

VIII. 総合考察および評価

目次

IX. 総合考察および評価	459
1. 総合考察	459
1.1 漁場環境特性	459
1.2 アサリ生産性向上技術	461
1.3 貧酸素対策技術	476
1.4 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）	479
2. 評価と課題	484
2.1 評価結果	485
2.2 今後の課題	493

IX. 総合考察および評価

本事業は、平成 30 年度から令和 4 年まで実施された事業の成果をもとに、令和 5 年から開始され、天然採苗技術を活用したアサリの育成・収穫、環境変動に対応したアサリの育成、作業効率の高いアサリの保護育成、二枚貝等による貧酸素水塊軽減等の漁場への影響評価の各技術開発を実施した。各実証実験の結果は、各実証実験の成果報告で詳述した通りであり、今年度までに、各技術の効果や実用性等も考察した。

以下に各実証実験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
天然採苗技術 を活用したア サリの育成・ 収穫	①福岡県柳川市地先	潮汐による流れが強い干潟
	②長崎県島原市地先	浮遊幼生が着底するが、稚貝が成育しない礫浜
	③熊本県玉名市地先	波浪が強いため、底質が動きやすい砂干潟
環境変動に対 応したアサリ の育成	④佐賀県佐賀市地先	筑後川河口域で河川水の影響を受けやすく、 潮汐による流れが強い干潟
	⑤長崎県諫早市地先	泥干潟上に覆砂された養殖場
作業効率の高 いアサリの保 護育成	⑥福岡県大牟田市地先	アサリ漁場として未利用である砂混じりの泥 干潟
	⑦熊本県宇土市・熊本市 地先	粒径が小さく、底質が動きやすい砂干
二枚貝等によ る貧酸素水塊 軽減等の漁場 への影響評価	⑧佐賀県 鹿島市地先	貧酸素水塊の影響がある浅海域（二枚貝への 影響大）

【物理環境】

流況環境では、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、湾奥に位置する大和高田地先で波高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波高が高くなることが確認された。

流況および波浪の影響が強くなると、その場所の底質が移動し、地形の変化が懸念される。各実証実験では流況調査結果より、底質の移動に影響する底面せん断応力の経時変化を求め、さらに各場所の底質粒径や比重等より底質の移動に関わる限界底面せん断応力も求めている。各実証実験で得られた底面せん断応力が、各場所の底質の移動に関わる限界底面せん断応力を超える割合を求めた結果、波動成分による底面せん断応力の割合の多くなることが確認できた。また、夏季と冬季の結果を整理した結果、夏季では、湾奥に位置する大和高田地先や柳川地先、次いで諸富地先、岱明地先、住吉地先で底質の移動に関わる限界せん断応力を超える割合が大きくなった。冬季では、夏季に割合の大きかった湾奥に位置する各地先と諫早湾の北岸に位置する小長井地先で、底質の移動に関わる限界せん断応力を超える割合が小さくなる傾向であった。これら各地先で波動成分による割合が減少していたことから、冬季は北風が卓越するため、風波による影響が弱まったものと考えられた。他地先では、猛島地先で夏季に比べて冬季に底質の移動に関わる限界底面せん断応力を超える割合が大きくなる傾向が見られ、岱明地先と住吉地先では夏季と冬季ともに同程度であった。この結果より、岱明地先と住吉地先では、夏季、冬季の季節を問わず地形変化の影響を受け易い環境にあると推測された。

【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ている様子が観測された。令和3年8月に発生した豪雨においても、諸富地先で淡水流入の影響が強く現れており、塩分15以下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推測された。なお、今年度は、過年度の様な数日間に渡る大雨は発生しなかったが、大雨が観測された日はあり、湾奥の福岡県、佐賀県の地先で塩分15以下の継続時間が最大でも約1.0日間であったものの確認はされた。この結果からも、湾奥の大河川の河口近くの場合は、大雨等による淡水流入の影響を受けやすいことが確認された。

水温環境では、令和3年度に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、他の実験場所では最大でも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。今年度は、小長井地先での30℃以上の継続時間は長里漁場で約0.8日間と短い結果であった。しかし、柳川地先4号地区では約5.0日間、岱明地先保護区陸側で約4.5日間、住吉地先St.2'で約4.2日間と長くなり、高水温となる地点が調査年により大きく変わる事が確認された。

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が、令和3年度に続いて今年度も確認された。

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、湾奥の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、アサリの生息に適した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 アサリ育成技術の高度化

1.2.1 技術の効果検証

(1) 天然採苗技術を活用したアサリの育成・収穫

本課題では、潮汐による流れが強い干潟（福岡県柳川市地先）、浮遊幼生が着底するが、稚貝が育成しない磯浜（長崎県島原市猛島地先）および波浪が強いため、底質が動きやすい砂干潟（熊本県玉名市岱明地先）を対象として、稚貝を採苗し漁獲サイズまで育成する技術の開発を実施し、以下の成果が得られた。

① 採苗技術の開発

大和高田地先 302 号地区では、令和 3 年度までに、棚枠型離底器を利用してパーム採苗したアサリの育成実験を実施し、殻長 25 mm 程度への成長と秋の産卵が確認できた。今年度は、さらにその後の成長と春の産卵も確認できた。以上より、パーム採苗して春に移植したアサリは、その年の秋と翌年春の 2 回産卵することが孕卵数の推定からも明らかとなり、棚枠型離底器が未利用泥干潟を母貝場とする有効な手法であると考えられた。さらに翌年春に 2 回目の産卵を行った個体は、その後に漁獲することも可能である。ただし、夏季から秋季にかけては、生残率の低下が懸念されることから、早めの漁獲が望まれた。

また、小規模高地盤覆砂域との比較では、パーム採苗したアサリを令和 3 年 12 月に軽石入り網袋を用いて棚枠型離底器と小規模高地盤覆砂域に移植し、その後の生残、成長、肥満度、群成熟度そして生殖腺の組織観察を今年度 8 月まで追跡した。この結果、棚枠型離底器と小規模高地盤覆砂域では、同等の育成効果であることが確認された。しかし、両手法の作業性および材料費の比較より、棚枠型離底器が実用化にふさわしい手法であると考察された。

住吉地先では、令和 3 年度までに、母貝育成に際しての流出対策（食害にも対応）として既存技術の砕石入り網袋と牡蠣養殖用カゴを用いた実証実験を実施し、砕石入り網袋が適していることが確認された。今年度は実験規模を拡大して、砕石入り網袋と牡蠣養殖用カゴを用いた実証実験を実施し、砕石入り網袋で成長が良いなど、令和 3 年度の小規模実証実験の結果を補強する結果が得られた。また、孕卵数の推定結果では、春と秋の産卵期にピークが見られており、春に現地盤で採取した稚貝が、その年の秋に産卵し、翌年春にも産卵していることが明らかとなった。しかし、その後の成長が緩やかであること、育成期間が長くなると生残率が低下することから、春の産卵を終えた後、夏季までに漁獲することが適当であると考えられた。

② 稚貝育成技術の開発

大和高田地先 302 号地区では、令和 3 年度までにパーム入り網袋 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。今年度は、産卵数の増加や、産卵後の漁獲量増加をめざし、単位面積当たりの母貝収容量を増やすことを目的に、「従来法」として棚枠型離底器上に採取稚貝を収容した軽石入り網袋を 8 袋/㎡ 設置した手法、「縦置き法」として棚枠型離底器に竹の簀の子を設置して下からの波の吹き上げによる動揺を抑制し、採取稚貝を収容した軽石入り網袋を 25 袋/㎡ 設置した手法、「カゴ」として棚枠型離底器上に底面が遮蔽されたカゴを配置し、基質として軽石を入れて採取稚貝を収容した手法を比較した。この比較により、単位面積当たりの母貝収容量を増やす手法として、縦置き法が有望であると考えられた。ただし、アサリが産卵に適した状態であるかの確認が実施できていないため、肥満度や成熟状況の把握など、より詳細な検討が望まれた。

住吉地先では、令和 3 年度までに、春季に現地盤で高密度に生息する稚貝を採取し、角ざる育成器により 10 mm 程度まで中間育成する技術の可能性を考察した。また、砕石入り網袋を現地盤に設置することで、稚貝が転がり込み、網袋内で育成している可能性があることも考察された。今年度は、4 月に砕石入り網袋を 2 実験区（St.2'、St.4）に設置し、7 月および 10 月に採取状況を確認した。これにより、流況が比較的穏やかで稚貝が多く分布する場所で、多くの稚貝が入り込むことが明らかとなった。また、角ざる育成器に 2 種類の収容密度（約 5,000 個体、約 8,000 個体）による稚貝の育成実験を実施した結果、両収容密度ともに同程度の成長が確認され、8,000 個体よりも高密度での育成が可能であると考えられた。また、底質の Chl. *a* 濃度を分析した結果、角ざる育成器内は現地盤の約 8.7 倍であり、餌資源の面から、現地盤より稚貝育成に

優位な環境にあることが明らかとなった。（←「優位な環境である可能性がある」程度の書き振りの方が良いかもしれません。（中課題 1-2 の原稿で指摘済みです））

③ 生産サイクル

湾奥部泥干潟における母貝育成のための基本技術は、干潟面から離底させて飼育する技術であり、秋発生群を翌年春から離底飼育し、同年秋と翌年春の2回の産卵を経て、夏季の生残率低下が見られる前に漁獲する作業カレンダーを検討し、図2に示した。

実施項目/年月		1年目					2年目										3年目					
		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
稚貝確保	バーム採苗																					
稚貝-成貝 育成	保護・育成																					
	産卵																					
	漁獲																					

図2 大和高田地先での作業カレンダー

砂干潟である住吉地先においては、例年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、10mm程度まで育成する。その後、基質入り網袋に1袋当たり500個体収容して、殻長20mm程度まで育成する。20mm程度に育成した成貝は、基質入り網袋に1袋当たり100個体に密度調整して、殻長30mm以上（漁獲サイズ）まで育成する。そして育成した母貝を、当年秋および翌年春の産卵後、初夏に漁獲する作業カレンダーを検討し、図3に示した。なお、稚貝採取として、砕石入り網袋を現地盤に設置することで、周辺からの稚貝の転がり込みが期待できる。その後、同じ袋で未成貝まで成育させることで、稚貝確保と稚貝育成の作業の簡略化が可能となる。ただし、必要個体数が確保できないことや、大量に確保され成育不全を起こす可能性も考えられ、継続しての検討が必要であると考えられた。

実施項目/年月		1年目												2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
稚貝確保	現地盤採取																
稚貝育成	保護・育成																
未成貝育成	保護・育成																
網袋への転がり込み																	
成貝育成	保護・育成																
	産卵																
	漁獲																

図3 住吉地先での作業カレンダー

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、母貝飼育を行い、産卵も確認された。実用化へ向けては、泥干潟では採取した稚貝を移植する時期の詳細な検討、砂干潟では更に効率的な母貝育成サイクルへの改良が課題とされた。

母貝生息適地造成の技術開発における目標と成果を表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	目標	成果
-----	-----	----	----

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	パーム採苗したアサリは、稚貝から漁獲サイズまで、棚枠型離底器での育成が可能な事を実証する。	令和4年7月に平均殻長29.0mmに達した。漁獲サイズは30mm以上であるため、概ね漁獲サイズに達したものと考えられた。
		パーム採苗後に棚枠型離底器へ移植したアサリの生残、成長、成熟のいずれも、前フェーズで成果の得られた小規模高地盤覆砂域と同等であることを実証する。	実験区間で生残、成長、成熟は同等であった。経済性では棚枠型離底器が優れていた。
		春と秋にピークを迎えると考えられる産卵期の産卵数を明らかにする。	産卵期のピークを春と秋に確認でき、産卵数の平均値として春599,255個/個体、秋478,595個/個体を得た。
	母貝用種苗確保技術の開発	産卵数の増加や、産卵後の漁獲量増加をめざし、単位面積当たりの母貝収容量を増やす手法を明らかにする。	手法として従来法、縦置き法、カゴと比較した結果、単位面積当たりの母貝収容量を増やす手法として、縦置き法が有望であった。
	母貝育成サイクルの構築	採苗後の移植に適した時期(期間)を明らかにし、立案した作業カレンダーを見直す。	移植は、高温や豪雨の影響が懸念される7月を避け、6月までに実施するのが望ましいことが明らかとなった。
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	母貝育成に際して、碎石入り網袋と牡蠣養殖用カゴを用いて、母貝育成サイクルに有効な手段を確立する。	碎石入り網袋が牡蠣養殖用カゴよりも育成の面では、有意に高い。
		春と秋のピークを迎えると考えられる産卵期の産卵数を明らかにする。	既報文献と同程度の卵数を確認し、春と秋の産卵に合わせたピークが確認された。
	母貝用種苗確保技術の開発	現地盤で稚貝を採集できなかった際の補填として、碎石入り網袋に転がり込んだ稚貝が網袋内で育成するか明らかにする。	4月に設置することで7月には未成貝育成につなげる個体数を確保できる。
		令和3年度よりも高密度で育成しても生残や育成に支障が無いかわかるようにする。	1カゴ当たり8,000個体収容しても生残や殻長に有意差は認められない。

(2) 環境変動に対応したアサリの育成

本課題では、砂混じりの泥干潟（佐賀県佐賀市諸富地先）と泥干潟上に覆砂された養殖場（長崎県諫早市小長井地先）を実験場所として、特性が異なる2か所の干潟で、稚貝の採取技術、保護育成技術の実証実験を行った。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 程度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。しかし、場所によっては、設置高さによる採取個体数に差がなく、さらに採取個体数そのものも少なくなる傾向が確認された。設置高さによる採取個体数に差が見られなかった地点では、上げ潮時に淡水流入の影響を受けた水塊が多く確認されており、沖合からの浮遊幼生を伴う水塊が少ないことが要因として考察された。また、採苗基質となるパームの形状では、玉ねぎ型のような立体的な構造で採苗効率が高くなる可能性が示唆された。昨年度に効果が確認されたほぐしたパームでは、パーム表面のみに稚貝が着底するが、立体的な構造にすることで、パーム内部にも着底する効果が考察された。なお、採苗器は従来の網袋式よりも、メッシュパイプ式の方が、採苗効率が良好であることも確認された。

育成技術として、コンポーズを利用して離底させることによる泥土対策技術を検証した結果、冬季の泥土対策に加えて、夏季のホトトギスガイマットに対しても有効である可能性が示唆された。また、泥土が堆積しない期間を育成期間とし、泥土対策が不要な作業スケジュールの有効性も検討された。

波、流れの強い島原地先では、令和3年度までに、春季に砂利を収容した基質入り網袋を設置し、1.5年後となる秋季の成員の採取量を確認した結果、C.D.L.+1.0～1.4 mが稚貝採取・育成のための活用可能範囲と推定された。今年度は、令和3年度の春季に設置した基質入り網袋の継続モニタリングを実施した結果、活用可能範囲がC.D.L.+0.7～1.4 mに拡大されることが推定された。なお、拡大された活用可能範囲の面積は24,548 m²（約2.5 ha）となった。

また、保護育成技術として、令和3年度に沖出しが効果的となる網袋内の密度は0.1 kg/袋以下であることが把握された。今年度は、この沖出し効果の再現実験を実施し、対照区に対して約1.2倍多い採取量が得られ、網袋設置の1年後にアサリ採取量が0.1 kg/袋以下の時は、沖出しによる成長促進を図ることが有効であると考察された。

② 稚貝採取から運搬までの一連の方法の構築

現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、現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。

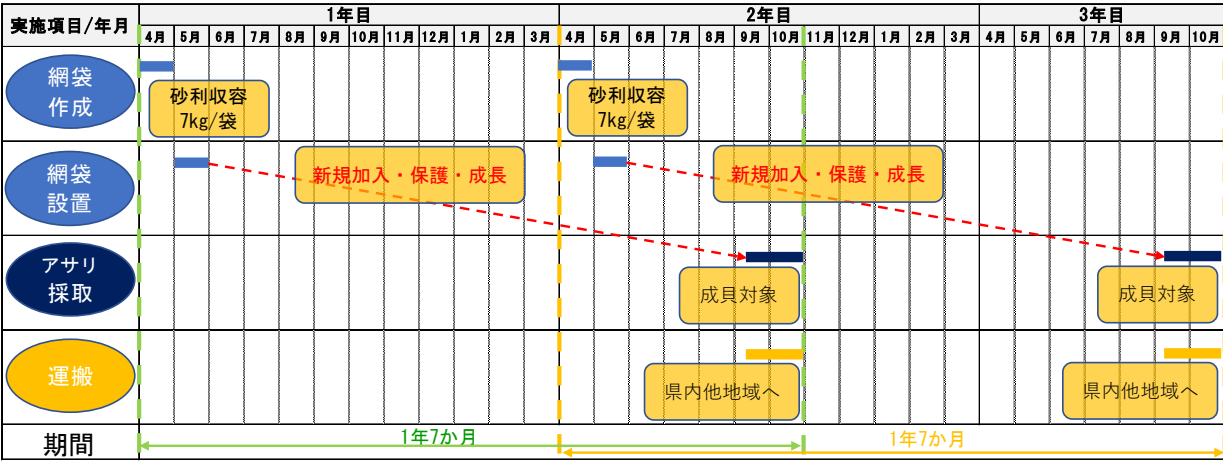
柳川地先における稚貝育成のための基本技術には、基質入り網袋を採用した。採苗にはパームを基質としたメッシュパイプ採苗器を秋季に離底設置し、秋季発生群を採取する。翌年春季に軽石入り網袋内に収容して殻長約20 mmとなる8月頃まで中間育成し、現地漁場への放流に繋げる一連のサイクルを設定した。なお、メッシュパイプ等の耐用年数を5年とした作業カレンダーを検討し、図4に示した。

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
稚貝確保	設置・採苗				設置・採苗				設置・採苗				設置・採苗				設置・採苗			
稚貝育成		移植	中間育成・放流			移植	中間育成・放流			移植	中間育成・放流			移植	中間育成・放流			移植	中間育成	

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年後に採苗器内のアサリ密度が0.1 kg/袋程度であれば沖出しすることで、採取量の増量する効果が確認された。しかし、沖出しの有無を判断するための確認作業と沖出し作業が加わるため、労力を要することがデメリットになると考えられた。検討された活用可能範囲内へ砂利入り網袋を設置することで、沖出しの判断基準である0.1 kg/袋を下回る採取量になる可能性は低いと考えられることから、沖出しを実施しないケースでも十分に移植用のアサリを確保できると考えられた。最終的に沖出しの実施に関しては、漁業者の判断となるため、作業カレンダーは2ケース検討し、図5に示した。

【沖出しを実施しない作業カレンダー】



【沖出しを実施する作業カレンダー】

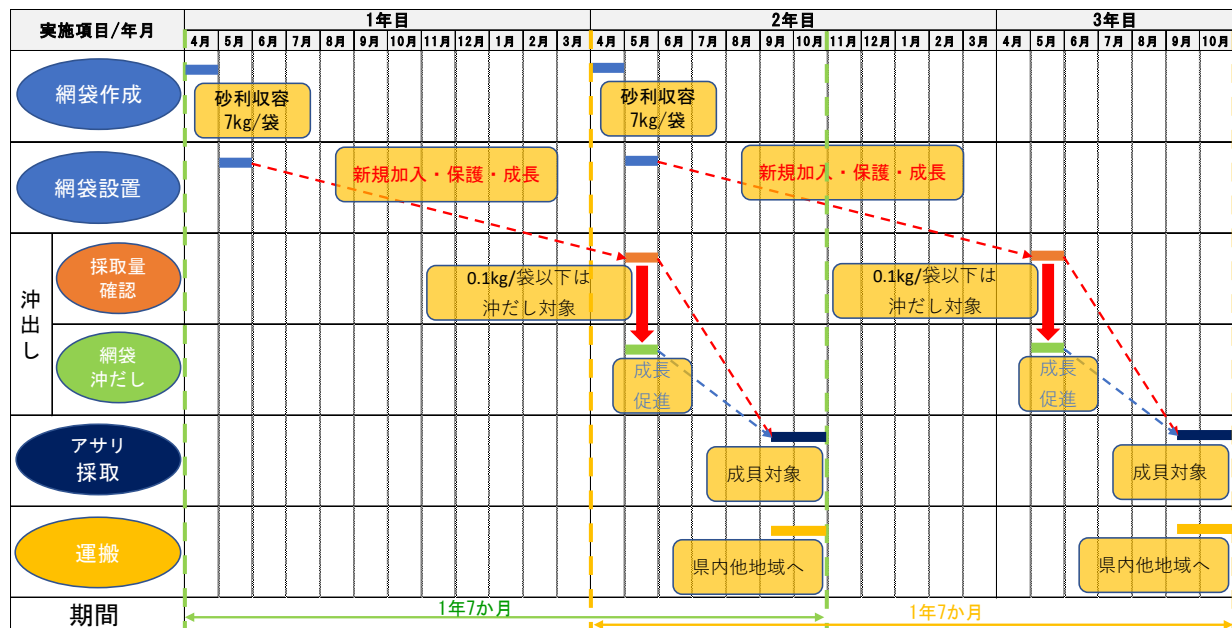


図5 猛島地先での稚貝育成の作業カレンダー

現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。

これら技術開発における目標と成果を表3にまとめた。

表3 技術開発における目標と成果のまとめ

中課題	小課題	目標	成果
パーム等を用いた湾奥域での稚貝育成技術の開発	効率的な稚貝確保技術の開発	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。
		採苗に適した設置高さ及び場所の基礎資料を得る。	採苗場所では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。
		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。
	効果的な稚貝育成技術の開発	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。
		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。
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	活用可能範囲を更新する。	砂利入り網袋を用いた稚貝採取が、妥当な方法であることを再確認した。 最終的な活用可能範囲は、C.D.L. +0.7～1.4m となり、当該地先における活用可能面積は24,548 ㎡となった。
		漁業者が実施可能な沖出し方法を設定する。	沖出しの判断基準は0.1 kg/袋とするのが妥当であることを確認した。 漁業者が実施可能な簡易的な沖出し判断方法は、10 袋程度を確認し、半分以上の採取量傾向から沖出しの有無を確認するのが良いことを確認した。
	稚貝採取から運搬までの一連の方法の構築	作業性向上にむけた漁獲方法を検討する。	砂利入り網袋から漁獲するときにエンジンポンプを用いて、作業場所まで海水を引いて作業することで、1時間あたりの砂利入り網袋の回収数が、エンジンポンプを利用しない時に比べて2倍に増加し、効率的に回収できることを実証した。
		実用性を検証して、作業カレンダーを更新し、作業手引きを完成させる。	漁業者からの意見収集を行い、出された意見を実施し、さらにエンジンポンプの実用性を確認し、作業手引きへ反映した。 運搬・保管についての留意点をまとめ作業手引きへ反映した。

(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 移植技術の開発

泥分の多い諸富地先は、過年度までの環境調査結果より、餌料環境が良い漁場であると考察されてきた。一方で、大雨による淡水流入の影響を強く受けやすい漁場でもある。そのため、大雨が発生しやすい夏季を避けて、秋季に他漁場より移植したアサリを餌料環境の良い本漁場で育成し、翌年の夏までに漁獲する移植技術の実証実験を行った。令和3年11月に長崎県小長井地先より移植した殻長24mmのアサリは、翌年5月には漁獲サイズまで成長することが確認できた。移植時の収容密度に関しても、50 個体/袋、100 個体/袋、200 個体/袋で検討し、各条件ともに生残、成長が同程度であったことから200 個体/袋が適していることも確認された。

県内他地域産のアサリを活用した移植技術の開発を実施している小長井地先では、令和3年度に「移植元との移植用アサリの入手時期の調整およびそのための詳細な移植時期の検証」が課題として挙げられた。そこで、9月、10月、11月に移植する実験を実施し、その後の生残率や湿重量の違いより、移植時期は10月中旬以降が望まれることを考察した。また、12月以降は潮汐状況より日中の作業が困難となることも踏まえ、移植用アサリの確保に適した時期は10月～11月頃と考え、その年の漁場水温の状況も鑑みながら、この期間での移植用のアサリ確保に向けた移植元との調整（アサリの採取、搬入）が必要であると考察した。

干潟の陸側に着底したアサリを、沖側に移植する技術開発を実施している岱明地先では、漁業者の作業性を考慮して、陸側に着底したアサリを保護する技術として、被覆網（単重、二重）およびラッセル袋を利用した実験を実施した。この結果、現地盤よりも単重被覆網や二重被覆網で多い傾向が見られたが、漁獲量は4㎡あたり126～169gと少ないものであった。また、単重被覆網、二重被覆網を用いることで、稚貝は加入したが、成長は見られなかった。この要因として、減耗には夏季の高水温、成長阻害には被覆網の膨満が考えられた。

② アサリ保護・育成技術の開発

小長井地先では、過年度までに高水温や貧酸素水塊の影響を受けることが確認されているが、令和3年度にはアサリの減耗が激しい状況下においても間引きを行うことで、減耗への効果があることも考察された。その中でも、効果的な間引き方法の選定が課題として挙げられ、間引き時期3ケース（5、6、7月）と間引きの篩目2ケース（13.2mm、16.0mm）の実験を行い、夏季の減耗抑制や成長効果、間引き時の漁獲量を検証した。今年度も夏季に高水温、貧酸素が発生し、対照区ではアサリが減少したが、いずれの間引きケースでもアサリは減少しておらず、湿重量も増加していることから、間引きによる夏季減耗の抑制および育成効果が確認された。その後の秋季の成貝採取量より、効果的な間引き時期は5月～6月、間引きの篩目は16.0mmであると考えられた。

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、過年度同様に、夏前に猛島地先（避難区）にアサリを避難させる効果も確認できた（←中課題3-2の原稿案に「避難させることにより生残率が低下する傾向がみられた」などの表現への変更を提案中です（統計的有意差が無かったため））。

岱明地先では、過年度までに、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、筏状に組んだコンボ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、筏状に組んだコンボ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。今年度は、夏季の減耗前に漁獲することを目的に、漁獲サイズのアサリを7月に1度に漁獲した場合と、5月から7月まで毎月漁獲した場合を、上記した減耗対策を実施した各ケースと対策未実施ケースで比較した。本比較においても、収穫ネット入りラッセル袋の内側の収穫ネットのみ外したケースで漁獲量が多くなり、漁獲回数では7月に1度に漁獲することで多くなったことから、7月に袋を丸ごと回収する方法が、漁獲手法として適していると考えられた。

③ 稚貝採取技術の開発

諸富地先では、令和2年度、令和3年度と2年続けて夏季に大雨が発生し、アサリの斃死が確認されてきた。そこで、過年度までに効果が検証された離底器上に、前年4月に採苗器を設置して稚貝を採取し、翌年の夏季までに漁獲サイズまで成長することの検証、そして漁獲量が多くなる月についても検討する実証実験を実施した。この結果、採苗器設置1年後となる4月には、漁獲サイズ（殻長 32 mm）を超え、7月には殻長約 37 mm までの成長が確認された。さらに漁獲サイズを超えた4月から8月の間では、大雨のリスクが避けられる6月に最も多く漁獲できることが示された。

また、離底器が泥土等による埋没することを軽減するための設置方法に関しても、現場状況や数値シミュレーション、水槽実験により検討し、海域の流れの主流に対して斜めに設置することで、埋没リスクが低減されることが考察された。

小長井地先では、過年度までに採苗器（砂利入り網袋）を漁場沖側に春季に設置することで、稚貝が多く採取されることが確認されており、今年度は作業カレンダーの見直しを実施した。しかし、地元産アサリを活用した作業カレンダーは、湾口部のアサリ漁場を対象としており、湾奥のアサリ漁場および夏季の高水温や貧酸素に対する避難技術については、今後の検討課題とされた。

岱明地先は、過年度までに干潟の陸側に多くの稚貝が着底することが確認されており、基質として軽石を収容した収穫ネット入りラッセル袋や二重収穫ネットを現地盤に設置することで、稚貝を採取できることが確認されている。この採取した稚貝を、漁獲につなげるための実証実験として、上記①や②で述べた本地先での実験が実施されてきた。

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、現地盤で4～6月に初期稚貝が確認されており、この時期に採苗器を設置する。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。漁獲時期は、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。4～5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。

移植は、春季移植と秋季移植の二通りを検討した。春季移植では、3～6月の間に県外から殻長14mm程度のアサリを購入して砂利入り網袋に収容して離底器上に移植し、漁獲は海苔養殖を考慮して翌年4～5月に

行うことが望ましい。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て砂利入り網袋に収容して離底器上に移植する。ただし、冬季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、漁獲は翌年5～6月が望ましい。検討され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よりも前に網袋（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湾口部のアサリ漁場を対象とした作業カレンダーを作成した。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具体的な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。

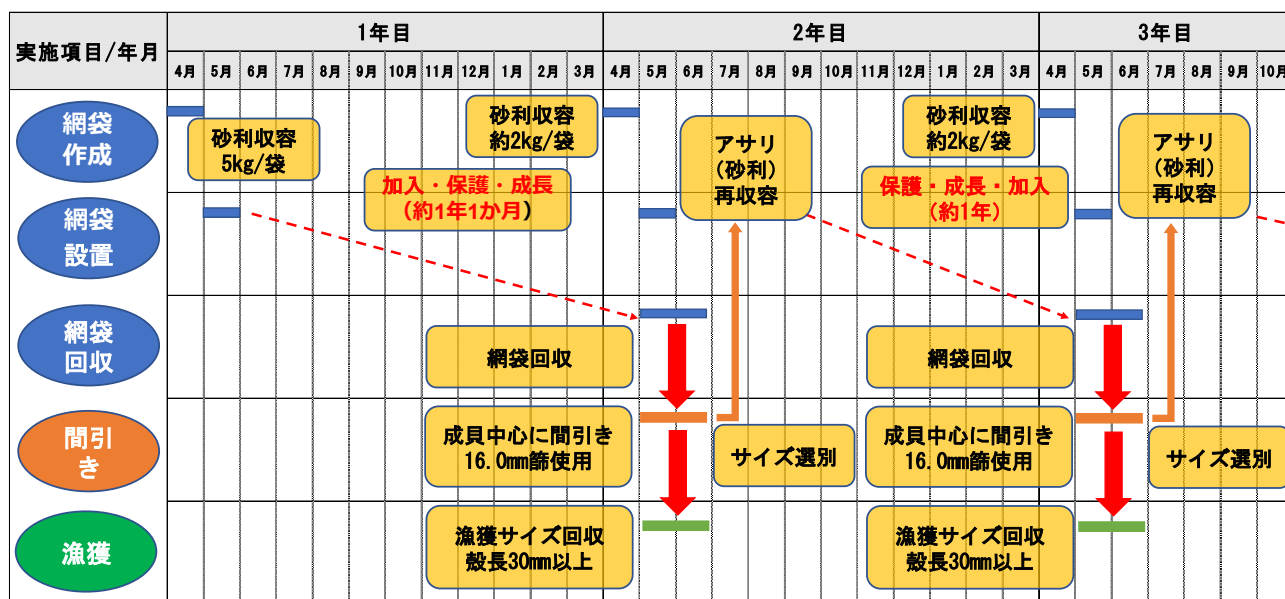


図7 小長井地先での移植技術の作業カレンダー（地元産アサリの活用）

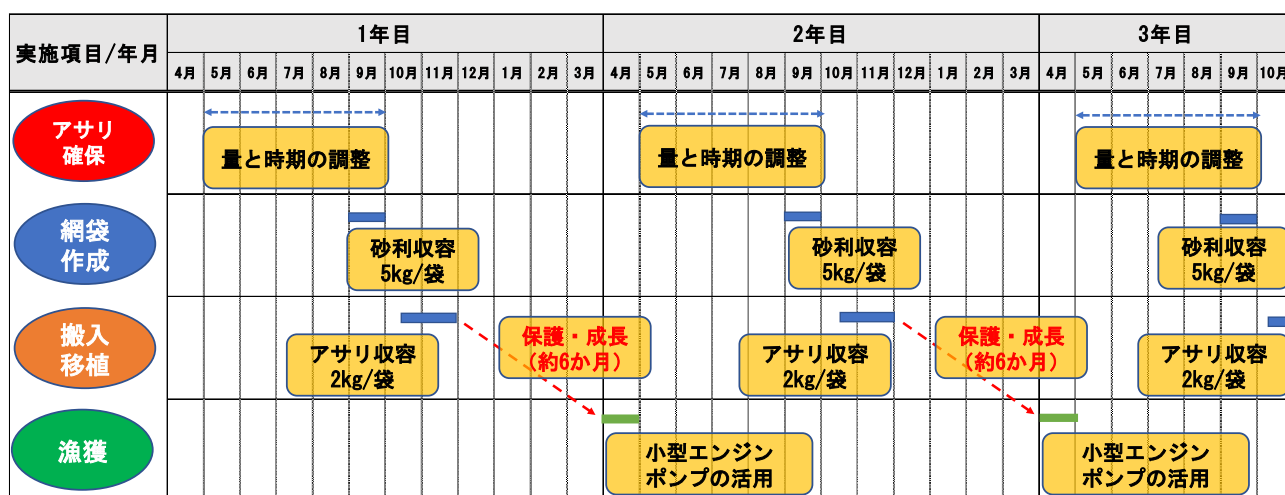
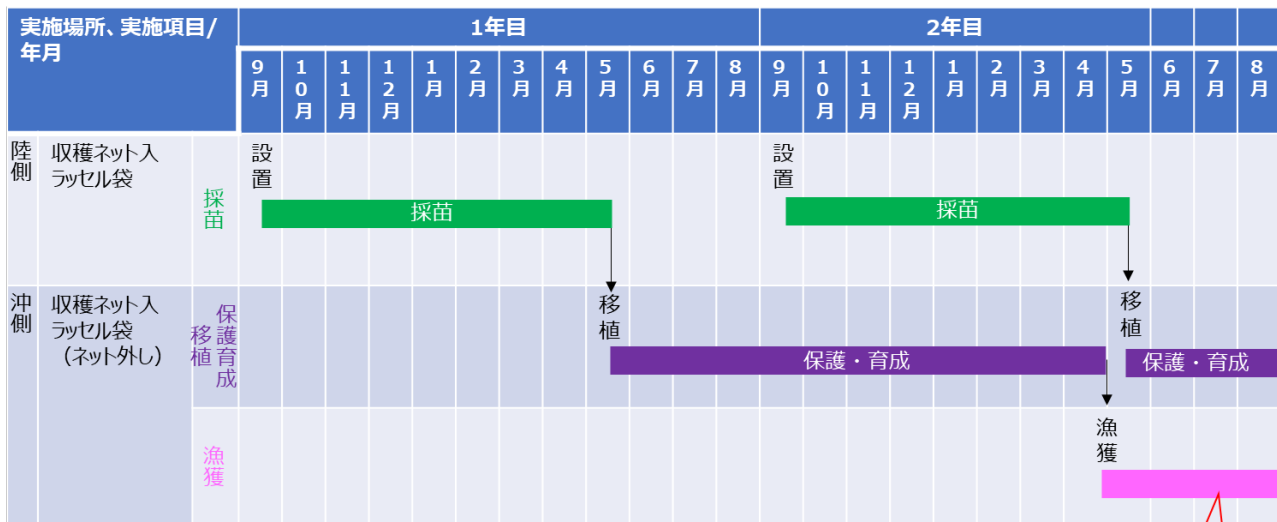


図8 小長井地先での移植技術の作業カレンダー（県内他地域産アサリの活用）

岱明地先では、干潟の陸側に9月に収穫ネット入りラッセル袋を設定して稚貝を大量採取し、翌年5月に干潟沖側に移植する。移植の際には、内側の収穫ネットを取り除くことで膨満による生残・成長阻害を回避する。漁獲は約1年の保護・育成期間を経て可能となるが、7月に1度に漁獲することで、漁獲量が最大となる結果が得られた。この成果より検討した作業カレンダーを図9に示した。



※干潟陸側でアサリを採取し、沖側に移植、その後育成し漁獲に繋げるサイクルを示す

7月に漁獲
すると漁獲
量が最大

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。これら各成果を得た今年度の技術開発における目的と成果を表4にまとめた。

表4 技術開発における目標と成果のまとめ

中課題	小課題	目標	成果
泥分が多い場所での移植技術の開発	稚貝確保技術の開発	実用的な採苗スケジュールを提案する。	前年4月に採苗したアサリは、翌年の4月には漁獲サイズの殻長32mmを超え、7月には殻長37mm程にまで成長し、漁獲スケジュールを確立できた。
		漁獲実績を明示する。	前年4月に採苗したアサリの漁獲量は、翌年4月から8月のうち、6月で最も多く漁獲できることが示された。
	稚貝移植技術の開発	実用的な秋季移植のスケジュールを提示する。	前年11月に移植したアサリは、翌年の5月に漁獲サイズの殻長32mmに達し、アサリの移植スケジュールを確立できた。
		B/Cが1.0以上となる移植密度を選定する。	網袋に収容する密度を200個体/袋とすることで、B/Cが1.0以上を確保できた。
	離底技術の開発	離底器の設置向きを選定する。	海域の主流方向に対して斜めに設置することで、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く、埋没リスクが低減すると考えられた。
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	生産性向上のための移植技術の開発	県内他地域産のアサリの活用を考慮した移植時期を設定する。	アサリの移植に適した時期は、10月～11月頃であることを確認した。
	稚貝の採取・保護育成技術の開発	作業カレンダーに基づく効果的な間引き（漁獲、再収容）の時期や方法を選定する。	効果的な間引き時期は5月～6月、間引き方法は16.0mm篩による間引き（殻長25～27mm以上のアサリを間引き）であると考えられた。
		作業カレンダーに基づく実用的な避難方法を設定する。	猛島地先の避難区では、小長井地先よりも高い生残率が得られた。しかし、両地点の生残率に有意差は確認されず、実用的な避難方法は設定できなかった。
	稚貝の採取から運搬までの一連の方法の構築	（地元産アサリ、県内他地域産アサリそれぞれの）作業性やコストを更新する。	実用規模での実証実験結果をもとに間引き作業や移植作業、その他作業のコストが更新できた。
		（地元産アサリ、県内他地域産アサリそれぞれの）作業カレンダーおよび作業手引きを完成させる。	地元産アサリ、県内他地域産アサリそれぞれについて作業カレンダーおよび作業手引きが作成できた。
有明海東部での高密度着生・集積域での移植手法の開発	採苗技術・保護育成技術・生産性向上のための移植技術の開発	干潟沖側に膨満対策を施して移植した網袋について、漁獲サイズのアサリのみ順次回収し漁獲サイズ以下のアサリは再収容・再設置する技術と1回で網袋を丸ごと回収し漁獲サイズのアサリを漁獲する技術を比較し、適した技術を確立する。	収穫ネット入ラッセル袋（ネット外し）で有意に漁獲量が多くなり、漁獲方法は7月に1回で袋を丸ごと回収する方法が最も適していると考えられた。

	漁業者利用を見据えた技術導入の検討	陸から近い干潟の陸側に着底したアサリを保護する技術（着底した底質をラッセル袋に入れる、被覆網を設置する等）について検討し、漁業者が実践できる技術の選択肢を広げる。	被覆網、二重被覆網を用いることで、現地盤と比較して多くアサリが漁獲でき、稚貝を確保し保護することも確認された。一方で、成貝の減耗が確認され漁獲量は約 150 g/4 m ² 程度であり、稚貝の成長も確認されなかった。この一因として、成長阻害は被覆網の膨満、減耗は夏季の高水温が考えられた。
--	-------------------	---	---

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 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額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。また、設計条件については産卵数に対する着底率といった大幅に変動する条件も盛り込まれており、気象海象条件等に左右されるものが多いことも事実である。これら技術に関しては、今後の更なる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

課題	技術名 (実験場所)	(千円)	設計条件	コスト(千円/年)			評価 (A/B)		備考
		A : 漁獲増加額	各ケースの漁獲増加額に 関する条件	人件費 B	資機材費 C	合計 B+C	人件費込み A/(B+C)	人件費除く A/C	
		上：最も良かったケース 中：平均的なケース 下：最も悪かったケース							
中課題1-1	バーム入り網袋採苗+	6,676.20	産卵数に対する着底率：0.001	1,927.50	1,203.10	3,130.60	2.13	5.55	5ヵ年での試算
	棚枠型離底器	3,554.56	産卵数に対する着底率：0.0005				1.14	2.95	アサリ単価：750円/kg
	従来法（8袋/㎡） (福岡県柳川市地先302号)	977.26	産卵数に対する着底率：0.0001				0.31	0.81	100㎡当たり
	バーム入り網袋採苗+	19,545.32	産卵数に対する着底率：0.001	2,507.50	3,015.39	5,522.89	3.54	6.48	5ヵ年での試算
	棚枠型離底器	10,252.81	産卵数に対する着底率：0.0005				1.86	3.40	アサリ単価：750円/kg
	縦置き法（25袋/㎡） (福岡県柳川市地先302号)	2,818.80	産卵数に対する着底率：0.0001				0.51	0.93	100㎡当たり
	バーム入り網袋採苗+	9,543.68	産卵数に対する着底率：0.001	2,855.00	2,288.20	5,143.20	1.86	4.17	5ヵ年での試算
	棚枠型離底器	5,006.29	産卵数に対する着底率：0.0005				0.97	2.19	アサリ単価：750円/kg
中課題1-2	カゴ（4カゴ/㎡） (福岡県柳川市地先302号)	1,376.38	産卵数に対する着底率：0.0001				0.27	0.60	100㎡当たり
	角ざる育成器+	2,492.12	産卵数に対する着底率：0.001	510.00	494.27	1,004.27	2.48	5.04	母貝30000個体
	砂利入り網袋	1,282.06	産卵数に対する着底率：0.0005				1.28	2.59	1個体あたりの産卵数：624,000個
	(熊本県宇土市住吉地先)	314.01	産卵数に対する着底率：0.0001				0.31	0.64	アサリ単価：600円/kg
	砂利入り網袋	2,492.12	産卵数に対する着底率：0.001	150.00	256.50	406.50	6.13	9.72	母貝30000個体
	(稚貝育成～未成貝育成)	1,282.06	産卵数に対する着底率：0.0005				3.15	5.00	1個体あたりの産卵数：624,000個
	(熊本県宇土市住吉地先)	314.01	産卵数に対する着底率：0.0001				0.77	1.22	アサリ単価：600円/kg
	棚型メッシュパイプ式	1,259.20	採苗器1本当たりの最高値	1,536.60	594.12	2,130.72	0.59	2.12	5ヵ年での試算
中課題2-1	バーム採苗器	604.55	採苗器1本当たりの平均値				0.28	1.02	アサリ単価：750円/kg
	(福岡県柳川地先4号)	375.69	採苗器1本当たりの最低値				0.18	0.63	
	砂利入り網袋採苗+	126.41	平成31年から令和4年最高値	94.33	87.50	181.83	0.70	1.44	C.D.L.+0.7～1.4mの平均採取量
	保護育成	88.10	平成31年から令和4年平均値				0.48	1.01	移植用アサリ単価：245円/kg
	(長崎県島原市猛島地先)	66.17	平成31年から令和4年最低値				0.36	0.76	エンジンポンプ使用
	砂利入り収穫ネット+	80.70	6月時の一袋あたりの最高値	36.00	30.20	66.20	1.22	2.67	地先採苗
	離底	36.10	6月時の一袋あたりの平均値				0.55	1.20	200袋当たり
	(佐賀県佐賀市諸富地先)								1サイクルで試算
中課題3-1	砂利入り収穫ネット+	126.25	秋季移植の平均値（5月）	36.00	48.82	84.82	1.49	2.59	収容密度：200個/袋
	離底+移植	72.93	春季移植の平均値（8月）				0.86	1.49	200袋当たり
	(佐賀県佐賀市諸富地先)								移植アサリ単価：245円/kg
	砂利入り網袋採苗+	77.40	間引き1年目平均	147.01	32.20	179.21	0.43	2.40	C.D.L.+0.7～1.0mの平均採取量
	間引き（漁獲・再収容）	206.40	間引き2年目以降平均	147.01	17.80	164.81	1.25	11.60	アサリ単価：430円/kg
	(長崎県諫早市小長井地先)	903.00	間引き5年間累計	735.05	103.4	838.45	1.08	8.73	100㎡当たり
	移植用アサリ購入+	528.90	過年度成果最高値	149.32	343.10	492.415	1.07	1.54	100㎡当たり
	保護育成	462.23	過年度成果平均値				0.94	1.35	移植アサリ単価：245円/kg
中課題3-2	(長崎県諫早市小長井地先)	374.10	過年度成果最低値				0.76	1.09	アサリ単価：430円/kg
	収穫ネット入りラッセル袋	513.60	7月調査時の3袋の最高値	262.00	145.00	407.00	1.26	3.54	1000袋当たり
	ネット外し+沖側移植	450.60	7月調査時の3袋の平均値				1.11	3.11	アサリ単価：600円/kg
	(熊本県玉名市岱明地先)	375.60	7月調査時の3袋の最低値				0.92	2.59	
	棚式着生材	35.70	設置2年目の平均値	29.17	28.1	57.27	0.62	1.27	カキ単価：525円/kg
	(佐賀県鹿島市地先)								設置2年目の漁獲対象：68kg/基
									1基あたりの漁獲額とコスト
	金網ロール式着生材	35.70	設置2年目の平均値	32.50	15.97	48.47	0.74	2.24	カキ単価：525円/kg
中課題4-1	(佐賀県鹿島市地先)								設置2年目の漁獲対象：68kg/基
									1基あたりの漁獲額とコスト

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方法の開発、カキ礁の造成による貧酸素水塊軽減効果の数値解析による検討を目標として実施した。

① カキ礁造成場所の検討

令和3年度までに、ナローマルチビーム測量およびドローン空撮調査結果により、当該海域のカキ礁造成可能範囲面積が113.5haになると算出された。更に算出したカキ礁造成可能範囲に、平均的なカキバイオマスと同等のカキ礁を造成した場合、総バイオマスは約22,700tになることも試算された。しかしながら、有明海西岸域のカキ礁の分布状況のすべては把握できておらず、カキ礁分布のモニタリングを継続し、カキ礁の分布状況や平均的なカキ礁の形状にかかる情報を継続して更新することが必要とされ、今年度も継続実施した。得られた結果より、カキ礁造成可能範囲の見直しを行い、さらに3次元流動シミュレーション結果をもとに、理想的なカキ礁を造成するための着生材の配置計画を立案した。

今年度、ナローマルチビーム測量およびドローン空撮調査を実施したことで、当該海域のカキ礁が存在するエリアの約 65%の調査が実施され、各場所でのカキ礁の形状が確認できた。また、3次元流動シミュレーション結果によるカキ礁周辺の流れの変化より、畝状離散型にカキ礁を造成することが望ましいと考えられた。

② カキ礁造成方法の開発

令和3年度までに、開発した棚式着生材が、低コストでありながら設置後3ヵ年程度で天然のカキ礁と同等の生息密度（20 wet-kg/m²）まで成育する効果的な着生材であると考察された。一方で、棚式着生材の金網が当初想定した3年間の耐久が難しく、金網の線径等の改良の必要があることが確認され、新たに金網ロール式着生材が考案された。

今年度は、昨年度に設置した線径 0.9 mm, 1.4 mm, 1.8 mm の3種類の金網ロール式着生材の経過確認を行うとともに竹材の使用を検討し、より実用的な着生材の開発を行った。着生材に用いる金網の線径は、耐久性および作業性より 1.4 mm が適していることが確認され、金網を面的な棚式構造から立体的なロール式構造に変更することで、設置1年目のカキ着生量が増加することを把握できた。さらに漁業者とともに竹を利用した着生材の製作も実証できた。一方で、カキ礁を造成するためには、着生材に着生したカキが現地盤に落下し、それらが複数世代で付着し合う多重立体の構造となる必要がある。しかし、今年度までの技術開発ではそこまでの検証に至っていない等の課題も挙げられた。

③ カキ礁造成による貧酸素水塊の軽減効果の検証

過年度までに設定された物質循環モデルを用いて、検討されたカキ礁造成可能域に、配置計画によるカキ礁造成を想定した解析を実施し、貧酸素水塊の積算容積がカキ礁なし条件に比べて、約 24%減少する結果が得られた。この減少率は、2007 年カキ礁条件による約 22%より大きく、新たなカキ礁の造成が貧酸素水塊の軽減に効果的であることが考察された。また、貧酸素水塊の軽減に効果的な造成場所として検討された河口域のみに集中してカキ礁を造成した場合と、同程度のカキバイオマスのカキ礁造成可能域の全域に分散して造成した場合を比較した結果、全域に造成することが貧酸素水塊の軽減に効果的であることも示された。

これら各成果を得た今年度の技術開発における目標と成果を表6にまとめた。

表6 技術開発における目標と成果のまとめ

中課題	小課題	目標	成果
カキ礁造成による貧酸素水塊の軽減技術の開発	カキ礁造成場所の検討	ナローマルチビーム測量とドローン空撮を継続して実施し、当該海域のカキ礁分布の把握範囲を拡大させる。	これまで未確認であったエリアのカキ礁の位置と形状の把握および平均的な高さを算出し、カキ礁分布の把握範囲を拡大できた。
		着生材配置計画の妥当性を確認するため、3次元流動シミュレーションを用いて、畝状のカキ礁を造成することによるカキ礁周辺の流れの変化を把握する。	3次元流動シミュレーションによる計算結果から、畝状離散型カキ礁の造成によるカキ礁周辺の流れの変化を把握し、着生材配置計画の妥当性を確認できた。
	カキ礁造成方法の開発	棚式着生材および金網ロール式着生材のカキ着生量を把握する。	棚式着生材の経年的なカキ着生量および金網ロール式着生材の1年目のカキ着生量を把握し、実用的かつ効率的な着生材であることを確認できた。

		既存カキ礁のカキバイオマスの年変動を把握する。	浜川河口と七浦地先の既存カキ礁のカキバイオマスを経年的に確認し、バイオマスの年変動と季節変動を把握した。
		作業手引きを完成させる。	漁業者との実証実験により、金網ロール式着生材の製作から設置までの作業手引きを完成させた。
	カキ礁造成による貧酸素水塊の軽減効果の検証	着生材配置計画をもとに、カキ礁を造成することによる貧酸素水塊軽減効果を把握する。	着生材配置計画をもとにカキ礁を造成した際の貧酸素水塊軽減効果を把握し、作業性や軽減効果の観点から、優先して造成するエリアを推測した。

1.4 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、令和4年度有明海のアサリ等の生産性向上実証事業では、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、アサリの生産性向上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。

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積極的な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まで至っている。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数密度を著しく低下させていることが実証試験地における現地盤調査で明らかになっている。

表7 各実証試験地における現況と技術展開

大課題-中課題	場所	主要技術・装置	比較技術・装置	実施状況	課題
1-1	福岡 大和高田	棚枠型離底器具 軽石入り網袋	小規模高地盤 覆砂域造成	成熟確認、収容量 増加の実用化	付着生物対策 収容量増加
1-2	熊本住吉	角ざる育成器 砂利入り網袋	被覆網 カキ養殖用バ スケット	育成良好 成熟確認	移し替えなどの 作業軽減
2-1	福岡柳川	パーム入り採苗器 軽石入り網袋 離底器具 (いかだ+棚枠)		採苗器設置高さの 最適化 育成良好	採苗効率向上 手間の軽減
2-2	長崎島原	砂利入り網袋	沖出し用カゴ	移植用アサリ確保	漁獲サイズへの 拡張、普及拡大
3-1	佐賀諸富	砂利入り網袋 いかだ型離底器具 数値計算・水槽実験		夏季に淡水で大量 死亡（2か年） 成長極めて良好	夏季の死亡対策 種苗確保
3-2	長崎小長井	砂利入り網袋	被覆網	間引きによる 夏季減耗の軽減	作業性の簡便化
3-3	熊本岱明	軽石入り網袋 ネット外し	被覆網	沖出しによる 漁獲到達を実証	技術の簡便化、 陸側での展開
4-1	佐賀鹿島	金網ロール式着生材 数値計算(効果の予測)		着生材のカキ礁化 機能を確認	色落ち対策とし ても期待あり

各実証試験地で適用されている主要な技術や装置を表7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アサリに対して初めて用いられた方法である。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

佐賀諸富地先において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では、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 未満）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用いられる（後述の③育成容器参照）。

*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⁴⁾。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が確認された。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（浮遊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干潟が多く存在しており、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⁵⁶⁾。

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挙げられる。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周囲に形成させることが必要である。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となる。

*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、移動や撤去が困難である。また、単位面積あたりの材料費や労力などのコストが非常に高く、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り、手入れは新たな採苗器の設置時かアサリの漁獲時の年 1 回程度で良いことが示された。流れや波浪に対する安定性について、いかだ型離底器の設置条件は流れに対して斜め方向が良いことが明らかになった。今後もどの程度の流れや波浪に対して効果があるかなどの検討をさらに進める必要がある。

・棚枠型離底器具

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⁷。このような場で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、その上に井桁状に型枠を組む形状の構造物であるため、ここでは「棚枠型離底器具」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。棚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棚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立。
- ・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举し、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エル+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⁸。

＊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、効果が容易に確認できる。

＊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こりやすい。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こりにくく、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・育成するための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。また、令和 4 年度には同じザルを用いて、殻長 5mm のアサリ稚貝を 5,000 個体および 8,000 個体を収容し、1 ヶ月後に 8mm 程度まで成長し、更に高密度でも育成可能である事例が報告された（個体数密度による成長について有意差が認められなかった）。なお、角ザル内の Chl.a 濃度は現地盤の数倍高く、低密度であれば成貝まで育成できる可能性もある。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場合、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ままでの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。

＊1 か月程度の期間では殻長 5mm 程度、8,000 個体までの場合は成長に差が認められなかったが、殻長や個体数による成長鈍化や生残率低下がどのあたりで見られるようになるかなどの条件を見極めていく必要があろう。

・カゴ（粗目）

上記の角ざるよりやや大型（30cm×50cm 程度）で目の粗いプラスチック製カゴ（目開き 10mm 程度）を埋設し、蓋をして保護する方式である。従来、ステンレスカゴを埋設してアサリなど埋在性二枚貝類の保護・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に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。

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立。

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⁹⁾。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について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。

＊付着生物（カキ）が多くなる傾向が認められる（材質によるかも知れない）。このため、メンテナンスの頻度は要検討。

＊埋没リスクのある場では適用できない。

・角目網（防鳥網）を用いた被覆網

一般的に用いられている材質で、モノフィラメントの網であれば生物の付着も少ない。一方、堅牢性が劣るため、物理環境条件の厳しい場所での利用は難しい。

＊市販材料が多いため、網目の大きさや網地の太さ、低コストの製品など選択の幅が広い。

＊設置上の留意点は菱目網と同様で埋没リスクのある場では適用できない。

残された課題：

・網袋より回収率は劣るが身入りの良い傾向が得られており、回収率や収容量との関係からさらなる検討が必要。

・被覆網の適用条件を明確化する。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立。

2 評価と課題

本事業は、平成 25 年から平成 29 年までの前事業「各地域の特性に応じた有明海の漁場環境改善実証事業」において効果を認められた各要素技術を、異なる地域環境を呈する各干潟域で適切に組み合わせ、アサリ等の生産性を向上させる技術体系を開発するものである。そのため、各干潟で初期稚貝を採取して成育させるほか、移植用稚貝を確保して移植に使用すること、そして母貝を育成することにより、アサリ等の生産性を向上させる一連の運用サイクルの開発を目的としている。

今年度は、その最終 5 年度目にあたり、まず各地域特性に対応した技術の組み合わせを選定し、その効果を検証した。このため、中課題毎に仮説を設定して実証実験を実施し、前掲の表 2 から表 4 及び表 7 に示した各仮説の検証結果が得られた。

本事業では、技術検討・評価委員会が設置されており、この委員会の 7 名の委員に表 9 から表 17 に示したように中課題毎に「実施計画の適切かつ妥当性」、「得られた成果の妥当性」、「目標の達成度の妥当性」、「実用性の検討の充足性」、そして「総合評価」としての評価を受けた。

また、各委員からの「評価点」、「問題点・改善すべき点」に関する意見を表 18 から表 26 に示した。

以下に、各評価結果を示した。

2.1 評価結果

技術検討・評価委員による評価結果を、大課題ごとに以下に整理した。

2.1.1 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

本課題では母貝（殻長 25 mm 以上、35 mm 以下の産卵可能な成貝）の産卵数を増大させ生産力を向上させる技術の開発を泥分 70 %以上の底質である干潟と、粒径が小さな細粒砂の干潟で実施した。両干潟は環境条件がアサリの生息に不適であり、アサリ漁場としては未利用となっている干潟である。

(1) 中課題 1-1 未利用泥干潟における母貝保護育成地造成技術の開発

福岡県柳川市大和高田地先の干潟で、アサリが育成できない泥分 70%以上の場所において、今年度は柵枠型離底器と小規模高地盤覆砂域のアサリへの効果、孕卵数の推定、単位面積当たりの母貝収容量を増やす手法の開発、移植時期の検討などの一連の技術開発が実施され、表 8 に示すように評価委員による総合評価の平均評価点が、「実施された取組みは、良かった。」に相当する支持を得た。

その他の評価項目に関しては、適切もしくは妥当との評価が得られた。

表 8 技術検討・評価委員評価結果（中課題 1-1）

評価内容	評価基準	平均
実施計画は適切かつ妥当であったか。	4：計画は、極めて適切であった。 3：計画は、適切であった。 2：計画は、概ね妥当であった。 1：計画は、不適切であった。	3.00
実験は適切に実施され、得られた成果は妥当か。	4：想定した以上の成果が得られた。 3：妥当な成果が得られた。 2：概ね妥当な成果が得られた。 1：妥当な成果が得られていない。	3.14
目標の達成度は妥当か。	4：設定された目標を大きく上回って達成された。 3：設定された目標は達成された。 2：設定された目標は概ね達成された。 1：設定された目標は達成されなかった。	3.00
実用性についての検討は十分か。	4：十分に検討がなされている。 3：検討がなされている。 2：概ね検討がなされている。 1：検討がなされていない。	3.29
総合評価	4：実施された取組みは、優れていた。 3：実施された取組みは、良かった。 2：実施された取組みは、成果が不足している。 1：実施された取組みは、成果が認められない。	3.14

(2) 中課題 1－2 砂泥干潟における母貝保護育成地造成技術の開発

本課題は、熊本県宇土市住吉地先にある粒径の小さな砂質干潟であり、底質の安定性が悪くアサリ漁場にならない場所において、今年度は碎石入り網袋の母貝育成施設としての有効性、夏場の高水温による生残率低下前の漁獲、孕卵数による母貝生産額の試算、角ザル育成器によるより高密度での育成などの技術開発が実施され、表 9 に示すように評価委員による総合評価の平均評価点が、「実施された取組みは、良かった。」に相当する支持を得た。

その他の評価項目では、適切もしくは妥当との評価が得られた。

表 9 技術検討・評価委員評価結果（中課題 1－2）

評価内容	評価基準	平均
実施計画は適切かつ妥当であったか。	4：計画は、極めて適切であった。 3：計画は、適切であった。 2：計画は、概ね妥当であった。 1：計画は、不適切であった。	3.00
実験は適切に実施され、得られた成果は妥当か。	4：想定した以上の成果が得られた。 3：妥当な成果が得られた。 2：概ね妥当な成果が得られた。 1：妥当な成果が得られていない。	3.00
目標の達成度は妥当か。	4：設定された目標を大きく上回って達成された。 3：設定された目標は達成された。 2：設定された目標は概ね達成された。 1：設定された目標は達成されなかった。	3.00
実用性についての検討は十分か。	4：十分に検討がなされている。 3：検討がなされている。 2：概ね検討がなされている。 1：検討がなされていない。	3.00
総合評価	4：実施された取組みは、優れていた。 3：実施された取組みは、良かった。 2：実施された取組みは、成果が不足している。 1：実施された取組みは、成果が認められない。	3.00

2.1.2 基質入り網袋、カゴ等を用いた稚貝育成技術開発

本課題では、波浪や流れの影響が強い地域や近年アサリ稚貝の発生が減少している地域を対象として、特性の異なる2干潟（福岡県柳川地先の砂泥干潟と長崎県島原市地先の礫浜）を選択した。稚貝の採取技術、保護育成技術の開発を実施した。柳川地先では放流に用いるアサリ個体数確保のために、パームで採取した稚貝を軽石入り網袋に移植する実験をR3年度に引き続き実施した。

(1) 中課題2-1 パーム等を用いた湾奥域での稚貝育成技術の開発

本課題は、大河川に隣接し、大雨後等に泥土堆積の影響が強い福岡県柳川地先で、パームの形状による採苗効率の違いの検討・評価、採苗に適した設置高さ及び場所の抽出とその要因推定、泥土対策の効果確認、移植に適した時期の明確化を実施した。採苗効率の良いパーム形状や採苗装置を開発し、採苗場所や高さを精査することで採苗量の増加が見込まれた。一方、泥土対策は生残率確保に有効で、採苗したアサリの移植時期は4～6月が適切であるとの結果を得た。

表10に示すように評価委員による総合評価の平均評価点が、「実施された取組みは、良かった。」に相当する支持を得た。

その他の評価項目に関して、実験は適切に実施され、得られた成果は妥当かについて概ね妥当な成果の評価であったが、その他の項目は適切もしくは妥当との評価が得られた。

表10 技術検討・評価委員評価結果（中課題2-1）

評価内容	評価基準	平均
実施計画は適切かつ妥当であったか。	4：計画は、極めて適切であった。 3：計画は、適切であった。 2：計画は、概ね妥当であった。 1：計画は、不適切であった。	3.00
実験は適切に実施され、得られた成果は妥当か。	4：想定した以上の成果が得られた。 3：妥当な成果が得られた。 2：概ね妥当な成果が得られた。 1：妥当な成果が得られていない。	2.86
目標の達成度は妥当か。	4：設定された目標を大きく上回って達成された。 3：設定された目標は達成された。 2：設定された目標は概ね達成された。 1：設定された目標は達成されなかった。	3.00
実用性についての検討は十分か。	4：十分に検討がなされている。 3：検討がなされている。 2：概ね検討がなされている。 1：検討がなされていない。	3.00
総合評価	4：実施された取組みは、優れていた。 3：実施された取組みは、良かった。 2：実施された取組みは、成果が不足している。 1：実施された取組みは、成果が認められない。	3.14

(2) 中課題2-2 基質入り網袋、カゴを用いた稚貝育成技術の開発

本課題は、アサリ浮遊幼生の着底はあるものの、逸散等により資源の活用が十分に行われていない長崎県島原市猛島地先の礫浜海岸において、基質入り網袋を採苗器として用いるとともに、採取に適した設置範囲の検証、移植用アサリの採取量増加に向けた保護育成方法の検証（沖出し条件と活用条件の整理）、漁獲作業の効率化、実用性の検証が行われた。

表 11 に示すように評価委員による総合評価の平均評価点が、「実施された取組みは、良かった。」に相当する支持を得た。

その他の評価項目に関して、適切もしくは妥当との評価が得られた。

表 11 技術検討・評価委員評価結果（中課題2-2）

評価内容	評価基準	平均
実施計画は適切かつ妥当であったか。	4：計画は、極めて適切であった。 3：計画は、適切であった。 2：計画は、概ね妥当であった。 1：計画は、不適切であった。	3.00
実験は適切に実施され、得られた成果は妥当か。	4：想定した以上の成果が得られた。 3：妥当な成果が得られた。 2：概ね妥当な成果が得られた。 1：妥当な成果が得られていない。	3.00
目標の達成度は妥当か。	4：設定された目標を大きく上回って達成された。 3：設定された目標は達成された。 2：設定された目標は概ね達成された。 1：設定された目標は達成されなかった。	3.00
実用性についての検討は十分か。	4：十分に検討がなされている。 3：検討がなされている。 2：概ね検討がなされている。 1：検討がなされていない。	3.57
総合評価	4：実施された取組みは、優れていた。 3：実施された取組みは、良かった。 2：実施された取組みは、成果が不足している。 1：実施された取組みは、成果が認められない。	3.14

2.1.3 アサリ稚貝の高密度着生・集積域からの移植技術開発

干潟域では高密度にアサリが分布もしくは集積している場所が点在しているが、高密度にアサリが生息する場合、その成長が抑制されることが知られている。さらに、このような場所のアサリは、漁獲サイズに成長するまでに多くが減耗してしまい、生産性が極めて低いことも明らかとなっている。

本事業では、環境条件の異なるアサリ高密度分布・集積域で、それぞれの場所で適切な稚貝移植技術を開発するため、3種類の小課題を設けて技術開発を実施した。

(1) 中課題3－1 泥分が多い場所での移植技術の開発

本課題では泥分と強い流れがアサリの生息制限要因となっている佐賀市諸富地先の砂混じりの泥干潟において、離底することによるアサリの採苗から漁獲までの可能性、他県からの稚貝を用いた移植スケジュールの確立、泥分が多い場所でのアサリの採苗及び移植が可能な泥土対策の各技術開発が実施され、表12に示すように評価委員による総合評価の平均評価点が、「実施された取組みは、良かった。」に相当する支持を得た。

その他の評価項目に関して、目適切もしくは妥当との評価が得られた。

表12 技術検討・評価委員評価結果（中課題3－1）

評価内容	評価基準	平均
実施計画は適切かつ妥当であったか。	4：計画は、極めて適切であった。 3：計画は、適切であった。 2：計画は、概ね妥当であった。 1：計画は、不適切であった。	3.00
実験は適切に実施され、得られた成果は妥当か。	4：想定した以上の成果が得られた。 3：妥当な成果が得られた。 2：概ね妥当な成果が得られた。 1：妥当な成果が得られていない。	3.29
目標の達成度は妥当か。	4：設定された目標を大きく上回って達成された。 3：設定された目標は達成された。 2：設定された目標は概ね達成された。 1：設定された目標は達成されなかった。	3.29
実用性についての検討は十分か。	4：十分に検討がなされている。 3：検討がなされている。 2：概ね検討がなされている。 1：検討がなされていない。	3.00
総合評価	4：実施された取組みは、優れていた。 3：実施された取組みは、良かった。 2：実施された取組みは、成果が不足している。 1：実施された取組みは、成果が認められない。	3.14

(2) 中課題3-2 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

本課題は、長崎県小長井地先で泥干潟上に覆砂されたアサリ養殖場において、県内他地域産アサリの活用を考慮した移植時期の設定、効果的な間引きの時期や方法の選定、実用的な避難方法の設定について稚貝を実際に移植して実験が行われ、実用規模での漁獲量増加、作業量、コストの評価が行われた。

表13に示すように評価委員による総合評価の平均評価点が、「実施された取組みは、良かった」に相当する支持を得た。

その他の評価項目に関して、実験は適切に実施され、得られた成果は妥当かで概ね達成の評価であったが、その他の項目に関しては適切もしくは妥当との評価が得られた。

表13 技術検討・評価委員評価結果（中課題3-2）

評価内容	評価基準	平均
実施計画は適切かつ妥当であったか。	4：計画は、極めて適切であった。 3：計画は、適切であった。 2：計画は、概ね妥当であった。 1：計画は、不適切であった。	3.00
実験は適切に実施され、得られた成果は妥当か。	4：想定した以上の成果が得られた。 3：妥当な成果が得られた。 2：概ね妥当な成果が得られた。 1：妥当な成果が得られていない。	2.86
目標の達成度は妥当か。	4：設定された目標を大きく上回って達成された。 3：設定された目標は達成された。 2：設定された目標は概ね達成された。 1：設定された目標は達成されなかった。	3.14
実用性についての検討は十分か。	4：十分に検討がなされている。 3：検討がなされている。 2：概ね検討がなされている。 1：検討がなされていない。	3.29
総合評価	4：実施された取組みは、優れていた。 3：実施された取組みは、良かった。 2：実施された取組みは、成果が不足している。 1：実施された取組みは、成果が認められない。	3.14

(3) 中課題3－3 有明海東部での高密度着生・集積域での移植手法の開発

本課題は、波浪・潮流の影響により底質が動きやすく、流出影響等がアサリの生息制限要因となっている熊本県岱明地先鍋地区の砂干潟において、底質の膨満回避対策として収穫ネット入りラッセル袋（ネット外し）、単重被覆網および二重被覆網による高密度分布域の保護育成、漁業者の利用を見据えた移植の技術開発が実施された。

表 14 に示すように評価委員による総合評価の平均評価点が、「実施された取組みは、良かった。」に相当する支持を得た。

その他の評価項目に関しても、適切もしくは妥当との評価が得られた。

表 14 技術検討・評価委員評価結果（中課題3－3）

評価内容	評価基準	平均
実施計画は適切かつ妥当であったか。	4：計画は、極めて適切であった。 3：計画は、適切であった。 2：計画は、概ね妥当であった。 1：計画は、不適切であった。	3.00
実験は適切に実施され、得られた成果は妥当か。	4：想定した以上の成果が得られた。 3：妥当な成果が得られた。 2：概ね妥当な成果が得られた。 1：妥当な成果が得られていない。	3.00
目標の達成度は妥当か。	4：設定された目標を大きく上回って達成された。 3：設定された目標は達成された。 2：設定された目標は概ね達成された。 1：設定された目標は達成されなかった。	3.00
実用性についての検討は十分か。	4：十分に検討がなされている。 3：検討がなされている。 2：概ね検討がなされている。 1：検討がなされていない。	3.43
総合評価	4：実施された取組みは、優れていた。 3：実施された取組みは、良かった。 2：実施された取組みは、成果が不足している。 1：実施された取組みは、成果が認められない。	3.14

2.1.4 カキ礁の造成による貧酸素水塊の軽減技術開発

有明海の湾奥部に存在するカキ礁による水質浄化効果が既往知見で試算されており、貧酸素水塊の継続時間の低減効果があるとの報告がある。このため、カキ礁を造成し、現存するカキ礁の分布域を拡大することで貧酸素水塊の影響を軽減することを目的に、造成技術の開発及び造成可能場所や貧酸素低減効果について検討を実施した。カキ礁造成可能範囲の精度向上およびバイオマスの把握、棚式着生材及び金網ロール式着生材の開発を行い、カキ着生量評価を行った。また数値解析モデルを改良しての貧酸素水塊低減効果の検討が実施され、カキ礁造成による貧酸素低減効果を推定できた。

表 15 に示すように評価委員による総合評価の平均評価点が、「実施された取組みは、良かった」に相当する支持を得た。

その他の評価項目に関しては、適切もしくは妥当との評価が得られた。

表 15 技術検討・評価委員評価結果（中課題 4）

評価内容	評価基準	平均
実施計画は適切かつ妥当であったか。	4：計画は、極めて適切であった。 3：計画は、適切であった。 2：計画は、概ね妥当であった。 1：計画は、不適切であった。	3.00
実験は適切に実施され、得られた成果は妥当か。	4：想定した以上の成果が得られた。 3：妥当な成果が得られた。 2：概ね妥当な成果が得られた。 1：妥当な成果が得られていない。	3.00
目標の達成度は妥当か。	4：設定された目標を大きく上回って達成された。 3：設定された目標は達成された。 2：設定された目標は概ね達成された。 1：設定された目標は達成されなかった。	3.14
実用性についての検討は十分か。	4：十分に検討がなされている。 3：検討がなされている。 2：概ね検討がなされている。 1：検討がなされていない。	3.29
総合評価	4：実施された取組みは、優れていた。 3：実施された取組みは、良かった。 2：実施された取組みは、成果が不足している。 1：実施された取組みは、成果が認められない。	3.29

2.1.5 総合評価

中課題1－1から中課題4－3を包括し、その他の事項及び全体を集約した事業の総合的評価は表16に示すように評価委員による総合評価の平均評価点が、「事業成果は、良かった」に相当する支持を得た。

また、委員からの評価として、以下の意見等が得られた。

- 本実証事業では、漁業者が自ら実施できる技術という視点で、B/Cが強く意識されたことから、多大の費用を必要とする増殖的手法ではなく、アサリの生態的特性を考慮した基質を入れた網袋を離底式育成器に設置するなど、言わば養殖的手法が試験され、多くの中課題でその効果が実証された。
- アサリの育成にとって厳しい環境条件の場所が多かったが、各課題ともに数多くの試行と比較、最適化を重ねて、集中的な努力が投入され、結果としてそれぞれの目標をほぼ達成する手法を提示できたことは評価できる。

表16 技術検討・評価委員評価結果（総合評価）

評価内容	評価基準	平均
その他の事項及び全体を集約した事業の総合的評価	5：事業成果は、極めて優れていた。 4：事業成果は、優れていた。 3：事業成果は、良かった。 2：事業成果は、概ね良かった。 1：事業成果は、不十分だった。 0：事業成果は、成果が全く認められない。	3.57

2.2 今後の課題

表17から表25に示した各委員からの意見には、今後に向けての課題に繋がる内容もあり、以下に大課題毎に課題を整理した。

大課題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

未利用泥干潟における母貝保護育成地造成技術の開発では、アサリ母貝が産出した幼生は、浮遊期間を経て着底し、成長して次の世代のアサリとなるため、母貝場造成を周辺漁場への効果として限定して考えるべきではなく、広域的な視点での取り組みが必要となる。移植についてもう少し時期を絞り込む、あるいは環境情報・アサリ生育状況等から移植時期を判断する目安が確立されれば、漁業者にとってより実施しやすくなるだろう。

砂泥干潟における母貝保護育成地造成技術の開発では、育成手法として採用した網袋は、他の課題でも成貝の育成手法として有用であることが示されている。母貝場としての次世代資源への貢献だけでなく、育成した母貝を成貝として収穫、販売するという直接的な経済的貢献を重視すれば開発した育成方式の有用性、自立性が高まると思われる。実用性の検討では、幼生の着底率に関してかなり大胆な仮定に基づいている。これに関して、今後、現場における数値の見積もりをするための研究が必要だろう。

大課題2. 基質入り網袋、カゴ等を用いた稚貝育成技術開発

パーム等を用いた湾奥域での稚貝育成技術の開発では、アサリの採苗法と、アサリ種苗としての効果的な育成法を明らかにして事業目的は達成したが、それを活用してアサリ資源回復のための漁獲へと繋げる生産技術の開発が、今後必要となる。

基質入り網袋、カゴを用いた稚貝育成技術の開発では、今後は、ここで実証されたアサリ種苗の確保・育成技術により生産されたアサリを漁獲へと繋げ、アサリ資源の回復に寄与するための技術の開発が求められる。

大課題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の開発では、ここの干潟は大雨などのイベントの影響を大きく受ける。大雨などのイベントは毎年発生するわけではないが、移植時期の選定や他所への避難など、事業実施に当たっては回避対策を確かなものとして、生産技術としての安定化を図る必要である。

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では、本漁場は、その環境特性のために数年に1回はどうしても貧酸素化による被害を受ける。一方で貧酸素化をあらかじめ予測することは難しい。数年に一度はどうしても貧酸素化による被害を受けるという前提で、リスクヘッジしながら十分に収益が上がるような漁業の設計が望まれる。

有明海東部での高密度着生・集積域での移植手法の開発では、網袋の膨満対策として収穫ネット入ラッセル袋のネット外しが提案されているが、漁業者にとっては手間である。可能であればネット外しの手間がかからないような技術が確立されることが望まれる。干潟の陸側における有効なアサリ養殖プログラムの確立ができなかった。これについては今後さらなる研究が望まれる。

大課題4. カキ礁の造成による貧酸素水塊の軽減技術開発

カキ礁を安定的に維持するための問題の把握と対策は未だ十分ではない。現地盤にカキ礁がない場所（底質が泥の場所）におけるカキ礁造成技術は未確立であり、今後の研究が望まれる。

以上、各技術についての主な課題について整理したが、各技術ともにさらなる生産効果の向上とコスト削減が課題となる。以下に委員による評価と問題点、改善すべき点を整理した。

表 17 技術検討・評価委員の意見及び評価（その 1）

中課題 1－1 未利用泥干潟における母貝保護育成地造成技術の開発
【福岡県柳川市大和高田地先】

【評価される点】

- ・アサリの生息が困難な泥干潟で、比較的簡便な方法での稚貝から母貝への育成による母貝の確保、および多量の産卵を実証し技術サイクルとして提案した成果は高く評価できる。
- ・現場で問題となっている泥の影響を軽減してアサリを育成する手法を開発し、泥の負荷が多く育成場として利用されていない場所でもアサリの生産が可能であることを示した。
- ・育成したアサリの産卵量を推定するための具体的な資料として孕卵数を得た。これまで実施されたアサリ母貝場の造成技術開発の中で孕卵数まで求めた例は少なく、今後につながる科学的知見として評価できる。
- ・従来アサリ漁場としては不適であった泥干潟域で採算が取れる形でアサリ養殖ができるような技術を確立した点は高く評価される。
- ・棚枠型離底器や、採苗基質としてパームを用いることにより、一定数の稚貝の採苗、母貝の生育が可能となったこと。
- ・未利用泥干潟で海底面から離れた育成によりアサリの生残、成熟、成長を実現する可能性が得られた。
- ・豪雨が続いて環境変動が激しい中、パームを使った採苗については工夫されより効率的な採苗ができていると思います。全体的に、丁寧に試験を実施しており、未利用干潟で母貝の育成が可能であることは成果だと考えます。
- ・パームを活用した採苗という、新たな取組みを実践しており、その稚貝を漁獲サイズにまで育成する手法を構築した。

【問題点・改善すべき点】

- ・アサリ母貝が産出した幼生は、浮遊期間を経て着底し、成長して次の世代のアサリとなるため、母貝場造成を周辺漁場への効果として限定して考えるべきではなく、広域的な視点での取り組みが必要となる。
- ・ここで実証された母貝場造成技術を実効性のあるものとするため、本事業の成果が、アサリ資源回復のために、広域的な協力のもとに活用されることが課題である。
- ・母貝場による次世代の資源形成機能の推定では、未知あるいは変動幅の大きなパラメータがあり、現時点での試算と考えるべきであろう。
- ・母貝場としての次世代資源への貢献だけでなく、育成した母貝を成貝として収穫、販売するという直接的な経済的貢献を重視すれば、開発した育成方式の経済的自立性が高まると思われる。
- ・研究開発の科学的手順（試験区の大きさと配置、サンプリング、計測パラメータ、解析、結果の解釈と評価など）を一層丁寧に計画し、成果の客観性、汎用性を高めることが重要と思われる。
- ・移植についてももう少し時期を絞り込む、あるいは環境情報・アサリ生育状況等から移植時期を判断する目安が確立されれば、漁業者にとってより実施しやすくなるだろう。
- ・捕食者対策（ヒラムシ）。
- ・実用性の検討では、幼生の着底率に関してかなり大胆な仮定に基づいている。これに関して、今後、現場における数値の見積もりをするための研究が必要だろう。
- ・棚枠型離底器は、合成支柱と、単管パイプ用のクランプでしっかりと作られているため、現場で使用する際、持ち運びやメンテナンスの面で不都合が生じると思われた。
- ・ヨーロッパのカキ養殖で用いられているシンプルな形状の棚などを利用するのも良いと思った。
- ・実用化を目指し、移植時期の検討を含め、より効率的な手法の改良等を検討していただきたい。
- ・実用化に向け、さらなる生残率の向上と効果的な移植時期の検討が必要。

表 18 技術検討・評価委員の意見及び評価（その2）

中課題 1－2 砂泥干潟における母貝保護育成地造成技術の開発

【熊本県宇土市住吉地先】

【評価される点】

- ・流動が激しくアサリが生息できない未利用砂干潟域を母貝育成場として利用するため、現地盤に着底しても流失する稚貝を簡便的・効率的に採取する方法として網袋による捕捉（転がり込み採苗）を実証した。また、実用規模での網袋による稚貝の母貝まで育成とその母貝による産卵量などを確認し、稚貝確保から産卵までの一連の方法として母貝育成サイクルという形で構築したことは評価できる。
- ・海水の流動が大きいため底質が不安定で自然状態では天然アサリが生息しにくい場所でのアサリの保護育成方法を示し、母貝場造成手法につなげた。
- ・育成したアサリの産卵量を推定するための具体的な資料として孕卵数を得た。これまで実施されたアサリ母貝場の造成技術開発の中で孕卵数まで求めた例は少なく、今後につながる科学的知見として評価できる。
- ・底質が動きやすく、稚貝の着底はあるが成貝までつながらない砂質干潟において、母貝育成サイクルを確立できた点は高く評価される。
- ・碎石を基質とした網袋や、角ざる育成器により、一定数の稚貝の確保や母貝用の種苗の確保が可能となったこと。
- ・採卵～産卵・漁獲の方法について、母貝育成サイクルが実証された。
- ・網袋による産卵・育成を実証し、母貝場としての有効性を立証した。

【問題点・改善すべき点】

- ・稚貝確保から産卵までの一連の方法を実用規模で実証できたが、その入り口である採苗について、転がり込み採苗の有効性が確認されたが、地形や流況の違いで結果が異なるため、必要な個体数を確保できないことも考えられ、他の方法との併用など種苗確保の安定化に向けた取り組みが必要である。
- ・母貝場による次世代の資源形成機能の推定では、未知あるいは変動幅の大きなパラメータがあり、現時点での試算と考えるべきであろう。
- ・育成手法として採用した網袋は、他の課題でも成貝の育成手法として有用であることが示されている。母貝場としての次世代資源への貢献だけでなく、育成した母貝を成貝として収穫、販売するという直接的な経済的貢献を重視すれば開発した育成方式の有用性、自立性が高まると思われる。
- ・研究開発の科学的手順（試験区の大きさと配置、サンプリング、計測パラメータ、解析、結果の解釈と評価など）を一層丁寧に計画し、成果の客観性、汎用性を高めることが重要と思われる。
- ・実用性の検討では、幼生の着底率に関してかなり大胆な仮定に基づいている。これに関して、今後、現場における数値の見積もりをするための研究が必要だろう。
- ・漁業者への普及を考えたときに、採苗器による稚貝採捕、角ザルでの稚貝育成、網袋での成貝育成、密度調整という一連のサイクルは、少し面倒かもしれない。より簡略化することができれば、より多くの漁業者に普及しやすくなると思われる。
- ・網袋や、角ざる育成器の設置・メンテナンスに労力がかかると思われるので、省力化が必要と考える。
- ・効率的な母貝育成サイクルの改良が必要と考えられる。
- ・カゴの効率的なメンテナンス方法や付着物対策の検討。
⇒熊本水研ではタイラギの飼育かごに「物理的海棲生物付着防止剤 セイフティプロ：(株) 西海養殖技研」を使っています。

表 19 技術検討・評価委員の意見及び評価（その3）

中課題2－1 パーム等を用いた湾奥域での稚貝育成技術の開発
【福岡県柳川市地先】

【評価される点】

- ・事業が実施された地域では、流れや底質環境により浮遊幼生の遊来・着底や稚貝生息状況が異なり、来遊した幼生を効率的に捕捉する方法としてパーム束を網袋に入れた採苗方法の有効性を確認するとともに、パームを玉ねぎ型にすること、設置高を調整することで採苗効率が向上することを実証した。
- ・捕捉された稚貝を育成する際に起こる泥土による障害の実態を示すとともに、泥土対策のための離底型育成器での放流サイズまでの育成が可能であることを実証した。さらに、採苗されたアサリの離底型育成器への移植適期を検討した。
- ・これらの結果を反映して作業カレンダーを改良した。
- ・泥の負荷の多い場所で、天然採苗から稚貝育成まで一連の生産手法を開発した。
- ・前課題で提案された採苗手法が不安定であったことから新たな手法開発から始めなければならなかったが、試行と最適化を重ねることによって一連の育成手法の流れを構築した。
- ・特に大きな阻害要因である被泥と生き残りの関係を明らかにし、被泥の影響を軽減する手法（離底器）の技術的妥当性を示したことは、開発した手法の汎用性を高めることにつながった。
- ・河口近くの砂泥干潟でアサリがほとんど生息しない海域において、アサリを採苗、育成する技術を開発できた点は高く評価される。特に単位面積あたりの採苗効率の高い採苗器を開発できた点は大きな成果である。
- ・棚枠型離底器や、採苗基質としてパームを用いることにより、一定数の稚貝の採苗、母貝の生育が可能となったこと。
- ・アサリの生育がほとんどみられない場所で、パームを利用して効率の良い採苗器が開発された。
- ・豪雨が続いて環境変動が激しい中、様々な方法を考案し、成果と課題が解りやすく整理されているので漁業者の取り組みの参考にしやすい。効率的な稚貝確保技術、効果的な稚貝育成技術の成果もわかりやすい。
- ・採苗から放流までの具体的な作業工程が提案されている。
- ・離底対策や早期移植等によるリスク回避策が提案されている。

【問題点・改善すべき点】

- ・アサリの採苗法と、アサリ種苗としての効果的な育成法を明らかにして事業目的は達成したが、それを活用してアサリ資源回復のための漁獲へと繋げる生産技術の開発が、今後必要となる。
- ・当初の構想である放流用稚貝（20mm）の育成までが課題の守備範囲になっているが、その他の課題と比較しても、その後の育成にも課題が多いと思われる。課題担当者が述べている通り、稚貝以降の育成方法が重要になってくるとと思われる。
- ・研究開発の科学的手順（試験区の大きさと配置、サンプリング、計測パラメータ、解析、結果の解釈と評価など）を一層丁寧に計画し、成果の客観性、汎用性を高めることが重要と思われる。
- ・本課題で実用化したのは放流サイズまでの育成なので、今後は成貝の収穫までできる技術の開発が望まれる。
- ・捕食者対策（ヒラムシ）。
- ・他の課題に比較してB/Cが低いので、コストをもう少し下げることが必要と思われる。
- ・棚枠型離底器は、合成支柱と、単管パイプ用のクランプでしっかりと作られているため、現場で使用する際、持ち運びやメンテナンスの面で不都合が生じるといった。
- ・ヨーロッパのカキ養殖で用いられているシンプルな形状の棚などを利用するのも良いと思った。
- ・採苗されたアサリのより効率的な育成や作業性向上を検討していただきたい。
- ・アサリは比較的単価が高すぎても売れないため、やはり一番の課題はコストと労力だと思います。中でも移植作業が一番労力がかかると考えます。

- ・離底器設置等のコスト対策。

表 20 技術検討・評価委員の意見及び評価（その4）

中課題2-2 基質入り網袋、カゴを用いた稚貝育成技術の開発
【長崎県島原市猛島地先】

【評価される点】

- ・アサリの浮遊幼生は着底するが、波浪の影響により成長段階で消失する場所で、漁業者が導入可能な稚貝採取・保護・育成し、それらを県内他地域の漁場に移植するための運搬まで一連の方法の有効性の実証とともに、それらを効率的に運用するための条件を明らかにし、漁業者の意見も入れて作業カレンダーを作成するとともに実用性（費用対効果）の分析も行われた。
- ・波浪の影響の強い場所でのアサリ育成の手法を網袋に絞ったことによって研究努力が集中され、同手法を用いた育成の最適化はほぼ追加試験の必要がないレベルまで高まった。
- ・最適化の充実にともなって実用化に重きを置いたため、量産レベルでの試行例が多く蓄積され、現場を意識した手法の展開について多くの情報を示した。
- ・本課題は、浮遊幼生は豊富に出現するが、成貝までの成長の途中で消失してしまう島原半島沿岸の干潟域を、移植用アサリの生産地として確立するための技術を開発したものである。県内他地域における成貝までの育成と組み合わせることで、高い実用性のある技術が開発されており、高く評価される。
- ・採苗基質（網袋）の設置を船舶からの投入で省力化を図っていることや、網袋からの稚貝の回収もエンジンポンプを用いて効率良く行っていた点。
- ・稚貝採取～移植用アサリ採取の一連の方法について、漁業者と現地実証を行いながら、明らかにされた。
- ・地盤高に着目した稚貝採取方法の検討し、有効範囲を提案（0.7から～1.4m）
- ・具体的な方策としての作業カレンダーの提案。

【問題点・改善すべき点】

- ・今後は、ここで実証されたアサリ種苗の確保・育成技術により生産されたアサリを漁獲へと繋げ、アサリ資源の回復に寄与するための技術の開発が求められる。
- ・現場展開を急いだためか、手法の最適化の根拠となる試験結果の科学的評価が外部からは見えにくい。同手法（網袋）の他の場所への応用展開を考えたときに、制限要因とそれに対する技術的対応、そしてその結果について丁寧な説明が求められる。
- ・B/Cを上げるためには、移植用のアサリだけではなく、漁獲サイズまでこの場所で育成する技術の確立が望まれる。
- ・漁獲サイズまでの育成技術の構築が望まれる。
- ・漁獲サイズへの育成技術開発とその有効活用。

表 21 技術検討・評価委員の意見及び評価（その5）

中課題3－1 泥分が多い場所での移植技術の開発

【佐賀県佐賀市諸富地先】

【評価される点】

- ・有明海の湾奥部の泥分の多い泥質干潟は、潮流も速く、着底したアサリの稚貝は、泥で埋没あるいは潮流や波浪等による逸散で、漁獲へと成長することは困難である。このような泥分が多い場所でも、アサリの生産を可能にする技術を開発するための実証試験を行い、離底器上に設置した網袋で、アサリが成長し、漁獲サイズまで育成可能なこと、新規アサリ加入群も実証した。
- ・他所で採苗されたアサリ稚貝を秋に高密度で移植することにより、高い生残率を維持し、漁獲サイズに成長することを明らかにし、泥場でアサリ B/C > 1 での生産が可能であることを実証した成果は高く評価できる。
- ・泥の負荷の多い場所での実用性の高い天然採苗および稚貝育成の手法を示した。
- ・泥の影響を軽減するためには飼育器材（網袋）を海底面から離すことが重要であり、離す距離によって効果が異なることを明らかにした。これは被泥のメカニズムと対策手法の対応関係を示す重要な知見である。
- ・稚貝育成の範囲を超えて、成貝まで育成できる手法を示した。
- ・アサリ養殖には不向きな泥質干潟においてアサリ養殖が成り立つような技術が開発された点は高く評価される。餌料環境が優れている本海域は、潜在的に効率の高いアサリ漁場になる可能性が示された。移植アサリを用いた効率の良い生産手法を確立できた点は、当初の設定目標を超える成果だと評価される。また、数値シミュレーションと水槽実験による離底器の設計がうまく現場にフィードバックされている。
- ・筏式離底器の設置により、採苗・移植したアサリの生残性が向上した点。また、離底器についても、ノリ養殖で不要になった合成支柱とゴムバンドで構成されており、メンテナンスや持ち運びも他の離底器より行いやすく感じられ、繰り返し利用も可能であることから。
- ・離底器を用いることで、泥分が多い場所でも採苗あるいは移植から漁獲まで可能であることが示された。
- ・県外移植のスケジュールが示された。
- ・シミュレーションによる具体的な離底器の設置方法の検証がなされている。

【問題点・改善すべき点】

- ・この干潟は大雨などのイベントの影響を大きく受ける。大雨などのイベントは毎年発生するわけではないが、移植時期の選定や他所への避難など、事業実施に当たっては回避対策を確かなものとして、生産技術としての安定化を図る必要がある。
- ・多くの試験が実施されているが、個々の結果の評価がわかりにくい部分があり、そのため技術の信頼性に不安を感じることがあった（進捗に伴ってかなり改善された）。これはデータの質と量というより、解析と評価、さらにその説明が不十分な場合があったためではないかと推察する。丁寧な説明を期待する。
- ・イベント的な環境悪化（被泥）に対する対応とその結果の評価に関する考え方の提示まで踏み込むことはできないかと感じた（例えば、年最大降雨での影響は〇%、10年最大降雨では〇%、など）。
- ・研究開発の科学的手順（試験区の大きさと配置、サンプリング、計測パラメータ、解析、結果の解釈と評価など）を一層丁寧に計画し、成果の客観性、汎用性を高めることが重要と思われる。
- ・筑後川河口近くに位置する本漁場は、大規模な出水が起きた場合は低塩分化によってどうしても大きな被害を受ける。一方で出水の発生をあらかじめ予測することは難しい。数年に一度はどうしても低塩分化による被害を受けるという前提で、リスクヘッジしながら十分に収益が上がるような漁業の設計が望まれる。
- ・豪雨のような大量斃死が起こるイベントをかわす、沖合の漁場を持つ県への移植等の取組が必要と考える。また、秋から翌春にかけては、斃死リスクも下がり餌料環境も良いため、逆に身入り向上のために他県のアサリの移植場所になる等、4県協調の取組ができると良いと思う。

- ・大量出水や高水温等の環境変化に対応できる技術開発を行う必要がある。
- ・稚貝の有効な移植方法の検討
- ・天然素材を活用した低コスト離底器の開発

表 22 技術検討・評価委員の意見及び評価（その 6）

中課題 3－2 県内他地域から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
【長崎県諫早市小長井地先】

【評価される点】

- ・天然稚貝発生は多いが、夏季の高水温、低塩分や貧酸素水塊により成長過程で減耗し、漁獲に至らない場所でも、発生した地元産アサリを保護・避難することにより漁獲を可能なものとし、適期の県内他地域のアサリの移植と併用して B/C > 1 以上のアサリ漁業として成立できることを実証した。
- ・網袋中のアサリを間引いてサイズと密度を調整することによって貧酸素の悪影響を軽減できる可能性を示した。
- ・地元産アサリの成長が悪く、県外産アサリの放流に頼っている本漁場において、県内他地域からの移植と合わせた効果的なプログラムが開発された点は高く評価される。当該海域における稚貝採取についても、間引きによって大量斃死を回避して夏を越すことが可能だと示された点は、想定以上の大きな成果である。
- ・県内他産地からの移植により、自前の種苗生産が難しい漁場でもアサリの生産が可能となった点。
- ・実用規模で漁業者と現地実証を行い、網袋の設置・回収、移植～漁獲、間引きの作業性とコストを把握し、それらを反映した作業手引きが作成された。
- ・漁場環境とアサリへい死状況（H12-R4）が整理された。
- ・実用規模での作業性やコストの検討がなされている。
- ・有効な間引きのタイミングやサイズについて検討されている。

【問題点・改善すべき点】

- ・地元産アサリの活用は未だリスクが大きい、避難など作業量が大きいことなど課題もある。
- ・全体的な問題として作業性の向上やコストの削減が課題として残されている。
- ・移植と間引きの結果は、時期、サイズ、場所、密度などの変化によって連続的に変化すると思われる。最も結果が良かった条件だけを示すのではなく、設定条件によって成長、生き残り、収穫量等がどのように変化したのかを示し、その上で最適条件を提示することによって結果の信頼性が高まる。
- ・本漁場は、その環境特性のために数年に 1 回はどうしても貧酸素化による被害を受ける。一方で貧酸素化をあらかじめ予測することは難しい。数年に一度はどうしても貧酸素化による被害を受けるという前提で、リスクヘッジしながら十分に収益が上がるような漁業の設計が望まれる。
- ・間引き、避難等の技術を活用しながら、作業カレンダーの実証、改善、漁業者への普及が望まれる。
- ・漁業者への技術普及に向けた、さらなる作業の効率化

表 23 技術検討・評価委員の意見及び評価（その 7）

中課題 3－3 有明海東部での高密度着生・集積域での移植手法の開発 【熊本県玉名市岱明地先】
【評価される点】 ・波などによる流れによって底質が動きやすい砂干潟で、アサリは着底するが、その後減耗・消失して漁獲に繋がらない干潟陸側で効果的に稚貝を網袋で確保して育成し、現地盤にアサリが生息しないものの、成長は速い干潟沖側に移植して漁獲サイズに育成する技術の開発を行い、その障害となる網袋の膨満などの対策を明らかにするなどにより $B/C > 1$ 以上となることを実証し、漁業者が利用可能な技術としての目途をつけた。 ・波浪条件の強い場所で、網袋を用いた天然採苗、稚貝育成の手法を開発した。 ・網袋の破損や網袋内への大量の堆砂など、対象域特有の現象を回避、軽減する手法を考案し、アサリの生産手法を示したことは評価できる。 ・手法の信頼性の根拠となるデータの取得はほぼ達成されている。 ・本中課題では、陸側で稚貝を採取し、環境条件の良い沖側に移植して育成・漁獲するというプログラムを確立した。このプログラムは非常に B/C が高く、実用性の高いプログラムが確立されたと評価できる。 ・離底器の採用により網袋の膨満を防ぎ、アサリ稚貝の生残率を向上させた点。 ・被覆網等の活用により、稚貝の確保や保護の効果が確認された。 ・二重網袋を活用した効果的な稚貝の確保法を提案 ・漁業者目線の具体的な移植技術が検討された。 【問題点・改善すべき点】 ・漁業者への普及のためには、作業の軽減など一層の効率化が必要である。 ・現場で発生したマイナス要因とそれに対する対策の効果を科学的に説明し、最適化した手法の再現性、汎用性を担保されたい。それによって、他の場所への展開が促進されよう。 ・研究開発の科学的手順（試験区の大きさと配置、サンプリング、計測パラメータ、解析、結果の解釈と評価など）を一層丁寧に計画し、成果の客観性、汎用性を高めることが重要と思われる。 ・網袋の膨満対策として収穫ネット入ラッセル袋のネット外しが提案されているが、漁業者にとっては手間である。可能であればネット外しの手間がかからないような技術が確立されることが望まれる。 ・干潟の陸側における有効なアサリ養殖プログラムの確立ができなかった。これについては今後さらなる研究が望まれる。 ・中課題 1-2 同様、機材の運搬・メンテナンスに労力がかかると思われるため中課題 2-2 のように船舶やポンプを積極的に活用し、省力化を図る必要があると思う。 ・作業性の簡便化や夏季減耗の抑制ができれば、漁獲の向上や漁業者への普及に繋がると考えられる。 ・夏期の減耗対策や作業の効率化 ・産卵母貝への活用

表 24 技術検討・評価委員の意見及び評価（その 8）

中課題 4－1 カキ礁の造成による貧酸素水塊の軽減技術の開発 【佐賀県鹿島市地先】
--

【評価される点】

- ・カキ礁造成による貧酸素水塊の影響軽減により二枚貝等の水産生物への影響を回避することを目的として、カキ礁の設置可能場所の把握、造成するカキ礁の配置、カキ礁造成法としての着生素材の選定と着生量の把握とその推移の解明などを進め、カキ礁の造成適地や効果的な配置を明らかにするとともに、目標とした20Kg/平方メートルの目標を達成し、その維持方法も明らかにした。
- ・貧酸素水塊の軽減効果をシミュレーションにより検討し、その効果とカキ礁の造成場所、造成規模との関係を推測した。このような事例は他ではみられない。
- ・多くの現場実験によって、コストと持続性を考慮した上でカキ礁の人工造成につながる具体的な技術手法を提示した。
- ・カキ礁の空間分布について詳細な実態把握を行った。
- ・耐久性が高く、効率的なカキ礁造成技術（金網ロール式着生材を使用）が確立された点は高く評価される。合わせて、新たにカキ礁を造成することでどの程度の貧酸素水塊緩和が可能になるのか、定量的に示された点も高く評価できる。
- ・棚式採苗器の開発で、カキの採苗効率が各段に上がった点や、着生材の配置方法（造成するカキ礁の形状）について、測量や潮流の観測により理想的な形状がわかってきたこと。
- ・測量と空撮調査により、カキ礁の分布状況と造成可能範囲が把握された。
- ・ドローンを活用した、立体的に可視化したカキ礁の状況把握。
- ・有効な着生材の提案とコストなど具体的に検討されている実用性。

【問題点・改善すべき点】

- ・カキ礁を安定的に維持するための問題の把握と対策は未だ十分ではない。
- ・カキバイオマスのカキ礁造成場所による差異とその要因の解明を進める必要がある。
- ・本中課題は、カキ礁造成技術の確立とカキ礁による貧酸素水塊緩和効果の評価の2本立てからなるが、これら2つの研究の関連づけがやや不十分に感じた。
- ・現地盤にカキ礁がない場所（底質が泥の場所）におけるカキ礁造成技術は未確立であり、今後の研究が望まれる。
- ・採苗器から脱落したカキの干潟への定着（過年度に設置した被覆金網の方がカキ礁を形成しているので被覆網が一定期間で腐食し漁場に残らないようにすれば、この方法が造成方法としては速いと考え）、また、ナルトビエイなどによる食害対策が必要と考える。カキ礁の造成については、時間が経つと地盤高が高くなりすぎてカキ殻礁になってしまうため、礁の維持・管理についても知見が必要と考える。
- ・実用化に向けたカキ礁造成技術による貧酸素水塊の軽減効果を検討していただきたい。
- ・造成場所毎の異なる環境に応じた施設の設置方法等の造成手法の確立。

表 25 技術検討・評価委員の意見及び評価（その9）

その他の事項及び全体を集約した事業の総合的評価

【評価点】

- ・当事業の前身にあたる事業では覆砂や地盤造成など増殖的手法により検討が行われてきた。しかし、本実証事業では、漁業者が自ら実施できる技術という視点で、B/Cが強く意識されたことから、多大の費用を必要とする増殖的手法ではなく、アサリの生態的特性を考慮した基質を入れた網袋を離底式育成器に設置するなど、言わば養殖的手法が試験され、多くの中課題でその効果が実証された。
- ・アサリの育成にとって厳しい環境条件の場所が多かったが、各課題ともに数多くの試行と比較、最適化を重ねて、集中的な努力が投入され、結果としてそれぞれの目標をほぼ達成する手法を提示できたことは評価できる。

- ・各中課題で測定された環境情報をまとめて、それぞれの漁場の特性が良くわかるような形で整理された点は高く評価される。また、各中課題の成果をまとめて、非常に見やすい形で GIS マップ・作業手引きが作られた点も高く評価される。
- ・全ての課題で、毎年の課題を考慮した計画を立て、一定の成果が得られたと考える。
- ・アサリ資源が減耗傾向で推移している中で、漁業者の視点から、簡便で資源回復にとって有効な手法の開発が検討されている。
- ・いずれも、丁寧に試験がなされ、内容もよく整理されていました。現場で活用する際の参考になると考えます。
- ・各地先の漁場環境に適応した具体的取組みが検討され、それぞれに課題の明確化と有効な対策が提案された。

【問題点・改善すべき点】

- ・ここで実証された技術が、有明海における新たなアサリ生産方式として定着し普及することを期待するが、そのためには一層の作業・経費の軽減などの効率化が課題である。
- ・現場手法の提示を急いだために、開発した技術の科学的評価が必ずしも十分とは言えない例がある。これは、データの質と量より、解析と評価に課題があるためと感じる。
- ・単年度の定型的報告では5か年の（あるいはそれ以前を含めた）研究開発の流れがわかりにくい。多大な努力、時間、経費を投入した技術開発は研究資料としても価値が高いので、アウトプットは現場向けの実施マニュアルだけでなく、研究者向けの資料（論文ほか）としても残すべきと考える。
- ・GIS マップ、作業手引きが今後どの程度漁業者に普及するか、フォローアップとそれに基づいた改善が必要だろう。
- ・中課題 3-1、3-2 の取組を拡大し、アサリを4県共有の資源とし、採苗が容易だが成長が悪い海域のアサリ種苗を冬季に餌料環境の良い湾奥部海域で身入り向上させるような取組ができたら良いと考えた。
- ・今後も、漁業者が取り組めるような、より経済性を考慮した、簡便な手法の技術開発が望まれる。
- ・アサリは、消費者からみて、あまり高くても売れないため、より大量に確保しなければならないと考えています。特に現場作業において、今後も、よりコストや労力がかからず、量を確保できる方法が開発されることに期待しています。
- ・今回、各課題で提案された様々な取組みや対策を、漁場環境が異なる漁場（他県等）へ有効に取り込み活用していく必要がある。

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, 株式会社水圏科学コンサルタント, いであ株式会社. 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, 東京. 2021; 632pp.
- 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, 株式会社水圏科学コンサルタント, いであ株式会社. 平成30年度有明海のアサリ等の生産性向上実証事業報告書, 東京. 2019; 540pp.
- 3) 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, 株式会社水圏科学コンサルタント, いであ株式会社. 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, 東京. 2020; 472pp.
- 4) 真崎邦彦, 小野原隆幸. 有明海湾奥部におけるサルボウ稚貝の発生と気象条件について. 佐賀県有明水産振興センター研究報告, 2009; 24:13-18.
- 5) 中井威尉, 瀬戸雅文, 山田俊郎. 北海道におけるアサリ増殖施設の波および流れによる洗堀特性. 海岸

開発論文集, 2002; **18**:509-514.

- 6) 山野貴司, 藤原隆一, 野村浩二, 白木孝一. 杭周辺の局所洗堀に関する現地観測およびその再現実験. 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 2020; **69**:874-879.
- 7) 鎌田泰彦. 有明海の地形・地質. 沿岸海洋研究ノート, 1979; **17**:72-85.
- 8) 長谷川夏樹, 日向野純也, 井上誠章, 藤岡義三, 小林節夫, 今井芳多賀, 山口恵. アサリ増殖基質としてのカキ殻加工固形物「ケアシェル」の利用. 水産技術, 2012; **5**:97-105.
- 9) 柴田輝和, 早川美恵, 須田隆志. 干潟での被覆網によるアサリ人工稚貝の中間育成. 栽培技研, 2001: 28:109-114.