

### 3. 種場・生息場の拡大（小課題2-1-1）

#### 3.1 移植規模拡大の試行

##### 3.1.1 方法

###### (1) 流失抑制対策の検討

3号地区には4月23日に基質入り網袋を設置し、5月24日と6月21日に移動状況を調査した。4号地区には8月31日に設置、9月18日と10月14日に移動状況を調査した。

基質入り網袋には約30の基質を収容し、基質の種類は軽石のみ、軽石と礫の混合基質2種類（軽石：礫を2:1、1:1としたもの）とした。軽石は粒径約2mm、約6mmの2種類、礫は約12mmの1種類とした。

基質入り網袋は図15に示すように、なるべくランダムとなるような配置とした。

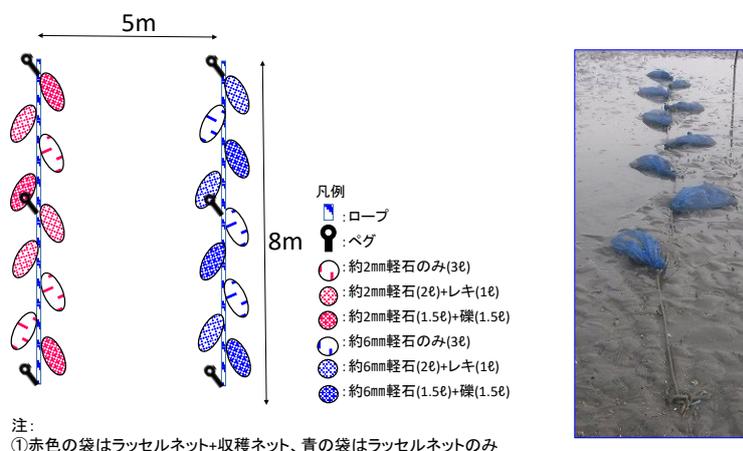


図15 実験区の配置

###### (2) 規模拡大による効果の確認

実験用のアサリとして、5月26日に福岡県有明海沿岸域から殻長10mm程度で回収し302号地区で育成したものをを用いた。基質入り網袋(粒径約2mmのボラ土を30収容)へ500個体程度収容し、設置高約10cmの低コスト型離底飼育器具で育成した。10月3日に基質からアサリのみを取り出し網袋へ収容し、10月13日から3号地区、4号地区各々に丸カゴに入れて垂下して馴致を開始し、3号地区では10月17日、4号地区では10月18日から実験を開始した。

基質入り網袋として軽石(約2mm)を30収容したものを200袋準備し、それぞれの地区に100袋ずつ設置した(図16)。網袋としては収穫ネットとラッセルネットを用いた。網袋1つあたり、アサリは28個体収容した。平均殻長は14.5mm程度であった。設置後、11月、12月、1月に生残個体数と全個体の殻長を計測した。なお、計測にあたってはなるべく隣り合わない網袋を5袋サンプリングした。



図16 基質入り網袋(100袋)の設置状況

### 3.1.2 結果

#### (1) 流失抑制対策の検討

3号地区では5月24日に基質入り網袋(軽石(約6mm))1袋の移動を確認した。6月21日では全ての基質で移動は確認されず、軽石(約6mm)以外の基質であれば安定する可能性が得られた。

4号地区では9月初旬に台風9号と10号が通過した影響で、全ての組み合わせで移動が確認された。台風9号通過時の最大風速は福岡県有明海沿岸(七つはぜ)において南南西33m/s(9月3日)、10号通過時の最大風速は南35.4m/s(9月7日)であった。3号地区や4号地区において、南～南西からの風は海から陸に向かっての風となり、波浪の影響を強く受けた可能性があった。

なお、3号地区に設置した基質入り網袋を台風通過後の9月18日に調査した結果、軽石(約6mm)を用いた組み合わせの全てで移動が確認されたが、軽石(約2mm)を用いた組み合わせでは移動は確認されなかった。

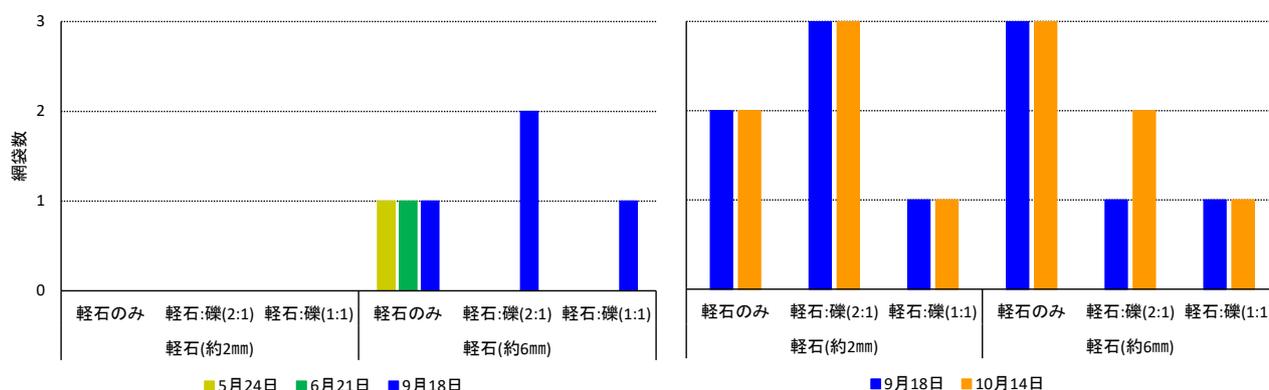


図 17 移動の確認された基質入り網袋の数(左:3号地区、右:4号地区)

以上から軽石(約2mm)を用いると移動しにくい可能性が得られた。なお、軽石のみと混合基質を比較しても移動に大差のないことから、本実験結果から、より手間のかからない軽石(約2mm)のみの基質を選定した。

アサリに対する効果については、平成30年度の本事業において軽石(約6mm)、アンスラサイト(約4mm)、礫(約12mm)、混合基質(軽石:礫=1:1)といった複数の基質を用いてアサリへの効果を成長速度で比較したが、有意差は得られなかった( $p=0.18$  一元配置分散分析)。したがって、本年度の実験における軽石と混合基質の効果は同等とみなし、軽石を選定した。

#### (2) 規模拡大による効果の確認

1月における生残率の95%信頼区間は3号地区で94.5%以上99.8%以下、4号地区で91.6%以上99.8%以下であった。平均殻長は3号地区で設置時の14.5mmから17.4mmへ、4号地区で設置時の14.5mmから18.0mmへの成長が確認された。

### 3.1.3 考察

流失抑制対策の検討では、約2mmの軽石が約6mmの軽石よりも移動しにくい可能性が得られた。現地での観察結果から、約2mmの軽石には現地の砂泥が多く含まれていたが、約6mmの軽石には現地砂泥があまり含まれていなかった。したがって、約2mmの軽石では増加した現地砂泥により重量が増加し、移動しにくくなったものと考えられた。

生残率の目標値は80%以上(100%達成)としたところ、3号地区と4号地区の何れも95%信頼区間は90%以上であり、目標は達成できた。達成できた要因は、調査期間が10月～翌年1月で、天候が比較的安定したことが大きいと考えられる。夏季には豪雨に由来する大量出水により、急激な塩分の低下や泥土への埋没等、アサリにとって不適な環境が発生するが、10月以降は豪雨が発生せず、斃死を免れたものと考えられる。

## 3.2 移植時期の検討

### 3.2.1 方法

昨年11月に3号地区に設置高10cmで設置したパーム入り網袋を対象とした。4月25日に複数のパームを目視で観察し、稚貝の着生状況が同等な3束を選定し、そのうち2束を再び設置高10cmに装着し5月、6月に1束ずつ用いるものとした。残りの1束は十分にほぐした後に8分割し(図18)、1/8ずつ基質入り網袋に収容した。なお、ほぐし作業中に回収したアサリは8等分し(図18)、パームとともに基質入り網袋へ収容した(図19)。

基質は網袋1つあたり約3ℓ収容した。基質の種類は軽石(約2mm、約6mm)であり、そのうち約2mmの軽石については流失を抑制するため目合いの細かい収穫ネット(30cm×50cm程度(目合1～2mm))へ収容後、ラッセルネット(30cm×60cm程度(目合8mm))に収容した。約6mmの軽石はラッセルネットのみに収容した。各々4袋ずつとし、8分割したパームとアサリを収容した。



図18 パームとアサリの分割



図19 パームとアサリの収容状況と基質入り網袋の設置状況

パームを収容した基質入り網袋(図20)に示すように、なるべくランダムとなるような配置とした。なお、天然アサリの転がり込みの状況を把握するため、稚貝の着底していないパームを8分割して収容した基質入り網袋も準備し、同様の配置・規模で設置した。

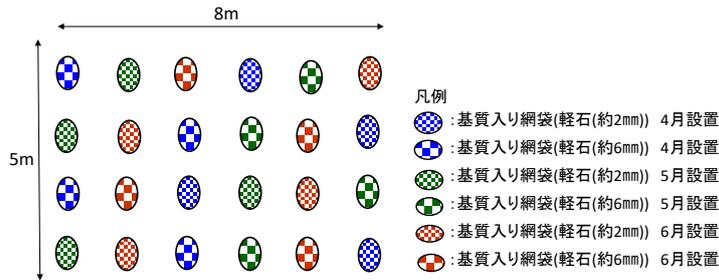


図 20 基質入り網袋の配置状況

### 3.2.2 結果

殻長 10 mm以上のアサリを対象に 4 月設置、5 月設置および 6 月設置の設置時と移植 2 カ月後、および 8 月における個体数を図 21 に、平均殻長を図 22 に示した。

8 月における個体数を比較すると軽石(約 2 mm)では 4 月設置区、軽石(約 6 mm)では 6 月設置区で多い傾向がみられた。8 月における殻長は軽石(約 2 mm)、軽石(約 6 mm)ともに 4 月設置区で高い傾向がみられた。

以上から、個体数と殻長の何れもすぐれた基質・設置時期の組み合わせとしては軽石(約 2 mm)と 4 月設置の組み合わせと考えられた。

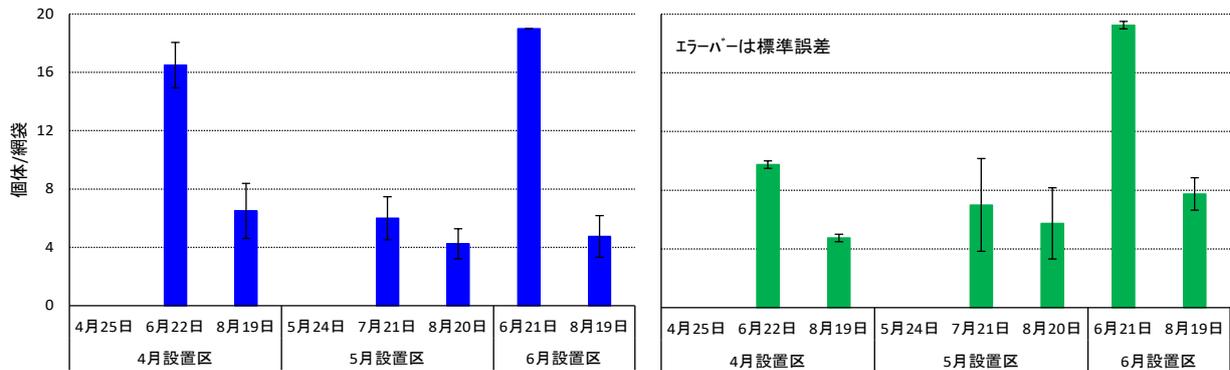


図 21 殻長 10 mm以上のアサリ個体数(左(軽石(約 2 mm))、右(軽石(約 6 mm)))

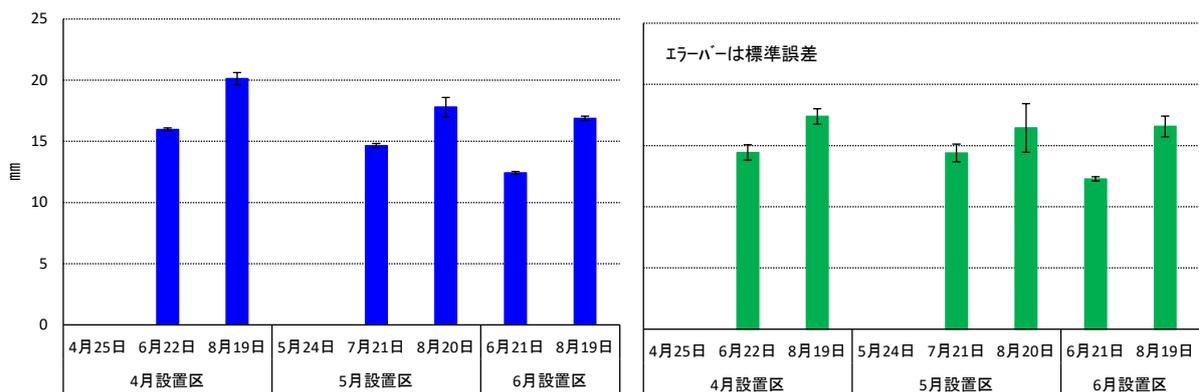


図 22 殻長 10 mm以上のアサリの平均殻長(左(軽石(約 2 mm))、右(軽石(約 6 mm)))

なお、天然アサリの転がり込みは殆どみられず、軽石(約 2mm)では 4 月設置区の 6 月 22 日に 0.25 個体網袋、軽石(約 6 mm)では 4 月設置区の 6 月 22 日と 8 月 19 日に 0.5 個体網袋、5 月設置区の 8 月 20 日に 0.25 個体網袋であった。

8月における生残個体数、成長速度対象に、基質の種類と設置した月を要因とした二元配置分散分析を実施した。その結果、生残個体数(表8)、成長速度(表9)ともに有意差は得られなかった。

表8 分散分析表(生残個体数)

要因	変動	自由度	分散	分散比	P値	F値
基質の種類	5.04	1	5.04	0.54	0.47	4.41
設置した月	6.25	2	3.13	0.34	0.72	3.55
交互作用	23.58	2	11.79	1.27	0.30	3.55
繰り返し誤差	166.75	18	9.26			
合計	201.63	23				

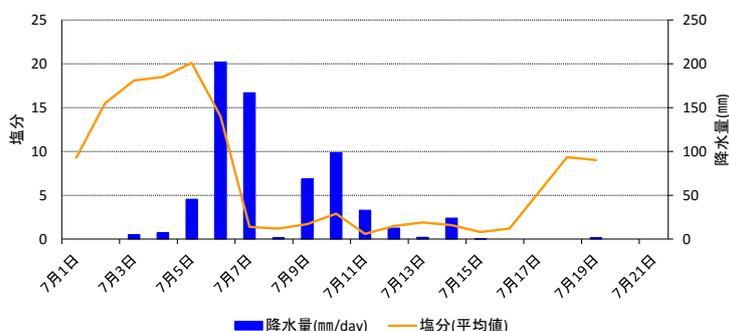
表9 分散分析表(成長速度)

変動要因	変動	自由度	分散	分散比	P値	F値
基質の種類	0.001	1	0.0012	0.94	0.34	4.41
設置時期	0.005	2	0.0026	2.00	0.16	3.55
交互作用	0.000	2	0.0001	0.10	0.90	3.55
繰り返し誤差	0.023	18	0.0013			
合計	0.030	23				

### 3.2.3 考察

4月設置区で個体数、殻長ともに高い傾向があった。しかし、個体数は数値目標とした14個体網袋に達せず不達成であった(後述の表14参照)。殻長は数値目標とした20mm以上を上回る20.1mmであった(表14)。

個体数が目標値を下回った原因として、豪雨の影響が考えられる。豪雨は7月初旬に発生し、その後に塩分5以下の状態が10日間、継続した(図23)。なお、成長が良好であった原因としては、クロロフィル量の連続観測結果から(表5)、アサリ漁場に必要とされる $3\mu\text{g/l}$ 以上が確保できたためと考えられる。



出典: <http://www.sea-net.pref.fukuoka.jp/links2/dbsys/index.html>

図23 7月上旬に発生した豪雨の降水量と低塩分の推移(福岡県海況観測点(七つはぜ))

## 3.3 種場・生息場の拡大の考察と総括

### 3.3.1 小課題の考察

アサリの生息場を拡大する手法として、基質入り網袋の活用が望ましいと考えられる。基質として流失抑制効果があり、かつアサリへの効果も期待されるものを選定した結果、軽石(約2mm)となった。

なお、軽石(約2mm)を収容した網袋の設置数日後、台風が通過した結果、網袋の移動を確認したが(4号地区)、設置から5カ月経過した網袋(軽石(約2mm))では、同じ台風通過後も移動は確認されなかった。周辺か

ら砂泥が混ざって干潟面になじみ、より一層移動しにくい様子が確認された。

今後は設置事例を増やし、新たな課題の抽出や対策などを進め、実用化に向けた検討が必要と考えられる。

基質入り網袋(軽石(約2mm))を用い、3号地区と4号地区にそれぞれ100袋ずつ設置してアサリを収容した結果、10月～翌年1月までの生残率は3号地区、4号地区ともに90%以上であった。なお、本技術開発では秋産卵群を採苗後、夏季もしくは秋季に殻長20mm程度まで育成し放流することを考えている。今後は春季～秋季における生残状況も把握する必要がある。

パームで採苗したアサリの基質入り網袋への移植時期や、移植に適した基質を検討した結果、移植時期は4月、基質は軽石(約2mm)が適する可能性が示された。なお、調査結果は8月に得られたもので、7月の豪雨によって生残率は大きく減少した可能性がある。今後は豪雨後の7月下旬など、基質入り網袋への移植時期を変えた場合の成長や生残も確認する必要がある。

### 3.3.2 仮説の検証

基質入り網袋(軽石(約2mm))を用いた手法では3号地区、4号地区共に生残率が90%以上であり、100%達成とした目標値の80%を超えていた。目標を達成できたため、手法としては問題ないものと考えられた。

パームで採苗したアサリの、基質入り網袋への移植時期の検討と基質の種類の見直し結果、最も成長や生残が良好であった4月移植、基質は軽石(約2mm)で殻長が20mm以上(100%達成)、生残個体数が6.5個体/網袋で不達成(14個体/網袋未達)であった。調査は豪雨後の8月に実施しており、低塩分による生残個体数の低下の影響が大きかった可能性がある。

## 4. 効率的な稚貝確保技術の開発(小課題2-1-2)

### 4.1 規模拡大の試行

#### 4.1.1 方法

##### (1) 大量採取に適した手法の検討

4月23日、3号地区に支柱を1.5m~2m程度離して設置し、そこへ設置高10cmで網袋に収容したパームを、なるべくランダムとなるよう設置した(図24)。パームは束の状態、ほぐした状態のそれぞれについて網袋に収容する本数を1本、2本、4本とし、稚貝の採取に好適な状態と本数の組み合わせを調べた。各組み合わせについて5本ずつ設置した。なお、網袋としては収穫ネットとラッセルネットを使用した。

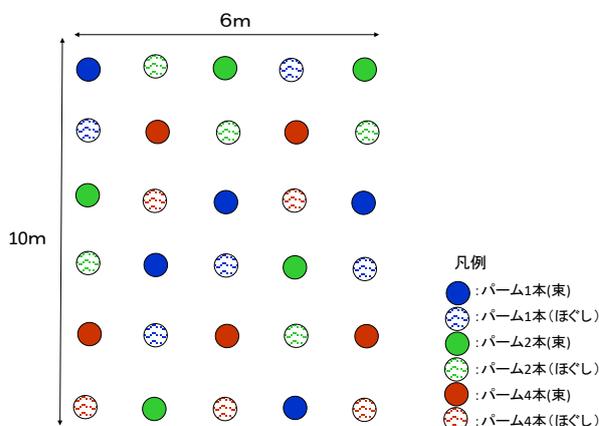


図24 パームの設置状況

(2) 大量採取の試行

10月14日、4号地区で2本のパームをほぐして収容した網袋を160袋設置した。設置高は10cmで支柱1本につき1袋の設置とした(図25)。



図 25 大量採取の試行として設置したパームの状況

4.1.2 結果

(1) 大量採取に適した手法の検討

4月23日に設置したパームを8月21日に全て回収し、パームに発生したアサリを調査した。その結果、パームをほぐした状態、束の状態とした何れも本数を増やすと個体数も増加した。ほぐした状態と束の状態と比較すると1本と2本で、ほぐした状態が多い傾向、4本でほぐした状態も束の状態も同等な傾向が得られた。なお、原地盤におけるアサリ(殻長1mm以上)の出現個体数は、8月18日に33.3個体/m<sup>2</sup>であり、パームよりも少なかった。

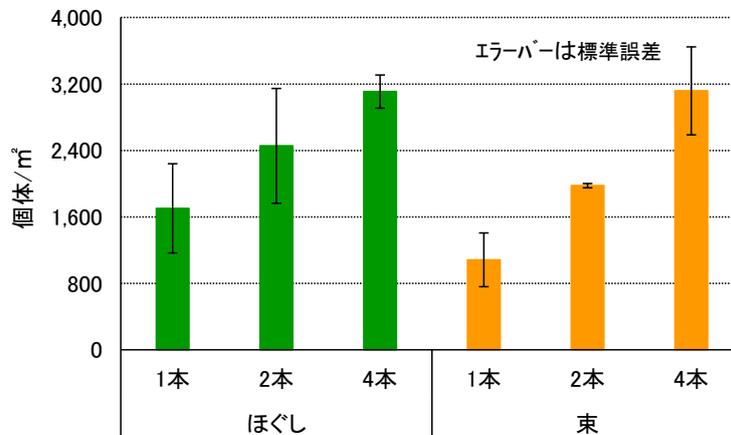


図 26 アサリの個体数(殻長1mm以上)

個体数を対象に、パームの状態と本数を要因とした二元配置分散分析を実施した。その結果、交互作用は得られなかったが、本数で有意差がみられた(表10 p=0.004)。

表 10 分散分析表(個体数)

変動要因	変動	自由度	分散	分散比	P値	F値
パームの状態	791771.5	1	791771.5	0.994	0.332	4.414
本数	11831667	2	5915833	7.425	0.004	3.555
交互作用	435856.7	2	217928.4	0.274	0.764	3.555
繰り返し誤差	14341123	18	796729.1			
合計	27400418	23				

そこで、ほぐし、束の各々で Tukey の多重比較を行った結果、束のうち、4 本が 1 本よりも有意に高い結果となった(p=0.008)。

## (2) 大量採取の試行

11 月、12 月、1 月に新たな網袋 5 袋ずつサンプリングした結果を表 11 に示す。稚貝は 12 月にのみ、出現した。

表 11 初期稚貝や稚貝の出現個体数

単位: 個体/網袋

サンプリング日	初期稚貝	稚貝
11 月 17 日	252	0
12 月 14 日	771	20
1 月 16 日	514	0

また、1 月 16 日には 11 月や 12 月にサンプリングを実施した網袋も対象に再びサンプリングし、サンプリングの網袋数を 15 袋とした。その平均値は初期稚貝は 398 個体/網袋、稚貝は 5 個体/網袋であった。したがって、設置した 160 袋のパーム全てにおいては以下の計算式から、初期稚貝 63,680 個体、稚貝 800 個体が生息しているものと試算された。

初期稚貝 398 個体/網袋×160 袋

稚貝 5 個体/網袋×160 袋

### 4.1.3 考察

目標値は、個体数の単位を 4 束/網袋あたりに換算し、600 個体以上を 100%達成、320 個体以上を 90%達成、320 個体未満を不達成とした。そこで、本調査結果から得られた個体数を 4 束/網袋あたり個体数に換算し、そこへ目標値に対する達成度(100%○、90%△、不達成×)を含めて表 10 に整理した。その結果、ほぐし(1 本)で最も多く採苗できる結果となった。

ほぐし、では束の状態よりもパーム 1 本 1 本の繊維との間に隙間が多くなっている。隙間が増える事で浮遊幼生が捕捉されやすくなり、稚貝の個体数が増加した可能性がある。

表 12 パームで採苗した稚貝(殻長 1 mm以上)の個体数

単位: 4 束/網袋あたり個体数

ほぐし			束		
1 本	2 本	4 本	1 本	2 本	4 本
574	413	262	365	333	262
△	△	×	△	△	×

## 4.2 採苗に適した設置高の検討

### 4.2.1 方法

5 月 24 日、3 号地区で設置高を 10cm、50cm、および 100cm としてパームを設置した。パームは束の状態でも 1 本ずつ、網袋(収穫ネットとラッセルネット)に収容し、各設置高で 3 袋ずつ、なるべくランダムとなるよう設置した。設置後、6 月 21 日、7 月 23 日、および 8 月 20 日にパームを一部サンプリングし、そこに含まれる稚貝や初期稚貝を調査した。なお、同時に原地盤における稚貝や初期稚貝も調査した。

サンプリングは、網袋からパーム全体を取り出し、表面の 3 か所を任意に選んで繊維部分を指でつまみ取

り、チャック式ビニール袋に収容して分析に用いた。量は乾燥重量で5g程度とした。以下、サンプリング方法は他の実験でも同様とした。

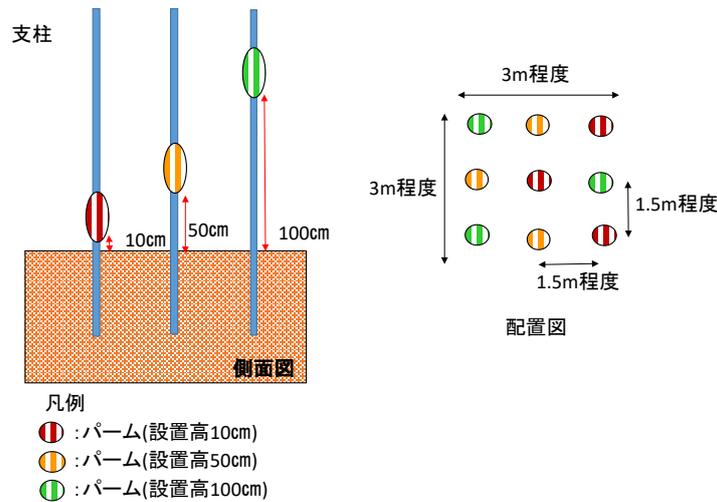


図 27 パームの設置状況

#### 4.2.2 結果

6月では原地盤を除くと設置高10cmが多かった。7月と8月では全ての調査地点で出現はみられなかった。

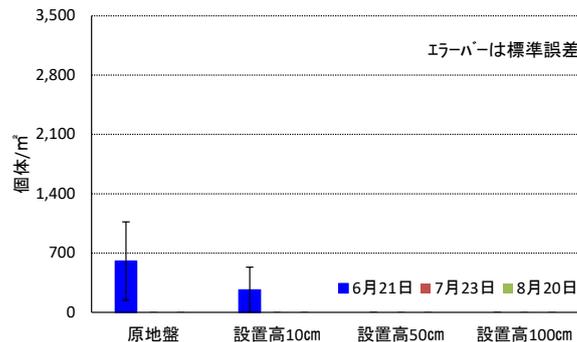


図 28 採苗に適した設置高の検討(稚貝の個体数)

稚貝の出現が確認された6月の結果を対象に一元配置分散分析を実施した結果、 $p=0.42$ と有意差は得られなかった。

#### 4.2.3 考察

6月に10cm高で23個体/網袋が確認されたが、他の時期・設置高では0個体/網袋であった。目標値で見ると不達成(80個体/網袋未満)であった。

その原因としては7月初旬に発生した豪雨による低塩分化(前述図23参照)の他に、調査時に発生するハンドリングにより、着生した稚貝が脱落した可能性がある。

調査ではパームを一旦、網袋から取り出して、手作業で数g程度のパームを束の表面3か所からサンプリングする。その後、網袋に収容し所定の採苗位置に再設置している。このようなハンドリングによって、稚貝が脱落した可能性がある。

そこで、豪雨やハンドリングの影響を回避する目的で、11月17日にパームを4号地区へ再設置した。春

季にアサリの出現状況を調査し、採苗に適した設置高を再検討する必要がある。



図 29 設置高別の網袋の設置状況

ハンドリングの影響を確認するため、調査を1月にのみ実施したパームを累計調査回数1回、1月と12月に実施したパームを累計調査回数2回、1月と12月と11月に実施したパームを累計調査回数3回とし、1月に得られた結果を表7に整理した。初期稚貝、稚貝ともに累計調査回数が少ないとほど多い傾向がみられ、ハンドリングによる影響は無視できないものと考えられた。

表 13 初期稚貝や稚貝の出現個体数(令和3年1月16日)

単位：個体/m<sup>2</sup>

初期稚貝			原地盤	稚貝			原地盤
累計調査回数				累計調査回数			
1回	2回	3回		1回	2回	3回	
3,050	2,640	1,406	1,414	0	85	0	0

注：調査回数1回は1月に、2回は12月と1月に、3回は11月と12月と1月に調査を実施した事を示す。

### 4.3 採苗に適した組合せの検討

#### 4.3.1 方法

5月24日、パーム1本をほぐして収穫ネット1枚に收容したものを3袋、パーム1本をほぐして収穫ネット2枚に收容したものを6袋準備した。2枚に收容したもののうち3袋については、稚貝の着生誘因を行うため、アサリ成貝(平均殻長21.0mm)を10個体ずつ收容した。これらの網袋を3号地区に設置高10cmで、ランダムとなるよう設置した。設置後、6月21日、7月23日、および8月20日にパームを一部サンプリングし、そこに含まれる稚貝や初期稚貝を調査した。なお、同時に原地盤における稚貝や初期稚貝も調査した。

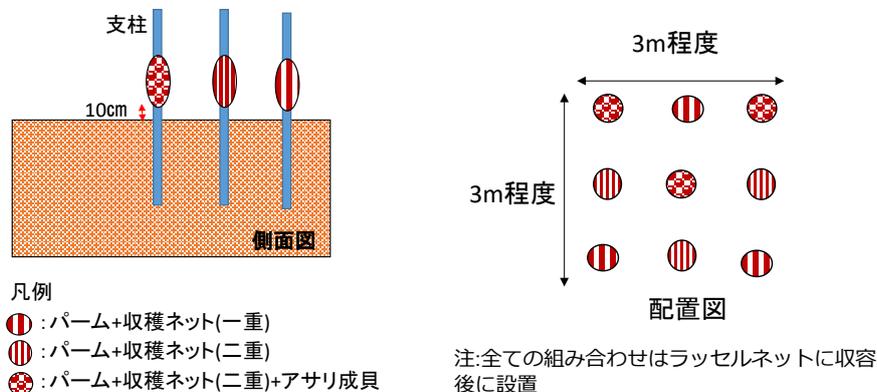


図 30 パームの設置状況

### 4.3.2 結果

殻長 1mm 以上の稚貝を対象に出現状況を整理した。6 月の結果から、着底に好適な組み合わせは二重ネットとアサリとなる可能性が得られた。7 月には全ての調査地点で出現がみられず、8 月には二重ネットでわずかながら出現がみられた。

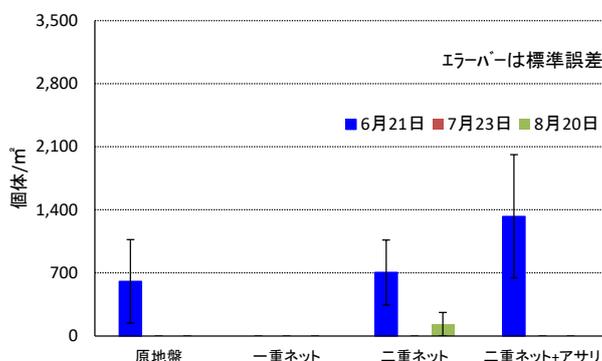


図 31 採苗に適した組合せの検討(稚貝の個体数)

原地盤と t 検定(片側検定)にて比較した。6 月の調査結果では一重ネット( $p=0.13$ )、二重ネット( $p=0.44$ )、二重ネット+アサリ( $p=0.22$ )といずれも有意差は得られなかった。8 月の調査結果では二重ネット( $p=0.19$ )と有意差は得られなかった。

### 4.3.3 考察

1 袋当たりで得られる稚貝個体数について目標値を設定したところ(150 個体/網袋以上(100%達成)、80 個体/網袋以上(90%達成)、80 個体/網袋未満(不達成)、6 月における二重ネット+アサリの組み合わせで 112 個体/網袋で 90%達成、二重ネットで 59 個体/網袋で不達成、の結果であり、アサリを組み合わせる事で効果の高まる結果が得られた。

二枚貝の稚貝着底には、水質や底質が影響することは広く知られているが、同種大型個体による誘引などが影響することも知られている(水産庁,2008)。平田ら(2008)によれば、マガキ幼生の採苗器をマガキ成貝飼育海水に漬けると、幼生の付着率が増加すること、その原因として成貝が海水に排出するアンモニア態窒素濃度が関係していると報告されている。本技術開発では、水中を浮遊する成熟幼生を採苗器内へトラップし、パーム内部ですみやかに着底稚貝へと変態させて付着効率を上げることが有効と判断される。評価委員より、アンモニア態窒素は二枚貝の主要な排泄物であるため、親貝と同居させることで、成熟浮遊幼生の着生を促進させることも検討すべきと指摘があったことから、今回アサリ成貝を予めパーム内部に封入した試験区を設定した。その結果、統計的に有意ではないものの、親貝同居区で最も高い着生効果をもとめた。

今後もより好適な成貝の収容密度などについて検討することで、本採苗手法の再現性確認、技術の高度化について取り組んでいきたい。

なお、7 月や 8 月には稚貝の出現がほとんど認められなかった。これは、前述表 7 に示したようなハンドリングや図 20 に示した低塩分の影響によるものと考えられる。

そこで、豪雨やハンドリングの影響を回避する目的で、12 月 16 日にアサリ成貝 10 個体(平均殻長 22.8 mm)を収容したパームを 10 号地区へ再設置した。春季にアサリの出現状況を調査し、アサリ成貝による効果を再確認する必要がある。



図 32 網袋の設置状況(左)と収容したアサリ成貝(右)

#### 4.4 効率的な稚貝確保技術の開発(小課題2-1-2)の考察と総括

##### 4.4.1 小課題の考察

規模拡大の試行において、春産卵群を対象とした事前検討では網袋1つあたり、ほぐした状態のパームを2本、収容するとアサリへの効果や作業性の面から望ましいことが明らかとなった。そのような状態のパーム入り網袋を160枚準備し支柱に設置した。10月に設置し1月現在、破損や流失等の問題は無いことから、規模拡大の手法として適している可能性がある。今後は、アサリへの効果を把握するため、稚貝の出現状況を引き続き確認する必要がある。

採苗に適した設置高は、稚貝の出現個体数が少なく明らかにならなかった。個体数の少ない原因としては、豪雨による低塩分な状態、サンプリングにおけるハンドリングの影響が考えられた。そこで秋産卵群を対象にパームを再設置した。アサリが目視確認可能なサイズとなる春以降、パームにおける出現状況を調べる必要がある。

採苗に適した組合せの検討では、6月の稚貝出現状況からアサリ成貝を収容すると採苗効果の高まる可能性が得られた。しかし、7月と8月の稚貝は非常に少なく、効果が明らかとならなかった。豪雨による低塩分な状態やハンドリングによる影響が考えられた。そこで、秋産卵群を対象にパームを再設置した。春以降、パームにおけるアサリの出現状況を調べる必要がある。

##### 4.4.2 仮説の検証

規模拡大の試行において、春産卵群を対象とした事前検討では目標値を、網袋1つあたり4束分の値に換算して90%達成が320個体/網袋以上、100%達成が600個体/網袋以上とした。特に、ほぐし(1本)が574個体/網袋、ほぐし(2本)が413個体/網袋と多い結果となった(表10)。今後は作業性やコストの面からも検討し、ほぐし(1本)もしくは(2本)の何れかを選定する必要があるものとする。

採苗に適した設置高の検討では、6月に10cm高で23個体/網袋が確認されたが、他の時期・設置高では0個体/網袋であり、目標値でみると不達成(80個体/網袋未満)であった。なお、目標値は平成31年度の3号地区で得られた春産卵群の値(約80~150個体/網袋 11月)であり、順当な値と考える。引き続き、目標値を基準として秋産卵群を対象に、効果を確認する必要がある。

採苗に適した組合せの検討では、6月にアサリ成貝を収容した実験区で112個体/網袋の稚貝が発生し、90%達成(80個体/網袋以上)であった。引き続き、目標値を基準として秋産卵群を対象に、効果を確認する必要がある。