

5.3.2 結果

各設置方向の実験結果を図 45～図 47 に示した。各図のうち上図は、実験前の採苗器と離底器の平面風景を、下図は、実験後の底面の地形変化をコンター色で示した。実験水槽のサイズの関係から、設置できる離底器の長さに限界があったため、正面方向の離底器は採苗器を 3 つ分、斜め方向および横方向の離底器は採苗器を 1 つ分の長さとした。地形変化のコンター図の作成にあたり、MATLAB（米国 MathWorks 社製）を使用して画像解析を実施することで地形変化をコンター化した。

各設置方向の実験結果については以下のとおりである。

【正面方向】

- ・ 離底器の足部分で大きな洗堀があった。
- ・ 図の右側に砂が多く移動した。

【斜め方向】

- ・ 離底器下での洗堀が大きかった。
- ・ 図の左側に砂が比較的多かったが、全体的に大きな偏りは無かった。

【横方向】

- ・ 離底器の足の端で大きな洗堀があった。
- ・ 図の右側に砂が多く移動した。

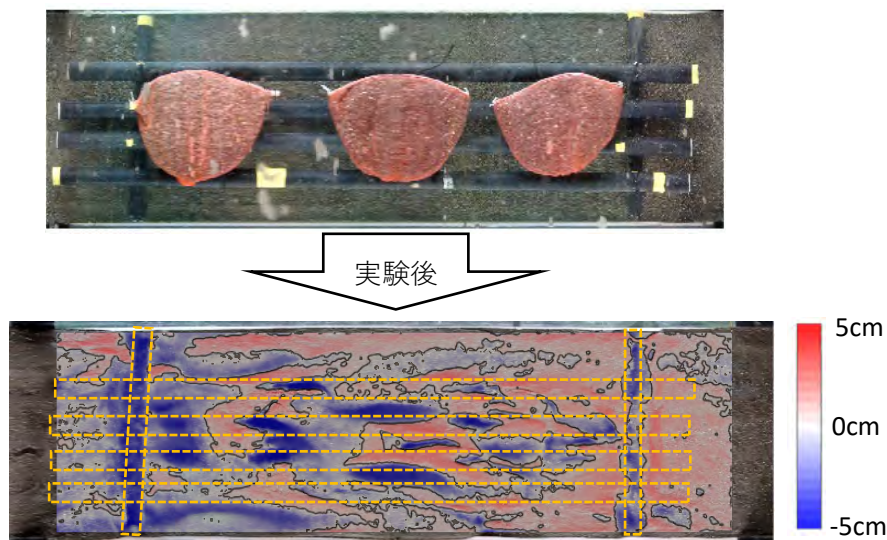


図 45 正面方向の実験結果

最初の水流は左→右に、次の水流は右→左に流した。

コンター色の数値は画像色の濃淡で推定した目安の値を示した。

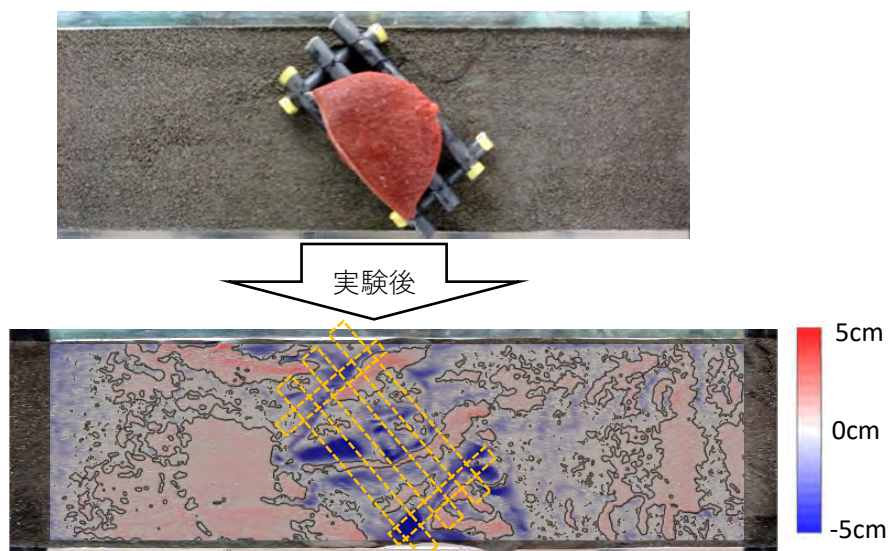


図 46 斜め方向の実験結果

最初の水流は左→右に、次の水流は右→左に流した。

コンター色の数値は画像色の濃淡で推定した目安の値を示した。

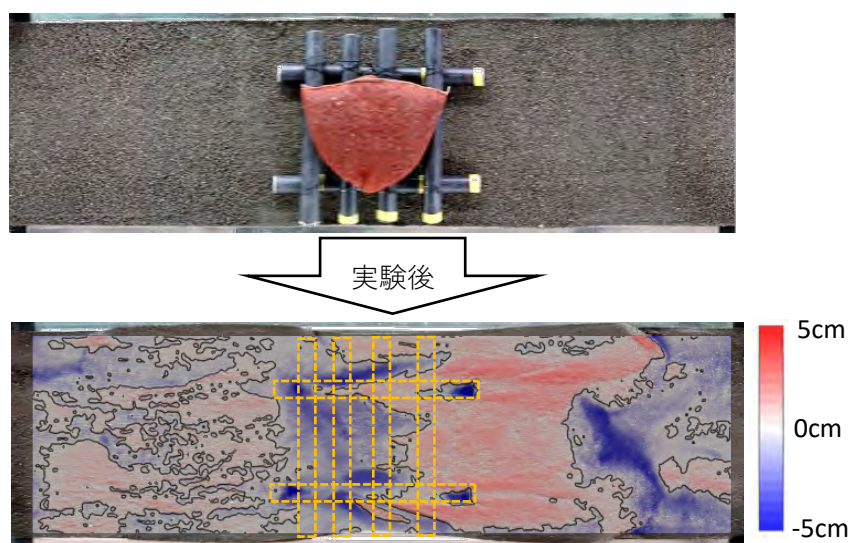


図 47 横方向の実験結果

最初の水流は左→右に、次の水流は右→左に流した。

コンター色の数値は画像色の濃淡で推定した目安の値を示した。

5.3.3 考察

離底技術の開発として、離底器の設置方向について、流れ方向に対して正面方向、斜め方向、横方向の3方向で、(1)現場観察、(2)数値シミュレーション、(3)水槽実験により評価した。各設置方向の実験結果を以下にまとめた。

【正面方向】

- (1) 埋没は斜め方向と横方向の間であった。
- (2) 離底器上から下への強い流れがあった。
- (3) 離底器と底の接地部分で大きな洗堀があった。

【斜め方向】

- (1) 埋没は他の設置方向の中で最小であった。
- (2) 離底器下を抜ける強い流れがあった。
- (3) 離底器下で大きな洗堀があった。

【横方向】

- (1) 埋没は他の設置方向の中で最大であった。
- (2) 離底器下の流れが他の設置方向に比べ最大であった。
- (3) 離底器と底の接地部分の端で大きな洗堀があった。

3つの実験の結果から、各設置方向についての考察を水槽実験での地形変化コンター図とともに以下にまとめた。

【正面方向】

図48に実験結果と考察について示した。離底器と底の接地部分での大きな洗堀が確認された。離底器と底の接地部分は流速に対し垂直方向に受けるため、大きな洗堀が起りやすかった。

よって、一方向流で離底器と底の接地部分で大きな洗堀が発生すると、逆方向の流れが発生しても、この洗堀部分はさらに洗堀され、埋没につながると考えられる。

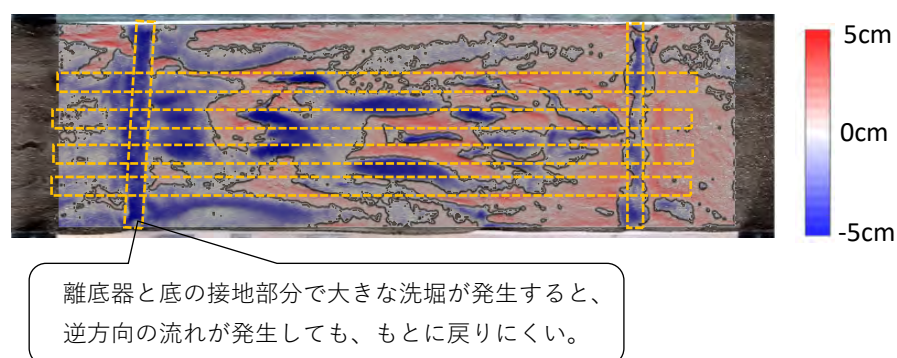


図48 正面方向の実験結果と考察

【斜め方向】

図49に実験結果と考察について示した。離底器と底の接地部分では大きな洗堀はみられなかった（図上端の大きな洗堀は、実験水槽の壁との間で発生した大きな流速によるものであったため、実験環境が要因で

あった) が、図中央付近の離底器下で大きな洗堀が発生した。しかし、この離底器下での大きな洗堀エリアは、流れ方向に応じて、離底器下の範囲内で行き来を繰り返す挙動であり、洗堀部分がさらに洗堀するような現象はみられなかった。

よって、離底器と底の接地部分での埋没が少ない上に、離底器と接地していない部分で砂が行き来を繰り返すので、砂の移動量のバランスが良く、埋没のリスクが低減されていると考えられる。

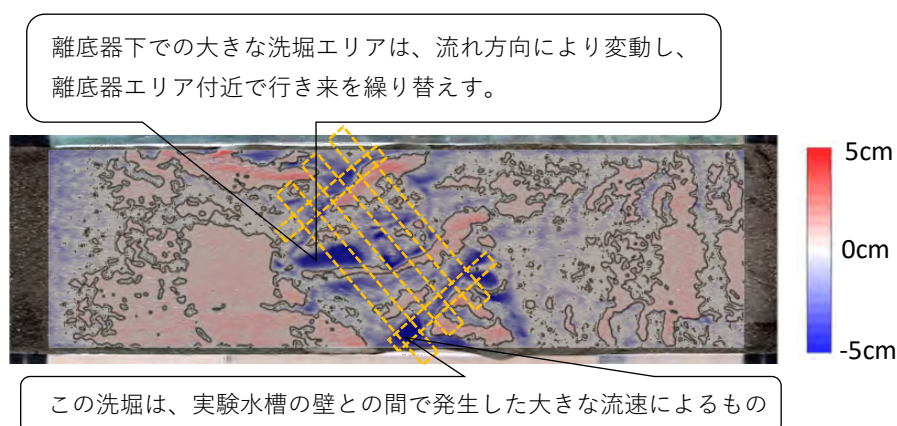


図 49 斜め方向の実験結果と考察

【横方向】

図 50 に実験結果と考察について示した。離底器と底の接地部分で大きな洗堀が発生した。また、砂の堆積が図左側に偏っていた。離底器下の大きい流れにより離底器との接地部分で大きな洗堀が起こりやすく、一方向流で砂が移動すると逆方向の流れが発生しても砂の移動は少なく、砂の移動量のバランスが悪かった。

よって、離底器と底の接地部分で大きな洗堀が発生すると、逆方向の流れが発生しても、この洗堀部分はさらに洗堀され、埋没につながると考えられる。さらに、砂の移動量が偏っており、一方向流と逆方向流を繰り返すとさらに砂の偏りが生じ、埋没につながると考えられる。

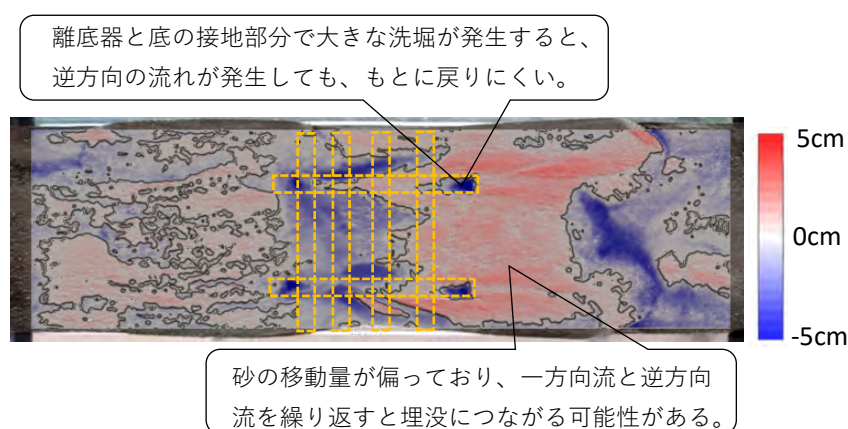


図 50 横方向の実験結果と考察

5.4 仮説の検証

本実験における仮説の検証結果を表 14 に示した。

表 14 離底技術の開発の検証

仮説	項目	結果	判定
離底器は、海域の主流に対して斜めに設置することで、泥土等の埋没を最も低減できる。	(1) 現場の埋没状況 (2) 数値シミュレーション (3) 水槽実験	【正面方向】 (1) 埋没は斜め方向と横方向の中間であった。 (2) 離底器上から下への強い流れがあった。 (3) 離底器と底の接地部分で大きな洗堀があった。 【斜め方向】 (1) 埋没は他の設置方向の中で最小であった。 (2) 離底器下を抜ける強い流れがあった。 (3) 離底器下で大きな洗堀があった。 【横方向】 (1) 埋没は他の設置方向の中で最大であった。 (2) 離底器下の流れが他の設置方向に比べ最大であった。 (3) 離底器と底の接地部分の端で大きな洗堀があった。	仮説支持 理由：各設置方向について以下に示す。 【正面方向】 離底器との接地部分は流速に対し垂直方向に受け、大きな洗堀が起こりやすい。 [判定：△] 【斜め方向】 離底器との接地部分での埋没が少ない上に、離底器と接地していない部分で砂が多く移動し、砂の移動量のバランスが良い。 [判定：○] 【横方向】 離底器下の大きい流れにより、離底器との接地部分で大きな洗堀が起こりやすく、砂の移動量のバランスも悪い。 [判定：×]

6 中課題としての成果と課題

6.1 適用条件

令和4年度事業で開発された技術に関する適用条件について、実験の結果を踏まえ表15に示した。

表15 令和4年度事業で開発された技術に関する適用条件

技術名 項目	稚貝確保(採苗)	稚貝移植
	収穫ネット(一重) +砂利(2～5mm) +離底器	収穫ネット(一重) +砂利(2～5mm) +離底器 +移植
時期	確保：4月～6月 漁獲：採苗器を設置した翌年の3月あるいは5月 ※ 有明海では海苔の収穫(11月～1月)および海苔養殖施設の撤収(4月)と重ならない時期が望ましい。また、梅雨時期(6月～7月)の前に漁獲できれば海域の低塩分リスクを回避できる。	移植：(1) 4月～6月(春季移植 殻長24mm前後) (2) 9月～11月(秋季移植 殻長24mm前後) 漁獲：(1) 春季移植では移植した年の10月～12月 (2) 秋季移植では移植した翌年の4月～6月
場所の条件	(1) C. D. L+1.0m 前後 (2) 泥分(シルト+粘土)が20%～90% ※ 本技術開発を行った佐賀県諸富地先の環境を想定している。	
留意点	(1) 本技術は、大雨による海域の低塩分化に対してアサリの斃死を予防するものではない。 (2) 本技術は、底質の中央粒径が0.2mmを超える場所(いわゆる砂場)では、40cm/sを超える水流が発生した場合に洗堀および漂砂で採苗器および離底器は埋没する。 (3) 離底器は、海域の主流に対する抵抗を大きく受けないように設置しなければ、移動あるいは横転する可能性がある。 (4) 有明海の湾奥部で本技術を用いる場合には、フジツボ類が春季および秋季に離底器を顕著に汚損することが想定され、設置する網袋の破れ等を予防するため、年に一度程度の除去作業を実施することが望ましい。	

6.2 作業性

令和4年度事業で開発された技術のうち、稚貝確保技術における採苗器および離底器の製作・設置、漁獲について、漁業者を主体としたときの作業性を検証し、その結果を表16に示した。本検証には諸富漁協の漁業者に協力を得た。なお、移植技術における作業は、購入したアサリの封入を除き、稚貝確保の作業と同様である。

表16 令和4年度事業で開発された稚貝確保技術に関する作業性の検証

作業内容	作業① 網袋への砂利詰め	作業② 離底器・網袋の設置	作業③ 漁獲
数量実績	90 袋/2 人	9 基/2 人	15 袋/2 人
時間実績	20 分/2 人	90 分/2 人	20 分/2 人
B/C が 1.0 以上とするために推定される所要時間	44 分/200 袋・2 人	160 分/16 基・2 人	270 分/200 袋・2 人
備考	現場海域において、船上での干出待ち時間は1時間程度であり、その時間で採苗器の製作は可能。	大潮時の作業可能時間は180分程度。	漁獲の実験も併せて実施したため、漁獲サイズのアサリの選別には5mm目篩を用いた。本来はより目篩を用いることを想定しており、それによって漁獲時間は大きく短縮できると考えられる。
評価	作業可能	作業可能	作業可能

6.3 経済性の推定

過年度および令和4年度の実験結果から本事業によって開発された技術で想定される漁獲額およびコストを算出し、経済性を推定した。

6.3.1 コスト(人件費+傭船費+資材費)

本技術における漁業者主体としたときのコスト(人件費+傭船費+資材費)を表17に示した。

表17 令和4年度事業で開発された技術に関するコスト

小課題	稚貝確保(採苗)	稚貝移植
技術名	収穫ネット(一重) +砂利(2~5mm) +離底器	収穫ネット(一重) +砂利(2~5mm) +離底器 +移植
項目		
人件費	人件費 (¥9,000-/人×4人日)	人件費 (¥9,000-/人×4人日)
傭船費	傭船費 (¥30,000-/隻×2隻日)	傭船費 (¥30,000-/隻×2隻日)
資材費	(1) 7号碎石 (¥5-/kg×3kg×200袋) (2) 収穫ネット (¥36-/袋×200袋) (3) 離底用コンボーズ (廃材利用) (4) 燃料費 (¥10,000-/回×2回)	(1) 7号碎石 (¥5-/kg×3kg×200袋) (2) 収穫ネット (¥36-/袋×200袋) (3) 離底用コンボーズ (廃材利用) (4) 燃料費 (¥10,000-/回×2回) (5) 移植用稚貝 (¥245-/kg×0.38/kg×200袋) ※移植用の稚貝は殻長24mm前後を想定。
合計費用1 (人件費あり・傭船あり)	¥126,200-	¥144,820-
合計費用2 (人件費なし・傭船あり)	¥90,200-	¥108,820-
合計費用3 (人件費あり・傭船なし)	¥66,200-	¥84,820-
合計費用4 (人件費なし・傭船費なし)	¥30,200-	¥30,200-

6.3.2 漁獲額（期待される漁獲額）

試算された技術ごとの漁獲額を表 18 に示した。

稚貝確保については、令和 4 年度成果の漁獲の実証(小課題 3-1-1B)で得られた 6 月の一袋当たりの平均漁獲量をもとに試算した。本成果では、漁獲サイズの平均漁獲量が 420g/袋であり、この値に実用規模である網袋の数量 200 袋、漁獲サイズのアサリ浜値の¥430-/kg を乗じて漁獲額を試算した(CaseA I)。また、本実験に用いた採苗器は「令和 3 年 8 月の大雨」の影響を強く受けているため、生残したアサリが本来よりも少なかったと考えられ、アサリの成育が良好であったときを想定した CaseA II も試算した。

稚貝移植については、令和 4 年度成果の移植密度選定（小課題 3-1-2B）で殻長 24mm のアサリは 200 個体/袋の密度で網袋に収容し、移植できることが確認された。春季移植においては、移植密度選定（小課題 3-1-2B）の収容密度 200 個体/袋で漁獲サイズにほぼ達した 8 月時の平均湿重量(848g/袋)に実用規模である網袋の数量 200 袋、漁獲サイズのアサリ浜値の¥430-/kg を乗じて漁獲額を試算した(CaseB I)。また、秋季移植ではアサリの収容密度を実験的に 50 個体/袋としていたので、漁獲サイズに達した 5 月時の平均湿重量(367g/袋)を「収容密度 200 個体/袋」に換算し、春季移植と同様に試算した(CaseB II)。

表 18 試算された技術ごとの漁獲額

小課題	稚貝確保(採苗)	稚貝移植
技術名	収穫ネット(一重) +砂利(2～5mm) +離底器	収穫ネット(一重) +砂利(2～5mm) +離底器 +移植
項目		
漁獲額の試算方法	【CaseA I (平均値)】 $420\text{g/袋}^{\ast 1} \times 200 \text{ 袋} \times ¥430\text{-/kg}$ $= ¥36,120\text{-}$ ※1 漁獲の実証(小課題 3-1-1B)で得られた 6 月時における一袋あたりの平均漁獲量。 【CaseA II (最大値)】 $938\text{g/袋}^{\ast 2} \times 200 \text{ 袋} \times ¥430\text{-/kg}$ $= ¥80,668\text{-}$ ※2 漁獲の実証(小課題 3-1-1B)で得られた 6 月時における一袋あたりの最大値。	【CaseB I (春季移植)】 $848\text{g/袋}^{\ast 3} \times 200 \text{ 袋} \times ¥430\text{-/kg}$ $= ¥72,928\text{-}$ ※3 移植密度選定（小課題 3-1-2B）で得られた 8 月時における一袋あたりの平均湿重量。 【CaseB II (秋季移植)】 $367\text{g/袋}^{\ast 4} \times 4^{\ast 5} \times 200 \text{ 袋} \times ¥430\text{-/kg}$ $= ¥126,248\text{-}$ ※4 秋季に移植したアサリの成長追跡（小課題 3-1-2A）で得られた 5 月時における一袋あたりの平均湿重量。 ※5 秋季移植ではアサリの収容密度を 50 個体/袋としていたので、移植密度選定（小課題 3-1-2B）で選定された「収容密度 200 個体/袋」へ換算。

6.3.3 漁獲額/コスト

技術ごとの経済性の評価（漁獲額/コスト）を表 19 に示した。

稚貝確保において、CaseA I（平均値）では、人件費・備船費なしで B/C が 1.0 を超え 1.20 となった。また、CaseA II（最大値）では、人件費有・備船費有でも B/C が 1.0 を超え 1.22 となった。

稚貝移植において、CaseB I（春季移植）では、人件費・備船費なしで B/C が 1.0 を超え 2.41 となった。また、CaseB II（秋季移植）では、B/C が人件費無・備船費有で 1.16、人件費有・備船費無で 1.49、人件費無・備船費無で 4.18 となり、1.0 を超えた。

表 19 技術ごとの経済性の評価（漁獲額/コスト）

技術名	B: 漁獲額 (千円)	C (コスト)				B/C (漁獲額/コスト)			
		1. 人件費 (千円)	2. 資機材費 (千円)	3. 備船費 (千円)	合 計 (1+2+3)	人件費有 備船費有	人件費無 備船費有	人件費有 備船費無	人件費無 備船費無
【稚貝確保】 収穫ネット +砂利 (2～5mm) +離底	CaseA I 36.1	36.0	30.2	60.0	126.2	0.29	0.40	0.55	1.20
	CaseA II 80.7	36.0	30.2	60.0	126.2	0.64	0.89	1.22	2.67
【稚貝移植】 収穫ネット +砂利 (2～5mm) +離底 +移植	CaseB I 72.9	36.0	48.8	60.0	144.8	0.50	0.67	0.86	2.41
	CaseB II 126.2	36.0	48.8	60.0	144.8	0.87	1.16	1.49	4.18

6.4 作業スケジュール

令和4年度の実験結果を踏まえ、有明海の湾奥部を想定した泥分の多い場所におけるアサリの採苗および移植時の作業スケジュールを図51に示した。

当該地先をはじめとする有明海沿岸の多くは海苔養殖区画に利用されているため、海苔養殖の作業スケジュールも踏まえてアサリの採苗および移植を実施する必要がある。なお、当該地先における海苔養殖の作業スケジュールは、8月末にコンポーズを設置、10月から11月にかけて海苔網を設置、11月中旬から翌年2月まで海苔摘み、3月および4月には海苔網およびコンポーズを撤去となっている。

アサリの採苗では、当該地先の現地盤で4～6月に初期稚貝が確認されているため、その時期に採苗器を設置するとよい。ただし、採苗器を設置する場所の泥分が20%を超える場合には、泥で埋没することが想定されるため、「離底器」を利用し底面と5cm程度離すとよい。その後、6月以降からはコンポーズに生物の付着や若干の埋没は想定されるものの、アサリの成長を阻害するほどとはならない。7～9月には大雨の発生が想定され、海域の低塩分化が数日続くようであれば、アサリの生残率に影響を及ぼす。アサリの漁獲は、4月から採苗を始めた場合、翌年2月には漁獲サイズに達するものの、海苔養殖施設の撤去時期と重なるため4～5月が望ましい。5～6月を漁獲時期とすることで、アサリの殻長は2月時よりも大きくなり、より高い収益が見込める。

アサリの移植は、春季移植と秋季移植の二通りがある。春季移植では、3～6月の間に県外から殻長24mm程度のアサリを購入し、当該地先のようなアサリにとって餌料環境の良い場所に離底器とともに採苗器を設置する。漁獲時期は、10～11月が望ましい。秋季移植では、10～11月の間に殻長24mm程度のアサリを購入し、春季移植と同様の方法で採苗器を設置する。ただし、冬季中は海水中の餌料が少なく、アサリの成長は春季移植と比べて鈍化する可能性があり、漁獲時期を5～6月とすることが望ましい。

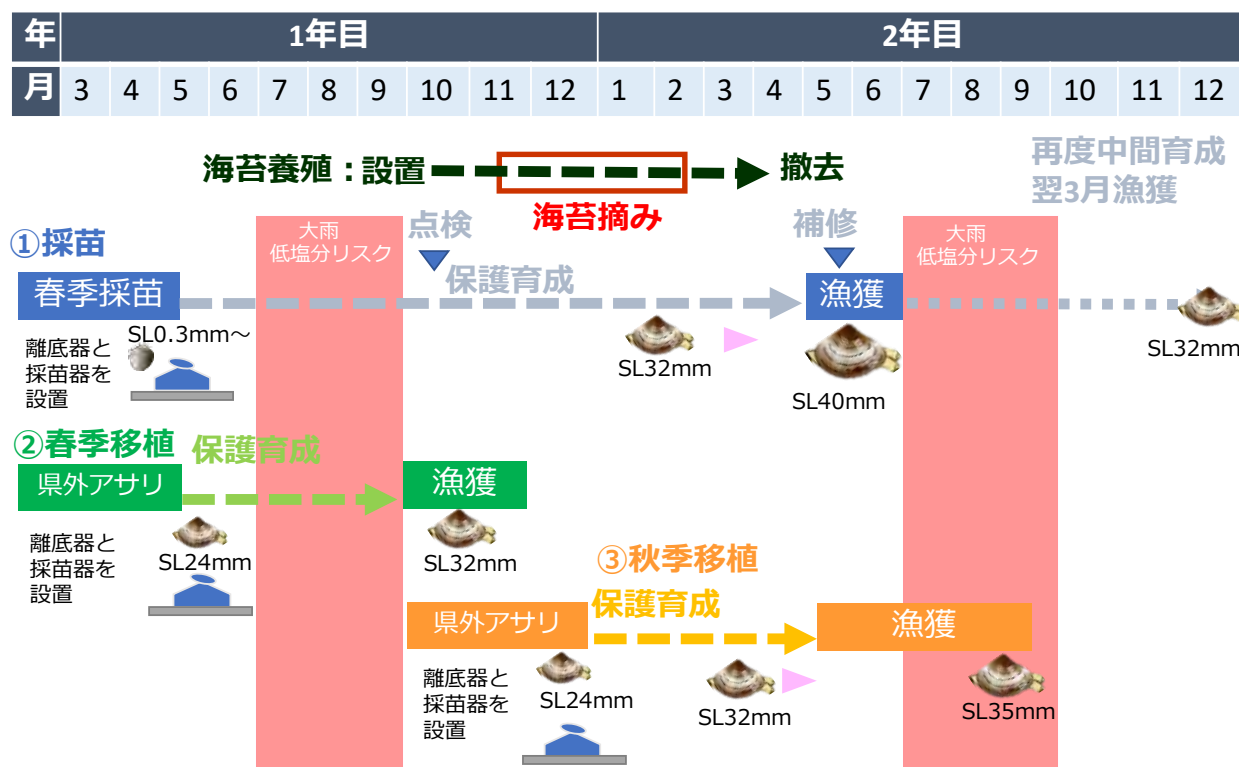


図51 稚貝確保および稚貝移植の作業スケジュール

6.5 実用性の検討を踏まえた成果と今後の課題

令和4年度における各小課題の成果と課題を表20に示した。

表20 各小課題の成果と課題

小課題	成果	課題
3-1-1 稚貝確保技術の開発	佐賀県諸富地先で、採苗のスケジュールを確立できた。また、当該地先のような泥分の多い場所でも、干潟底面から離底することでアサリの採苗から漁獲まで可能であることも示すことができた。	令和2年および令和3年の夏季に発生した大雨によって、当該地先で実験に供したアサリは斃死した。当該地先のような有明海の湾奥部では、大きい河川の河口に近く、大雨の影響を強く受ける。夏季の大雨や高温度等といった環境変動にも対応した技術開発が今後必要である。
3-1-2 稚貝移植技術の開発	県外のアサリを用いて、移植のスケジュールを確立できた。また、当該地先のような泥分の多い場所でも、干潟底面から離底することで移植したアサリを漁獲サイズにまで育てることができ、アサリの移植場所を拡大させることができた。	アサリの移植には、移植もとのアサリを安定的に確保できることが重要であり、有明海に面する県同士および漁協間の連携が重要である。加えて、移植もとのアサリの回収時、輸送時および移植時にアサリが衰弱しないよう適正な管理も必要であり、それらのダメージ低減を検討していく必要がある。
3-1-3 離底技術の開発	泥分が多い場所でも、アサリの採苗および移植を可能とできる泥土対策を確立できた。また、本技術は安価で実施でき、適用条件も絞ることができたことから実用的な技術を開発できた。	本技術は、砂場では漂砂や洗堀によって埋もれてしまい、適用場所は泥分混じり砂場(20～40%)あるいは泥場(90%以上)に限られる。砂場でも採苗器の埋没は問題となっており、アサリの採苗や移植場所を拡大させるためには、本技術に改良の余地がある。

参考文献

- 1). 一般社団法人マリノフォーラム 21, 海洋エンジニアリング株式会社, 日本ミクニヤ株式会社, 株式会社東京久栄, いであ株式会社, 株式会社水圏科学コンサルタント. 泥分が多い場所での移植技術開発. 令和2年度 有明海のアサリ等の生産性向上実証事業報告書. 2021.
- 2). 一般社団法人マリノフォーラム 21, 海洋エンジニアリング株式会社, 日本ミクニヤ株式会社, 株式会社東京久栄, いであ株式会社, 株式会社水圏科学コンサルタント. 泥分が多い場所での移植技術開発. 令和3年度 有明海のアサリ等の生産性向上実証事業のうち基質入り網袋、カゴ等を用いた稚貝育成技術開発及びアサリ稚貝の高密度着生・集積域からの移植技術開発事業報告書. 2022.
- 3). 松田正彦, 品川明, 日向野純也, 藤井明彦, 平野慶二, 石松惇. 低塩分がアサリの生残, 血リンパ浸透圧および軟体部水分含量に与える影響. 水産増殖 2008; 56: 127-136.
- 4). 気象庁ホームページ. 令和2年7月3日からの豪雨の名称について.
http://www.jma.go.jp/jma/press/2007/09b/20200709_heavyrainname.html (2020年7月10日閲覧) 2020.
- 5). 気象庁ホームページ. 前線による大雨 令和3年(2021年)8月11日~8月19日.
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2021/20210831/20210831.html> (2022年3月10日閲覧). 2021.
- 6). 程川和宏, 水野知巳. 漁場生産力の有効活用によるアサリ母貝場造成および新規創出技術開発. 平成23年度三重県水産研究所事業報告, 2013; 69-70.
- 7). 林宗徳. 有明海におけるアサリの成長. 福岡水技研報 1993; 1: 151-154.
- 8). 一般社団法人マリノフォーラム 21, 海洋エンジニアリング株式会社, 日本ミクニヤ株式会社, 株式会社東京久栄, いであ株式会社, 株式会社水圏科学コンサルタント. 泥分が多い場所での移植技術開発. 平成31年度 有明海のアサリ等の生産性向上実証事業報告書. 2020.

電子格納データ

表 21 電子格納データ一覧

小課題	実験・調査名	格納データ
稚貝確保技術開発	採苗実験	採苗実験 2205～2208
	漁獲実験	漁獲実験 2205～2208
移植技術開発	秋季移植実験	稚貝移植 2204～2209
	密度選定実験	密度実験 2205～2209
離底技術開発	現地検証	埋没データ 2208
	数値シミュレーション	正面、斜め、横
	水槽実験	正面、斜め、横
共通項調査	地盤高測量	地盤高 202206
	物理環境調査	移動限界判定 2208 移動限界判定 2301 物理連続観測結果 2204～2303
	水質環境調査	水質連続観測結果 2205～2303
	底質調査	底質 Chl 2206～2212 底質 2206～2212 粒度加積曲線 2206～2212 (PDF)
	初期稚貝調査	初期稚貝調査 2305～2301
	生息状況調査	生物生息状況調査 2205～2212

