

IX. 総合考察および評価

目 次

1. 総合考察	633
1.1 漁場環境特性	633
1.2 アサリ生産性向上技術	635
1.2.1 技術の効果検証	635
1.2.2 実用性の検討	645
1.3 貧酸素対策技術	647
1.4 変更事業計画の実施	648
1.5 本事業で開発・応用された技術の適用について（普及に向けて）	653
2. 評価と今後の課題	660
2.1 評価結果	660
2.1.1 高地盤覆砂域の造成による母貝生息適地の造成技術開発	660
2.1.2 カキ礁の造成による貧酸素水塊の軽減技術開発	662
2.1.3 基質入り網袋、カゴを用いた稚貝育成技術開発	663
2.1.4 アサリ稚貝の高密度着生域・集積域からの移植技術開発	665
2.1.5 総合評価	668
2.2 今後の課題	668
参考文献	680

IX. 総合考察および評価

関連事業である、①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 アサリ母貝生息適地造成技術開発及び貧酸素水塊軽減技術開発事業、②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では、漁業者自らが実施できる技術開発を行った。各結果は、各事業報告書で詳述された通りであり、今年度までに、各技術の効果や実用性等も考察されている。

以下に上記①および②の各事業で得られた成果より、開発された各技術についての総合考察および評価、そして課題等について取りまとめた。

1. 総合考察

1.1 漁場環境特性

各事業で各実証実験が実施された場所（図 1）の環境特性は、以下の通りである。なお、表 1 に各実験場所の漁場としての制限要因を整理した。



図 1 各実験地区の環境特性

表 1 実証実験場所の漁場としての制限要因

開発技術	場所	制限要因
母貝生息適地造成技術	①福岡県 大和高田地先	大雨等による淡水流入、泥分
	②熊本県 住吉地先	波、流れ、底質の粒径
稚貝育成技術	③福岡県 柳川地先	大雨等による淡水流入、流れ
	④長崎県 猛島地先	波、流れ
移植技術	⑤佐賀県 諸富地先	大雨等による淡水流入、流れ、泥分
	⑥長崎県 小長井地先	大雨等による淡水流入、高水温、貧酸素水塊
	⑦熊本県 岱明地先	波、流れ
貧酸素水塊軽減技術	⑧佐賀県 鹿島市地先	大雨等による淡水流入、貧酸素水塊、泥分

【物理環境】

湾奥部の大河川の湾に近い柳川地先や大和高田地先 10 号地区、諸富地先、そして菊池川河口に近い岱明地先と、緑川河口に近い住吉地先では、流速が他地先に比べて速い環境であった。これら実験場所に対して、湾奥に位置するが湾から離れている大和高田地先 302 号地区、そして諫早湾に位置する小長井地先は、流れが緩やかな環境であった。

波浪環境では、南風が卓越する夏季は、大和高田地先 302 号地区と猛島地先の波高が高くなり、次いで大和高田地先 10 号地区が高くなる傾向であった。地先と岱明地先の波高が高くなり、次いで猛島地先が高くなる傾向であった。北風が卓越する冬季になると、湾奥の波浪環境は穏やかとなり、湾奥方向にも開けている住吉地先で最も波高が高くなり、次いで猛島地先が高くなることが確認された。各実験場所の中でも、猛島地先は、年間を通して波浪環境が高くなる傾向にあることが確認された。

【水質環境】

令和 2 年 7 月豪雨時の諸富地先では、同時期に塩分観測が実施された他地点に比べても大きく塩分低下しており、淡水流入による影響が強く現れることが観測された。今年度も令和 3 年 8 月に大雨が発生し、各実験場所の中でも諸富地先で淡水流入の影響が強く現れており、塩分 15 未満の継続時間を比較した結果、最大で約 15.8 日間の継続が確認された。他の地先では、大和高田地先 302 号地区や小長井地先長里漁場で、低塩分の継続時間が長くなったが、諸富地先と比較すると短く、約 3 日間であった。なお、緑川の河口近くに位置する住吉地先においても、大雨後の低塩分な環境の継続が確認されたが、最大でも約 0.5 日間であった。住吉地先は湾口に位置していることから、大雨による淡水流入の影響を受けるが、上げ潮時に湾外の比較的高塩分な海水が流入してくることから、低塩分な環境が解消されていることが確認された。

水温環境では、小長井地先において、夏季に高水温な環境が継続することも確認された。30℃以上の継続時間でみると、他の実験場所が最大でも 1.0 日間であったが、釜漁場で約 1.8 日間、長里漁場では約 4.4 日間の継続が確認された。

また、小長井地先では、溶存酸素濃度の連続観測も実施されており、1.0 mg/L 以下の貧酸素水塊の発生も確認されている。

アサリの餌料環境に影響するクロロフィル a や濁度は、湾奥部の地先ほど高くなる傾向であり、餌料環境として好適と考えられる。クロロフィルフラックスを求めて比較した結果においても、諸富地先は各地先の中でも餌料環境として良い状況にあることが確認された。

【底質環境】

今年度の各実験場所のうち、大和高田地先 302 号地区がシルト・粘土分が高く、アサリの生息に適さない環境であった。この他の実験場所は、アサリの生息に適する底質環境であったが、柳川地先 4 号地区や大和高田地先 10 号地区、猛島地先など複数の場所で、底質の有機物量（強熱減量や COD）が低くなる傾向であった。底質の有機物量は、汚濁状況の指標として利用される。一方で、波や流れの影響で底質が巻き上がり、そこに含まれる有機物が、アサリにとっては餌にもなることから餌料環境の指標にもなる。そのため、これら実験場所では、他の場所に比べて底質由来の餌料が少ない環境にあるものと考えられた。

1.2 アサリ生産性向上技術

1.2.1 技術の効果検証

(1) 高地盤覆砂域の造成等による母貝生息適地の造成技術開発

本課題では、アサリ漁場として未利用な泥干潟（大和高田地先 302 号地区）と砂泥干潟（住吉地先）を対象として、母貝を育成する技術、現地で稚貝を採取して母貝として再生産する技術の開発を実施し、以下の成果が得られた。

① 母貝育成技術の開発

令和 2 年度までに、シルト・粘土分 90 %以上の未利用泥干潟において、低コスト型離底飼育器具の設置規模をさらに拡大した母貝育成実験を行い、令和 2 年 9 月から翌年 1 月まで 95%以上の高い生残率を維持し、成長および産卵している可能性を得ることできた。

今年度は、天然の干潟から移植したアサリと、パーム入り網袋を離底設置して採苗したアサリを移植した実験を行い、それぞれで成長、産卵が確認できた。パーム入り網袋で採苗したアサリを用いた実験では、今年の春に産卵が確認されれば、採苗から漁獲までのサイクルの有効性が実証されと考えられた。

また、小規模高地盤覆砂域との比較では、天然干潟から移植したアサリへの効果が低コスト型離底飼育器具と同等である事が確認された。作業性やコストの面では、低コスト型離底飼育器具の方が実用的であることも確認された。ただし、パームで採苗したアサリを用いた実験では、今年の春以降の成果を確認することが必要であるとの課題が残された。

強い流れや風波による擾乱により砂の移動が激しく、アサリの生息に影響する未利用砂干潟が各地に存在する。本事業ではこのような未利用砂干潟において、母貝の流出対策（食害にも対応）を施すことによって、母貝を育成する技術開発を行っている。令和 2 年度までに、台風等の強い擾乱にも耐えうる飼育手法として、既存技術の基質入り網袋と、新たな技術として牡蠣養殖用カゴによる飼育手法を用いて、実用化の可能性が検討された。

今年度は、実用規模で、基質入り網袋と牡蠣養殖用カゴを用いた実証実験を実施し、基質入り網袋が育成方法として適していることが確認された。一方、牡蠣養殖用カゴには課題が残り、実用化は困難と考察された。

② 母貝再生産技術の開発

母貝として供給するための稚貝の育成過程において、着底した稚貝の減耗は極めて激しく、泥干潟では、シルト・粘土分が多い底質の場合、着底そのものが阻害される。砂泥干潟においても、着底後の稚貝は波・流れが強い時に、砂と共に移動するものと考えられている。

湾奥部泥干潟においては、令和 2 年度までに、ほぐした状態のパームを網袋に収容して採苗器とする手法が、稚貝採取に適していることが考察された。

今年度は、採苗規模拡大実験を行い、パーム入り網袋 120 袋を離底設置することで、約 12 万個体を採取する成果が得られた。しかし、離底採苗のための架台の設置規模を拡大するためには、広い面積が必要になることから、より狭い面積で効率よく稚貝採取する技術として、メッシュ状パイプの利用が考察され、今後の効果検証が課題とされた。

住吉地先では、実験場所周辺で毎年春季に稚貝の高密度集積域が確認されており、令和 2 年度には、角ざる育成器にて中間育成を実施し、効果が確認された。

今年度は、角ざる育成器への収容密度や育成場所の検討を実施したが、各実験で有意差はなく、春季に現地盤で高密度に生息する稚貝を 10 mm 程度まで中間育成する技術としての可能性が考察された。また、現地盤に稚貝の高密度域が確認されない場合を想定し、パーム入り網袋の離底設定、基質入り網袋の直置きによる稚貝採取の結果、何れの技術でも稚貝の採取が確認された。しかし、パーム入り網袋を長期間継続設置した場合、採取アサリのへい死が発生する課題も確認された。

③ 母貝運用の作業カレンダー

湾奥部泥干潟における母貝育成のための基本技術には、干潟面から離底させて飼育する技術が、令和 2 年度までに採用された。

今年度は、離底飼育器具への移植時期について検討し、梅雨時期までに移植する事で、生残や成長の良い事が確認された。この成果も考慮した未利用泥干潟における母貝運用の作業カレンダーを図 2 に示した。

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
架台(採苗・育成用)	設置・採苗				設置・採苗				設置・採苗				設置・採苗				設置・採苗			
架台(産卵用)			移植	産卵	産卵	漁獲			移植	産卵	産卵	漁獲			移植	産卵	産卵	漁獲		
							移植	産卵	産卵	漁獲					移植	産卵	産卵	漁獲		

図 2 大和高田地先での母貝運用の作業カレンダー

砂干潟においては、令和 2 年度までに秋発生群を対象として、稚貝確保から漁獲までを見据えた母貝運用サイクルが検討されている。稚貝確保は、例年春先（4 月～5 月）に数 mm の稚貝（前年秋発生群）が高密度に発生する場所が認められており、この発生した稚貝を採集する。採取した稚貝を角ざる育成器に収容し、10 mm 程度まで育成する。その後、基質入り網袋等を用いて初期成貝へ育成し、20 mm 以上に育成した成貝は、基質入り網袋で 1,000 個体/m²に密度調整する。そして育成した母貝を、当年秋および翌年春の産卵後、初夏に漁獲することを想定した。この間 1 年 3 カ月であり、図 3 に作業カレンダーを示した。

小課題名	実施項目 / 年月	1年目												2年目												3年目			
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
小課題1-2-2 母貝用種苗確保 技術の開発	稚貝確保	地先での稚貝確保																											
	稚貝育成	保護・育成 （角ざる育成器等）																											
	初期成貝育成	保護・育成 （基質入りの網袋等）																											
小課題1-2-1 母貝育成 技術の開発	母貝育成	母貝増殖成・収容 （基質入りの網袋等）																											
		母貝の育成																											
		産卵																											
		漁獲																											
		1年3ヵ月												1年3ヵ月															

図 3 住吉地先での母貝運用の作業カレンダー

上記のように、泥干潟、砂干潟それぞれに適した手法で、稚貝を採取、育成して、母貝飼育を行い、産卵も確認された。実用化へ向けては更なる規模拡大と、技術の多様性を鑑みた稚貝採取機材や育成機材の改良、そしてコスト削減が課題とされた。

これら母貝生息適地造成の技術開発における仮説と検証結果を表2にまとめた。

表2 技術開発における仮説と検証結果のまとめ

中課題	小課題	作業仮説	検証結果	
未利用泥干潟における母貝保護育成地造成技術の開発	母貝育成技術の開発	低コスト型離底飼育器具で、アサリは生残、成熟できる。	—	天然干潟から移植したアサリでは、9月～翌年7月の生残率が72.8%となり、群成熟度、組織切片の観察結果から産卵を確認できた。パーム採苗したアサリによる実験では、5月～翌年1月の生残率が60.9%となり、群成熟度から秋の産卵を確認できた。
		アサリの育成産卵への効果は、干潟面から離れた設置(低コスト型離底飼育器具の活用)により小規模高地盤覆砂域と同等になる。	○	パームで採苗したアサリを用いた実験では、生残個体数で低コスト型離底飼育器具が小規模高地盤覆砂域より有意に低く、同等でない結果となった。
	母貝用種苗確保技術の開発	採苗規模拡大の試行により採苗数の目安を得ることができる。	—	規模拡大の試行において、約12万個体の採苗を実現できた。
		パーム採苗器に成貝を含めると、採苗効果は有意に高くなる。	×	成貝による誘因効果の確認では、稚貝の個体数に有意差は得られなかった。
	母貝の運用サイクルの構築	実用化に向けた課題等が抽出できる。	—	漁獲サイズのアサリの選別時の夾雑物の除去の効率化が課題として抽出された。
		梅雨時期後に、パームから軽石入り網袋へ移植すると生残個体数が多くなる。	◎	梅雨時期前に移植したアサリで生残率が高くなることを確認できた。
砂泥干潟における母貝保護育成地造成技術の開発	母貝育成技術の開発	基質入り網袋と牡蠣養殖用カゴに収容した母貝は、春季に成熟し産卵する。	—	群成熟度、組織切片の観察結果から産卵を推定できた。
		基質入り網袋に収容した母貝は、秋季に成熟し産卵する。	—	群成熟度、組織切片の観察結果から産卵を推定できた。
	母貝用種苗確保技術の開発	採苗器で採取された稚貝は母貝育成サイクルへの利用が可能である。	—	母貝育成サイクルへの採苗器の利用では、パーム採苗器では課題が残ったが、基質入り網袋は可能性が示された。
		春に現地で採取した秋発生群の稚貝は成長段階別に適した方法で密度調整の上育成すれば、秋には母貝へ成長する。	◎	密度調整を行い育成することで、秋には母貝への成長が確認できた。
		成長段階別に異なる育成方法等により、稚貝の成長促進と生残率を向上させ、育成母貝を確保できる。	—	基質入り網袋では約80%が母貝として利用可能であることが確認できた。

※検証結果は、統計解析の結果を、「◎：有意差あり(p<0.01)」、「○：有意差あり(p<0.05)」、「×：有意差なし(p>0.05)」、「—：統計解析の対象外」で評価した。

(2) 基質入り網袋、カゴを用いた稚貝育成技術開発

本課題では、近年稚貝の発生量が減少している柳川地先の砂泥干潟と、波、流れの強くアサリ漁場として利用されていない猛島地先の礫浜を実験場所とし、特性が異なる2か所の干潟で、稚貝の採取技術、保護育成技術の実験を行った。以下に各実験で得られた成果を示した。

① 稚貝採取・保護育成技術の開発

大河川の河口近くに位置し、大雨後等に泥土堆積の影響や、冬季にも泥土堆積の影響が見られる柳川地先では、パームを網袋に収容した採苗器を、C.D.L. +1.0 mの高さに離底設置することで、採取個体数の多くなる傾向が確認された。また、採苗規模の拡大を試行した結果では、ほぐしたパームを収容した網袋120袋で、約12万個体のアサリを採取した成果が得られた。採取したアサリの生息場拡大のための移植時期は、梅雨時期前が有効であり、アサリ成貝が殆ど生息しない場所でも、網袋を用いての育成が可能である事が確認された。

波、流れの強い島原地先では、令和2年度までに 春季に砂利を収容した基質入り網袋を、実験区のC.D.L. +1.2~1.4 mの範囲に設置することで、20 mm以上の移植用アサリを多く採取できる結果が得られた。今年度は採苗器の設置から1.5年後となる秋季の成貝の採取量を確認した結果、C.D.L. +1.0~1.4 mが活用可能範囲と推定され、当該漁場におけるその面積は、12,725 m²となった。また、保護育成技術として、C.D.L. +1.2~1.3 mで採取したアサリを、0.1 kg/袋、0.25 kg/袋、0.5 kg/袋に密度調整を行い沖出した結果、0.1 kg/袋で成貝の増加量および肥満度の高まる事が確認された。

② 稚貝採取から運搬（移植）まで一連の方法の構築

原地盤でアサリ稚貝が減少している砂泥干潟である柳川地先や、原地盤に高密度な生息域が確認されない礫干潟の猛島地先では、稚貝の大量採取と移植するまでの中間育成が必要である。

柳川地先における稚貝育成のための基本技術には、基質入り網袋を採用した。採苗にはパームを基質とした採苗器を10月に離底設置し、秋季発生群を採取する。翌年4~5月に軽石入り網袋内に収容して殻長約20 mmとなる8月頃まで中間育成し、現地漁場への放流に繋げる一連のサイクルを設定した。柳川地先における稚貝育成の作業カレンダーを図4に示した。

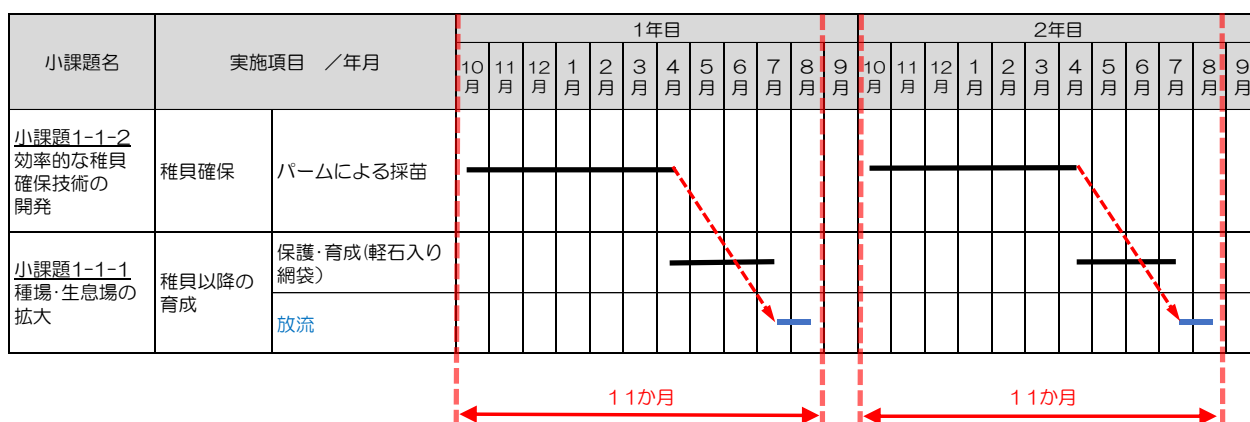


図4 柳川地先での稚貝育成の作業カレンダー

猛島地先では、稚貝採取のために基質に砂利を用いた基質入り網袋を5月に岸側に設置し、1年後の5月に採苗器内のアサリ密度を確認する。設置1.0年後の採苗器内のアサリ密度が0.1 kg/袋程度であれば沖出し効果が確認され、0.25 kg/袋以上では沖出し効果が確認されない結果が得られており、沖出しを行う際の密度の目安が把握できている。

そこで、沖出しも想定して作成した稚貝育成の作業カレンダーを図5に示した。

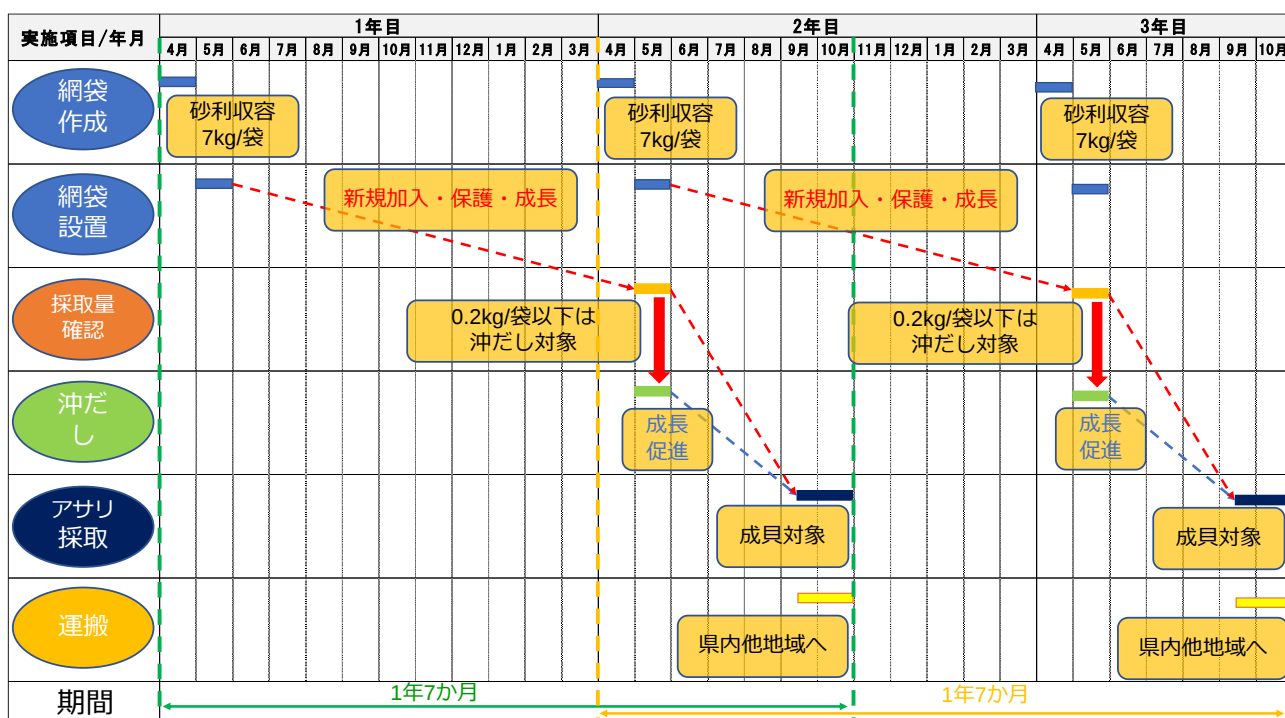


図5 猛島地先での稚貝育成の作業カレンダー

原地盤で移植に利用する稚貝が減少している砂泥干潟（柳川地先）、アサリの生息がほとんど確認されない礫浜（島原市猛島地先）において、それぞれの環境に適した手法で、稚貝を採取し、移植サイズまで育成する効果を確認できた。

これら各成果を得た今年度の技術開発における仮説と検証結果を表3にまとめた。

表3 技術開発における仮説と検証結果のまとめ

中課題	小課題	作業仮説	検証結果	
パーム等を用いた湾奥域での稚貝育成技術の開発	種場・生息場の拡大	アサリの回収作業における作業性について、実用化に向けた課題等が抽出できる。	—	896 個体(生残率 32%)の回収に、11.5 人・時間要することが明らかとなった。
		移植規模の拡大について、実用化に向けた課題等が抽出できる。	—	採苗器作成からアサリ回収までの作業で、79.2 人・時間要することが明らかとなった。
		梅雨時期後に、パームから軽石入り網袋へ移植すると生残個体数が多くなる。	×	梅雨時期前に移植した結果と比較しても有意な差は得られなかった。
	効率的な稚貝確保技術の開発	採苗効果の高い設置高や場所が抽出され、その要因が推定できる。	×	6 月の回収結果からは、有意差は得られなかった。
		採苗規模拡大の試行により採苗数の目安を得ることができる。	—	規模拡大の試行において、約 12 万個体の採苗が可能となり、規模拡大によって得られる採苗の目安を確認できた。
		パームを収容した網袋の動揺を抑制すると、採苗効果は向上する。	×	動揺対策の有無による採苗個体数に有意な差は得られなかった。
基質入り網袋・カゴを用いた稚貝育成技術の開発	稚貝採取・保護育成技術の開発	春季に密度 0.1 kg/袋、0.25 kg/袋、0.5 kg/袋の採苗器を沖側と岸側に設置すると、いずれかの密度で、沖側の秋季における成貝の採取量が岸側の採取量より増加する。	○	春季の密度 0.1 kg/袋では、秋季の成貝の採取量が、岸側より沖側の方が多くなることが確認された。

※検証結果は、統計解析の結果を、「◎：有意差あり(p<0.01)」、「○：有意差あり(p<0.05)」、「×：有意差なし(p>0.05)」,「—：統計解析の対象外」で評価した。

(3) アサリ稚貝の高密度着生・集積域からの移植技術開発

泥分が多い場所での移植技術（諸富地先）、県内他地域からの搬入稚貝と現地での採取稚貝を併用した移植技術（小長井地先）、そして有明海東部での移植技術（岱明地先）の開発が実施され、それぞれで成果が得られた。以下に各実験で得られた成果を示した。

① 移植による生産性向上技術の開発

泥分の多い諸富地先では、砂利を基質とした基質入り網袋を用いた離底しての採苗実験を行い、設置高さについて検討した。ここでは、基準面と底面からの高さのどちらが初期稚貝の確保に起因するかを確認し、底面からの高さが寄与することが示された。なお、採取数は、底面+10 cm 高さに採苗器を設置する事で多く採取された。

また、コンポーズを筏状に組んだ離底器上に、砂利を収容した網袋を2種（一重ネット、二重ネット）設置した採取実験の結果、初期稚貝の採取量、稚貝および成貝の採取量ともに、一重ネットで有意に多くなる事が確認された。

② アサリ保護・育成技術の開発

小長井地先では、令和2年度までに採苗器を春季に設置し、翌年の春季に採苗器内のアサリの密度調整（間引き、サイズ選別無し）を行う手法の有効性が確認できた。この成果を受けて、5月に0.3 kg/袋、0.5 kg/袋、0.7 kg/袋、0.9 kg/袋、1.2 kg/袋の5ケースの密度調整を行い、実験区の沖側に設置した。10月に密

度調整した網袋を回収して個体数、湿重量を確認した結果、0.3 kg/袋のケースが他の条件に比べて有意に採取量が多くなる結果が得られた。この設置から回収までの間、小長井地先では、高水温と貧酸素の影響を受けており、これら影響が考察されるとともに、アサリの減耗が激しい状況下においても間引きの効果があることも考察された。また0.5kg/袋～1.2kg/袋のケースでは、回収時に生残していたアサリは、設置時よりも成貝の割合が減り殻長の小さいアサリの割合が増加していた。このことよりアサリ漁場環境悪化による減耗は、サイズの大きいアサリほど影響が大きくなることが推察された。

さらに、小長井地先では、貧酸素水塊等の影響が発生する前に、海上や他地域に避難させることによる保護効果も検討した。避難時期は5月と7月であり、避難先は小長井地先の沖にある筏（沖筏）と、島原地先である。この結果、島原への避難が5月、7月ともに有意に生残率が高い結果が得られた。

岱明地先では、令和2年度までに、保護育成中の網袋が底質により膨満する課題が挙げられた。この対策として、二重収穫ネットで採取されたアサリを2つに分袋するケース、筏状に組んだコンポーズ上に二重収穫ネットを離底設置するケース、収穫ネット入りラッセル袋でアサリを採取し、その後に内側の収穫ネットのみ外したケース、筏状に組んだコンポーズ上に収穫ネット入りラッセル袋を離底設置するケースで比較した。この結果、収穫ネット入りラッセル袋の内側の収穫ネットを外したケースで、25 mm 以上のアサリが明らかに多くなる結果が得られた。

③ 稚貝採取技術の開発

諸富地先では、他県からの稚貝の移植地としての有効性を検証するために、6月に大和高田10号地区で採取された稚貝の移植を実施した。泥混じり砂場ではアサリを収容した二重収穫ネットを筏状に組んだコンポーズ上に設置し、砂場では二重収穫ネットを干潟面に直置した。しかし、9月調査時には、生残率が10%程度となり、8月の大雨の影響が考察された。しかし、泥混じり砂場では、11月調査時には殻長30 mmを超える個体が確認された。このように、春季の移植では、夏場の大雨によるへい死リスクがあるため、秋季の移植の検証が必要とされた。

また、離底器のメンテナンスについても検討し、離底器への付着生物の除去時期は、生物の付着が少ない4～5月が望ましく、付着生物による影響がない年は、アサリ漁獲時の年1回程度で良いと考察された。なお、離底器の設置は、実験区での埋没状況から泥分20%以上の場所では有効であり、掘り起こし等のメンテナンスは、アサリ漁獲時の年1回程度で良いと考察された。

小長井地先では、C.D.L. + 0.7 m～ +1.5 m の範囲で移植実験を行い、好適な移植範囲の確認を実施した。前年10月に移植した基質入り網袋を、4月に回収してアサリの採取量、そして肥満度を測定した結果より、C.D.L. + 0.7 m～ +1.0 m 付近までが好適な移植範囲となることが検討された。また、地盤高が低い場所で、殻長30 mm以上の個体数が多くなる事も確認されており、移植先の地盤高の差、すなわち冠水時間（摂餌機会）の差の影響が考察された。

また、被覆網を用いた移植手法についても検討し、基質入り網袋よりも被覆網の方が、低コストとなるメリットがあるものの、基質入り網袋よりも採取量が少なくなるデメリットも確認された。

岱明地先では、漁業者の利便性を考慮した移植技術として、陸側に着底するアサリを保護することで、沖側への移植と比較して作業負担が小さい技術の確立を目的に、二重被覆網、被覆網、ラッセル袋を用いた実験を実施した。各技術ともにアサリの採取数は多く、成長も確認できているが、現時点では漁獲サイズのア

サリが確認されていない。そのため、引き続きのモニタリングを実施し、得られた結果より、最適な手法を選定し、干潟陸側の活用方法の検討が課題とされた。

④ 稚貝採取～移植～漁獲までの作業カレンダー

諸富地先では、夏季に大雨による漁場の低塩分リスクが大きいため、秋季に県外から初期成貝を移植し、翌年春季に漁獲する移植サイクルも考慮した。検討した作業カレンダーを図6に示した。



図6 諸富地先での移植技術の作業カレンダー

小長井地先では、地元産アサリを活用した作業カレンダーと、県内他地域産アサリを活用した作業カレンダーを検討した。地元産アサリの活用では、採苗器の設置1年後のアサリへい死リスクの高い時期の前に、網袋（採苗器）を回収し、間引きと漁獲を同時に行い、基質入り網袋に再収容して保護育成する作業カレンダーを作成した。なお、間引きサイズ以上、漁獲サイズ以下（殻長25～30mmを想定）のアサリについては避難の対象としているが、避難後の活用方法を含め、避難については今後の検討課題とした。

また、県内他地域産アサリの活用では、移植用アサリの確保が重要であり、そのための他地域との連携が課題とされた。

検討した作業カレンダーを図7および図8に示した。

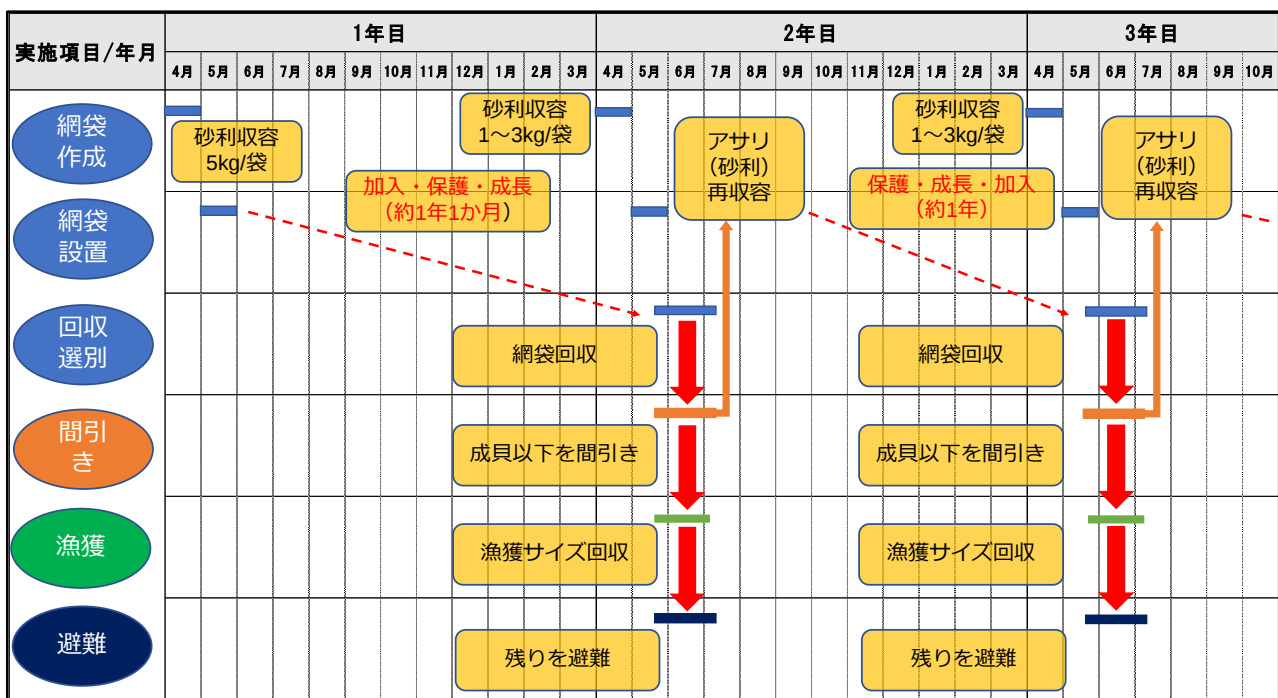


図7 小長井地先での移植技術の作業カレンダー（地元産アサリの活用）

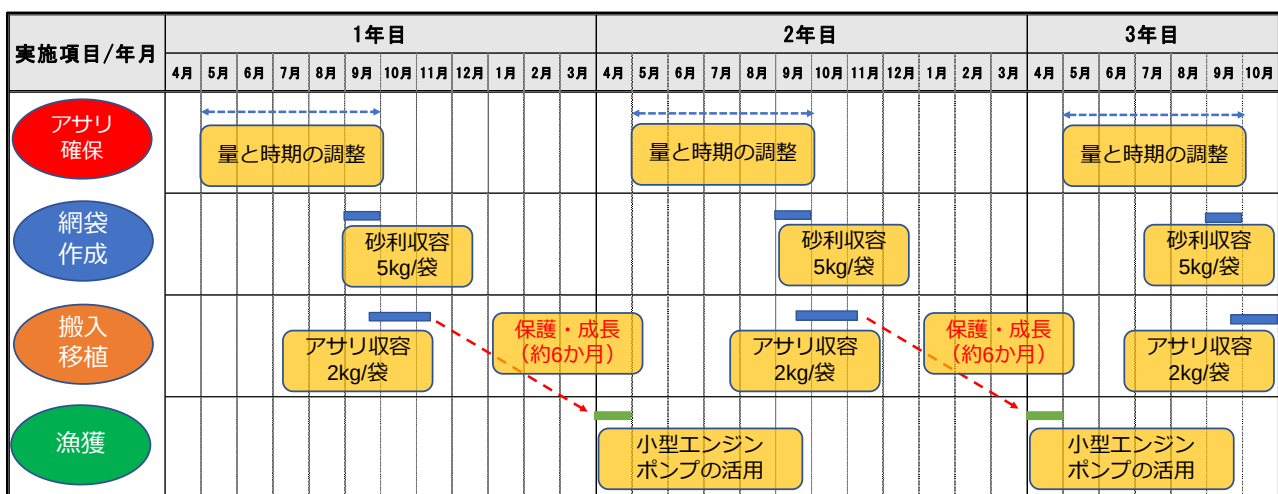


図8 小長井地先での移植技術の作業カレンダー（県内他地域産アサリの活用）

岱明地先では、干潟の陸側で稚貝を大量採取し、干潟沖側に移植することで、殻長 20 mm 程度まで成長させる技術は概ね確立された。今後は、20 mm 程度まで成長したアサリを漁獲サイズまで成長させることが課題として残る。ここで、検討した作業カレンダーを図 9 に示した。

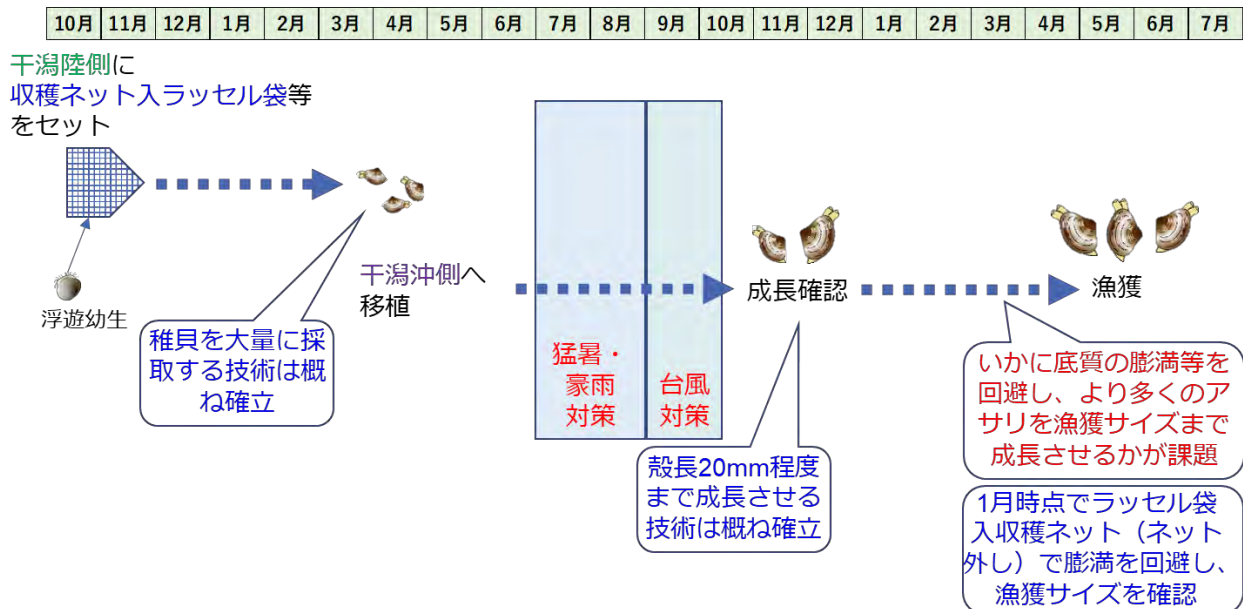


図 9 岱明地先での移植技術の作業カレンダー

環境の異なる各実験場所での移植技術の開発において、各環境特性に応じた移植技術の効果が確認された。しかし、移植用アサリの確保に関する課題、未成貝から漁獲サイズまで育成させる課題なども残された。これら各成果を得た今年度の技術開発における仮説と検証結果を表 4 にまとめた。

表4 技術開発における仮説と検証結果のまとめ

中課題	小課題	作業仮説	検証結果	
泥分が多い場所での移植技術の開発	稚貝確保に効果的な採苗手法の検討	確保される初期稚貝数は、基準面からの高さにおいて、C.D.L+1.1m～+1.8mのうち、C.D.L+1.4mで最大となる。	×	確保された初期稚貝数に有意な差は確認されなかった。 基準面からの高さは、稚貝確保に寄与するものではないことが示された。
		新技術(砂利2～5mm+二重ネット+離底器)では、現地盤および既往技術(砂利2～5mm+一重ネット+離底器)よりも稚貝を確保し、生残率と成長量も向上する。	×	既往技術に対する新技術の優位性は示されなかったものの、当該地先の現地盤よりも初期稚貝および稚貝の数は多かった。
	他県から移植した稚貝の生残、成長状況の把握	当該地先の「泥混じり砂場」へ移植した際には「離底」を施すことで、「砂場」と同等の生残率および成長量を確保することができる。(春季移植および秋季移植)	×	生残率では、泥混じり砂場(離底)と砂場(直置)は有意差が確認されなかったことから同等であるとみせた。また、成長量では、泥混じり砂場(離底)は砂場(直置)よりも有意に成長量が大きい月もあり、同等以上であるとみなせた。
	離底器のメンテナンス手法の検討	年に1度の頻度でメンテナンスすることで、離底器の機能を維持できる。	—	生物汚損は確認されたものの、採苗中のアサリの生残、成長に影響はない。泥混じり砂場では、周年で泥による埋没は確認されなかった。これらのことから、離底器のメンテナンスは年に一度でよいと考えられた。
	離底技術のメカニズム把握	離底器および設置した採苗器近傍で微小な渦が生じるとともに、離底器の底を通過する水流で泥粒子が押し出されることで泥の堆積を予防できる。ただし、流速が50cm/secでは漂砂に伴う地形変化で埋没する。	—	採苗器および離底器の埋没は、洗堀および漂砂で生じることが示された。また、離底器と底面の間に水流が吹き抜ける構造があることで粒子の堆積を低減できることも示された。
県内他地域からの搬入稚貝と現地での採取稚貝を併用した移植技術の開発	稚貝の採取・保護育成技術の開発	春季のアサリ密度1.2kg/袋の秋季の採取量よりも0.3～0.9kg/袋のいずれかの秋季の採取量が多くなる。	◎	春季のアサリ密度0.3kg/袋の秋季の採取量が1.2kg/袋よりも有意に多かった。
		春季から夏季の間に島原、沖筏のいずれかに避難させると、避難元より生残率が向上する。	◎	アサリの生残率が、島原は5月および7月避難、沖筏は5月避難の条件で避難元(釜漁場)よりも有意に高かった。

※検証結果は、統計解析の結果を、「◎：有意差あり(p<0.01)」、「○：有意差あり(p<0.05)、同等性あり」、「×：有意差なし(p>0.05)」、「—：統計解析の対象外」で評価した。

1.2.2 実用性の検討

本事業では、母貝の生息適地の造成や、稚貝の育成技術、そして稚貝の高密度着生・集積域からの移植技術を開発するための実証実験を、これまでに成果の得られた技術を組み合わせて実施し、多くの技術で生産性の向上に繋がる効果が確認された。

また、表5および表6に示した各技術の経済性の一覧のように、漁業者自らで実施するため、人件費をコストから除くことで、技術によっては漁獲増加量を下回るコストでの適用が可能であると考察された。

しかしながら、技術によっては、資機材費などのコストの削減が望まれるものも明らかとなった。これら技術に関しては、今後の技術改良によるコスト削減等、生産性向上のための技術開発が必要と考えられた。

表5 各技術の経済性一覧（その1）

技術名 (実験場所)	(千円)	コスト(千円/年)			評価 (A/B)		備考
	A 漁獲増加量	1.人件費	2.資機材費	B 合計 (1+2)	人件費込み	人件費除く	
パーム入り網袋採苗＋ 低コスト型離底飼育器具 (大和高田地先 302 号)	5,322.2	3,095.6	2,495.2	5,590.8	1.0	2.1	5 ヶ年で試算 浮遊幼生の定着率 が良いケース
パーム入り網袋採苗＋ 軽石入り網袋 (柳川地先 4 号)	11,808.0	25,498.7	11,861.3	37,360.0	0.3	1.0	5 ヶ年で試算
砂利入り収穫ネット＋ 離底 (諸富地先)	67.0	54.0	118.4	172.4	0.4	0.6	R3 年度の結果利用 600m ² 辺り 1 サイクルで試算
砂利入り収穫ネット＋ 離底 (諸富地先)	319.0	54.0	118.4	172.4	1.9	2.7	H31 年度の結果利用 600m ² 辺り 1 サイクルで試算
砂利入り収穫ネット＋ 離底＋移植 (諸富地先)	66.4	54.0	129.9	183.9	0.4	0.5	収容密度：60 個/袋
砂利入り収穫ネット＋ 離底＋移植 (諸富地先)	199.3	54.0	129.9	183.9	1.1	1.5	収容密度：180 個/袋
砂利入り網袋採苗＋ 保護育成 (小長井地先)	426.0	369.0	279.0	648.0	0.7	1.5	R2 年 4 月 C. D. L. +0.9m
砂利入り網袋採苗＋ 被覆網 (小長井地先)	426.0	331.0	219.0	550.0	0.8	1.9	R3 年 4 月 C. D. L. +0.9m
移植用アサリ購入＋ 保護育成 (小長井地先)	426.0	110.0	364.0	473.0	0.9	1.2	R2 年 4 月 C. D. L. +0.9m
移植用アサリ購入＋ 被覆網 (小長井地先)	426.0	72.0	328.0	400.0	1.1	1.3	R2 年 4 月 C. D. L. +0.9m

表6 各技術の経済性一覧（その2）

技術名 (実験場所)	(千円)	コスト(千円/年)			評価 (A/B)		備考
	A 漁獲増 加量	1.人件費	2.資機材 費	B 合計 (1+2)	人件費 込み	人件費 除く	
※砂利入り網袋採苗＋ 保護育成 (猛島地先)	72.0	86.0	60.0	146.0	0.5	1.2	C.D.L. +1.0～1.4m の採取量平均
※砂利入り網袋採苗＋ 保護育成＋沖だし (猛島地先)	135.0	96.0	60.0	156.0	0.9	2.3	
軽石入り収穫ネット入り 網袋採苗＋沖側移植 (岱明地先)	232.0	—	145.0	145.0	—	1.6	
角ざる育成器＋ 砂利入り網袋 (住吉地先)	1,438.1	519.7	780.5	1,300.2	1.1	1.8	300 袋利用で試算 浮遊幼生の定着率 が良いケース
角ざる育成器＋ 牡蠣養殖用カゴ (住吉地先)	1,396.9	681.8	954.5	1,636.2	0.9	1.5	200 カゴで試算 浮遊幼生の定着率 が良いケース

1.3 貧酸素対策技術

カキ礁による貧酸素水塊軽減効果の検討を行うにあたり、漁業者自らが実施可能なカキ礁造成手法の開発、カキ礁の造成による貧酸素水塊軽減効果を数値解析により検討することを目標として実施した。

カキ礁造成手法の開発では、令和2年度までに干潟面から+0.3 mの高さに金網を取り付けた棚式着生材の実験区で良好なカキ湿重量の増加が確認され、本技術の有効性が示された。なお、本技術では、設置後3カ年程度で天然のカキ礁と同等の生息密度（20 wet-kg/m²）まで着生する事ものと推定された。

また、鹿島地先では令和2年7月豪雨による甚大な被害が発生したが、棚式着生材の流出は無く、残存率が100 %である事も確認された。

本年度は、過年度に作成した棚式着生材の作業手順書をもとに漁業者と棚式着生材の製作～設置までを再実証し、作業手順書を更新した。また、昨年度に設置した棚式着生材のカキバイオマスが目標値を達成したことも確認された。

しかし、3年以上の耐久性を想定していた棚式着生材に用いている金網が、当初の想定より早く落下したことから、金網の耐久性の向上が課題として挙げられた。

この課題に対しては、地元漁業者からの意見も踏まえ、新たな金網の固定方法を検討した。これにより、金網のテンションは比較的均一に保たれるうえに、カキの着生量向上も期待できると考えられ、今後の実証が望まれた。

カキ礁による貧酸素水塊軽減効果を検討では、過年度に検討された造成可能域のなかでも、貧酸素水塊の軽減効果が高まる造成域を検討した。その結果、最も浜川河口に近いエリアへの造成で、貧酸素水塊の軽減効果の高まる事が予測され、カキ礁の造成は、河口に近いエリアを優先して実施する事が望まれるものと考察した。

これら各成果を得た今年度の技術開発における仮説と検証結果を表7にまとめた。

表7 技術開発における仮説と検証結果のまとめ

中課題	小課題	作業仮説	検証結果
カキ礁造成技術の開発	カキ礁造成方法の開発	金網を用いた棚式着生材の設置2年目のバイオマスは、ネット設置2年目のバイオマス 3.88wet-kg/m ² と同等量以上となる。	◎ 令和2年度に設置した棚式着生材のカキバイオマスは、浜川河口が 13.8wet-kg/m ² 、鹿島地先が 11.9wet-kg/m ² であり、被覆金網の設置2年目のカキバイオマス 3.88wet-kg/m ² よりも有意に多かった。

※検証結果は、統計解析の結果を、「◎:有意差あり(p<0.01)」、「○:有意差あり(p<0.05)」、「×:有意差なし(p>0.05)」の3段階で評価した。「-」:は統計解析の対象外

1.4 変更事業計画の実施

本事業における令和3年度当初の有明海沿岸各県の調査結果から、有明海湾奥部においては漁獲対象となるアサリはほとんど生息がみられず、今年のアサリの生産が絶望的であることが明らかとなった。本事業に用いるアサリ稚貝も佐賀諸富地先の実証事業場所によっては全く入手できないような異常な状況が見られるなど、これまでに経験のないアサリの生息状況の変化が、本事業で目標とするアサリの生産性向上に向けた実証事業の効果の発現に大きな支障をきたしていた。この原因としては、令和2年7月豪雨の影響に加え、さらに令和3年5月の豪雨が淡水や濁水の流入を生じ、新たな稚貝の生息域が消失したためと考えられる。近年になって、豪雨とアサリ減少の因果関係が強く示唆されるようになったが、有明海において2年続きの豪雨で全滅に至ったのは初めてであり、従来測得されていた環境データや過去の経験値のみでは、これらの異常な気象現象がアサリの生息状況に及ぼす影響については検証が困難である。このため、漁場環境及びアサリ生息の状況について、環境計測体制を整備して所要のデータを得ることにより、異常な気象現象が本事業の効果の検証に及ぼす影響を適切に反映させるとともに、これらの気象現象に対しての影響緩和や復旧手法といった対応策を確保することが緊急に必要となった。

以上の背景を踏まえて、②「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」及び「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技術検討・評価・普及等事業」について、令和3年9月に事業計画を一部変更し、②では以下のア)及びイ)を実施し、③では②の各実証事業担当者との調整及びその結果にかかる点検・評価を行った。また、そのために必要な有明海内のアサリ生息場における生息状況、環境変化等にかかる情報収集を行った。

ア) 実証事業の各実施箇所における水温・塩分・溶存酸素・濁度・流速などの環境項目を夏季から冬季にかけて連続的にモニタリングし、特に異常な気象現象後のアサリの生残状況との生育環境要因の関係を分析する。

イ) アサリの生息に大きな影響を及ぼす環境変化・変動の影響を抑える技術・機材等の導入を検討する。また、実証事業実施箇所において異常な気象現象による影響が発生した場合の速やかな復旧手法の検討を行う。

具体的には、実証事業②の各中課題において、水温塩分などの環境データの機器による連続観測を夏季及び冬季のそれぞれ2週間程度ずつ行っていたものを夏季から冬季まで切れ目なく観測を行う体制を構築した。なお、①「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アサリ母貝生息適地造成技術開発及び貧酸素水塊軽減技術開発事業」においては、母貝の育成とカキ礁の造成については長期間の環境モニタリングが必要なため当初から連続観測を計画していたため、事業計画に変更は加えなかった。これにより、異常な気象現象にともなう環境変化の影響把握と影響緩和技術、被害からの復旧策の検討を行った。環境因子の連続観測とアサリの生残・成長のモニタリングから、低塩分や貧酸素とこれらに起因するアサリの大量死亡が観察され、回避策の検討や復旧策として他地区から移植用アサリ成貝の供給が行われた（図10）。

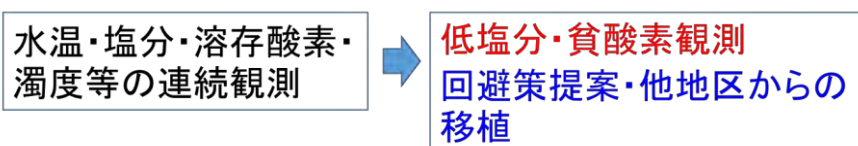


図10 異常な気象現象にともなう環境変化の影響把握と影響緩和技術、被害からの復旧策検討の機序

令和3年は8月11日より西日本を中心に豪雨が発生し、九州北部では降水量が1,000mmを超える記録的な豪雨となり、各地で災害が発生した。

これに伴い実証事業が実施されている各地先の塩分が低下し、一時的に完全な淡水が滞留していたことが確認された（図11）。塩分の推移は地先によって異なるが、アサリの生理状態に影響を与え長時間継続すると死亡に至る恐れがあるとされる閾値である塩分15以下の連続継続時間の最大値を整理したところ、図12

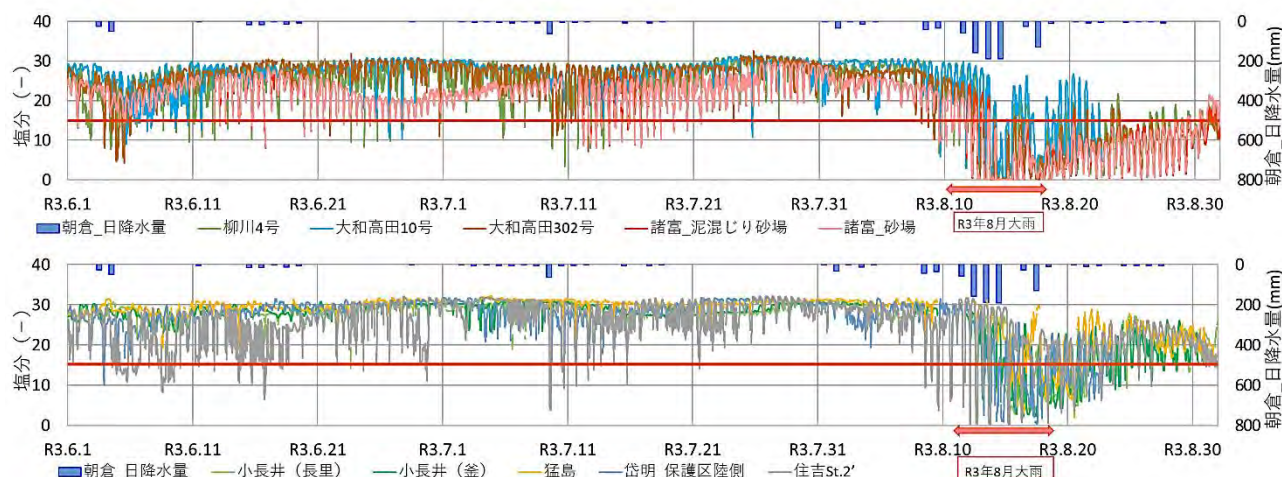


図11 実証事業が実施されている各地先における塩分の連続観測結果

に示すように佐賀諸富地先が他地先よりはるかに長期間にわたっていることが確認された。同地先におけるこの期間のアサリの生残率は10%程度であり、次いで顕著な死亡が見られたのは大和高田302号であったことを把握した。

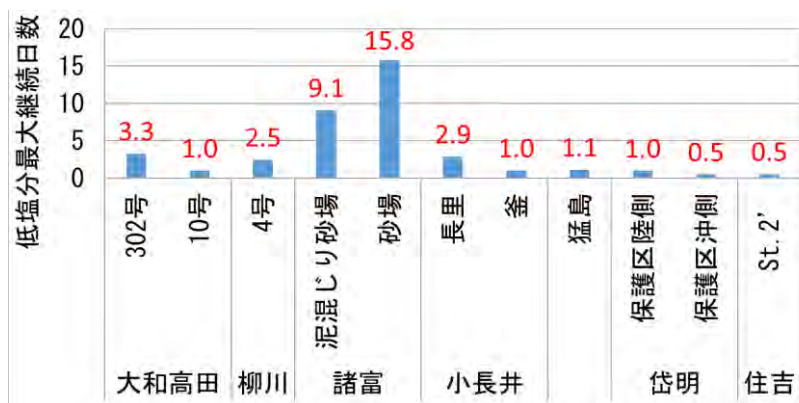


図12 各地先における塩分15以下の連続継続時間の最大値

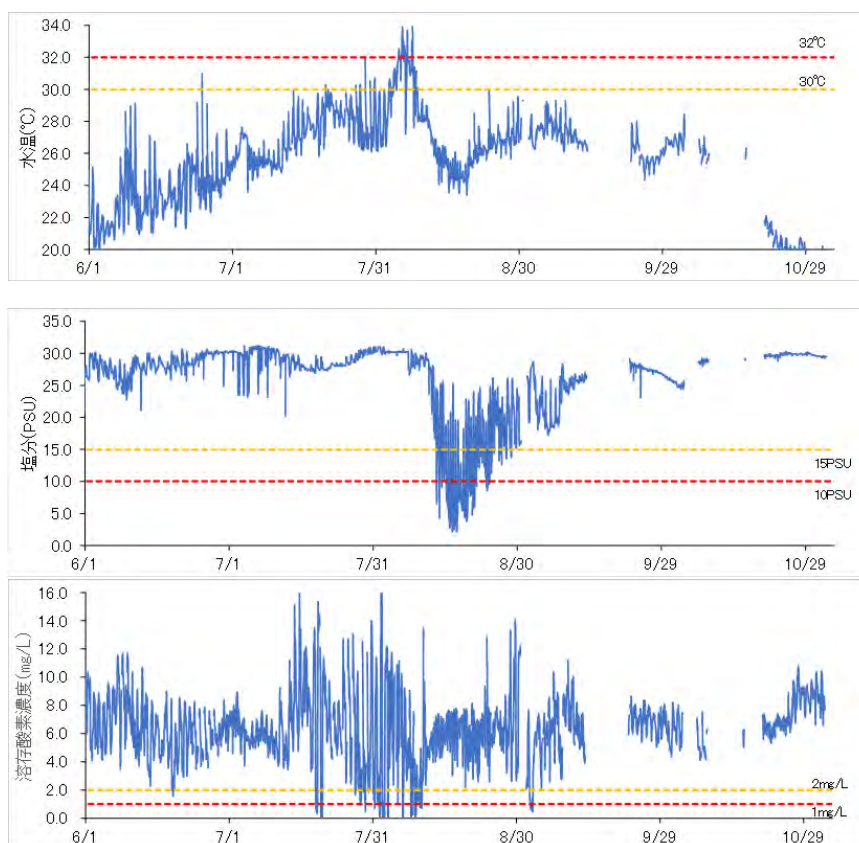


図13 小長井釜地先における水温、塩分、溶存酸素の推移



図 14 小長井釜地先におけるアサリ成貝と稚貝の生残率の推移

長崎県小長井地先における水温、塩分、溶存酸素の連続観測結果を図 13 に示す。同地先においては 7 月末から 8 月初旬にかけて貧酸素が長時間継続していたことが観測された。特に 8 月初旬には水温 30℃以上で溶存酸素が 1mg/L を下回り無酸素の時間帯も半日間程度継続していたことが記録されている。これにより、同地区では全滅に近いほどのアサリの大量死亡が認められたが、図 14 に示すように成貝がほとんど死亡したのに対し稚貝では半数程度が生残していた。このような実験を行ったことにより、夏季の貧酸素や高水温、低塩分のリスクへの適応策が検討された。

図 15 にアサリの移植技術開発における小長井の地元産アサリの作業カレンダーの今年度の結果を踏まえた見直しの部分を図示した。これまでは、採苗器を設置した前年 5 月から翌年の 10 月まで約 1 年半にわたり同所に留置し、10 月以降に成長の速い場所にアサリの移植を行う機序であったが、翌年 6 月の時点で成貝を間引きして漁獲するステップを加え、夏季の環境変化によるロスを最小限にするとともに、残ったアサリ稚貝や未成貝も必要に応じて退避に供することができる。このような影響緩和技術が提唱されるようになったことは、本事業の計画変更の実施による成果であると推察される。

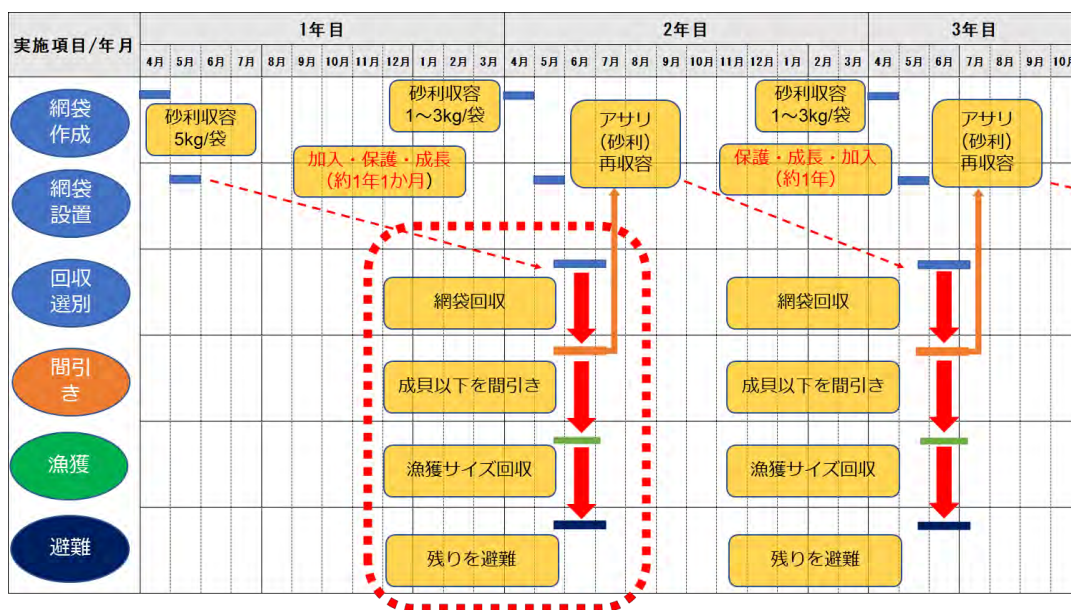


図 15 小長井地先における環境変化の影響緩和としての移植技術の見直し

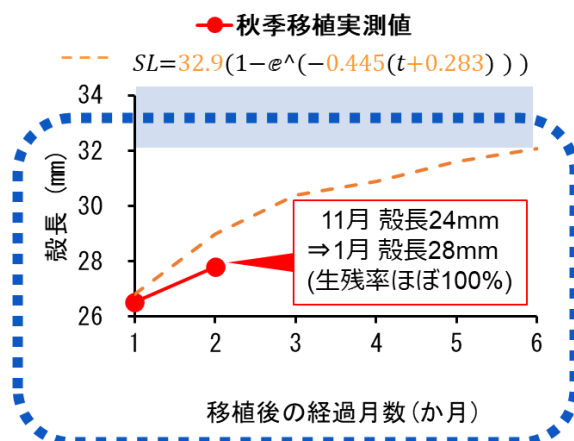


図 16 佐賀諸富地先における死亡リスクの高い時期を避けた他地先からのアサリ未成貝の移植実験

また、佐賀県諸富地先では低塩分により 6 月に福岡大和高田 10 号地区から移植したアサリ未成貝も令和 3 年 8 月の大雨で 9 割を失うこととなったため、淡水流入や高温のリスクが大きい夏季を避けた秋移植の実験として、長崎県島原猛島地先からアサリ未成貝の提供を受けて移植実験を実施した (図 16)。移植されたアサリはこれまでのところ順調に成長し、次年度の夏季までに漁獲サイズに到達することが期待される。

このような試みも異常な気象現象による影響が発生した場合の速やかな復旧手法の検討として、変更計画が有効に機能したものと推察される。

1.5 本事業で開発・応用された技術の適用について（普及に向けて）

本事業の骨格を形成する、①「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 アサリ母貝生息適地造成技術開発及び貧酸素水塊軽減技術開発事業」、②「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」では、表8に整理したように地先ごとに環境条件の特徴が異なる場で、採苗、稚貝育成、母貝育成、移植の技術開発が行われている。なお、佐賀鹿島についてはカキ礁の造成技術を開発しているため、アサリの実証事業のための技術開発とは体制が異なっている。アサリの採苗技術については、各地先で取り組まれるようになっており、これは当初想定されたアサリ稚貝の高密度分布域からの移植を前提とした条件が崩壊しているということを含蓄している。

表9に各実証試験地における現況と技術展開を示す。令和3年度当初に確認されたアサリ天然稚貝の状況は、移植を前提とした実証試験地である佐賀諸富では既に高密度集積域は消失し、実証試験地における採苗や他地区からの移植に依存しなければならない状況に至っていると理解される。また、長崎小長井や熊本岱明においては春季に前年秋産まれ群の稚貝の発生は見られるものの、夏から秋にかけて個体密度を著しく低減させていることが実証試験地における現地盤の調査で明らかになっている。

表8 各実証試験地における環境条件の特徴と実施内容

事業-大課題-中課題	場所	底質	湾内の位置	制限要因	実施内容					
					採苗技術	砂利等の適用	パームの適用	稚貝育成	母貝育成	移植
①-1-1	福岡柳川	泥	北部	泥分	○	不可	必要	○	○	
①-1-2	熊本住吉	砂	南部	粒径・波・流れ	○	可		○	○	
①-2-1	佐賀鹿島	泥	北部	貧酸素	カキ礁の造成技術開発					
②-1-1	福岡柳川	砂泥	北部	流れ・密度	○	可	必要	○		
②-1-2	長崎島原	砂礫	南部	波・流れ	○	可		○		
②-2-1	佐賀諸富	泥&砂泥	北部	泥分・密度	○	一部可	有用な可能性	○		○
②-2-2	長崎小長井	砂泥	中部	密度	○	可		○		○
②-2-3	熊本岱明	砂	中部	波・流れ	○	可		○		○

表9 各実証試験地における現況と技術展開

事業-大課題-中課題	場所	天然稚貝の状況	その他・備考	主要技術・装置	比較用技術・装置
①-1-1	福岡 大和高田	なし	地場採苗から母貝まで一貫させる要あり(本来生息すべき個体群の親を作る)	低コスト型離底飼育器具 軽石入り網袋	高地盤覆砂域
①-1-2	熊本住吉	多いが夏季に消失		角ざる育成器 砂利入り網袋・カキ養殖用バスケット	被覆網
①-2-1	佐賀鹿島			数値計算 金網式着生材	
②-1-1	福岡柳川	少ない	大量の種苗確保が必要(放流用)	パーム入り網袋 軽石入り網袋	
②-1-2	長崎島原	少ない	運搬(他組合漁場に持っていくため)	砂利入り網袋	沖出し用カゴ
②-2-1	佐賀諸富	なし	スポット的なアサリ漁場造成の試み	砂利入り網袋 コンポーズ利用離底器具 数値計算・水槽実験	
②-2-2	長崎小長井	多いが夏季に消失	国産(地場)種苗で差別化を図る	砂利入り網袋	被覆網
②-2-3	熊本岱明	多いが夏季に消失	沖への移植(網袋膨満対策)に陸側での取組を追加	軽石入り網袋 コンポーズ利用離底器具	被覆網

各実証試験地で適用されている主要な技術や装置を表9に示した。これまでの調査から、それぞれの環境条件に適したものが選択されてきたが、機能的な面から①網袋式採苗器、②離底手法、③育成容器、④被覆網に大別される。以下に、これらの分類別に開発・応用された技術と適用範囲について述べる。

①網袋式採苗器

天然採苗の方法として、現在広く普及されるようになった網袋式の採苗器が本事業でも共通して用いられている。ただし、基質については砂利や軽石のような粒状とパームのような繊維状の材質が使用されており、後者については本事業で初めて開発された方法である。それぞれの特徴と適用条件は以下のように整理される。

・砂利入り網袋・軽石入り網袋

佐賀諸富地先での底面からの高さ別に採苗器を設置して初期稚貝の出現状況を調べた実験から、底面からの高さが高くなるほど初期稚貝数が少なくなったことから、網袋を取り付けたパイプが波浪や潮流によって動揺することにより砂利のような粒子が振動するため着底稚貝や初期稚貝がふるい落とされたため採苗に至らなかったものと考察される。このため、本方式は基本的に底面設置が望ましい。

*浮遊幼生の着底だけではなく、着底稚貝(殻長0.3mm)や初期稚貝(殻長0.3~1.0mm)、稚貝のうち網袋の目をくぐり抜けられるサイズのものが追加的或いは主要な加入対象となることが期待される。また、理論的にはそのまま成貝までの育成が可能であり、採苗から母貝育成や漁獲まで一貫した飼育の容器としての位置づけも兼用される。

*全面が網目で囲われているため、食害生物からの保護や波浪等による散逸防止の効果は高いのに対し、一方で埋没した際にはアサリが死亡してしまうため、埋没しにくい場を選択する必要がある。漂砂や泥の堆積により埋没しやすい場においては、対策技術の適用を検討する必要がある。

・パーム入り網袋

パームは椰子殻の繊維で、従来から有明海の湾奥部においてサルボウガイの採苗器として使用されてきた素材である。この素材を網袋の中に収容することにより、アサリ浮遊幼生が着底変態時に付着し、足糸を分泌できるようになってからは足糸で付着したまま稚貝として目視で認識されるサイズまで成長して、採苗器としての機能を発揮していると考えられる。

*以上のような特徴から、網袋を取り付ける基盤となるパイプなどが揺れても採苗が可能であるということが大きな利点としてあげられる。この利点を生かして、底面から離して設置が可能であるため砂利入り網袋の設置ができないような泥場でも適用が可能である。

*これまでの採苗実験から、前年の秋に設置したパーム入り網袋に翌年春には多数のアサリ稚貝の出現を認めているが、夏季まで延長して設置しておいた場合、網袋の中でアサリが死亡して急速に減耗することになった。その原因としては、ヒラムシによる食害が明瞭な現象として認められているが、その他にアサリの殻内に泥が詰まった状態が確認されており、何らかの原因で死亡した後に粘土粒子が堆積したものと推測される。このことから、パーム入り網袋の場合は、長期間の設置は不適當であり、アサリの殻長が 15mm 程度に達するまでに採苗器から取り出すことが望ましい。

網袋式採苗器における残された課題：

- ・採苗効率を上げるための網袋の材質や網目サイズの検討（幼生や初期稚貝を高効率でトラップするため）。メッシュパイプ等の硬質構造体の導入。
- ・作業の効率化を図るための種々の工夫（網袋の固定方法、網口の固縛方法など）。

②離底手法

有明海には底質が泥質や泥分の多い砂質の干潟が多く存在し、採苗器や育成容器が埋没したり、そもそも設置できないといった場が多く存在している。また、砂質干潟においても漂砂によって砂面が常時変動しており、網袋などを設置した場合、局所洗掘や堆積によって不安定な状態になることが知られている。

このような場では、底面より高い位置に育成容器などを設置させる離底手法の導入が不可欠である。離底手法として、重力式の古典的な覆砂による方法のうち「各地域の特性に応じた有明海の漁場環境改善実証事業」（平成 25～29 年度）で提案された小規模高地盤覆砂とパイプ材を組み合わせで作成する離底器具が揚げられる。後者については、本事業の中で、それぞれ「いかだ型」と「棚枠型」に分類される離底器具が開発・適用されている。それぞれの特徴と適用条件は以下のように整理される。

・小規模高地盤覆砂

主に泥質の地盤において泥質層厚よりも少なくとも 10cm～20cm 天端高を高くするように粗砂や砂利、碎石などを用いて盛り土を行うことになるが、決壊を防ぐため周囲にフレキシブルコンテナバッグにこれらの素材を中詰めした堤体を形成させることが必要である。しかし、1m 四方程度の狭い面積で

あれば小型の土嚢袋を用いることにより、重機を用いずに手作業でも施工が可能である。ただし、波浪により盛り土した底質が流出し易いため、盛り土材を網袋に詰めておくなどの工夫が必要。

＊底面変動や動揺がないため、波浪対策として適切な固定を行えば設置した網袋が動くことはない。

また、カキやフジツボなどの生物付着は顕著ではなく維持管理は比較的容易。

＊底面に設置しているため安定している反面、移動や撤去は困難である。また、単位面積あたりの材料費や労力などのコストは非常に高く、多くの施設を設置することは現実的ではない。

・いかだ型離底器具

砂利や軽石入り網袋を設置する際の埋没対策として、底面に漁網やブルーシートを敷いたり、孟宗竹を縦割りにしてスキー板のような架台を敷いたり、二重底プレートを敷設しておくなどの方法がとられるが、ここでは海苔養殖において多用されるコンポーズパイプの廃材を活用して製作される離底器具を「いかだ型離底器具」と定義付けることとする。

＊底面に敷設されるので、離底の高さはパイプの太さに依存する。コンポーズパイプは直径が5cmなので、数cm程度の砂泥堆積までは適用させることが可能。

＊深い泥質の場に設置することはできない。また、砂泥の堆積が10cm以上になると砂利入り網袋等が埋没する危険を生ずる。さらに、パイプは硬質であるため、生物付着にも注意を払う必要がある。これまでの実証実験では砂質干潟では砂泥質干潟よりも付着生物の被度は少ない傾向にある。流れや波浪に対する安定性を含め、設置条件に関する検討をさらに進める必要がある。

・柵枠型離底器具

有明海湾奥部や河口周辺には泥が厚く堆積しアサリ漁場としても海苔養殖漁場としても未利用の泥干潟が分布している。このような場に大規模な底質改良工事を伴うことなくアサリの成育場を形成させる手法として、本事業において「低コスト型離底飼育器具」が開発された。コンポーズパイプを用いて杭を打設し、その上に井桁上に型枠を組む形状の構造物であるため、ここでは「柵枠型離底器具」と定義付けることとする。

＊組み立て式であるため、離底させる高さの調節が可能である。柵板に相当する底面部分は、施工後に適宜取り付けることとなる。これまでは安価なゴルフネットを張って網柵のような状態にしていたが、どのような材質や形状が良いのか検討の余地がある。

＊底面からの高さが数十cmに及ぶ構造物であるので、海苔養殖や曳き網、流し網などの漁業が行われる場に設置することはできない。また、パイプやパイプを固定するクランプにはカキやフジツボなどの生物付着が激しいので、これらを剥離するメンテナンスが欠かせない。

離底手法における残された課題：

- ・作業効率化を促進するための材質の選択やメンテナンス手法の確率。
- ・離底器具の設置面積が限られるため、単位面積あたりのアサリ収容量の増加による生産性・経済性の向上。

③育成容器

採苗器によって確保されたアサリ稚貝を保護・育成するために様々な容器が用いられているが、育成を開始するアサリのサイズや設置する場の環境条件などによって、適した容器とその設置方法を選択する必要がある。以下に、本事業で用いられた育成容器を列挙し、それぞれの特徴や適用上の留意点などについて述べる。

・砂利入り網袋

上述の①網袋式採苗器で述べたのと同じ原理である。三重県鳥羽市浦村町でケアシェル+網袋の方式でアサリの採苗に成功した事例が伝えられて以来、全国的に広がって既存技術となりつつある。

＊砂利や碎石は低コストで入手しやすいため、取り組みやすいのが利点である。採苗から育成まで一貫して行うことができるため、効果の確認がわかりやすい。

＊砂利や碎石を収容すると粒子の比重が高いため、沈下、埋没、砂の混入による膨満が起きやすい。砂利が混在するような安定した底質なら埋没対策は不要であるが、砂泥質の干潟では埋没対策を常に意識して用いる必要がある。特に大雨による土砂流出や台風などによる高波浪など季節的な砂泥堆積に注意が必要。

・軽石入り網袋：

基本的には上記と同様であるが、砂利の代わりに軽石を用いるため重量が軽くなって取扱いが容易になる。ただし、波浪や潮流が激しい場所では、転動し易いため固定には注意が必要。

＊粒径 2mm 程度の軽石を用いることにより転動が起きにくく、固定を簡素化することができる。

＊軽石の質によっては吸水し難い素材もあり、水中比重が軽くなるため安定性が劣ることがあるので軽石の選定に注意が必要。

・角ざる（細目）

天然に発生した小型の稚貝を砂利や軽石などの基質を加えずに保護・育成するため容器として有用な結果が得られている。令和3年度に、水切りかごに用いられる 30cm×40cm 程度（目開き 2mm 程度）の角形のザル 1 個あたり、殻長 7mm のアサリ稚貝を 5,000 個体収容し、2 ヶ月後に 8 割近い生残率で 13mm に成長させた事例が報告された。蓋は平らな専用の蓋を用いるのではなく、内部の空間を確保するために同じざるの容器を逆さに被せ蓋として用いることが成功の鍵である。網袋や被覆網などに展開させる前段階で効率的に稚貝を中間育成させる有効な手段として注目される。

＊熊本県住吉地先以外での適用例が無いため、他の環境条件での事例を増やし、適用条件をより明らかにする必要がある。

＊密度調整や基質の添加をしないで、長期間の設置は成長の停滞と生残率の低下をもたらすので、中間育成としての位置づけが望ましいであろう。

・カゴ（粗目）

上記の角ざるよりやや大型の 30cm×50cm 程度のプラスチック製カゴ（目開き 10 mm程度）を埋設し、蓋をして保護する方式である。従来よりステンレスカゴを埋設してアサリなど毎財政二枚貝類の保護・育成実験が行われてきたものであり、保護の効果は高い。

＊埋め込み方式では適用可能である。泥質や砂泥質の場合では埋設は不適當であるため、離底器具上で使えるか検討が必要である

＊埋設の施工に手間がかかるため、設置や撤去が容易ではないので、砂利入り網袋等の代替手法として優位性は認められない。

・カキ養殖用バスケット

カキのシングルシード養殖に用いられる容器（BST カキ養殖システム）をアサリの育成容器として応用するものである。バスケットの網目の大きさは、6mm／12mm／17mm の3種類があるので、アサリのサイズに合わせて選択することができる。通常、カキの養殖では海面に張った延縄にバスケットを取り付けるが、アサリ育成の場合は底面に設置、埋設する必要がある。砂泥への埋没を避けるために完全に埋設せずに、上部を露出させる必要がある。小型のアサリ稚貝を収容するためには網目から抜けないように工夫する必要があるため、手間を省くためには少なくとも殻長 15mm 以上の未成貝からの育成が対象になるであろう。

＊網袋式に比べて埋没のリスクが低いため、砂利入り網袋などの設置が困難な場所での適用が期待される。

＊バスケットの網目が最小でも 6mm であるため通水性が高く、潮流や波浪によって基質の流出が起こりやすいため、アサリの成長や身入りが網袋式に比べて劣る結果となっている。また、バスケットの露出面にカキ、フジツボ等の付着生物が固着し、これらを剥離するメンテナンスが欠かせない。

残された課題：

- ・基質の粒径と網目の関係、作業効率化を促進するための材質の選択やメンテナンス手法の確率。

④被覆網

北米のアサリ養殖で食害からの保護のために用いられた技術が、東京湾を經由して瀬戸内海などに広く普及している古典的な保護育成手法。網の目や材質、固定方法については、設置場所の環境条件や対象とするアサリのサイズによって様々な資材と方法が選択される。有明海では潮流や底質に起因する問題（泥をかぶりやすい）のためか、本格的な導入事例は少ない。ここでは、本事業で試みた事例を基に網目の種類による差に着目して述べる。

・菱目網（漁網）を用いた被覆網

これまでに防風ネットなどを用いた被覆網の敷設実験が行われてきたが、網地の破損などを生じる結果が見られたことから、漁網を用いた実験を実施している。旋網などに用いられる菱目網を設置面積を大きくしないで用いることにより、物理環境の厳しい条件でも破損のリスクを低減させることが出来るか検討中である。

＊堅牢性は向上し、破損や剥離は生じにくい。2m 角程度の小型であれば扱いは容易である。