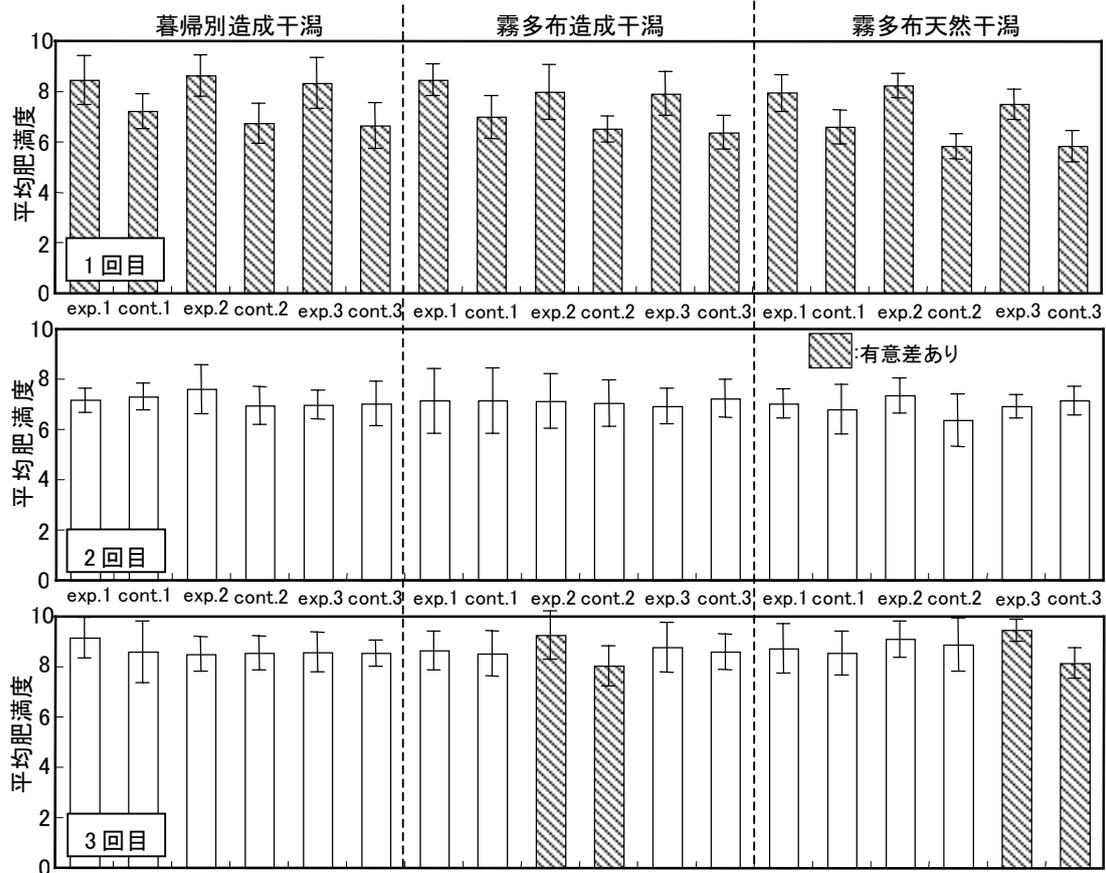


図 VI-3-5 底質巻き上げの有無と肥満度の関係 (エラーバーは標準偏差)

表 VI-3-1 平均殻長の変化

調査月日	霧多布造成干潟		暮帰別造成干潟	
	殻長(mm)	S.D.(mm)	殻長(mm)	S.D.(mm)
2007/6/13	32.6	2.0	32.6	2.0
2007/8/13	35.6	2.3	33.4	1.9
2007/11/21	38.7	2.1	33.7	1.3

表 VI-3-2 平均肥満度の変化

調査月日	霧多布造成干潟		暮帰別造成干潟	
	肥満度	S.D.	肥満度	S.D.
2007/6/13	12.6	1.4	12.6	1.4
2007/8/13	16.2	1.1	13.0	1.1
2007/11/21	16.1	1.4	16.4	1.6

表 VI-3-3 底面 1m²あたりのクロロフィル a 量

調査月日	霧多布造成干潟(mg/m ²)	暮帰別造成干潟(mg/m ²)
2007/6/13	12.3	1.0
2007/7/13	4.8	9.3
2007/8/13	25.0	3.4
2007/9/12	23.4	1.6
2007/10/23	101.1	96.8
2007/11/21	116.5	0.4

表 VI-3-4 底層水のクロロフィル a 濃度

調査月日	霧多布造成干潟(mg/m ³)	暮帰別造成干潟(mg/m ³)
2007/6/13	6.4	3.1
2007/7/13	1.8	1.6
2007/8/13	1.0	2.1
2007/9/12	4.1	1.4
2007/10/23	15.3	3.8
2007/11/21	5.0	5.1

表 VI-3-5 1 回目試験の肥満度

	exp.1	cont.1	exp.2	cont.2	exp.3	cont.3
暮帰別造成干潟	8.46	7.22	8.64	6.75	8.35	6.65
標準偏差	0.97	0.69	0.82	0.80	1.01	0.91
霧多布造成干潟	8.47	7.00	7.99	6.52	7.92	6.39
標準偏差	0.63	0.85	1.09	0.51	0.88	0.67
霧多布天然干潟	7.95	6.60	8.24	5.84	7.50	5.84
標準偏差	0.73	0.68	0.48	0.50	0.60	0.61

表 VI-3-6 2 回目試験の肥満度

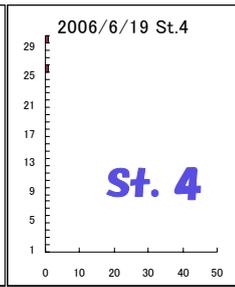
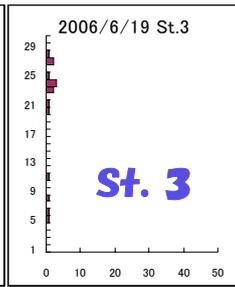
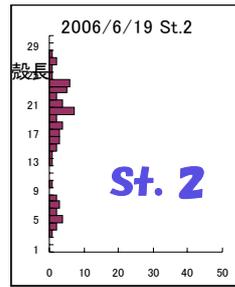
	exp.1	cont.1	exp.2	cont.2	exp.3	cont.3
暮帰別造成干潟	7.17	7.32	7.61	6.96	6.99	7.04
標準偏差	0.48	0.53	0.98	0.76	0.57	0.89
霧多布造成干潟	7.14	7.15	7.14	7.05	6.93	7.24
標準偏差	1.29	1.31	1.09	0.93	0.72	0.76
霧多布天然干潟	7.04	6.81	7.35	6.37	6.92	7.15
標準偏差	0.59	0.99	0.69	1.05	0.47	0.57

表 VI-3-7 3 回目試験の肥満度

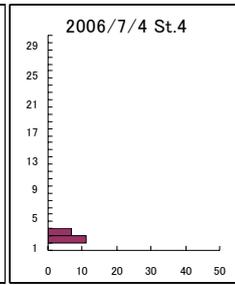
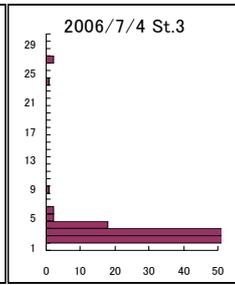
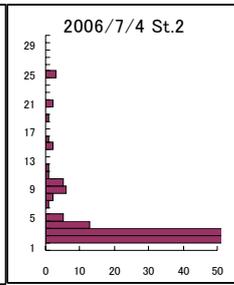
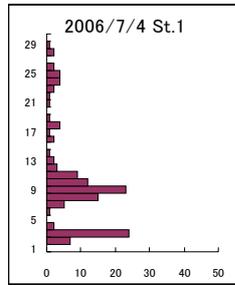
	exp.1	cont.1	exp.2	cont.2	exp.3	cont.3
暮帰別造成干潟	9.17	8.60	8.51	8.56	8.59	8.55
標準偏差	0.81	1.22	0.69	0.67	0.79	0.51
霧多布造成干潟	8.65	8.53	9.27	8.05	8.78	8.60
標準偏差	0.77	0.90	0.96	0.79	0.99	0.71
霧多布天然干潟	8.74	8.55	9.11	8.88	9.45	8.16
標準偏差	0.99	0.87	0.72	1.07	0.44	0.61

6/19

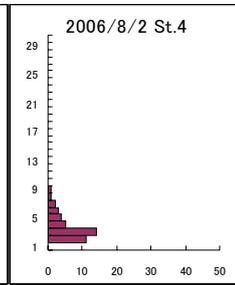
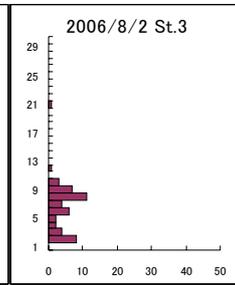
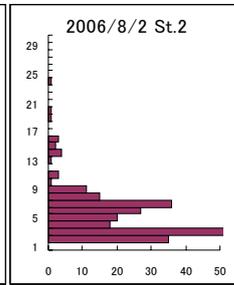
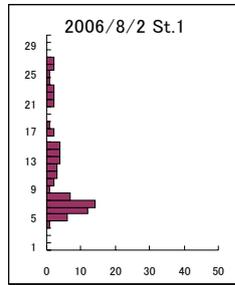
欠測
St. 1



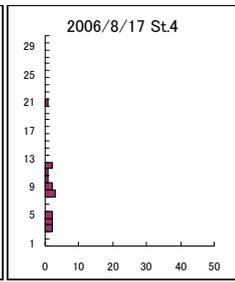
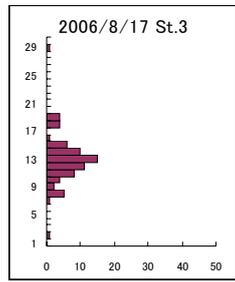
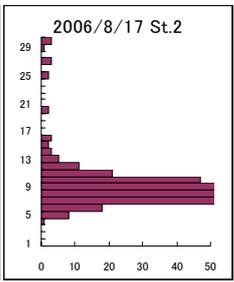
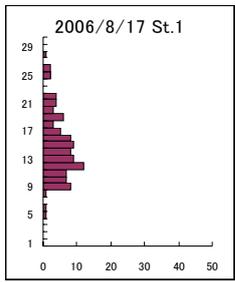
7/4



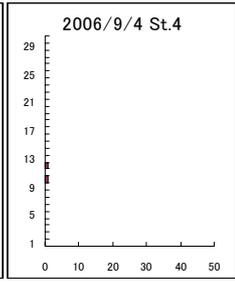
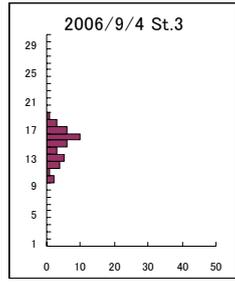
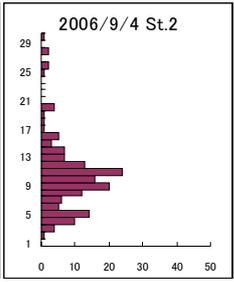
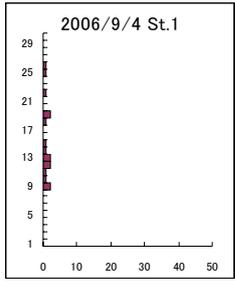
8/2



8/17



9/4



9/29

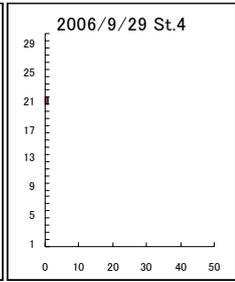
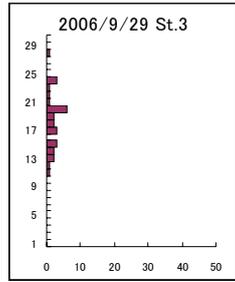
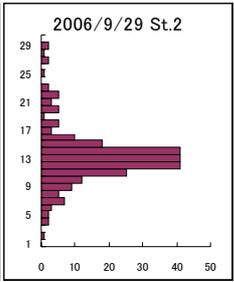
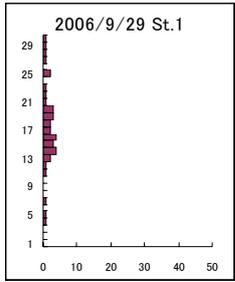


図 VI-4-1 平成 18 年度調査での各地点におけるアサリ稚貝の出現状況と殻長組成。

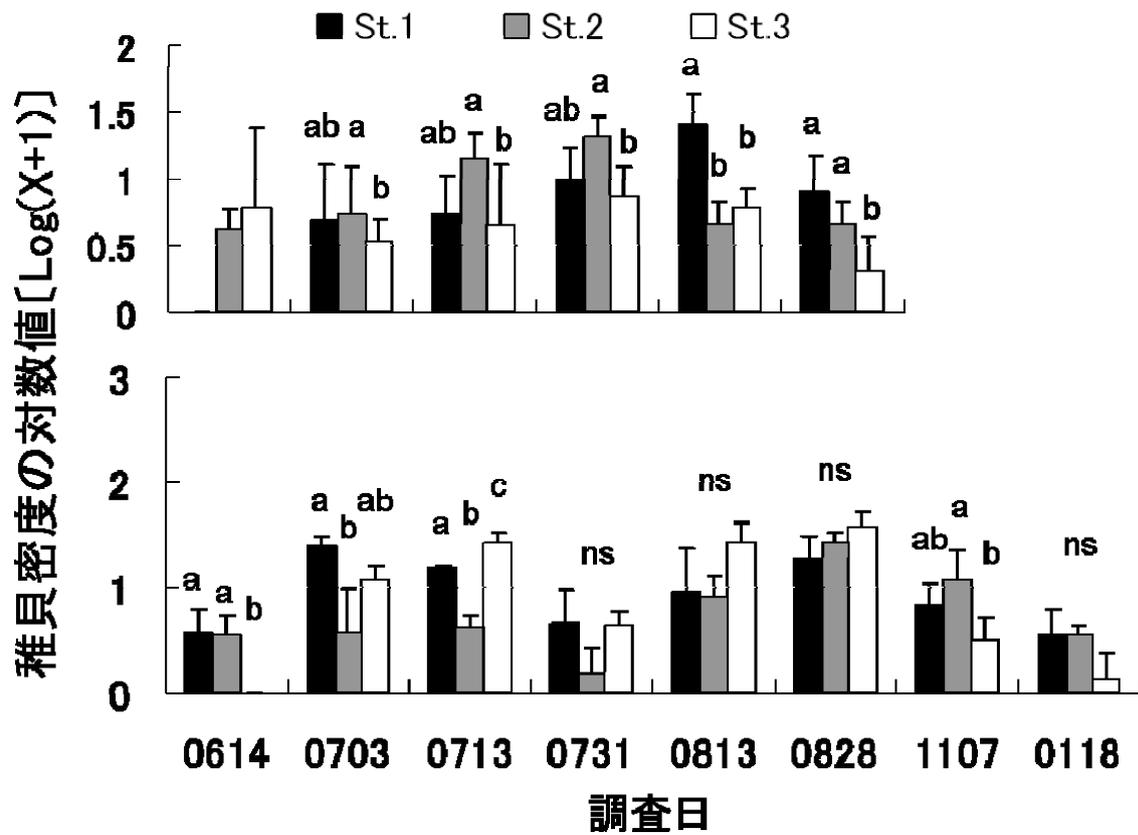


図 VI-4-2 平成 19 年度調査の各調査日における地点間の着底稚貝（上）と大型稚貝（下）の個体密度の比較。

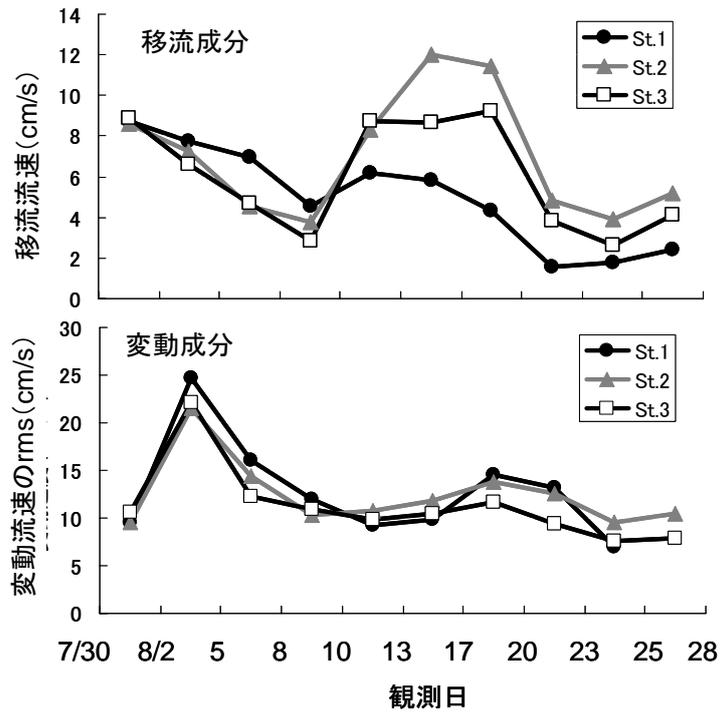


図 VI-4-3 平成 19 年度の流動観測期間における移流成分と変動成分 (U' rms) の上位 5 データ (ピーク時) の平均値

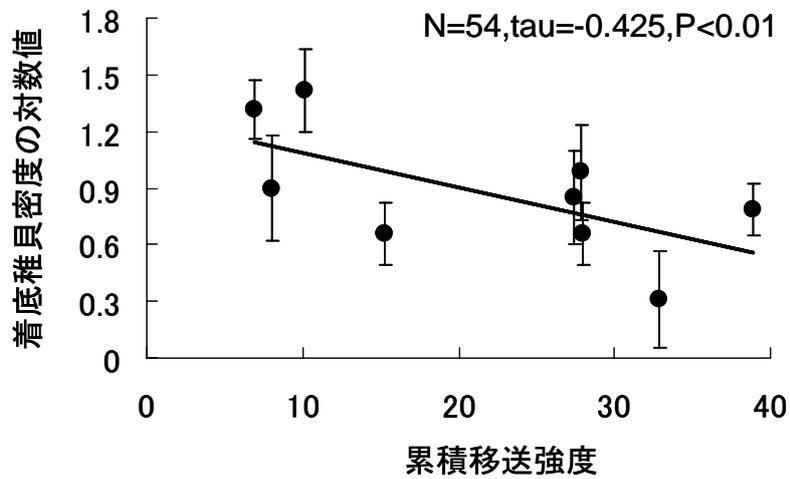


図 VI-4-4 着底稚貝密度と各調査直近 48 時間における移流成分を合成した累積移送強度の関係

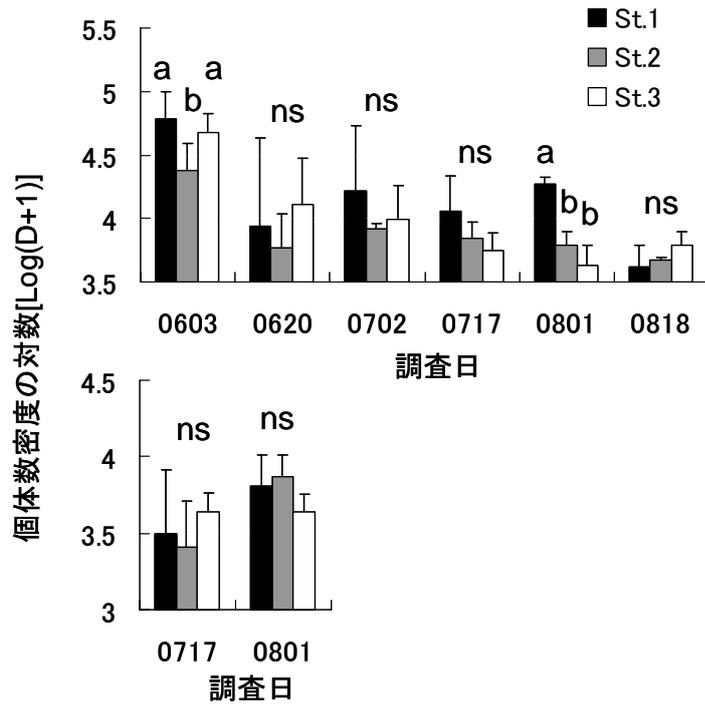


図 VI-4-5 平成 20 年度調査期間中において観察された 6 月 3 日加入コホート (C1 : 上) と 7 月 17 日加入コホート (C2 : 下) の各調査日における個体数密度の変化

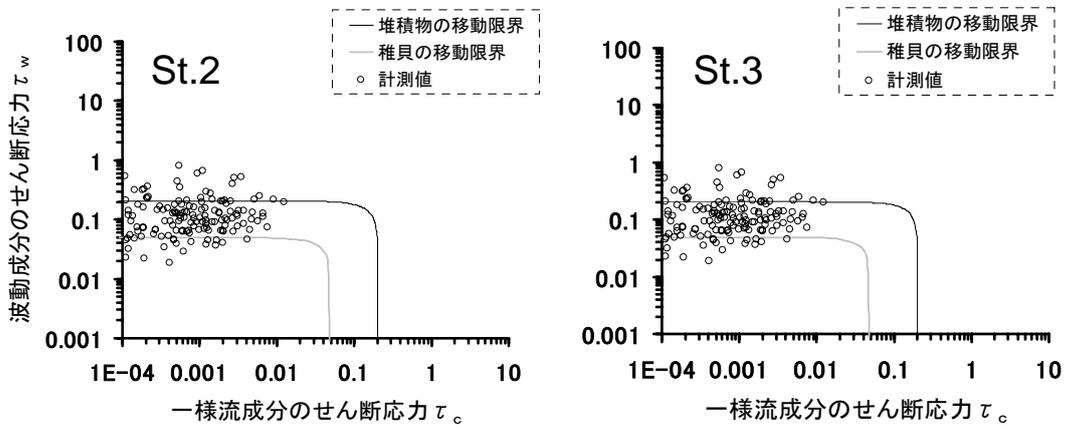


図 VI-4-6 平成 20 年 7 月 4 日から 7 月 17 日の観測における底質 (粒径 0.3mm) と稚貝 (St. 2:2.0mm, St. 3:2.8mm) の移動限界と観測値

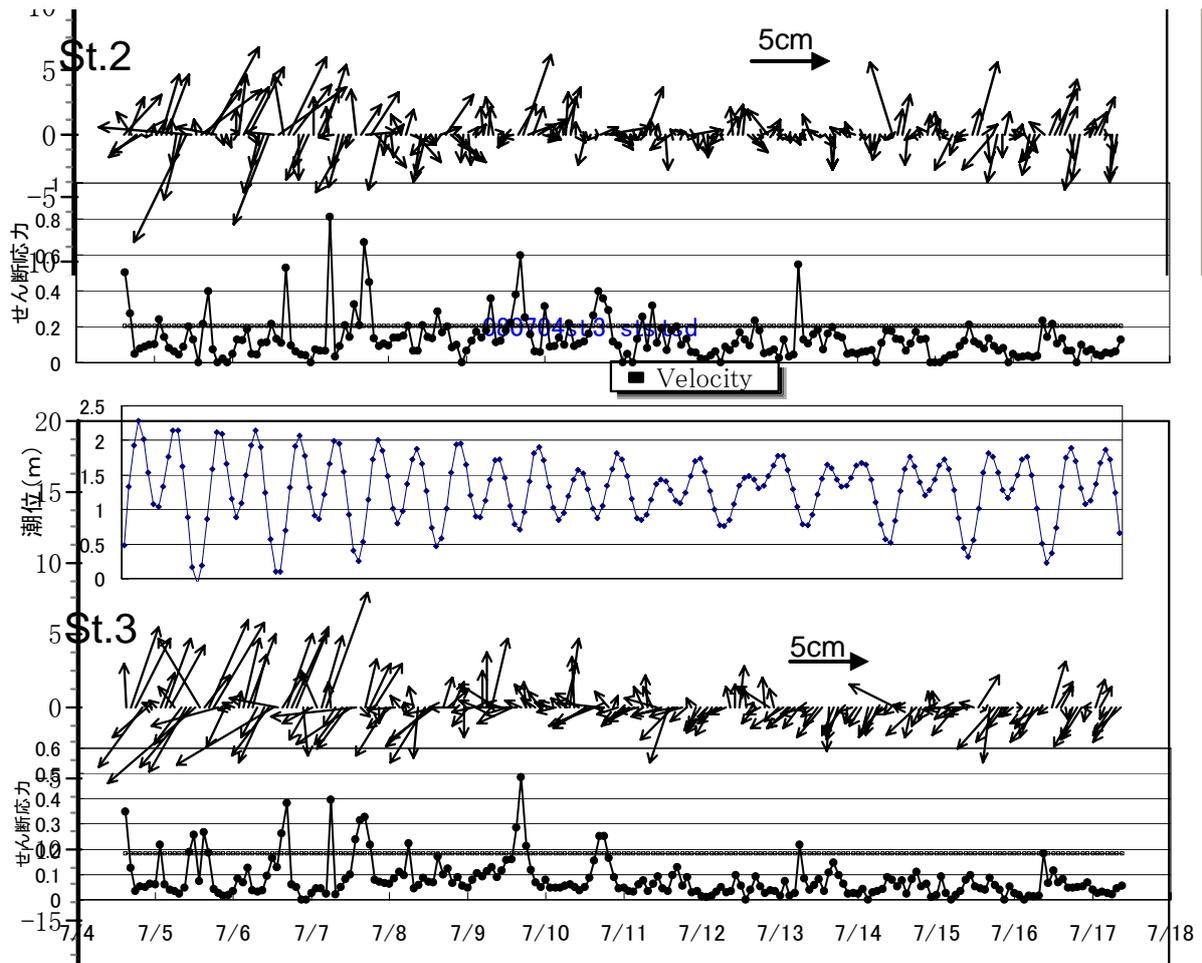


図 VI-4-7 7月4日から7月17日における St. 2 および St. 3 のせん断応力と移流ベクトルの経時的変化。図中黒線は底質（粒径 0.3mm）の移動限界を示す。中央の図は St. 3 において実測した潮位の変化を示す。

表 VI-4-1 観測期間における底質（中央粒径 0.3mm）の移動限界に対する
 観測流動の逸脱回数
 および逸脱時の移流成分の合成値（流速フラックス）と移送方向

期間と地点	逸脱回数	頻度(%)	流速フラックス*1	平均移流(m/s)*2	移送方向
7/4-7/17					
St.2	33	29.8	26.5	0.803	上流
St.3	20	10.2	11.1	0.555	上流
7/18-8/1					
St.2	45	20.1	-18.1	-0.402	下流
St.3	35	15.6	49.8	1.423	上流
全期間合計					
St.2	78	18.2	8.4	0.108	上流
St.3	55	12.8	60.9	1.107	上流

St.1は測器不調のため欠測

*1:移動限界逸脱時の移流ベクトル合成値の大きさ, *2:流速フラックスを逸脱回数で除した値

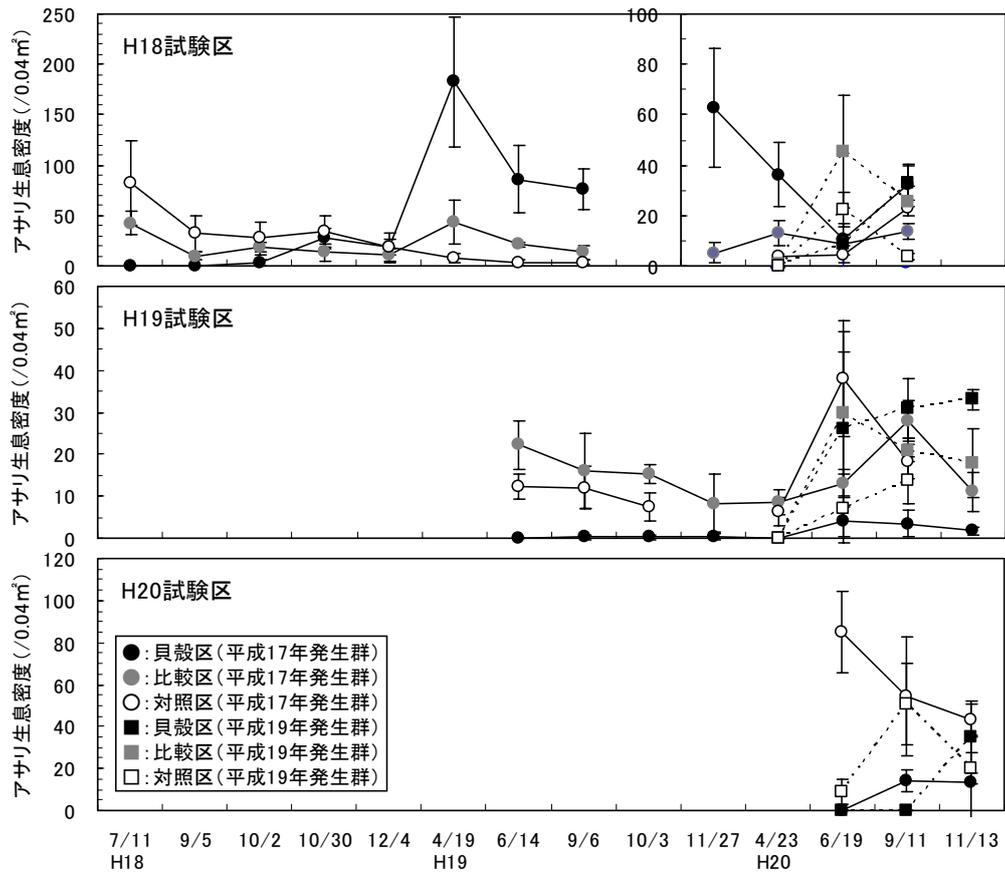


図 VI-5-1 採集されたアサリ稚貝の密度変化

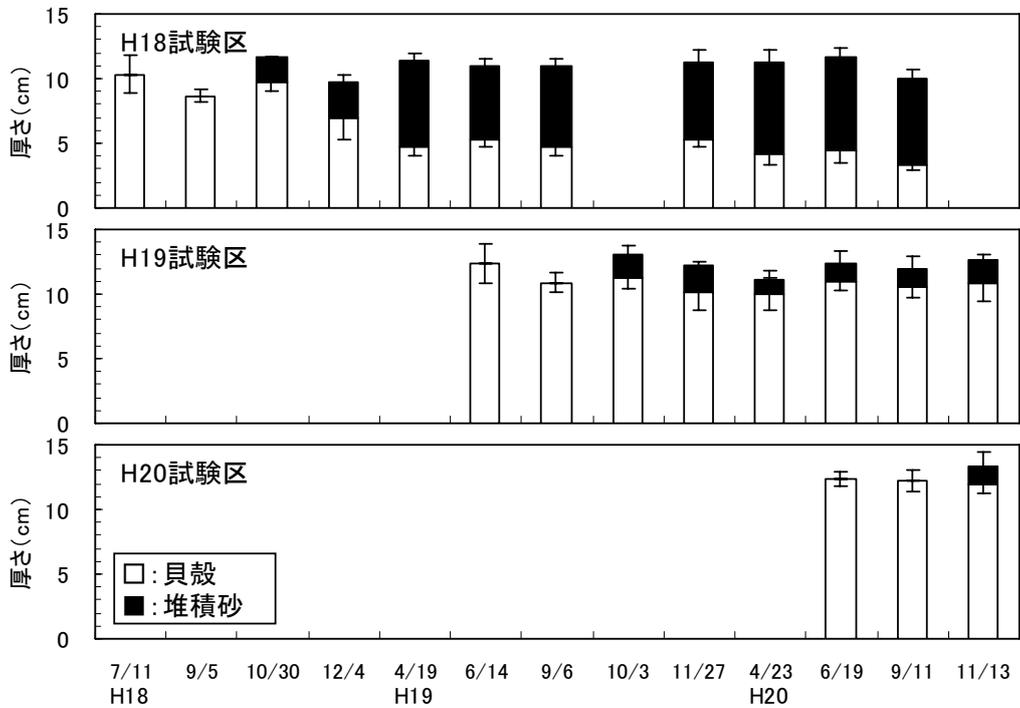


図 VI-5-2 貝殻および堆積砂の層厚変化

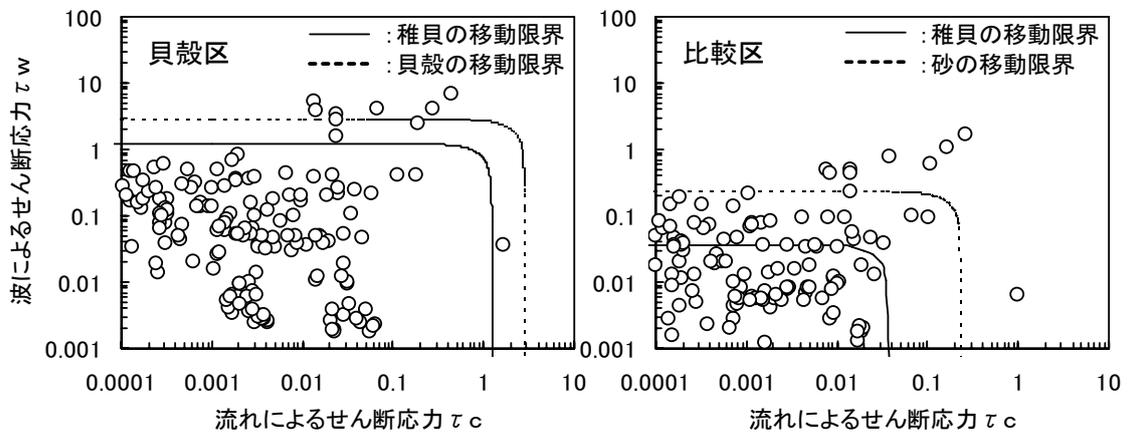


図 VI-5-3 移動限界判定シートによる稚貝定着効果の評価
H18 試験区において H18 年 10 月の流速データを使用

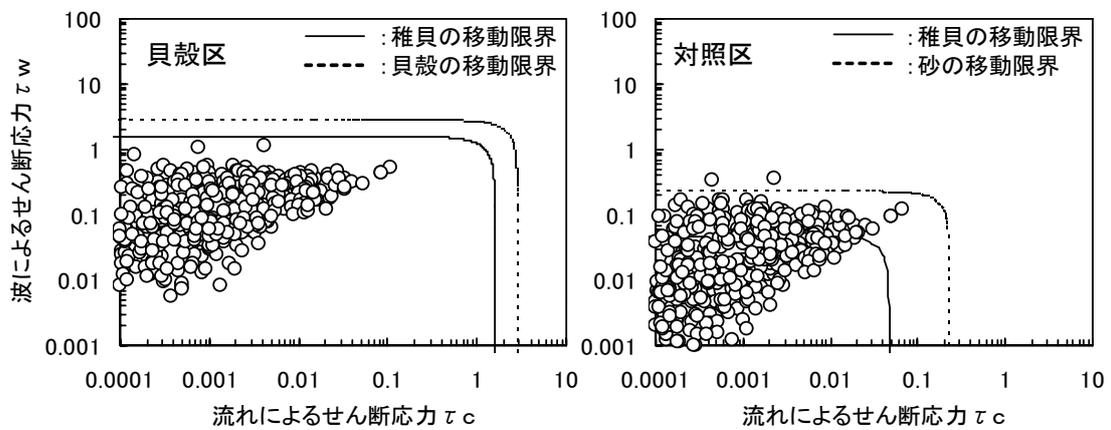


図 VI-5-4 移動限界判定シートによる稚貝定着効果の評価
H19・20 試験区において H20 年 9~10 月の流速データを使用

表 VI-5-1 各試験区におけるアサリ稚貝の生息密度（単位：個体/0.04 m²，上段：平均値，下段：標準偏差）

		H18.7.11	H18.9.5	H18.10.2	H18.10.30	H18.12.4	H19.4.19	H19.6.14	H19.9.6	H19.10.3	H19.11.27	H20.4.23	H20.6.19	H20.9.11	H20.11.13		
H18試験区	H17発生群	貝殻区	0.0	0.1	2.8	27.5	18.5	183.0	85.8	76.0	—	62.8	36.3	10.3	32.3	—	
		比較区	42.3	9.3	18.5	13.5	10.3	43.5	21.0	13.8	—	5.3	13.0	8.5	13.5	—	
		対照区	82.5	32.2	27.5	33.8	18.3	7.8	3.5	3.8	—	—	4.0	4.3	23.0	—	
	H19発生群	貝殻区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.5	9.0	32.8	—	
		比較区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.8	45.3	25.8	—	
		対照区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	22.3	3.8	—	
	H19試験区	H17発生群	貝殻区	—	—	—	—	—	—	0.0	0.3	0.3	0.5	0.0	4.0	3.5	1.8
			比較区	—	—	—	—	—	—	22.3	16.0	15.3	8.3	8.8	13.0	28.0	11.0
			対照区	—	—	—	—	—	—	12.3	12.0	7.5	—	6.3	38.0	18.3	—
H19発生群		貝殻区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	26.0	31.0	33.0	
		比較区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	18.3	7.0	2.4	
		対照区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	29.8	21.0	17.8	
H20試験区		H17発生群	貝殻区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	14.3	13.8	
			対照区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	5.0	20.9	
		H19発生群	貝殻区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	84.8	54.3	43.3
	対照区		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19.5	28.4	7.6	
	H19発生群	貝殻区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	0.0	35.0	
		対照区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	0.0	17.0	

表 VI-5-2 各貝殻区における貝殻層厚と砂層厚（単位：cm，上段：平均値，下段：標準偏差）

		H18.7.11	H18.9.5	H18.10.30	H18.12.4	H19.4.19	H19.6.14	H19.9.6	H19.10.3	H19.11.27	H20.4.23	H20.6.19	H20.9.11	H20.11.13
H18貝殻区	貝殻	10.3	8.7	9.7	7.0	4.7	5.3	4.7	—	5.3	4.2	4.4	3.4	—
	砂	1.5	0.5	0.6	1.7	0.6	0.5	0.6	—	0.5	0.8	0.9	0.5	—
H19貝殻区	貝殻	10.3	8.7	11.7	9.7	11.3	10.9	11.0	—	11.3	11.2	11.7	10.1	—
	砂	0.0	0.0	0.0	0.6	0.6	0.6	0.6	—	1.0	1.0	0.6	0.6	—
H19貝殻区	貝殻	—	—	—	—	—	12.4	10.9	11.2	10.2	10.0	11.0	10.6	10.8
	砂	—	—	—	—	—	1.5	0.7	0.8	1.5	1.2	0.7	0.9	1.3
H20貝殻区	貝殻	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12.4	12.2	12.0
	砂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.5	0.8	0.7
H20貝殻区	貝殻	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12.4	12.2	13.4
	砂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0	0.0	1.0

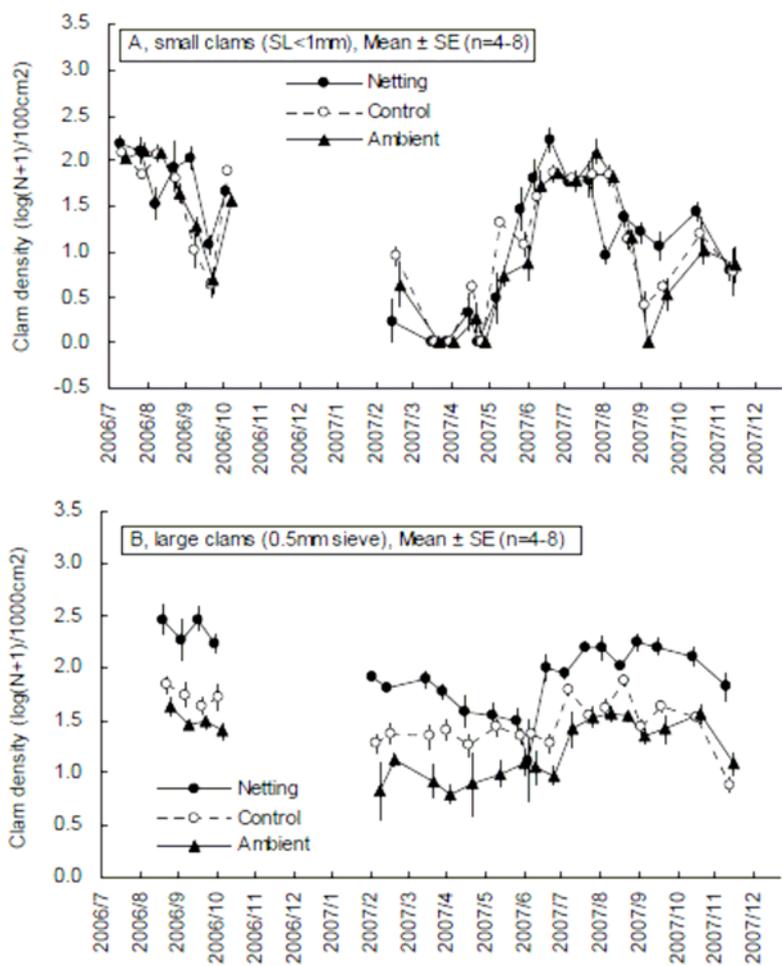


図 VI-7-1 被覆網区画内外でのアサリ密度変化 (平成 18~19 年度)

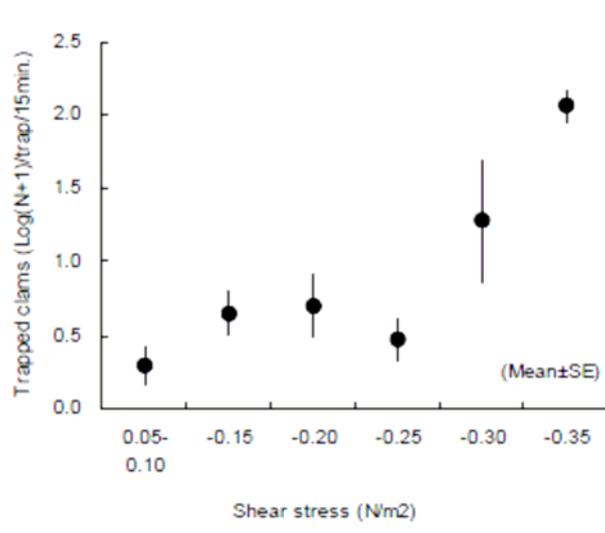


図 VI-7-2 底面せん断応力とトラップ捕集稚貝数の関係

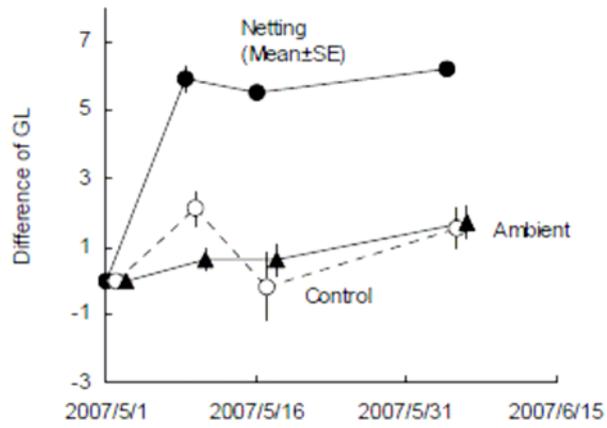


図 VI-7-3 被覆網設置後の地盤高の変化

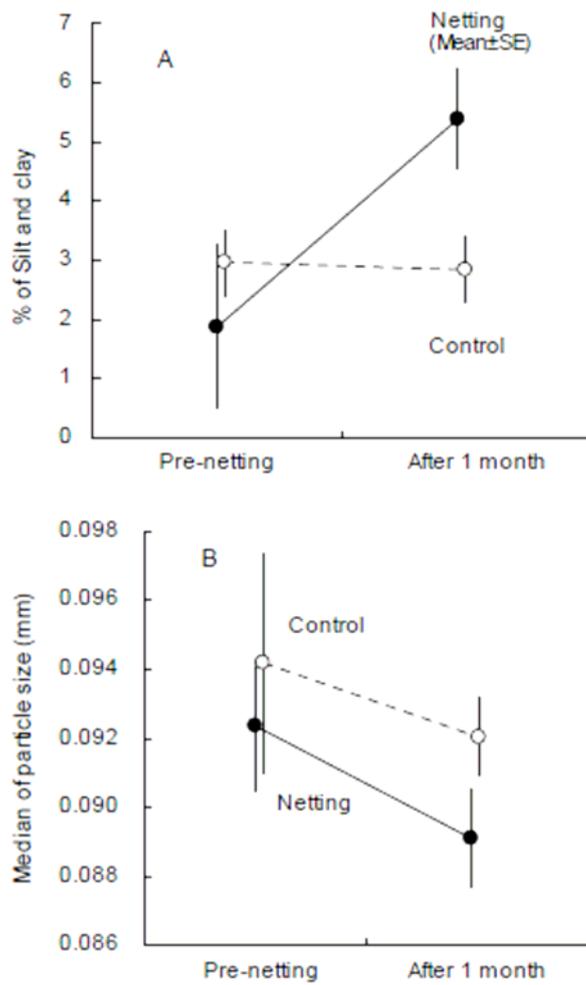


図 VI-7-4 被覆網設置後の底質粒度の変化

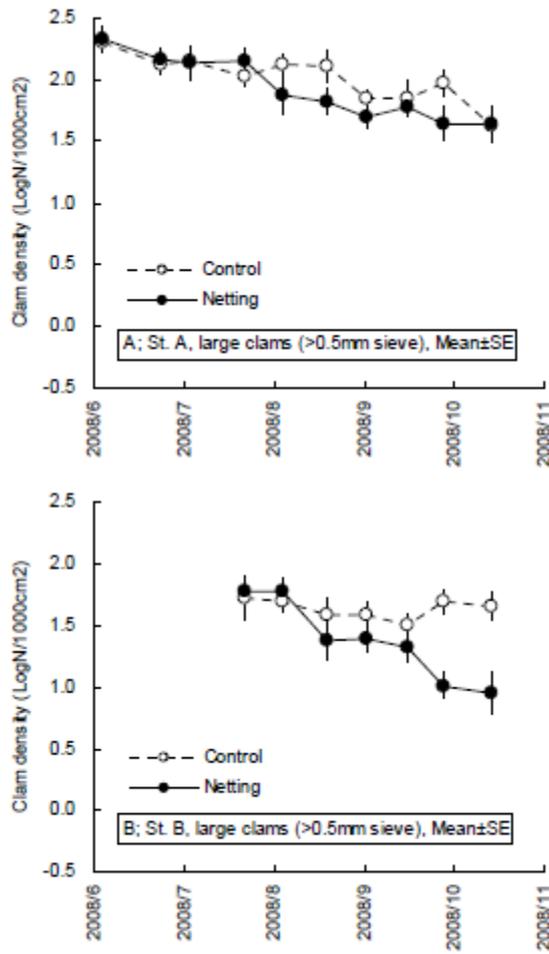


図 VI-7-5 被覆網内外でのアサリ密度の変化（平成 20 年度）

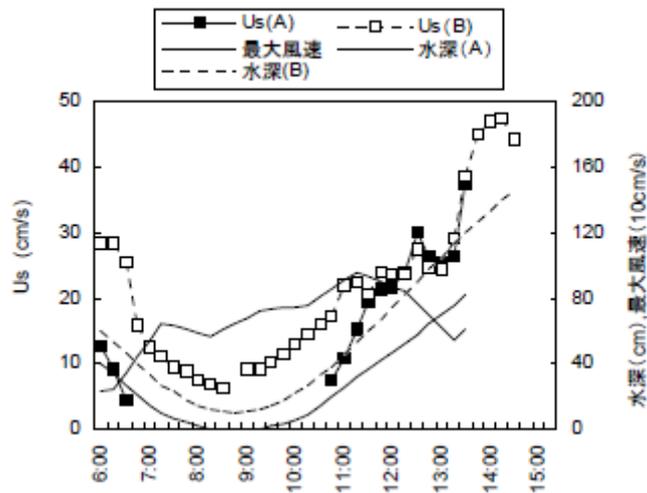


図 VI-7-6 区画 A と B の底面変動流速 U_s の比較

表 VI-7-1 小型アサリ密度 (Log (N+1)/100cm²) の変化
(平成 18~19 年度). 図 VI-7-1A に対応.

	実験区		対照区		周辺区	
	平均	標準誤差	平均	標準誤差	平均	標準誤差
2006/7/10	2.20	0.07	2.10	0.09	2.03	0.06
2006/7/26	2.11	0.14	1.84	0.03	2.11	0.07
2006/8/8	1.53	0.18	2.07	0.09	2.08	0.04
2006/8/23	1.93	0.27	1.80	0.09	1.65	0.10
2006/9/6	2.03	0.12	1.02	0.17	1.27	0.10
2006/9/20	1.07	0.10	0.63	0.15	0.69	0.15
2006/10/4	1.66	0.06	1.89	0.05	1.57	0.07
2007/2/17	0.23	0.23	0.96	0.10	0.63	0.25
2007/3/20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2007/4/2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2007/4/20	0.33	0.20	0.61	0.06	0.27	0.16
2007/4/28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2007/5/13	0.49	0.29	1.32	0.05	0.74	0.11
2007/6/1	1.47	0.23	1.08	0.13	0.88	0.19
2007/6/11	1.80	0.21	1.60	0.09	1.73	0.15
2007/6/26	2.22	0.12	1.86	0.09	1.86	0.05
2007/7/10	1.76	0.05	1.79	0.05	1.78	0.11
2007/7/27	1.79	0.19	1.84	0.24	2.09	0.13
2007/8/10	0.96	0.09	1.84	0.11	1.82	0.05
2007/8/24	1.37	0.08	1.13	0.10	1.15	0.08
2007/9/7	1.21	0.12	0.41	0.14	0.00	0.00
2007/9/23	1.06	0.15	0.61	0.06	0.53	0.18
2007/10/22	1.44	0.10	1.20	0.17	1.01	0.13
2007/11/18	0.79	0.10	0.78	0.26	0.85	0.20

表 VI-7-2 大型アサリ密度 (Log (N+1)/100cm²) の変化
(平成 18~19 年度). 図 VI-7-1B に対応.

	実験区		対照区		周辺区	
	平均	標準誤差	平均	標準誤差	平均	標準誤差
2006/8/23	2.47	0.15	1.84	0.08	1.64	0.09
2006/9/6	2.27	0.19	1.75	0.12	1.45	0.03
2006/9/20	2.47	0.11	1.64	0.07	1.49	0.06
2006/10/4	2.23	0.09	1.73	0.12	1.40	0.08
2007/2/17	1.91	0.03	1.28	0.09	0.83	0.28
2007/3/20	1.81	0.03	1.38	0.10	1.13	0.07
2007/4/2	1.89	0.09	1.35	0.11	0.92	0.15
2007/4/20	1.77	0.07	1.42	0.09	0.79	0.08
2007/4/28	1.59	0.15	1.27	0.11	0.89	0.30
2007/5/13	1.55	0.12	1.44	0.07	0.99	0.13
2007/6/1	1.49	0.13	1.36	0.07	1.10	0.12
2007/6/11	1.11	0.40	1.37	0.05	1.05	0.17
2007/6/26	2.01	0.12	1.28	0.09	0.97	0.09
2007/7/10	1.96	0.05	1.80	0.05	1.42	0.17
2007/7/27	2.21	0.04	1.54	0.02	1.53	0.10
2007/8/10	2.20	0.11	1.61	0.09	1.57	0.07
2007/8/24	2.01	0.03	1.87	0.05	1.55	0.06
2007/9/7	2.25	0.08	1.44	0.07	1.36	0.07
2007/9/23	2.20	0.08	1.64	0.06	1.42	0.13
2007/10/22	2.11	0.09	1.53	0.04	1.57	0.09
2007/11/18	1.82	0.13	0.88	0.07	1.08	0.12

表 VI-7-3 底面せん断応力とトラップ捕集稚貝数関係. 図 VI-7-2 に対応.

底面せん断応力 N/m ²	トラップ稚貝数 Log(N+1)/トラップ/15分	
	平均	標準偏差
0.05-0.10	0.29	0.13
-0.15	0.65	0.15
-0.20	0.69	0.22
-0.25	0.47	0.14
-0.30	1.28	0.41
-0.35	2.07	0.11

表 VI-7-4 被覆網設置後の地盤高 (cm) の変化. 図 VI-7-3 に対応.

	実験区		対照区		周辺区	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
2007/5/1	0		0		0	
2007/5/9	5.9	0.4	2.1	0.5	0.7	0.3
2007/5/16	5.5	0.2	-0.1	1.0	0.6	0.5
2007/6/4	6.2	0.2	1.6	0.6	1.7	0.5

表 VI-7-5 被覆網設置後の底質粒度の変化. 図 VI-7-4 に対応.

		実験区		対照区	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差
泥分 (%)	2006/7/10	1.88	1.37	2.96	0.57
	2006/8/8	5.39	0.84	2.85	0.56
中央粒径 (mm)	2006/7/10	0.092	0.002	0.094	0.003
	2006/8/8	0.089	0.001	0.092	0.001

表 VI-7-6 区画 A および B における被覆網内外でのアサリ密度 (Log(N+1)/1000cm²) の変化 (平成 20 年度). 図 VI-7-4 に対応.

	区画A				区画B			
	実験区		対照区		実験区		対照区	
	平均	標準誤差	平均	標準誤差	平均	標準誤差	平均	標準誤差
2008/6/4	2.33	0.11	2.31	0.08				
2008/6/24	2.17	0.10	2.13	0.09				
2008/7/4	2.14	0.14	2.15	0.10				
2008/7/23	2.16	0.11	2.03	0.09	1.77	0.10	1.73	0.18
2008/8/5	1.88	0.16	2.13	0.07	1.78	0.11	1.70	0.08
2008/8/20	1.83	0.10	2.11	0.12	1.38	0.16	1.59	0.14
2008/9/3	1.70	0.09	1.85	0.07	1.40	0.11	1.59	0.11
2008/9/17	1.79	0.08	1.85	0.15	1.33	0.13	1.50	0.09
2008/9/29	1.65	0.14	1.97	0.11	1.01	0.10	1.70	0.10
2008/10/16	1.64	0.15	1.63	0.10	0.95	0.17	1.66	0.11

表 VI-7-7 区画 A と B の底面変動流速の比較. 図 VI-7-5 に対応.

時刻	最大流速 10cm/s	区画A		区画B	
		変動流速Us cm/s	水深 cm	変動流速Us cm/s	水深 cm
6:00	23	17.91	61	21.56	83
6:15	23.25	16.88	55	22.03	76
6:30	23.5	15.36	47	24.81	68
6:45	23.75	12.9	40	28.43	60
7:00	24	9.29	34	28.42	53
7:15	34.25	4.45	27	25.51	47
7:30	44.5		21	15.89	40
7:45	54.75		15	12.44	33
8:00	65		10	10.98	27
8:15	63		7	9.37	23
8:30	61		4	8.8	18
8:45	59		2	7.63	14
9:00	57		0	7.04	12
9:15	60.75		0	6.41	11
9:30	64.5		0		10
9:45	68.25		0	9.23	11
10:00	72		0	9.05	12
10:15	73		2	10.15	14
10:30	74		3	11.31	18
10:45	75		6	12.99	22
11:00	76		9	14.35	27
11:15	81		14	16.16	33
11:30	86	7.63	20	17.18	38
11:45	91	10.78	26	21.82	46
12:00	96	15.4	32	22.43	53
12:15	93	19.56	37	20.65	60
12:30	90	21.32	42	23.87	67
12:45	87	21.68	47	23.64	75
13:00	84	23.77	52	23.69	82
13:15	76.75	29.87	58	27.44	90
13:30	69.5	26.31	64	24.66	98
13:45	62.25	25.69	70	24.5	105
14:00	55	26.34	76	29.23	113
14:15	61.5	37.47	82	38.75	120
14:30				45.07	127
14:45				46.96	133
15:00				47.49	140
15:15				44.26	146

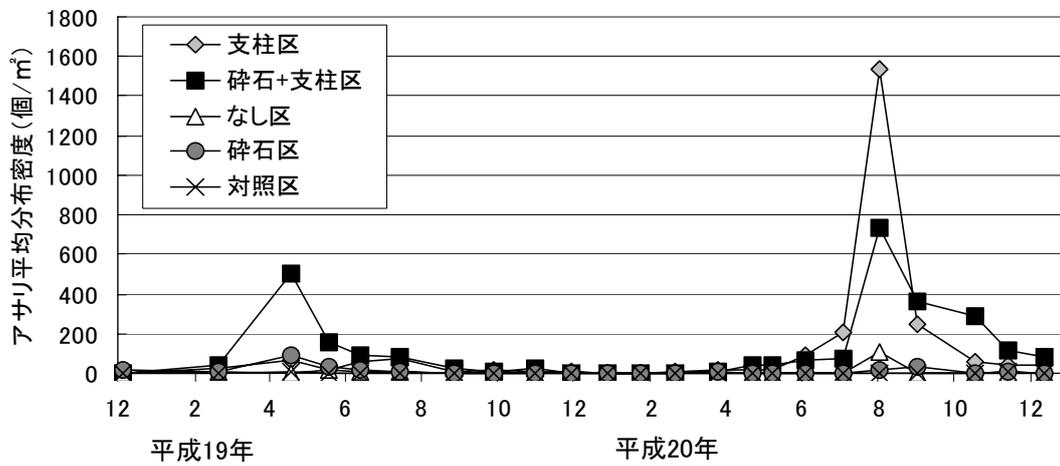


図 VI-8-1 殻長 1 mm 以上のアサリ平均分布密度の推移

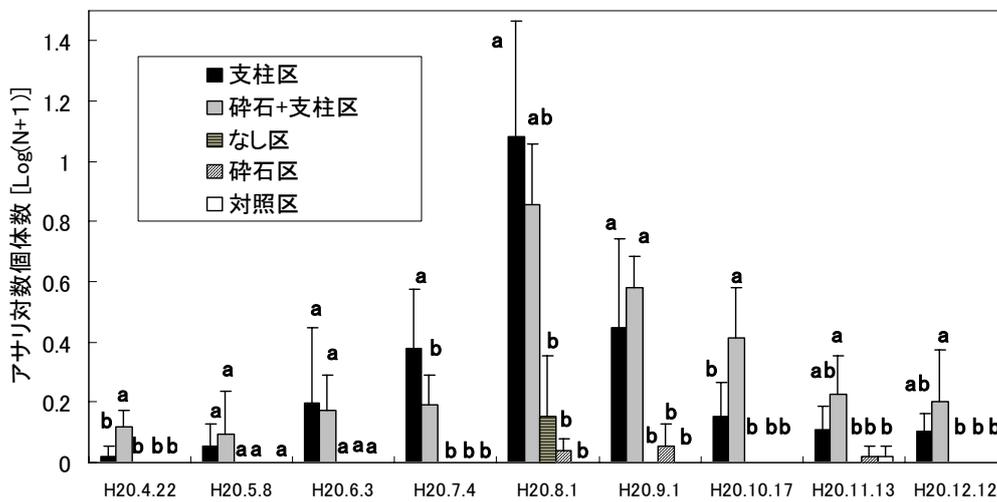


図 VI-8-2 アサリ（殻長 1 mm 以上）対数個体密度の比較（平成 20 年 4 月～12 月分）
 ※アルファベットは Tukey HSD におけるサブグループ ($p < 0.05$) を示す。

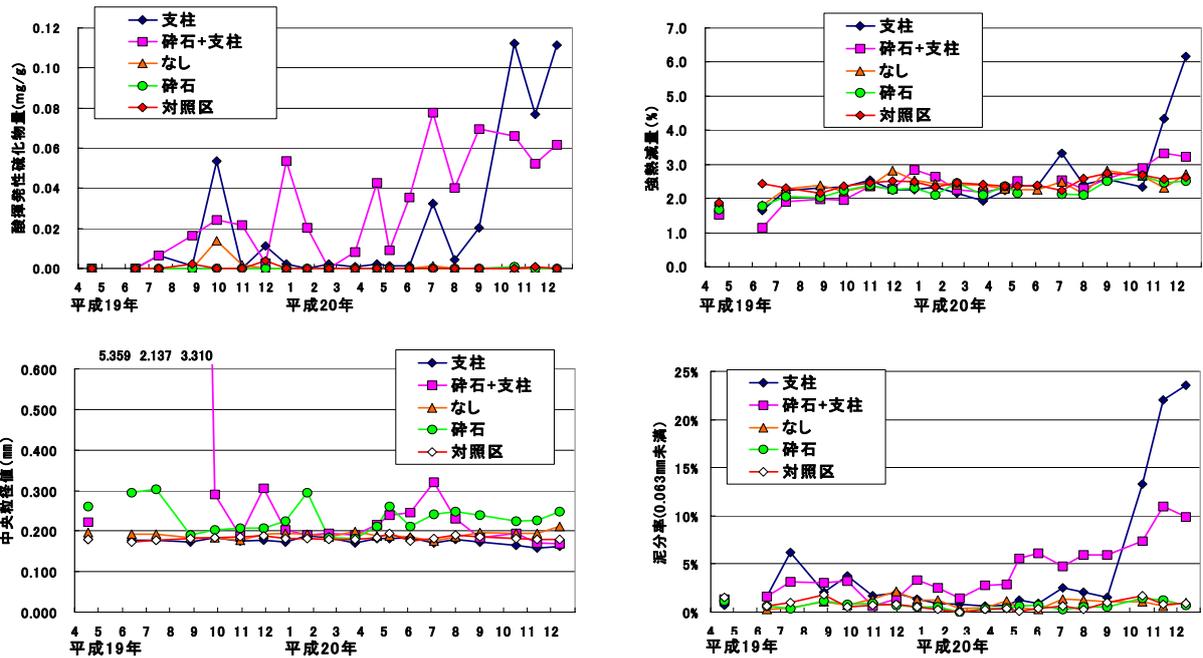


図 VI-8-3 底質調査結果 (左上 : AVS、右上 : 強熱減量、左下 : 中央粒径値、右下 : 泥分率)

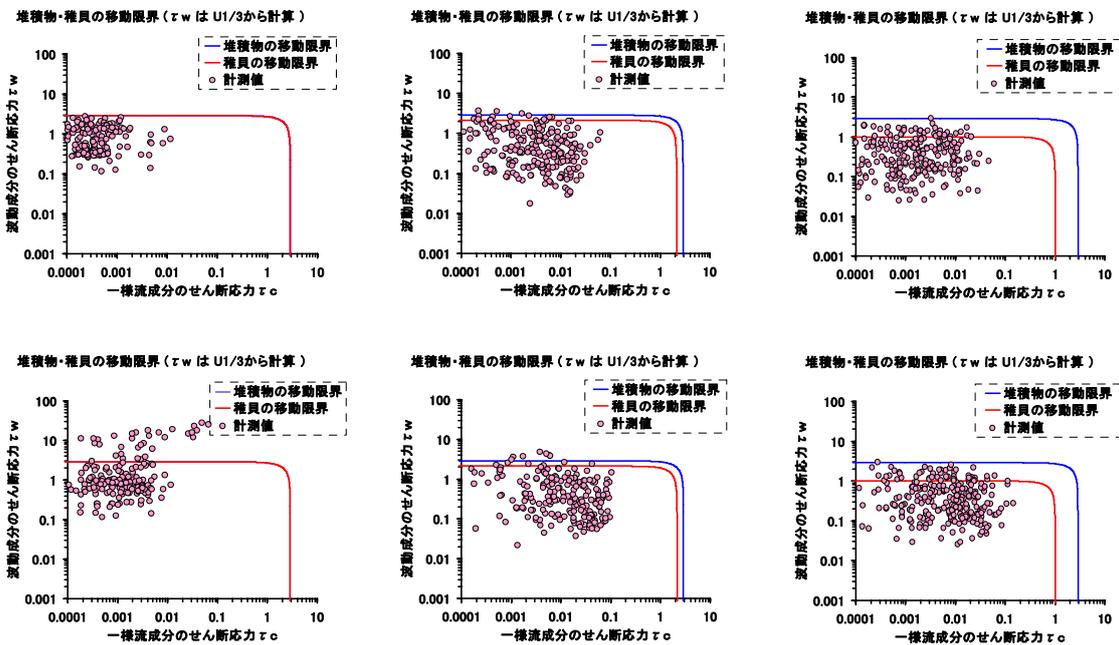


図 VI-8-4 碎石敷設直後 (中央粒径値 : 0.375 mm) を条件とした解析結果
 (上段 : 碎石+支柱区 下段 : 碎石区 調査日 : 左から平成 19 年 11 月 13 日~11 月 29 日、
 平成 20 年 5 月 13 日~6 月 3 日、平成 20 年 10 月 21 日~11 月 12 日
 アサリ殻長 : 左から 0.2 mm、2 mm、9 mm)