

表 24 統計解析結果 (5/15、Tukey の多重比較検定)

生残率 p 値	直置き	コンポーズ 固定	殻長 p 値	直置き	コンポーズ 固定
直置き	—	0.927	直置き	—	0.263
離底型	0.687	0.474	離底型	0.098	0.783

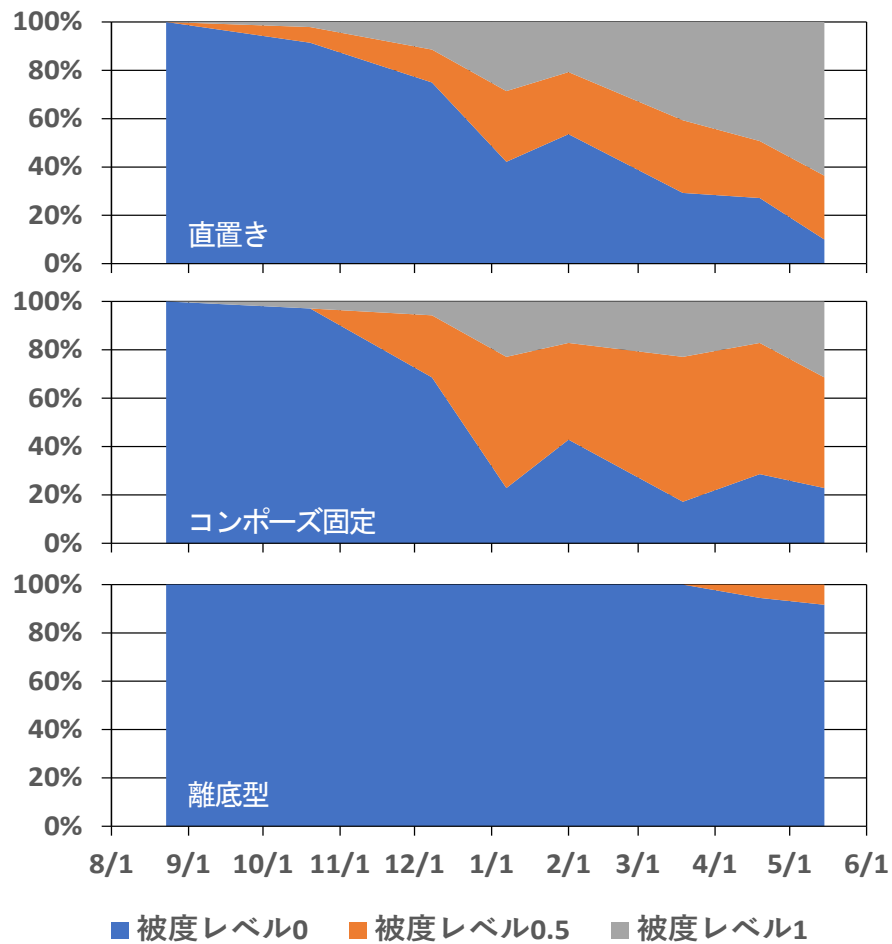


図 53 泥土対策モニタリング結果 (被度)

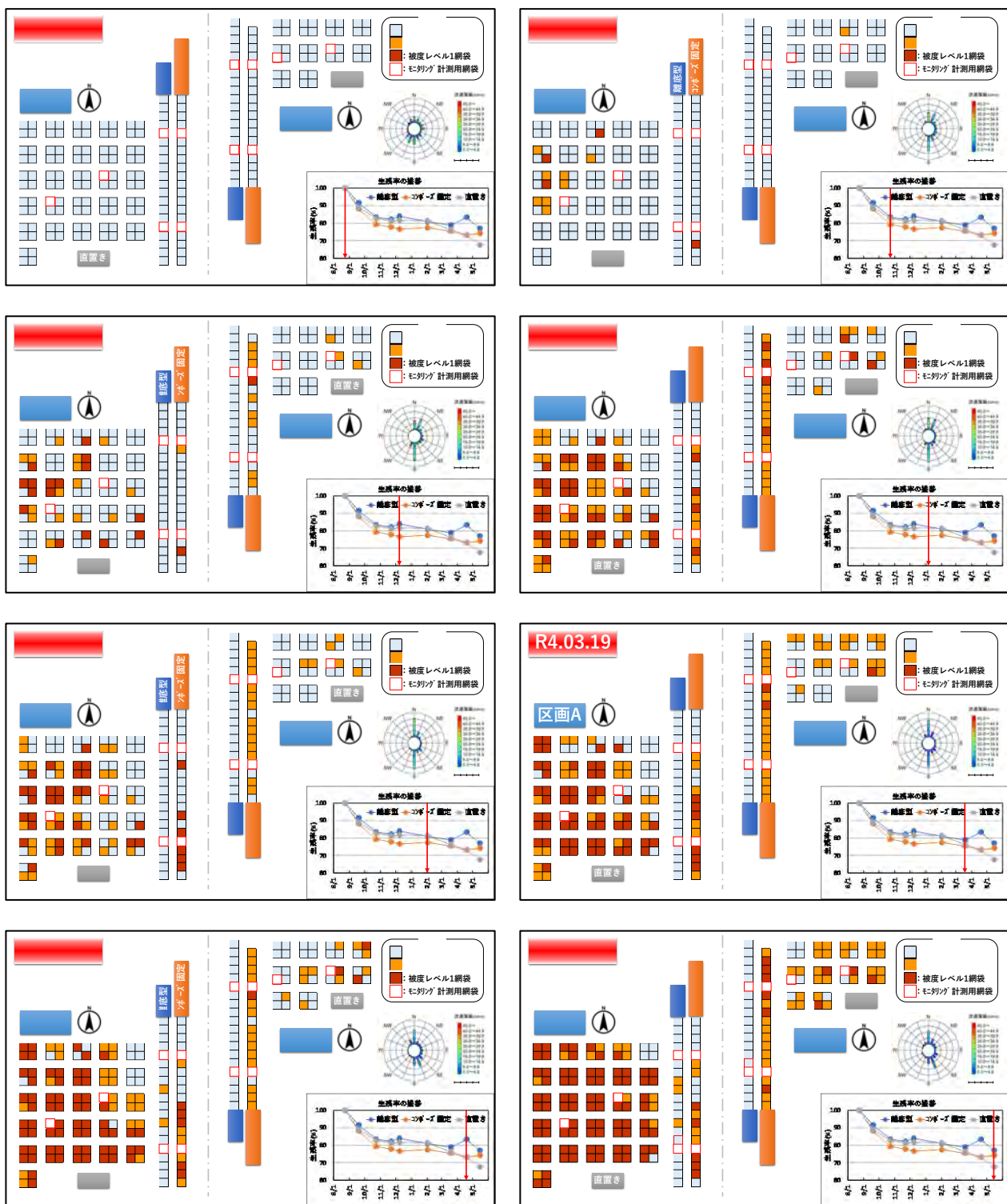


図 54 泥土対策モニタリング結果（被度レベルモザイクの推移）

図中の四角1つが網袋1袋で、灰色：被度レベル0、橙：被度レベル0.5、赤：被度レベル1を表す。

流向別流速階級分布は前回調査日から当該調査日前日までの期間を集計した。

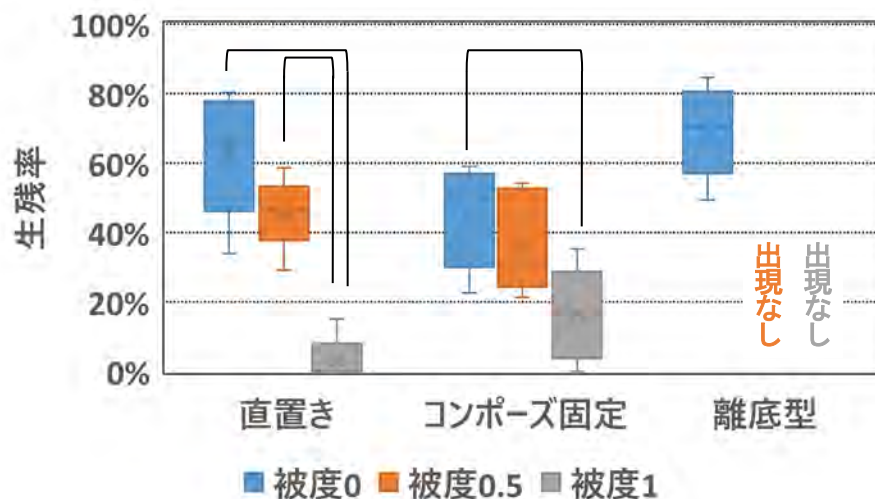


図 55 泥土対策生残率結果 (5/15、未メンテナンス網袋)

表 25 実験終了時の統計解析結果
(5/15、未メンテナンス網袋、Tukey の多重比較検定/t 検定)

－ 被度レベルごと実験区間 －

被度 0 p 値	直置き	コンポース固定	p 値(両側)	直置き⇔ コンポース固定
直置き	—	0.200	被度 0.5	0.313
離底型	0.804	0.071	被度 1	0.086

－ 実験区ごとの被度レベル間 －

直置き p 値	被度 0	被度 0.5	コンポース固定 p 値	被度 0	被度 0.5
被度 0	—	0.130	被度 0	—	0.681
被度 1	0.000	0.001	被度 1	0.023	0.101

4.1.3 考察

生残率と殻長のモニタリングでは対策間に有意な差が見られなかった。実験では計測時に網袋を回収し、収容されているアサリを基質ごとに取り出して選別後に計測し、その後、元の網袋に戻して再設置する。このため、堆積物は除去されて計測毎に堆積物の被り方がリセットされる。したがって、このデータは堆積物が被らない様にメンテナンスを行った状態での各対策における生残、成長の比較と位置づけられる。生残率では離底型が最も高く推移しており、実験終了時を除いて直置きよりコンポース固定で生残率が低く推移していた。特に実験開始から 2 か月間で生残率の差が大きく、これがその後の生残率の推移に影響を与えていた。ここで実験開始から 2 か月後の令和 3 年 10 月 23 日時点での生残率モニタリング結果を図 56、統計解析結果を表 26 に示した。これによると実験開始から 2 か月目の時点では、全体の平均値では対策間に差があるように見られるが、実際には網袋間の平均値にバラつきが大きく、統計的に有意な差は見られなかった。アサリの育成における減耗要因として、不安定な基質によるアサリへのストレスからのへい死が挙げられる。本実験においても移植後に軽石が馴染むまでの間に不安定な基質により定位できないアサリがストレスによ

ってへい死する初期減耗が網袋の状態によって異なり、バラつきが大きくなったのではないかと考えられた。

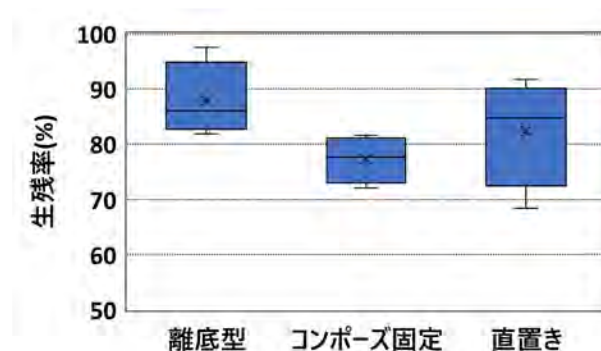


図 56 10/23 時点での生残率モニタリング結果（生残率、殻長）

表 26 10/23 時点での生残率の統計解析結果（Tukey の多重比較検定）

被度 0 p 値	直置き	コンポース固定
直置き	—	0.598
離底型	0.567	0.157

堆積物への対策の評価として堆積物の被度のモニタリングとモニタリング対象の網袋を除いた、つまり一度もメンテナンスをしていない網袋の実験終了時の個体数について考察した。

被度の推移（モザイク図）と流速の出現頻度を対比すると、10 月および 4 月に南北方向の流れの出現・衰退を中心として流況の変化が観測され、泥土の堆積・流失もこの変化に対応していた。福岡有明海漁業協同組合連合会に令和 3 年～令和 4 年にかけてのノリ養殖の作業時期を聞き取ったところ、10 月はノリ養殖の支柱を立て終わり、ノリ網を展開する時期、4 月はノリ養殖用の支柱が撤去される時期であり、流況の変化と泥土の堆積・浸食はノリ養殖の作業工程と密接にかかわっていると考えられた。これはノリ養殖の支柱の設置、ノリ網の展開によって南北の往復流が大きくなり、底質の移動が著しくなったため、堆積と浸食が繰り返されたと推測された。その後、漁期終了でノリ網・支柱の撤去と共に往復流が崩れて南向きの流れが小さくなり、北向きの流れが卓越したため沖からの底質が移動し、堆積したと推測された。モザイク図の区画 A では直置きで被度レベル 1 の分布が南側から徐々に広がる傾向が見られ、コンポース固定においても南側で被度が高い傾向であった。

令和 2 年 10 月から令和 3 年 5 月までで実施した実験でも、本実験と同様の堆積が確認されており、当該地先ではノリ養殖の工程に付随してみられる現象であると推測された。また、実験終了時の被度レベルごとの生残率では、被度が高くなると生残率が下がることが統計的にも明らかになった。したがって、当該地先ではノリ養殖時期に底面直上で稚貝飼育などを行う場合には埋没による死亡のリスクがあると考えられた。本実験における被度のモニタリングでは離底型の対策の効果が如実に表れており、泥土の堆積に有効な対策である可能性が見いだされた。

一方で、本課題では秋産卵群を対象に採苗から放流サイズまでの育成の作業スケジュールを立案しており、ノリ養殖の時期は採苗の時期となっている。前述の「3.3 採苗器の改良」ではノリ養殖時期に干潟面から 20cm 高さに採苗器を設置しており、埋没は確認されていない。育成施設としての離底型は泥土堆積に有

効であるが、泥土の堆積する時期を採苗期間とし、泥土の堆積しない時期を育成期間と設定することで、泥土対策が不要な作業スケジュールが可能となり、有効性が確認された。

また、副次的な効果としてホトトギスガイのマット形成に対する阻害効果の可能性が示唆された。8月調査時では本実験の直置き試験区はほぼ埋没していたため、区画B隣接する別の実験の網袋の状況を図57に示した。現場では7月に見られなかったホトトギスガイのマットが8月には大規模に形成され、実験区内の網袋にも及んでいた。しかし、実験終了後の離底型の泥土対策を施した残置された網袋ではこのホトトギスガイのマットが形成されない状況が確認された(図58)。コンポーズ固定では一部の埋没していない網袋にホトトギスガイのマットが形成されていた。以上より離底型は冬季の堆積物対策に加えて、夏季におけるホトトギスガイのマット形成に対しても有効な対策である可能性があり、春産卵群を対象とした作業スケジュールへの組み込みの可能性が示唆された。



図57 ホトトギスガイマットの状況
(左：7/16、右：8/14)



図58 泥土対策（離底型）
実験終了後の状況(8/14)

4.2 移植時期の検討

令和3年度の実験では秋発生群を4月移植した実験区が7月に移植した実験区より早い時期に放流サイズに達し、移植後の生残率も高かった。また、7月に移植するまでパーム内で育成していた環境では食害生物のヒラムシの発生により稚貝が急減し、さらに豪雨の影響や夏季条件下での移植作業による稚貝へのダメージ等のため、4月に移植した稚貝よりも生残率が低かった。以上よりパーム採苗により得られた稚貝は7月の移植は適さず、4月の移植が適していると判断された²⁾。一方で6月ではアサリの極端な減耗はみられず、7月ほど高温にはならないことから、6月も移植適期となる可能性が挙げられた。さらに、もし6月以降も移植せずに採苗器のまま放流サイズの殻長20mmまで生残を確保しつつ秋まで順調に育つようであれば、夏の厳しい時期を避けた秋放流が可能であると考えられる。

そこで今年度は、採苗器内の稚貝の生残・成長やヒラムシの出現等をモニタリングすることで、採苗器からの稚貝の取り出し適期の把握や、稚貝の生残・成長とヒラムシの影響を再検証することを目的とした。また、このパーム内のアサリの観察に加え、移植時期を4月と令和3年実施で適さなかった7月より前の6月に設定して移植を実施し、そのモニタリングにより放流サイズに成長するまでの期間や、効率の良い移植時期を見出し、生残・成長を考慮した幅を持った移植期間などを反映した作業カレンダーの見直しを目的とした。

4.2.1 方法

(1) 移植前パーム内稚貝の推移

令和3年11月に秋産卵群を対象として10号地区に設置した棚型メッシュパイプ式パーム採苗器（「3.1 採苗の効率化」参照）の、干潟面からの高さ50cmに設置されている採苗器を4月から10月まで毎月回収した。回収する採苗器は無作為に3本/月とし、6月までは1本当たりのパーム回収数は収容数8小束（購入時1個束を8分割しイチョウ型に成形）のうち無作為に5小束とし、個体数および殻長を計測した。7月は殻長が大きくパーム小束ごとの採取にばらつきが大きかったため、全パーム小束を回収し、各小束ごとに個体数および殻長を計測した。8月以降は採苗器内の全小束をまとめて回収し、個体数および殻長（上限200個体）を計測した。また、同時にヒラムシ数を5月および6月は現地回収時に目視で、7月以降は持ち帰った計測用サンプルで2mmメッシュに残った個体として計数した。

(2) 移植後の確認

令和3年11月に10号地区に設置した棚型メッシュパイプ式パーム採苗器（「3.1 採苗の効率化」参照）の、干潟面からの高さ50cmに設置されている採苗器を4月および6月に回収し、稚貝を摘出した。各月とも摘出した稚貝はパームなどの夾雑物を取り除いた後に、バット上に均一に敷き詰めて1区画が200個体程度になるように等分割し、軽石入り網袋（粒径約2mmの軽石約30を収納）1袋あたり1区画分を収容、計5袋を4号地区の現地盤へ直置きした。設置後は6月～10月まで毎月1回、個体数と殻長をモニタリングした。移植時期とモニタリングの実施工程を表27に示した。

表27 移植とモニタリング(○)の実施工程

実験区\月	4/19	5月	6/17	7/16	8/14	9/11	10/8
4月移植	移植	—	○	○	○	○	○
6月移植	—	—	移植	○	○	○	○

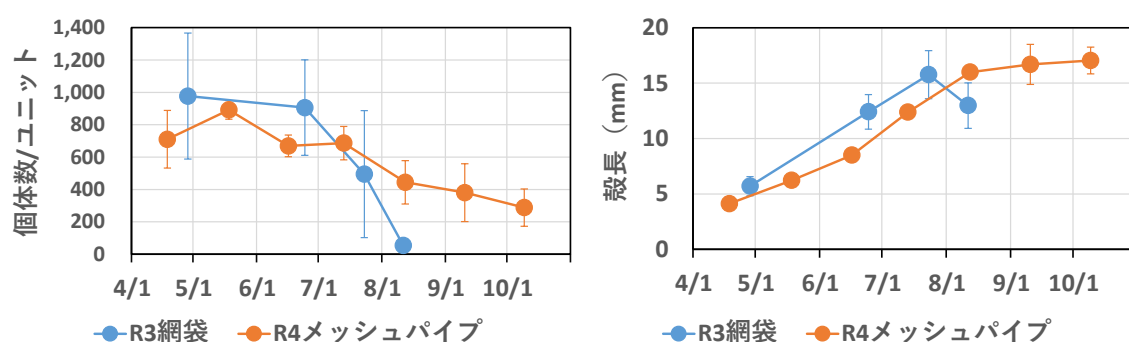
4.2.2 結果

(1) 移植前パーム内稚貝の推移

採苗器より回収された稚貝の1ユニット（1本または1袋）当たりの平均個体数および平均殻長を令和3年度の実験結果とともに図59に示した。また全計測個体の殻長の箱ひげ図を図60に示した。

回収された個体数では5/18回収の平均892個体で最も多かった。その後、時間の経過とともに徐々に減少し、実験終了時の10/9では平均288個体まで減少していた。令和3年度と比較すると、6月までは令和3年度より今年度で個体数がやや少なかったが、7月以降は逆転し、令和3年度は8月に平均55個体であったのに対し、4年度の8月は444個体であった。殻長では時間の経過とともに徐々に大きくなっていったが、実験後半の8月以降で成長が鈍化していた。成長速度は4月～6月で0.074mm/日、6月～8月で0.131mm/日、8月～10月で0.018mm/日であった。採苗器からの移植を計画した4月では4.12mm、6月では8.50mmであり、十分な管理の下でのアサリの移植や保護育成により安定した歩留まりが期待できるサイズ⁷⁾もしくは放流に適していると考えられるサイズ⁸⁾である殻長10mm程度に達するのは6月下旬であった。また、実験終了時の殻長は17.04mmで放流後の歩留まりの良いサイズ（種子サイズ）もしくは母貝として産卵可能なサイズの殻長20mm程度に達した個体は全体の半数以下であった。令和3年度と比較すると7月の調査回までは令和3年度より今年度で成長が遅かった。8月では令和3年度で大きな個体のへい死のため平均殻長が小さくなってお

り、8月のみ今年度が令和3年度を上回っていた。令和3年度の結果で最も大きかった時期を今年度と比較すると、今年度は令和3年度より約20日程度成長が遅れていた。箱ひげ図ではパーム内稚貝の殻長は時間の経過とともにその分布が徐々に大きな殻長側へ移っており、稚貝の成長が確認された。4月の殻長分布では大きな殻長側に外れ値が散在しており、殻長の大きな側にすそ野が広がる分布（歪度 >1 ）となっていた。その後7月ではほぼ正規分布のバラつきを示すが、8月および9月では4月とは反対に小さな殻長側に外れ値が散在しており、殻長の小さな側にすそ野が広がる分布（歪度 <1 ）となっていた。10月では小さな殻長側の外れ値が見られなくなり、再び正規分布に近いバラつきを示しており、9月から10月にかけて小さな個体がへい死したと考えられた。



※エラーバーは標準偏差

図 59 採苗器内アサリの平均個体数および平均殻長の推移

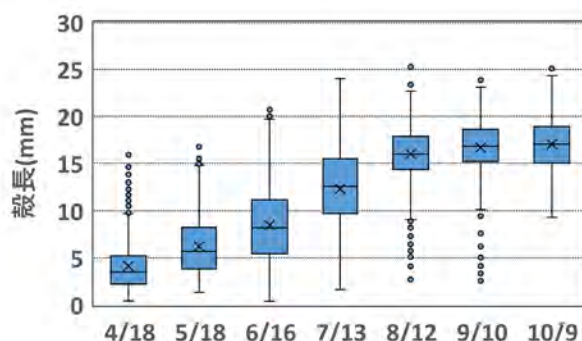


図 60 全計測個体の殻長組成の推移（箱ひげ図）

また、回収時および分析の際に確認されたヒラムシの採苗器当たりの平均個体数の推移を図 61 に示した。ヒラムシは5月および6月は現場では確認されなかった。7月は現場での回収時に小さな個体が見られたため、分析時に4mmメッシュと2mmメッシュでろ過し、メッシュ上に残ったヒラムシを計数した。その結果平均159個体を確認したが、出現した個体はほとんどが4mmメッシュを通過し、2mmメッシュに残った小さな個体であった。8月以降は急激に減少し、9月の分析時にはほとんど確認できなかった。

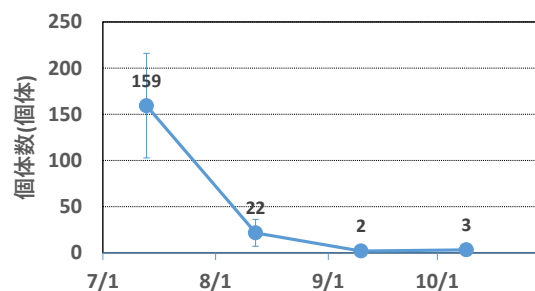


図 61 採苗器内ヒラムシの平均個体数の推移

(2) 移植後の確認

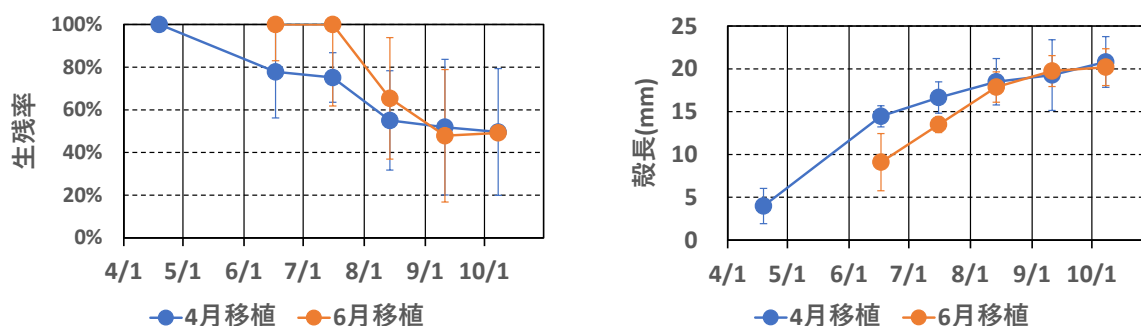
設置した網袋数、収容したアサリ個体数などを移植時期別に表 28 に示した。

表 28 移植時期別の設置網袋数、収容個数、及び平均殻長

移植時期	網袋数	収容個数(個体/網袋)	平均殻長(mm)
4 月 19 日	5	330	3.98
6 月 17 日	5	219	9.10

昨年度の結果を基に生残を加味して収容個体数は網袋 1 袋あたり 200 個体を目安に収容予定であったが、現地での収容時の稚貝計数の誤差により、4 月の収容数は 330 個体 (約 3,300 個体/m²) となっていた。設置した網袋 5 袋全てを対象にモニタリングした 1 袋当たりの生残率と平均殻長の推移を図 62、最終のモニタリング (10 月) 時点での統計解析結果を表 29 に示した。なお、6 月移植の 7/16 調査時の生残率は 100%を超えた(102%)ため、便宜上 100%とした。

生残率は漸減傾向で、4 月移植および 6 月移植とも 7 月から 8 月にかけて大きく減少していた。実験終了時の 10 月における生残率は 4 月移植で 49.6%、6 月移植で 49.2%であり、ほぼ同じ生残率で有意差は見られなかった。殻長は 6 月移植で 6 月から 8 月の成長が速く、8 月に 4 月移植と同等な殻長 (4 月移植 18.50 mm±2.71mm、6 月移植 17.88 mm±1.78mm、±は標準偏差) となっていた。実験終了時の 10 月における殻長は 4 月移植で 20.81mm、6 月移植で 20.20mm であり、ほぼ同じ殻長で有意差は見られなかった。



※エラーバーは標準偏差

図 62 移植後アサリの生残率および平均殻長の推移

表 29 実験終了時の統計解析結果 (10/8、t 検定)

p 値(両側)	4 月移植 ⇄ 6 月移植
生残率	0.313
殻長	0.086

4.2.3 考察

(1) 移植前パーム内稚貝の推移

本実験では秋発生群を対象とした採苗で、翌年の秋の放流が可能であるかどうかを検討するため、パーム採苗器内のアサリをモニタリングした。実験では8月以降で成長が鈍化し、9月と10月では四分位範囲がほぼ一緒でほとんど成長しておらず、9月から10月にかけて春発生群の小さな個体が淘汰された様子が確認された。7月から8月ではメッシュパイプ内に採苗基質として充填したパームが腐食・分解し始めており、採苗器の中でアサリの偏りが生じていたのを確認した。これが原因で成長阻害を起こしたと考えられた。9月から10月にかけての小さな個体の消失については、この期間での環境イベントとして台風14号の波浪による影響およびノリ養殖用の支柱の立込による流況の変化が挙げられた。9月までは方向が定まっていなかったが、10月には南北の往復の流れが顕著となるとともに流速も増大しており、ノリ養殖用の支柱の立込による流況の変化と考えられた。この時期の採苗器ではメッシュパイプ内に採苗基質として充填したパームの分解が進行し、さらに流れによってアサリの定位が困難になっていたと考えられ、成長の阻害および小さな個体のへい死の要因と推察された。

以上から本採苗器で採苗したアサリを採苗器に入れたまま翌秋まで継続して育成すると生残、成長とも阻害され、放流用アサリの育成には適さないと考えられた。

令和3年度には7～8月の稚貝の減耗要因としてヒラムシによる食害が推測された。今年度は7月に小さい個体が多く確認されたが、生残率は6月から7月では大きな変化は見られず、アサリの生残には影響しないサイズであったと考えられた。その後8月には確認されたヒラムシの個体数は減少していたが、令和3年度にパーム内で確認されたヒラムシ（7月23日：24個体/袋、8月11日：31.2個体/袋）と同程度であった。今年度は令和3年度のような生残率の減少が見られなかったことから、ヒラムシによるアサリへの影響は限定的であったと考えられた。また、9月にはほぼ出現しておらず、9月から10月にかけての小さな個体のへい死はヒラムシの食害の可能性は低いと考えられた。ヒラムシ類による二枚貝の食害は、同一地方に毎年続いて発生するのは極めてまれで、平年より雨量が少なく、水温や塩分の高い年に急速に広がり、大きな被害をもたらすといわれている⁹⁾。図63には令和3年度と今年度の梅雨時期にあたる6月および7月の降水量（福岡県柳川アメダス）を比較した。令和3年度は梅雨時期の降雨が少なかったことによりヒラムシが高生残・大型化していたと推測され、それらが稚貝の食害を引き起こしたと考えられた。また、今年度改良した採苗器の構造がヒラムシの生残・大型化を抑制している可能性も考えられ、今後のデータの蓄積が必要と考えられた。

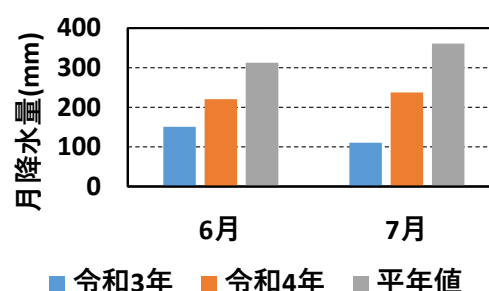


図 63 梅雨時期降水量の比較
(福岡県柳川アメダス)

(2) 移植後の確認

今年度実験の最終的な結果では4月移植および6月移植とも9月下旬に歩留まりの良い放流サイズとされる殻長20mm程度に成長し、その時点での生残率は両者とも50%程度で差は見られなかった。

殻長では4月移植の成長が鈍かった。この要因として、収容個数の超過による高密度に起因する成長阻害が考えられた。また、4月移植の4月から6月の生残率の低下についても高い移植密度による初期減耗と考えられた。生残では8/14の計測時で4月移植において生残率25%、6月移植において生残率5%の網袋が出現し、全体的な生残率の平均値を低下させていた。これについて7月と8月の現地の様子を図64に示した。7月から8月にかけて当該地先ではホトギスガイのマットが形成され、サンプルの網袋も覆われていた。特に8/14の計測時で計測のために覆っていたホトギスガイのマットを除去したが、8/26の調査時には再び覆われていた。この時期の生残率の低下はこのホトギスガイのマットの影響によると考えられた。



(7/16 計測後)



(8/14 4月移植網袋)



(8/26 実験区)

図64 ホトギスガイのマットの状況

管理された移植・保護育成へ利用される稚貝のサイズは殻長10mm程度が適当であるが、好適サイズについては適用地域の環境特性によって精査する必要があるとされている⁷⁾。本実験では、採苗器から軽石入り網袋への移植に際しては殻長10mm程度を好適サイズと想定して考察した。全計測個体の殻長組成の推移を表30に示した。殻長組成では移植前パーム採苗器内と4月移植および6月移植を併記した。採苗器内のアサリの殻長10mm以上の出現割合は4月で3.2%、6月でも34.7%であり、6月においても大半の個体が好適なサイズに達していなかった。ただし、7月の調査回では殻長10mm以上が75.5%となり、多くの個体が好適なサイズに達していた。移植後の10月には生残率50%程度で殻長20mm程度まで成長していることから、当該地先では移植手法として軽石入り網袋を用いれば殻長10mmに満たない小さな個体でも育成が期待できると示唆された。ただし、4月移植では実験開始後の2か月で生残率が80%程度まで減耗しており、同様の現象が令和3年度の実験でも見られた(図65参照)ことから、少なくとも4月の移植では何らかのリスクが生じていると考えざるを得なかった。小さな個体の移植で考えられるリスクは1)流失 2)低塩分暴露 3)高温 4)貧酸素 5)高濁度 6)食害等が挙げられる。本実験での移植施設の構造や環境観測結果からこれらの項目の影響は受けていないと推察され、実験開始当初の減耗は移植行為自体によるストレスなどの潜在的な要因に起因すると考えられた。一方、6月移植では初期減耗が見られなかったことから移植自体に起因する減耗は殻長が大きくなるほど影響が少なくなると考えられた。

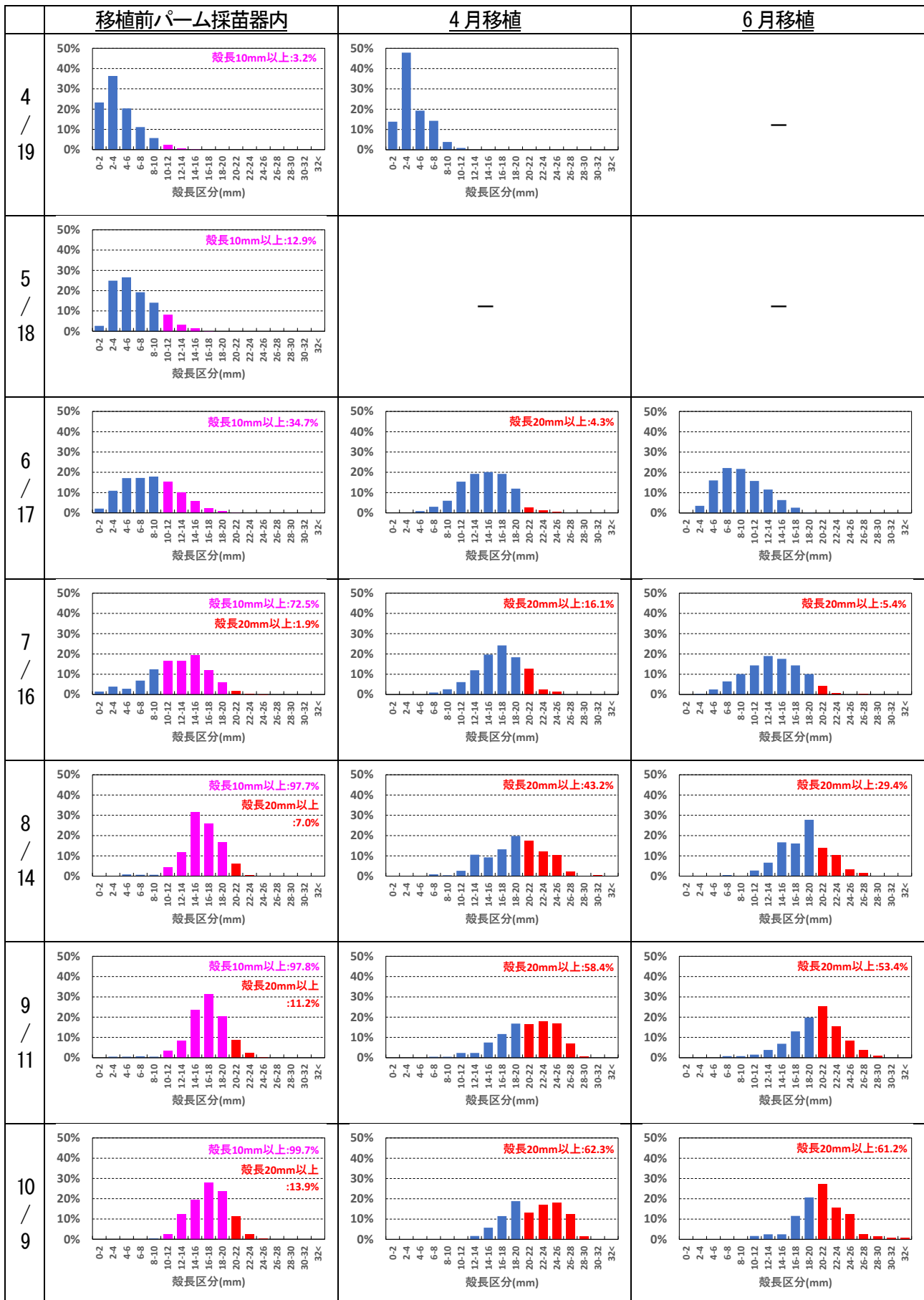
以上より、採苗器で採取したアサリを現地盤への放流では無く、管理された育成施設への移植であれば、4月から6月のいずれの時期に移植しても歩留まりの良い放流サイズの殻長20mm程度まで育成が可能である

と考えられた。

次に、殻長分布より歩留まりの良い放流サイズの殻長 20mm に成長する時期について考察した。

網袋の平均では網袋間の生残・成長の違いから 9 月では 4 月移植で 19.3mm、6 月移植で 19.8mm であり、平均値としては歩留まりの良い放流サイズの殻長 20mm に達していなかった。しかし、両移植の計測個体の殻長分布をみるとどちらも 9 月の時点で 50%以上が殻長 20mm より大きく、個別にみれば 9 月の時点で半数以上が放流サイズに達していたことが示された。殻長分布では時期が進むに従って 4 月移植では正規分布から尖度が低くなる傾向がみられるのに対し、6 月移植では正規分布に近くなっており、成長の差が見られた。先に述べた様に収容密度の違いで 4 月移植の方が収容密度が高く、成長が頭打ちになっていたと考えられた。

表 30 全計測個体の殻長組成の推移（ヒストグラム）



[令和3年度との比較]

令和3年度と本年度の移植実験の比較を図65に示した。令和3年度の移植実験では、10号地区でパーム採苗したアサリを4号地区に設置した棚枠型離底器へ移植する時期を梅雨時期を挟んだ4月移植と7月移植で比較したところ、梅雨時期に大雨が見られず8月に豪雨の被害があったにも関わらず、4月移植で7月移植より生残率や成長が高い傾向が得られた。7月移植で生残率が低い要因として、1)夏季のアサリは痩せており高温で弱りやすい、2)高温下で行われる移植のハンドリングの影響、3)ヒラムシ駆除施策の影響が挙げられた²⁾。以上より本年度は4月と6月に移植を実施し、比較を行ったところ、今年度は豪雨が見られなかったにも関わらず令和3年度より生残、成長とも低下していた。期間中(4/17~10/31)の環境データを比較したところ水温は今年度の方が高い(R4-R3=0.5℃)傾向であり、クロロフィル-a濃度は時期による違いはあるが、期間中を平均すると若干低い(R4-R3=-0.5μg/l)が大きな差ではなく、成長に影響をおよぼす環境条件に大きな差はなかったと考えられた。他方で令和3年度との違いとして初期の収容密度が挙げられた。令和3年度の実験の平均収容密度は4月移植で124個体、7月移植で115個体であり、今年度は4月移植で330個体、6月移植で219個体であった。図65の生残率では令和3年度に比べて今年度はバラつきが大きく、網袋によって生残率の差が大きく安定していないことが示唆された。これに加え令和3年度より成長が鈍いことから今年度の実験は高い収容密度による餌料環境の悪化やアサリへのストレスの増加による成長の鈍化が考えられた。

項目\移植時期	令和3年度		令和4年度	
	4月移植	7月移植	4月移植	6月移植
①放流サイズに達するまでの期間	2.5か月	2か月	5か月	3か月
②放流サイズの時期	7月初旬	9月中旬	9月下旬	9月下旬
③移植時期(7月または6月)の殻長	約22mm	約12mm	約14mm	約9mm

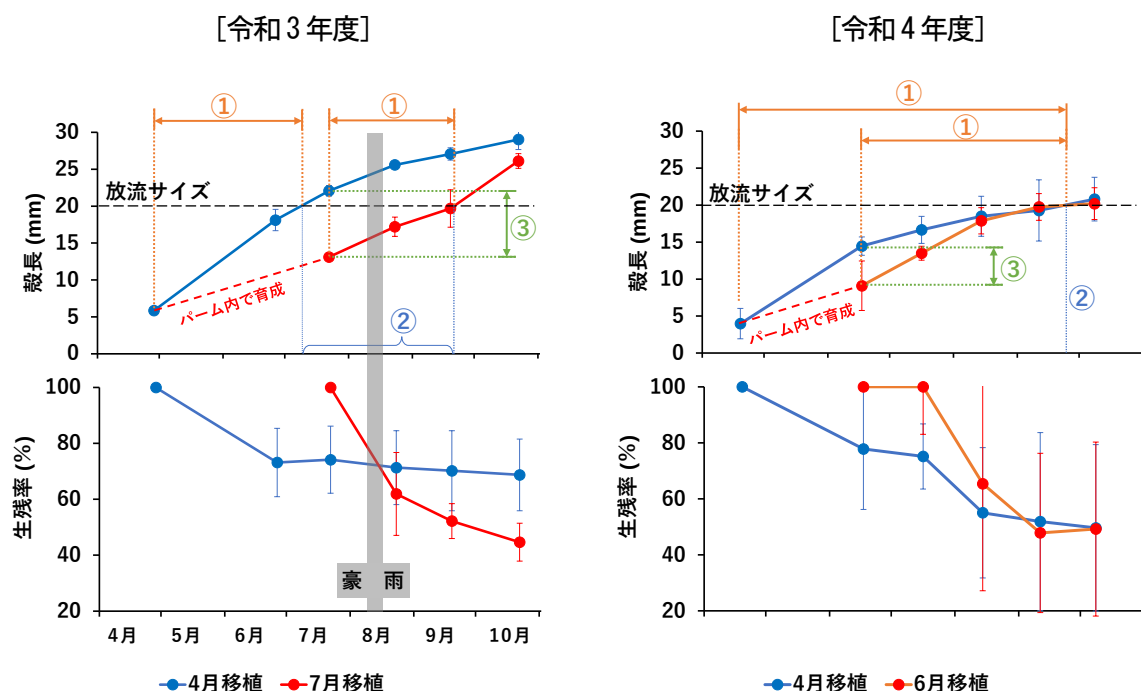


図65 令和3年度と4年度の移植実験の比較 (エラーバーは標準偏差)

4.3 効果的な稚貝育成技術の開発（小課題 2-1-2）の考察と総括

4.3.1 小課題の考察

本年度の結果からは、採苗器で採取したアサリを現地盤へ放流するのではなく、管理された育成施設へ移植するのであれば、4月から6月のいずれの時期に移植しても、歩留まりの良い放流サイズの殻長 20mm 程度まで育成が可能であると考えられた。令和 3 年度の結果では 4 月移植は成長・生残とも良好であったが、7 月移植で生残率が低かったことを踏まえると、移植時期は 4 月が適しており 6 月でも可能であると考えられた。ただし、4 月移植では成長が進んでいない小さな個体のため、大雨が早い時期に発生する場合に低塩分の影響により生残率が低下する可能性がある。近年、豪雨被害が多く発生しており、低塩分の影響については今後もデータの蓄積が必要と考えられ、移植にあたっては採苗器内の稚貝の生残や成長のモニタリングによって適切な移植時期を見極めるのが望ましいと考えられた。

また、令和 3 年度の結果と比較すると今年度は生残・成長とも低位であったが、環境条件に大きな隔たりは無いと考えられ、移植時の収容密度に課題がある可能性が示唆された。このことは網袋による育成技術の全般についての課題である可能性が考えられた。すなわち、初期収容数がその後の生残・成長に影響を与えるのであれば、パームで採苗した状態で採苗数が不明のまま網袋に移植すると網袋間で生残・成長の大きな差が出現し、全体としての歩留まりが悪くなる可能性が挙げられた。また、網袋で採苗したままの状態で育成まで連続する技術においても同様の可能性があり、歩留まりの良い収穫には育成前の密度の調整が必要であると考えられた。

当該地先では冬から春にかけて泥土の堆積が確認されている。本実験ではこの堆積を避ける意味を含めて、秋産卵群を対象に離底した採苗器を用いて採苗し、採取された稚貝を堆積時期の終了後の 4 月以降に軽石入り網袋に移植し、干潟面に直置きする作業スケジュールを採用した。その結果、軽石入り網袋での育成に際して泥土対策としての離底装置を設ける手間を省略することが出来た。一方で今年度は令和 3 年度で見られなかったホトトギスガイのマットによる被覆が実験区におよび、生残率の低下を招いたと推測された。これについては泥土対策で用いた離底器を使用するとホトトギスガイのマットが形成されない状況が確認された。育成期間中の監視・メンテナンスとともに積極的な離底器の活用について、その有効性の検討が課題とされた。

以上より過年度に立案した作業スケジュールの有効性と課題が確認された。

4.3.2 仮説の検証

泥土対策では「泥土対策は育成中のアサリの生残率向上に有効である」と仮定し、生残率で検証を行った。検証結果では被度が高いほど生残率が有意に低く、対策を施した実験区では堆積がほとんど見られなかったため生残率が高く、仮説が支持された。

移植時期の検討では「4月から6月の移植が適している。」と仮定し、移植前の採苗器内および移植後の網袋内の生残個体数および殻長をモニタリングし、放流サイズに成長するまでの期間や、効率の良い移植時期を把握することで検証を行った。検証結果では移植前の採苗器内のままでは放流サイズに達しないことが明らかになった。4 月移植と 6 月移植で移植後の網袋内の放流サイズに達した時期とその時の生残率はほぼ同じであり、差が無い結果が得られ、仮説が支持された。

5. 成果と課題

5.1 目標の達成度について

各小課題の達成度は○：達成、△：ほぼ達成も一部で課題が残る、×未達成 とした。

5.1.1 効率的な稚貝確保技術の開発

目標	達成度	成果
(1) パーム形状の改良 パームの形状による採苗効率の違いを検討・評価し、採苗効率の良いパーム形状を抽出する。	○	従来の「ほぐし」より内部に空間を保持した立体型の「玉ねぎ型」が有効であると判明した。
(2) 設置高、場所の検討 採苗に適した設置高さ及び場所の基礎資料を得る。	△	採苗場所で高さによる差の有無が確認され、採苗量は採苗場所と地盤高の精査が必要であることが得られた。春産卵群を対象とした実験では採苗できなかったため、検証ができなかった。
(3) 採苗器の改良 構造を改良した採苗器と従来の採苗器の採苗効率を比較し、採苗器の構造改良による採苗の効率化を検証する。	○	従来の採苗器より多段構造にした採苗器で単位面積当たりの採苗効率が高く、有効性が確認された。

5.1.2 効果的な稚貝育成技術の開発

目標	達成度	成果
(1) 泥土対策 泥土対策の効果を確認し、作業カレンダー見直しの資料とする。	○	泥土対策は生残に効果があると判明した。立案した作業カレンダーの有効性を確認した。
(2) 移植時期の検討 移植に適した時期（期間）を明らかにし、立案した作業カレンダーを見直す。	○	移植時期は4月が適しており、6月でも移植は可能であると判明した。立案した作業カレンダーの有効性を確認した。

5.2 実用性の検討

5.2.1 適用条件

実用性の検討にあたって、採用した技術の適用条件を表 31 に整理した。

表 31 適用条件

項目	稚貝確保	稚貝育成
	棚型メッシュパイプ式パーム採苗器	軽石入り網袋(軽石(約2mm))
時期	設置：10月～11月 浮遊幼生の着底：10月～12月 育成：12月～翌年4月 軽石入り網袋へ移設：4月	設置：4月 育成：4月～7月 回収と放流：7月
場所の条件	C. D. L. ±0.0m 程度の干潟域	・泥分30%以下の場所 ・流失による変動が大きい場所
留意点	海底面からの設置高は20～80cm	・流失抑制効果やアサリへの効果が期待される基質(軽石(約2mm))を使用

5.2.2 考え方

経済性を検討するに当たっては次の考え方に基づいて試算を行った。

棚型メッシュパイプ式パーム採苗器 1 基（採苗器 60 本）から採取された稚貝を、軽石入り網袋で放流後の歩留まりの良いサイズの 20mm 程度まで現地盤に設置した基質入り網袋 240 袋で育成し、回収後に現地盤へ放流する。放流後は想定したパラメーターを用いて試算した水揚げ額を漁獲増加額とする。費用については人件費、備船料、賃金および採苗や育成に必要な部材（一部の部材については耐用年数を考慮）を作業項目ごとに数量を積算し、生産サイクルの年次ごとに 5 年間で試算する。各種パラメータを変化させた漁獲増加額(便益 Benefit)と投資した費用(コスト Cost)の 5 年間での積算値を比較し、費用便益効果(B/C)を検討する。

5.2.3 経済性の検討

(1) 費用の試算

費用を試算するに当たり、作業工程については表 32 に示す採苗、育成、放流のサイクル(案)を基準とした。設置物、メッシュパイプ等の耐用年数を 5 年と仮定し、費用は最長 5 年までの生産サイクルの年次ごとに試算した。なお、放流後の漁獲サイズまでの育成と、その後の漁獲は漁業者自らが実施するものとし、コストには含めない試算と含めた試算を行った。

表 32 採苗・育成・放流のサイクル(案)

区分	1年目				2年目				3年目				4年目				5年目			
	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏
稚貝確保	設置・採苗				設置・採苗				設置・採苗				設置・採苗				設置・採苗			
		育成				育成				育成				育成				育成		
稚貝育成		移植	中間育成			移植	中間育成			移植	中間育成			移植	中間育成			移植	中間育成	
			回収	放流			回収	放流			回収	放流			回収	放流			回収	放流

経済性評価の部材費にかかる原単位（諸元）を表 33 に示した。

表 33 部材費にかかる原単位（諸元）

項目		材料	数量・備考
稚貝 確保	架台 （3段にメッシュパイプを 20 本ずつ設置可能な棚状 構造）サイズ：縦 1m×横 2m×高さ 1m	コンポーズ	45m 程度(中古品) 棚部分に必要なコンポーズ…2m×3 本×3 段、1m×3 本×3 段 支柱に必要なコンポーズ…2m×9 本
		クランプ	直交クランプ 27 個
		ゴムバンド	72m(メッシュ状パイプ 1 本につき 0.6m×2 本、1.2m×60 本)
	採苗器	基質	パーム 60 束(メッシュ状パイプ 1 本当たり 1 束、1 束×60 本)
		メッシュパイプ	雨どい用枯葉防止パイプ 外径 8cm×長さ 90cm 60 本
		トリカルネット	15m×1m(メッシュ状パイプ 1 本につき 0.25m×1m、0.25m×60 本) 目合 2×2mm 角目
		洋蘭鉄線	24m(メッシュ状パイプ 1 本につき 0.2m×2 本、0.4m×60 本)
稚貝 育成	軽石入り網袋	基質	軽石（約 2mm）を約 30/網袋
		網袋	ラッセルネット(目合 8mm 38cm×55cm)と収穫ネット(目合い約 4mm 同程度のサイズ、ポリエチレン)

年次に伴う作業内容を表 34 に示した。立案した作業スケジュールでは採苗から放流までの期間、泥土の堆積や採苗器への付着が無いと考えられたため、維持管理作業は省略した。

表 34 作業項目・内容および実施年次

段階	作業項目		作業内容	年次				
				1	2	3	4	5
採苗	(採苗-1)	架台製作	棚型架台用部材の準備	○				
	(採苗-2)	採苗器製作 (A)	メッシュパイプ式採苗器の製作	○				
	(採苗-3)	架台・採苗器設置	現地施工	○				
	(採苗-4)	採苗器製作 (B)	メッシュパイプ式採苗器の製作 (パイプは再利用)		○	○	○	○
	(採苗-5)	採苗器設置	棚型架台への採苗器の設置		○	○	○	○
移植	(移植-1)	軽石入り網袋の準備	網袋へ軽石を収容	○	○	○	○	○
	(移植-2)	稚貝回収	採苗器の回収、仮置き	○	○	○	○	○
	(移植-3)	稚貝収容・設置 (A)	パームを分割して軽石入り網袋へ収容 後設置	○				
	(移植-4)	稚貝収容・設置 (B)	パームを分割して軽石入り網袋へ収容 後設置（流失防止ペグは再利用）		○	○	○	○
回収	回収		軽石入り網袋 300 袋から篩でアサリを 選別・回収	○	○	○	○	○