

IX. 総合考察および評価

IX. 総合考察および評価

本事業は、漁業者自らが実施できる技術の漁場環境改善効果と、生物への効果を実証・評価することを目的としており、各技術をアサリの生産性向上技術とカキ礁造成による貧酸素水塊の軽減技術に大別して実施した。

各結果は、前章までに詳述した通りであり、各技術の実漁場における効果や実用性等も評価した。

以下に得られた成果より、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

本事業で各実証実験が実施された地先の環境特性を以下に整理した。また、図 1 および図 2 に各実験実施場所の環境特性を示した。



対象	場所	増加制限要因
母貝	① 福岡県 大和高田地先 302 号地区	シルト・粘土分
	② 熊本県 住吉地先	粒径、波、流れ
稚貝	③ 長崎県 島原市地先猛島地区	波、流れ
移植	④ 福岡県 柳川地先 3 号地区	流れ、河川水、生息密度
	⑤ 佐賀県 東部地先諸富地区	河川水、シルト・粘土分、生息密度
	⑥ 長崎県 小長井地先	河川水、貧酸素水塊、生息密度
	⑦ 熊本県 岱明地先鍋地区	波、流れ
カキ礁	⑧ 佐賀県 鹿島市地先	シルト・粘土分

図 1 各実験地区の環境特性

【物理環境】

湾奥の大河川の瀦に近い柳川地先 3 号地区や、東部地先諸富地区、そして湾口部の緑川河口に位置する住吉地先では、流速が他地先に比べて速い環境であった。また、岱明地先保護区陸側においても夏季および冬季の調査結果ともに平均流速が 10 cm/s を超える値が観測された。これら調査結果に対して、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、岱明地先鍋地区で夏季および冬季ともに平均波高が高くなる傾向であった。また、夏季では島原地先猛島地区、冬季では住吉地先の St.2 で岱明地先鍋地区と同程度に平均波高が高くなる傾向であった。なお、上記の流れの速い環境であった湾奥部の柳川地先 3 号地区や東部地先諸富地区は、他実験場所に比べて夏季および冬季ともに平均波高の低い環境であった。

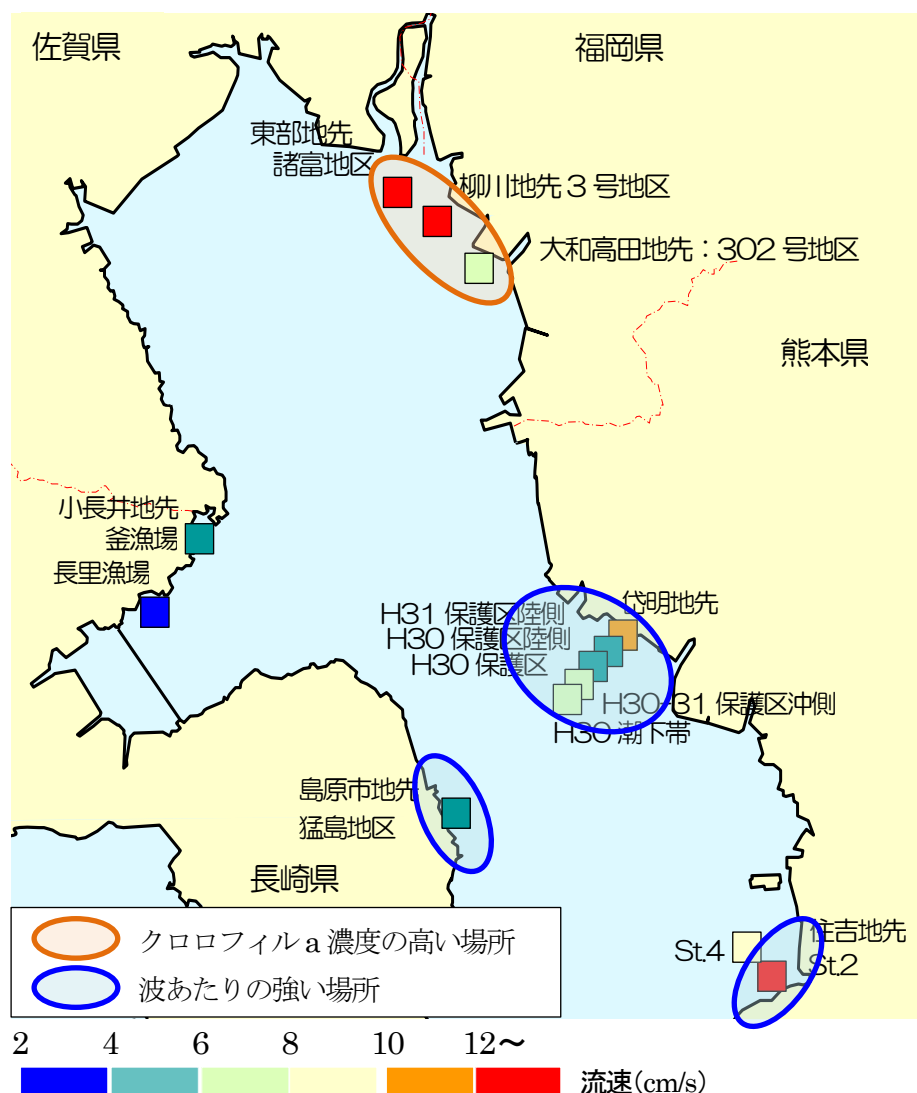


図 2 本事業実施地先の物理環境および水質環境の特性

【水質環境】

アサリの餌料環境に影響するクロロフィル a 濃度や濁度は、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なるが、夏季および冬季の SS の水質分析結果で、成長に影響するとされている 25 mg/L^1 を超える値が観測された。

また、クロロフィル a 濃度は、 $3.0 \text{ } \mu\text{g/L}$ 以下が長期間継続すると、アサリの肥満度や生残率等が低下するとされている²⁾。6 月および夏季調査では、各実験場所ともに 15 昼夜以上の連続観測結果の平均濃度が $3.0 \text{ } \mu\text{g/L}$ 以上となった。しかし、冬季調査では、柳川地先 3 号地区と小長井地先および島原市地先を除く各実験場所で平均濃度が $3.0 \text{ } \mu\text{g/L}$ 以下にあった事が確認された。

【底質環境】

大和高田 302 号地区の原地盤、東部地先諸富地区の泥場、大牟田観測塔近傍が、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。また、平成 30 年度に実証実験を実施した柳川地先 3 号地区の着生域周辺、東部地先諸富地区では、冬季調査時にシルト粘土分が大きく増加して、アサリの生息に適さない環境と

なるなど、底質環境の変化が大きい場所であった。しかし、今年度の実証実験を実施した東部地先諸富地区の実験場所の底質は、冬季長調査結果においてシルト粘土分の増加は見られず、安定した底質環境であり、昨年度実験場所と隣接した場所であるが、環境条件が異なる事が考察された。

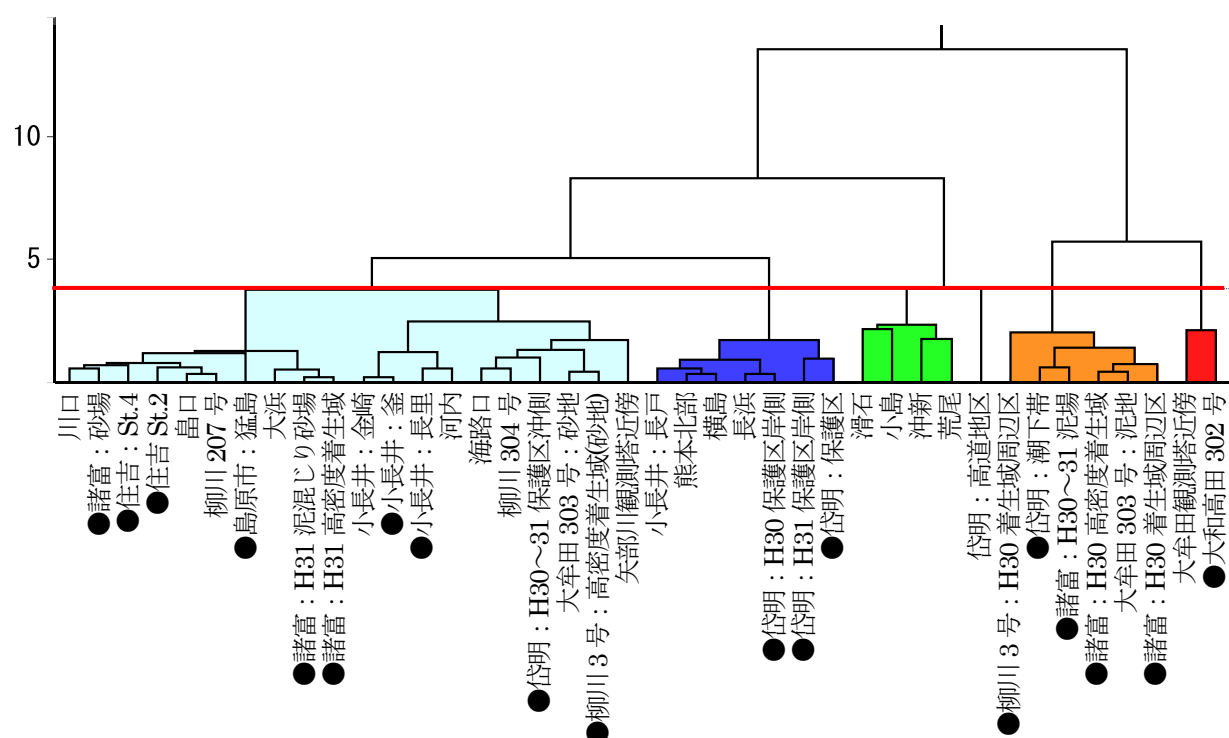
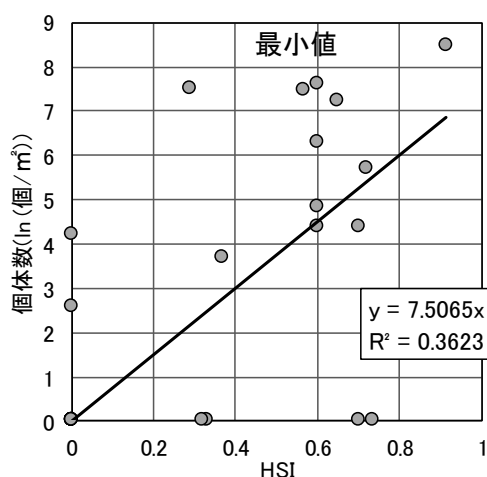


図 3 底質のクラスター分析結果

各実証実験場所の環境特性は上記の通りであり、これら環境調査結果をもとにして各場所のアサリの生息場としての適性指数（HSI）を検討した結果を

図 4 に示し、各実証実験場所で SI 値が最低値を示した項目を併記した。殆どの地先で底質が影響している中、住吉地先では物理環境（底面摩擦速度）の影響が大きい事が推察され、これら影響因子の改善がアサリの保護育成のために必要であると考察された。



【影響の大きい環境因子】

- 柳川地先 3 号地区：中央粒径
- 東部地先諸富地区：シルト・粘土分
- 岱明地先保護区陸側：強熱減量
- 岱明地先保護区：全硫化物
- 岱明地先保護区沖側：含水率
- 岱明地先潮下帯：シルト粘土分
- 住吉地先：底面摩擦速度

図 4 各実証実験場所のアサリ個体数の生息場適性指数 (HSI)

1.2 アサリ生産性向上技術

1.2.1 アサリの高密度着生域について

本事業では、アサリの高密度着生域からの移植技術の実証実験を実施している。これは高密度着生域では、アサリの成長が遅くなる事が指摘されている事から、個体数を間引いて移植する事で高密度着生域であった場所の成長を速め、さらに移植先でも成長が速まる事を狙ったものである。

しかし、平成 29 年度までの関連事業成果も含めて、これまでに確認されてきた高密度着生域の状況を整理すると表 1 に示す通りとなり、昨年度調査で多くの生息が確認されていても、今年度には減耗している場所が確認されている。また、今年度の春季に、新たに稚貝の高密度着生域が確認された場所も存在したが、台風襲来による影響のためか、その後の減耗も見られた。

この様に、高密度にアサリの生息が確認された場所であっても、漁場に大きな力が働いた時や、時間経過による減耗も見られた。

そのため、今年度事業において、新たに実験場所を設定した地先が存在するほか、浮遊幼生の着底も狙った早期採苗技術の実証実験も実施した。

以下に各技術の効果の検証結果に整理した。

表 1 高密度着生域の状況について

地先	これまで	今年度
柳川 3 号	平成 29 年度までの関連事業では、稚貝の高密度着生を確認 昨年度は成貝の高密度着生を確認	大きく減耗
諸富	平成 30 年度は稚貝・成貝ともに少なかったが、近隣（実験区外）に成貝の高密度着生を確認	成貝の高密度着生を確認
岱明	平成 30 年度は稚貝・成貝ともに少ない	稚貝が春に多く確認されたが、夏から秋に大きく減耗
住吉 St2	平成 29 年度までの関連事業では、稚貝・成貝の高密度着生を確認 昨年度は密度低下したが多く生息	稚貝・成貝ともに大きく減耗 夏から秋に成貝も減耗

1.2.2 技術の効果検証

(1) 高地盤覆砂域の造成による母貝生息適地の造成

大課題 1 である本課題において取りまとめられた各実証実験の仮説と検証結果を、表 2 に整理した。

①母貝保護育成技術

未利用泥干潟においては、低コスト型離底飼育器具と離底型連続カゴでの効果の比較検証を行い、両技術の成長速度に有意差は見られなかった。したがって、作業性や維持管理、そしてコストの観点から優れている低コスト型離底飼育器具が、実用化に向けた検討技術として望ましいものと考えられた。低コスト型離底飼育器具による設置規模の拡大では、離底型連続カゴと同等の生残率が確認され、さらに肥満度、成熟度と

もに良好であったことから、規模を拡大してもアサリへの効果が期待された。また、成長した母貝は間引いて生産に回すが、その補填用のアサリを未利用泥干潟で確保する技術開発が行われ、離底型連続カゴで育成したアサリの間引きとアサリ稚貝の補填を行い、生残率や成長速度が好適となる設置高について検討した。その結果、生残率は本実験の補填アサリで得られた結果以外、すべての実験条件で0cm 高よりも10cm 高で高くなった。他の実験結果も踏まえると、0cm 高では生残率の低下する可能性が高いため、補填アサリでも10cm 高とすることが望ましいと考えた。成長速度は全ての実験区で10cm 高よりも0cm 高で速度が向上したが、0cm 高では生残率が低下する可能性が高いと推測された。また、母貝に満たないアサリの育成実験結果より軽石(2mm)を使った場合で成長速度が高くなっていることから、設置高10cm と軽石(2mm)の組み合わせが望ましい。

砂泥干潟では、枠付被覆網を設置したうえで、底質改善技術と収容方法を組み合わせ、生残や成長に好適な組み合わせを二元配置分散分析により検証した。収容方法の違いによる群成熟度の比較では、基質入り網袋よりも地撒きで有意に成熟度が高くなることが確認された。砂散布や礫散布の底質改善と貝殻等混入物の有無による生残率の比較では、底質改善では碎石散布、砂散布、原地盤の順で有意に生残率が高かったが、貝殻等混入物の有無による有意差は認められなかった。

しかし、本実験方法では他の様々な要因(地形など)による影響も排除できないことが明らかとなった。本検証で得られた結果は参考にとどめ、今後は可能な限り他の要因を排除した実験方法への見直しを進める必要がある。

②母貝再生産技術

母貝再生産技術では、未利用泥干潟においても、設置高10cm で基質はパームを組み合わせることで初期稚貝と稚貝の出現個体数が有意に高い結果となり、設置高10cm とパームの組み合わせが最も採苗に適したものと考えられる。また、母貝に満たないアサリの育成においては、軽石(2mm)を基質とした基質入り網袋を設置高10cm に設置する事で、母貝未満のアサリの成長や生残が好適となる傾向がある。今後は、設置高10cm にパームを大量に設置する手法の検討、例えば低コスト型離底飼育器具に設置するなど、実用化を目指した検討が必要である。

砂泥干潟では、枠付採苗装置の最適な目合いと設置期間を検討することで多くの稚貝を確保できると考えたが、原地盤での初期稚貝数は404~1,616 個体/m²と非常に少なく、採苗器による稚貝の回収数も0~55 個体/m²と非常に少ない結果となった。初期稚貝の発生は年次変化が大きく、枠付採苗装置よりもさらに安定した採苗方法の確立が必要である。母貝補填用稚貝の育成については、被覆網による地撒き育成方法により、最適な育成密度の検証が行われた。その結果、殻長10mm 以下の稚貝では収容後速やかに生残率が低下したことから、殻長15mm 以下では生残率向上、15mm 以上では成長を重視・加味した技術を採用し、成長段階別に育成方法を検討する必要があると考察された。

以上、アサリの生息が確認されない未利用泥干潟や砂泥干潟においても、各技術を用いる事で母貝の育成効果や、初期稚貝や稚貝の着生、保護等の効果が確認され、実用化に向けての成果が得られた。

表 2 技術開発における仮説と検証結果のまとめ（その1）

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	低コスト型飼育器具でアサリの成長速度が向上する。	× 低コスト型離底飼育器具と離底型連続カゴで成長速度は同等であった 作業性やコスト等の視点より、低コスト型離底飼育器具の実用化が期待
		アサリ 6,000 個体を収容可能な設置規模に拡大できる(低コスト型離底飼育器具 5 台 (1,200 個体/台×5)。	× 低コスト型離底飼育器具と離底型連続カゴで生残率や成長速度、肥満度、群成熟度は同等であった。 規模拡大によるアサリへの効果が期待
		殻長 30 mm 以上のアサリを間引き、殻長 20 mm 程度のアサリを補填する。間引かれずに残った標識アサリ、補填アサリの何れも成長・成熟する。	◎ 残存アサリ、補填アサリの何れも成熟を確認した。成長速度では、標識アサリは設置高で成長速度に差は見られなかったが、補填アサリでは設置高 10 cm で速い傾向であった。
	母貝再生産技術の開発	設置高 0 cm と 10 cm、基質(軽石(2 mm)、パーム)の組み合わせから採取に最適な方法が明らかになるとともに、着生した初期稚貝は稚貝まで成長できる。	◎ 設置高では 10 cm で着生数が多くなる傾向であり、パームに初期稚貝および稚貝は多く着生した。(初期稚貝◎、稚貝○)
		設置高 0 cm と 10 cm、軽石(約 2 mm、6 mm)の組み合わせの中から、成長や生残が好適となる組合せが明らかになる。	○ 設置高 10 cm と軽石(約 2 mm)の組み合わせで成長や生残が好適となる傾向であった。
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	アサリ母貝は枠付被覆網により地撒き収容すれば、良好に成熟・産卵する。	◎ 枠付被覆網を用いた地撒き収容方法により、母貝は良好に成熟・産卵した。
		枠付被覆網による地撒き収容方法で、底質改善(砕石散布)と収容方法(収容時における貝殻等混入物の有)を組み合わせた実験区は他の実験区に比較し生残率が高くなる。	○ 枠付被覆網を用いた地撒き収容方法に加え、砕石散布と貝殻等を混入することで、生残率が向上した。(砂散布○、砕石散布○、貝殻等の混入×)
	母貝再生産技術の開発	最適な採苗装置の目合いと設置期間を把握することにより、各設置場所における稚貝の確保数が多くなる。	— 春子を対象とした実験結果では、採苗装置への初期稚貝が少なく検定不可能であった。
		最適な育成密度により、アサリ稚貝の生残率 50%/3 ヶ月以上、成長 10→25mm/3 ヶ月が確保できる。	○ 枠付被覆網を用いた地撒き収容方法により、平均殻長 8.66 mm のアサリ稚貝は約 2.5 カ月後には 25 mm 以上(補填用母貝)に成長した。生残率で、収容密度による差が確認された。

※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)」、「—:検定不可能」で評価した。

(2) 基質入り網袋、カゴを用いた稚貝育成

大課題 2 である本課題において取りまとめられた各実証実験の仮説の検証結果を、表 3 に整理した。

稚貝採取技術の開発では、前年度に設置した採苗器のモニタリングを継続することで、稚貝採取に適した網袋の設置時期の絞り込みを行い、設置条件ごとのアサリ採取量について整理・検討し、評価を行った。その結果、春季に採苗器を設置すると移植用のアサリが多く採取できる事が認められた。なお、初期稚貝が着生した原地盤の砂を採苗器内へ投入することによるアサリ採取量増加効果を検証したが、今年度の初期稚貝

着生量ではアサリの着生数増加は確認されなかった。初期稚貝の着生量は年度によって大きく異なることから、今年度の着生量では、砂の投入による着生量の増加効果が発現しなかったものと推察された。

移植用アサリの保護育成技術では、採苗器内のアサリのサイズ選別や、密度調整を行うことによる採取量の増加効果を検証した結果、サイズ選別・密度調整を行わない方が秋季に移植用のアサリが多く採取できることを確認した。

さらに、移植のための運搬方法については、当該地先で採取したアサリを実際に県内他地域へ運搬（保管）・移植し、陸上での運搬（保管）条件ごとに移植後のアサリ漁獲量（個体数、湿重量等）について整理・検討し、考察および評価を行った。この結果、運搬に24時間程度まで要する場合は、保管方法による移植後の漁獲量に有意差が確認されなかった。しかし、運搬に48時間程度要する場合、冷蔵保管が、氷づけ保管や常温保管よりも漁獲量の向上する事が確認された。

今後は、漁獲増加量/コストを更に高めるための採苗器の設置場所（地盤高）の把握や、低コストで実施可能な保護育成手法の確立（岸側に設置した採苗器の沖出し）、採取～運搬（移植）サイクルの試験運用が課題とされた。

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
基質入り網袋、カゴを用いた稚貝育成技術の開発	稚貝の採取技術の開発	H30年度の春季と秋季に設置した採苗器では、春季に設置した採苗器の方が、H31年度の秋季に移植用のアサリが多く採取できる	◎ 採苗器を春季に設置すると岸側では移植用のアサリが多く採取できた。
		春季に初期稚貝が着生した原地盤の砂を採苗器内に投入すると、何もしない採苗器よりも沖側、岸側ともに移植用のアサリが多く採取できる	× 原地盤への初期稚貝の着生量が少なく、砂投入による採取量増加は認められなかった。
	移植用のアサリ保護・育成技術の開発	採苗器で採取したアサリを、サイズ選別(殻長20mm以上)および密度調整(1,000～3,000個体/m ²)を行う事で、秋季に移植用のアサリが多く採取できる	× サイズ選別・密度調整を行っても移植用のアサリの採取量の増加は認められなかった。
	移植のための運搬方法の開発	秋季に採取後24時間以上かけてアサリを運搬(保管)する場合、冷蔵保管は氷づけ保管、常温保管よりも移植後の漁獲量が向上する	× アサリの採取～運搬(移植)に24時間程度要する場合では、移植後の漁獲量に有意差は認められなかった。しかし、48時間以上かけて運搬する場合は、冷蔵保管で漁獲量が有意に向上する事が確認された。

※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)」、「-:検定不可能」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（大課題3）

大課題3である本課題は4地先で実証実験が実施され、それぞれで取りまとめられた仮説の検証結果を、表4および表5に整理した。

「移植用稚貝の効率的な確保技術の開発」は、地先によって基質入り網袋や収穫ネットの技術を用いて実証実験が行われ、網袋に収容する基質の種類や粒径、設置高さ、設置時期などの検証を実施した。

基質としてパームを用いた実験は、柳川地先3号地区で設置高さを変えて実施され、パームを用いることで初期稚貝や稚貝は現地砂泥よりも多く出現する傾向が確認された。特に、設置高10～100cmのパームに多く出現したことから、設置高10～100cmが採苗に好適な可能性が得られた。採苗器（収穫ネット）を用いた実験は、東部地先諸富地区で基質・粒径の組み合わせ、および設置高を変えて実施され、基質は砂利で、粒径は2～5mmの組み合わせの結果で初期稚貝が有意に多く着生したことが認められた。設置高の結果では、底面から30cm、50cmの設置高において底面直上よりも有意に着生量が多く確認され、採苗器（収穫ネット）によって効率よく稚貝確保できる基質、粒径、および設置高さの絞り込みが達成された。

砂利入り網袋の実験は、小長井地先で移植に適したサイズのアサリを採取するための採苗器の設置時期の検証を行い、春季に設置することで秋季に設置するよりも自然に移植用のアサリを多く採取できることが確認された。岱明地先では、収穫ネットと二重収穫ネットを用いた実験を実施し、基質の違い（軽石2mm、6mm）による効果の比較、基質に加え現地の底質を入れた効果を確認した結果、基質や底質の有無による有意な効果は確認されなかったが、二重収穫ネットで個体数が増加する傾向が確認された。

「種場・生息場の拡大」のための実験は、柳川地先10号地区において、軽石を入れた網袋に稚貝を収容し、異なる設置方法（低コスト型離底飼育器具、二重底プレート、直置き）での実験により、生残率向上効果の検証を行った。いずれの手法も殻長増加や生残率の維持に同等な効果がある可能性が推測された。

アサリの保護、育成技術の開発では、小長井地先において基質入り網袋（砂利）を用いた実験が行われ、移植に適したサイズのアサリを採取するためにはサイズ選別、密度調整を行うことが有効であることが確認された。また、岱明地先鍋地区では、二重被覆網を用いたアサリの保護、パーム入り収穫ネットを用いたアサリの着底・保護を目的とした実験を行った。二重被覆網を用いた実験結果では、11月までの調査結果より生残の維持が確認され、アサリの保護育成に寄与していると推察された。パーム入り収穫ネットによる保護育成効果については、稚貝採取は可能であるが着生量が少なく、多くの稚貝確保が難しいと考えられた。

移植技術の開発として収穫ネットで現地砂を収容した実験は、東部地先諸富地区で適切な移植場所および移植サイズについて実証実験が行われ、殻長15～25mmのアサリは砂場に移植することで生残、成長が向上することが確認された。また、小長井地先では基質（砂利）入り網袋を用いて、県内他地域産のアサリの移植実験が行われ、秋季に殻長25mm以上の島原産のアサリを漁場沖側に移植することで、小長井産と同様に、漁場岸側よりも多く採取できた。

以上、稚貝採取および保護育成に関わる各実証実験では、網袋等の適切な設置場所に見通しを得る事ができた。また、移植に関わる各実証実験では、適用する各技術と適用場所、そして同一県内の他地域産アサリの移植効果で見通しを得る事が出来た。

今後は、稚貝採取および保護育成に関わる技術の向上を目指すとともに、コストや作業性、そして移植を実施する適正時期を考慮した技術の実証が望まれた。

表 4 技術開発における仮説と検証結果のまとめ（その1）

中課題	小課題	作業仮説	検証結果
湾奥域での高密度着生・集積域の拡大手法の開発	種場・生息場の拡大	移植によりアサリの生残個体数や成長速度が、対照区よりも向上する。	－ 実験期間中の豪雨の影響で生残率が大きく減少し、検証が不可能であった。
		設置高 0 cm と 10 cm、基質（軽石（約 2 mm））の組み合わせから、生残や成長が好適となる組合せが明らかになる。	× 何れの手法も生残率（93 % 以上）、成長速度（0.09～0.10 mm/day）ともに同等であった。
	効率的な稚貝確保技術開発	パームには初期稚貝や稚貝が着生し、稚貝は原地砂泥よりも多く生残する。	◎ 春子、秋子ともに設置高 50 cm で多く採取できた。（初期稚貝◎、稚貝○）
泥分が多い場所での移植技術の開発	移植技術開発	生息密度を 2,500 個体/m ² から 500 個体/m ² に下げた稚貝と初期成貝は、泥分の少ない砂場へ移植することで、泥分の多い泥場よりも生残と成長が向上する。	◎ 殻長 15～25mm のアサリは砂場に移植することで、泥場よりも生残と成長が向上した。（15 mm（生残○）、20 mm（生残×、成長◎）、25 mm（生残○、成長○））
		稚貝と初期成貝は、泥分が多い泥場でも、砂場の底質を基質として入れ、コンポーザで底面から離底すれば、生残と成長が直置きよりも向上する。	◎ 殻長 15～25mm のアサリは泥分の多い泥場でも離底することで、生残と成長が直置きよりも向上した。（15 mm（生残◎）、20 mm（生残◎、成長×）、25 mm（生残◎、成長○））
	稚貝確保技術開発	採苗の基質と粒径は、2～5mm の砂利が適している。	◎ 砂利の 2～5mm を用いることで有意に初期稚貝の着生数が多かった。
		採苗の設置高は、底面から 10cm 以上が適している。	○ 底面から +30cm 以上離底することで有意に着生数が多かった。（0 cm ×、10 cm ×、30 cm ○、50 cm ○）

※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（ $p>0.05$ ）」、「－：検定不可能」で評価した。

表 5 技術開発における仮説と検証結果のまとめ（その2）

中課題	小課題	作業仮説	検証結果	
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	成貝移植技術の開発	食害・逸散対策を実施した上で、適切な密度で移植すると、漁獲量が向上する。	×	収容密度による漁獲量の有意な差が確認されなかったが、設置場所（沖側）で有意に増加する効果が確認された。（設置場所◎）
		秋季に殻長 25 mm以上の島原産のアサリを網袋にて漁場沖側に移植すると小長井産と同様に漁場岸側よりも、多く漁獲量が得られる。	◎	秋季に殻長 25 mm以上の島原産のアサリを網袋にて漁場沖側に移植すると小長井産と同様に漁場岸側よりも多く漁獲量が得られた。
	移植用のアサリ保護・育成技術の開発	採苗器で採取したアサリをサイズ選別(殻長 20 mm以上)および密度調整(2,000 個体/m ² または 3,000 個体/m ²)を行うことで、秋季に移植用のアサリが多く採取できる。	○	サイズ選別・密度調整を行うことで、移植用アサリを採取できた。
	稚貝採取技術の開発	H30 年度の春季と秋季に設置した網袋では、春季に設置した網袋の方が、H31 年度の秋季に移植用のアサリを多く採取できる。	×	移植時期（秋季）の移植用アサリの採取量では、春季設置と秋季設置で有意な差は確認されなかった。
高密度着生・集積域での移植手法の開発	移植用稚貝の効率的な確保	網の構造を改良（基質、二重網等）し、沖側に移植することで、稚貝確保数、生残・成長および作業性は向上する。	◎	二重収穫ネットの方が稚貝の確保数が多く、沖側へ移植することで成長速度は増加した。耐久性においても二重収穫ネットの方が優れており、作業人工は約 23%低減した。（稚貝確保数○、成長◎、生残－）
	稚貝の保護育成技術	陸側での保護は被覆網の付着物対策を行うことで作業性が向上する。	◎	付着物はほとんどなく、作業性の明瞭な差は認められなかったが、二重被覆網を用いることで生残率は維持され、アサリの保護育成効果に寄与すると考えられた。一方で、台風等の大規模自然災害が来襲した場合の対策を講じる必要があると考えられた。（生残◎、成長－）
			着底基質（パーム）を用いることで、原地盤のアサリがいなくとも、稚貝の確保・保護育成が可能となる。	×

※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)」、「－：検定不可能」で評価した。

1.2.3 実用性の検討

(1) 経済性の評価

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 6 に示した 1a 当たりに換算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。なお、表中のコストは※印を付した移植技術は、移植のみコストであるが、他の技術については稚貝の採取から漁獲までの一連の過程を想定したコストである。

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 6 1a 当たりに換算した各技術の経済性一覧

技術名	(千円)	コスト(千円/年)				評価 (A/B)	
	A 漁獲増加量	1.人件費	2.資機材費	3.雑費 (燃油費等)	B 合計 (1+2+3)	人件費込みコスト	人件費除くコスト
低コスト型離底飼育器具 (大和高田地先 302 号)	2,100	1,686	150	408	2,243	0.9	3.8
基質入り網袋(軽石) + 干潟上設置	161	209	32	112	353	0.5	1.1
基質入り網袋(軽石) + 二重底プレートに設置	161	209	59	112	380	0.4	0.9
基質入り網袋(軽石) + 低コスト型離底飼育器具に設置 (柳川地先 3 号地区)	161	371	50	120	540	0.3	0.9
基質入り網袋(底質:砂)による砂場移植※	63	45	10	40	95	0.7	1.3
基質入り網袋(底質:砂)による離底移植※	64	63	10	40	113	0.6	1.3
基質入り網袋(砂利)	126	111	60	0	171	0.7	2.1
春季に基質入り網袋(砂利)設置 + 翌年の秋季に移植 + 春季に漁獲	343	482	201	0	683	0.5	1.7
県内他地域産アサリを秋季に移植 + 春季に漁獲	343	143	269	0	412	0.8	1.3
二重収穫ネット	91	174	55	0	229	0.4	1.7
枠付き被覆網 + 砕石散布 + 貝殻	1,289	1,168	157	486	1,811	0.7	2.0

(2) 適用条件の検討

各技術の実証実験場所は、前掲図 3 に示した様に、底質環境の異なる場所で開催され、生産性向上効果が期待される成果が得られた。したがって、期待される効果を高めるためにも、実験が実施された場所と同様の環境で適用する事が望まれる。そこで、泥干潟、砂混じりの泥干潟、泥混じり砂干潟のそれぞれに分けて適用条件を以下に整理した。

なお、各技術ともに台風等の荒天が見込まれる時期は施設の機能維持対策が必要である事も確認された。

①泥干潟

アサリにとって、シルト・粘土分が 70%を超える泥干潟は生息に不適な環境である。本事業では母貝保護育成地造成技術の開発が実施された大和高田地先 302 号地区が泥干潟に相当し、原地盤ではアサリの生息が確認されていない。そのため、干潟面から離底して母貝を保護育成し、新たな母貝となるアサリの採取、保護育成手法も離底して行う技術であり、表 7 に適用条件を整理した。

表 7 泥干潟への技術の適用条件一覧

技術（目的）	時期	場所の条件等	留意点
低コスト型離底飼育器具 （母貝育成）	設置：4 月 育成：5 月～翌年 6 月 産卵：10 月～12 月、4 月～6 月 間引：7 月～8 月	・シルト粘土分が 70%以上の泥干潟域 ・支柱が固定できない程の軟弱な地盤は回避	・設置高は干潟面から 10 cm 程度
パーム入り収穫ネット+網袋 （母貝再生産）	設置：9 月 着生：10 月～12 月、4 月～6 月 育成：10 月～6 月 補填(母貝用)：7 月～8 月	同上	同上

②泥混じり砂干潟

泥混じり砂干潟としては、住吉地先において母貝保護育成地造成技術、柳川地先 3 号地区で高密度着生・集積域の拡大技術、小長井地先、岱明地先鍋地区では移植技術、島原地先猛島地区では移植に際しての運搬技術の開発が実施された。各実証実験では、アサリ採取のための技術開発も実施されており、表 8 および表 9 に各技術の適用条件を整理した。

表 8 泥混じり砂干潟への技術の適用条件一覧（その1）

技術（目的）	時期	場所の条件等	留意点
枠付被覆網 （母貝育成）	設置：4月～7月, 10月～1月 産卵：4月～7月, 10月～1月 間引：7月	・粒径が小さく、底質が動きやすい砂干潟 （実験場所：住吉地先）	・ツメタガイ対策方法の検討
パーム入り収穫ネット+網袋 （母貝再生産）	設置：4月, 10月	・浮遊幼生が来遊する場所 ・稚貝の着生が多い場所 （実験場所：住吉地先）	
収穫ネット, 枠付被覆網 （母貝再生産）	育成：5月～6月（15mm以下は収穫ネット等） 6月～9月（15mm以上は地撒き・枠付被覆網）	・10→25mmへのアサリの成長が良い場所 （実験場所：住吉地先）	・成長段階により育成方法を選定
基質入り収穫ネット（基質：パーム）+離底設置 （稚貝確保）	設置：9月 着生：10月～12月, 4月～6月 育成：10月～6月 移植：7月～8月	・泥分30%以下の場所 ・流失による変動が大きい場所 （実験場所：柳川3号地区）	・設置高は干潟面から50cm程度
基質入り網袋（基質：軽石）+干潟面に設置 （種場生息場拡大）	設置：7月～8月 育成：8月～翌年5月 回収・放流：6月	同上	・埋没抑制のため、網袋の口紐を干潟面から離れたペグ頭部に固定
基質入り網袋（基質：軽石）+二重底プレートに設置 （種場生息場拡大）	同上	同上	・干潟面への設置で洗堀や埋没が抑制
基質入り網袋（基質：軽石）+低コスト型離底飼育器具 （種場生息場拡大）	同上	同上	・干潟面からの設置高は10cm程度

表 9 泥混じり砂干潟への技術の適用条件一覧（その2）

技術（目的）	時期	場所の条件等	留意点
基質入り網袋(基質：砂利) (稚貝採取)	設置：5月 育成：6月～翌年9月 移植：10月	・漁場沖側に設置 (実験場所：小長井地先)	
基質入り網袋(基質：砂利)+サイズ選別+密度調整 (保護育成)	調整：5月 育成：6月～9月 移植：10月	同上	・前年5月より採取した個体をサイズ選別, 密度調整で効果
基質入り網袋(基質：砂利) (移植)	移植：10月 育成：11月～翌年3月 漁獲：4月	同上	・移植サイズは殻長 25mm 以上
基質入り網袋(基質：砂利) (稚貝採取)	設置：5月 育成：6月～翌年9月 運搬：10月	・漁場岸側に設置 (実験場所：島原猛島地区)	
運搬方法	運搬：10月	同上	・運搬が 48 時間以上は冷蔵保管
二重収穫ネット (稚貝採取, 移植)	設置：3月, 9月 移植：6月～7月(3月設置) 6月～7月(9月設置) 漁獲：翌年4月(3月設置) 翌年12月(9月設置)	・浮遊幼生の着底場 ・岱明地先では陸側 ・着底はあるものの、その後の減耗が課題の海域 (実験場所：岱明鍋地区)	・移植は生息環境が悪化する夏季以前
二重被覆網 (保護育成)	設置：4月	・稚貝が着生する場 ・着底はあるが、流出等による減耗が課題の海域 ・岱明地先では陸側 (実験場所：岱明鍋地区)	・初期稚貝着底前か稚貝着底場所に設置
パーム入り収穫ネット (保護育成)	設置：3月	・アサリの成長が良好で浮遊幼生が来遊する海域 ・岱明地先では沖側 (実験場所：岱明鍋地区)	・設置条件により採取数が異なる

④まとめ

各技術の適用条件は、上記までに整理した通りである。本事業では、アサリの生息にとって不適なシルト粘土分が 70%以上の泥干潟（泥場）においての実証実験も実施し、このような環境であっても離底する事で稚貝から成貝の移植、母貝の保護育成が可能である事が実証された。また、泥混じり砂干潟における各実証実験場所のシルト粘土分は最大でも約 30%であり、これら場所への移植および保護育成が可能である事が実証された。

1.3 貧酸素対策技術

カキ礁による貧酸素水塊軽減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実証実験の仮説と検証結果を、表 10 に整理した。

カキ礁造成手法の開発では、廃棄予定のコンポーズを用いて、干潟面から+0.0 m, +0.3 m, +0.6 m の高さに金網を取り付けた棚式着生材を作成設置した結果、干潟面から+0.0 m 高で 0.64 wet-g/m², +0.3 m 高で 2.78 wet-g/m², +0.6 m 高で 0.82 wet-g/m² の着生が確認された。昨年度試験の竹と竹ぼうきを組み合わせた着生材では、1.74 wet-g/m² であったことから、干潟面から+0.3 m 高で昨年度と同等以上の成果が得られた。

今年度の着生材として用いた金網と同様の素材であるネットを用いた着生材による実験が、平成 29 年度の関連事業過年度にも実施されており、設置後 3 ヶ年で天然のカキ礁と同等の生息密度 (20 wet-kg/m²) まで着生する事が確認された。

また、過年度までの実験では、台風等の大雨に伴う出水などの影響により、着生材の流出が見られた。今年度も本地域では大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。

カキ礁による貧酸素水塊軽減効果を検討では、昨年度設定した数値解析モデルについて、カキ以外の二枚貝を考慮する等の改良を行い、カキ礁分布の違いによる貧酸素軽減効果を評価した。なお、評価は、検証地点の底層 DO が貧酸素となる継続時間を求めている事で実施した。

カキ礁の分布による効果は、分布条件により異なり、検証地点では最大で約 10～20 % の軽減効果が予測された。また、貧酸素水塊の分布面積の軽減効果についても、検証した結果、底層 DO が 1.0 mg/L 以下となる積算面積が、カキ礁無しに比べて造成可能エリア (その 1) にカキ礁が分布した場合、約 22 % 面積が縮小する事が予測された。さらに、昭和 52 年当時のカキ礁分布条件では、平成 19 年度のカキ礁分布条件に比べて、約 27 % の面積縮小が予測された。

この様に、カキ礁の分布条件により、底層 DO の貧酸素水塊軽減効果が異なることから、軽減効果の高いカキ礁分布条件の検証も必要であると考えられた。

表 10 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	カキ礁の効率的な造成方法の開発	過年度評価した方法(竹ぼうきと竹)を組み合わせた造成方法と比較し、金網を用いた造成方法は、着生量と残存率が同等以上である。	－ 棚式着生材では、昨年度よりもカキの着生量および残存率が向上する効果が期待された。
		地盤高の差によって着生量が変化する。	◎ 干潟面から+0.0 m, +0.3 m, +0.6 m の高さで検証した結果、+0.3 m で有意に着生量が多くなる事が確認された。
	カキ礁造成による貧酸素水塊低減効果の評価	カキ礁により貧酸素水塊の影響が軽減される。(推定)	－ 検証地点での底層 DO が 3mg/L 以下となる累積時間は、カキ礁分布条件により異なり、最大で約 10～20 % 短縮した。底層 DO が 1mg/L 以下の積算面積は、造成可能エリアにカキ礁が分布することで、カキ礁無しより約 22% 縮小した。

※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。「－」は検定不可能

1.4 仮説の検証と再構築

昨年度の成果より再構築された「早期採苗・保護・育成技術と、早期移植・成長促進技術が図られれば、さらなる生産性向上に寄与する。」という仮説のもと、各地先で実証実験を実施した。

再構築した仮説について、稚貝育成技術の実験結果（島原市猛島地区）および稚貝の移植実験結果（柳川地先3号地区、東部諸富地区、小長井地先、岱明地先鍋地区）より検討するために、各実験で得られたアサリの殻長組成結果を以下に整理した。

図5には、各実証実験場所の原地盤および技術を適用した時の殻長別最大個体数の分布を示した。

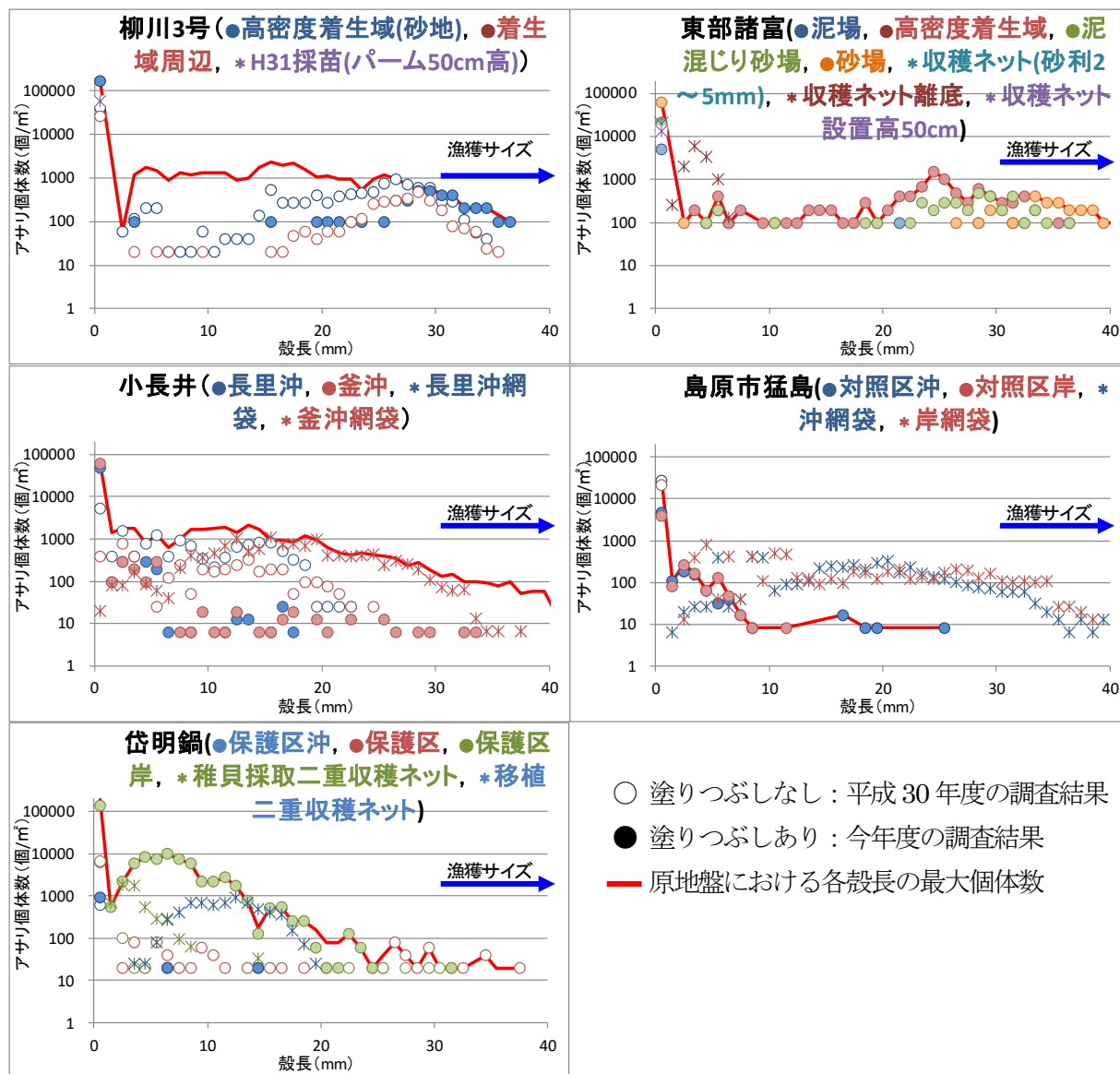


図5 殻長別最大個体数の分布

【柳川地先3号地区および10号地区】

福岡県柳川地先3号地区では、早期採苗を目的に、パームを用いた採苗技術の実証実験が実施され、パームの設置高（10 cm, 50 cm, 100 cm, 150 cm）により採取個体数に差が見られた。春子を対象とした調査結果では、初期稚貝が原地盤で0 個体/m²に対して5,723～49,510 個体/m²、稚貝が原地盤で0 個体/m²に対して1,042

～6,300 個体/㎡の着生が確認され、ともに干潟面から 50 cm 高に設置した採苗器で個体数が多い事が確認された。また、秋子に対してもパームを用いた採苗器を干潟面から 50 cm 高に設置する事で採苗個体数が多く、1 月の初期稚貝で原地盤と同程度の 58,329 個体/㎡、稚貝では原地盤の約 3 倍の 2,781 個体/㎡が出現しており、パームによる早期採苗の効果が確認された。

早期移植に関しては、移植後に保護・育成など十分に管理するならば殻長 10 mm 程度、特に保護等を行わないのであれば 15～20 mm が一つの目安とされている³⁾。柳川地先 10 号地区では、10 月下旬に基質（軽石）入り網袋に殻長約 12mm の稚貝を収容し移植した結果、約 3 ヶ月後の 1 月までに設定した実験区のそれぞれで 93%以上の高い生残率が確認された。また、殻長も約 20 mm まで成長している事が確認され、秋季移植の育成効果が期待された。

ただし、調査期間が約 3 ヶ月と短い期間であるため、殻長約 30 mm 以上の漁獲対象サイズまでの成長や生残への有効性の実証が課題とされた。

【東部地先諸富地区】

佐賀県東部地先諸富地区では、早期採苗を目的に、基質入り網袋（4 種類の基質で比較）を底面から約 50 cm 高さに 5, 6, 7 月に設置し、春子を対象とした初期稚貝調査を、それぞれ 1 ヶ月後に実施した結果、5 月設置の粒径 2～5 mm の砂利入りを基質に用いた収穫ネットで最も多く、20,301 個体/㎡の着生が確認された。

10, 11 月には、砂利（粒径 2～5 mm）入り収穫ネットを、干潟面からの設置高（0 cm, 10 cm, 30 cm, 50 cm）を変えて設置し、50 cm で 13,635 個体/㎡の着生が確認され、上記した春子の結果とともに、収穫ネットを離底設置する事による早期採苗効果が確認された。

また、移植場所・移植サイズの選定実験も実施し、基質（移植先底質）入り収穫ネットを用いて、殻長 15～25 mm のアサリを砂場に移植する事で、泥混じり砂場や砂場よりも有意に生残率の高い事が確認された。

しかし、本実験場所では、夏季の高温による生残率の低下も確認されており、早期採苗した稚貝を移植サイズまで保護育成し、高温影響を受ける前に漁獲に寄与できるかの検証が課題とされた。

【小長井地先】

長崎県小長井地先では、アサリを収容した基質入り網袋を、漁場の中でも沖側に移植する事で、肥満度も良好となり、採取個体も多くなる事が確認された。さらに県内他地域産のアサリを基質網袋に収容し、漁場沖側に移植しても、同じく漁場沖側に移植した小長井産アサリと同等量の回収が確認された。

この移植に適したサイズのアサリを早期採苗するための採苗器の設置は、前年 5 月が適していると考察され、早期採苗、保護・育成、移植による生産性の向上効果が期待された。しかし、移植直前の夏から秋にかけての個体数の減少が見られ、この減耗の抑制がさらなる生産性向上のための課題とされた。また、採苗器の設置場所等の地盤高について、実験条件以外の高さの検証も課題とされた。

【島原地先猛島地区】

長崎県島原地先では、前年 5 月に採苗器（基質入り網袋）を設置することで稚貝が加入し、減耗することなく時間経過とともに増加が見られ、早期採苗効果が確認された。さらに、本年 10 月には、殻長 25 mm 以上の移植に適したサイズのアサリが多く採取され、保護・育成効果も確認された。また、移植のための運搬条件（方法、時間）と、移植後の漁獲量の関係についても把握された。

本地先においても、小長井地先と同様に、採苗器の設置場所（地盤高）について、実験条件以外の高さの検証も課題とされた。

【岱明地先鍋地区】

岱明地先鍋地区では、基質（軽石）入り二重収穫ネットを5月に保護区陸側に設置し、7月に保護区沖側に移植することで、収穫ネットよりも稚貝が多く採取され、移植した事により成長の速まる事も確認された。7月に保護区沖側に移植した平均殻長が約3 mmの稚貝が、1月に平均殻長で約15mmであったが、最大で約30 mmの成貝も確認されており、今後の成長および生残が期待された。

なお、アサリの保護・育成技術として、アサリが多く確認された保護区陸側で、5月に被覆網および二重被覆網による実証実験を実施したが、台風19号による影響と考えられる網の破損により、大きく生残率が低下した。しかし、台風が来る前の9月調査までは、二重被覆網が被覆網に比べて高い生残率を維持した。

上記成果の他、各実証実験の成果も含めて、今年度の仮説について考察する。早期採苗・保護・育成技術について、砂利や軽石などの基質入り網袋を用いる事で、初期稚貝の着生や稚貝の加入が起こり、保護育成される事で、効率的な稚貝確保技術が実証された。また、浮遊幼生の着生促進として、パームを用いた採苗実験が実施され、柳川地先3号地区において効果が確認されたが、この他幾つかの場所でも秋子を対象にした実験も開始されており、今後の調査結果をもとにした効果検証が必要と考えられた。

パームを用いた採苗・保護・育成技術は、干潟面から離して設置する事から、初期稚貝の着生が少ない泥干潟等のシルト・粘土分の高い場所でも効果が期待される技術である。また、砂利入り網袋を用いた採苗・保護・育成技術は、東部地先諸富地区の泥場で効果が確認された様に、干潟面から離して設置する事により採苗効果が得られた他、砂泥干潟や礫浜の干潟面に設置して初期稚貝の着生の他、周辺からの稚貝の加入効果も期待される技術である。

しかし、幾つかの実証実験において、夏季から秋季にアサリ個体数の減耗も確認されており、この要因として高温影響や台風による実験機材の破損等が考察された。

従って、アサリの減耗抑制対策として、食害や流失等による減耗対策だけでなく、夏季から秋季にかけて発生する可能性がある、高温や大きな気象擾乱による減耗対策も検討する必要がある。

以上より、今後に向けた仮説を図6に検討した。今年度は各実証実験において、早期採苗技術の実証に取り組み、それぞれで成果が得られており、例えば小長井地先ではその後の保護・育成、移植時期の絞り込みまでの検証が実施された。しかし、全ての実証実験場所では検証できていないため、早期採苗したアサリを、夏季から秋季の減耗を受ける前に漁獲サイズとなるように適正な時期に移植し、保護育成する対策が必要と考えられた。

従って、「早期採苗・保護・育成技術と、適性時期の移植・成長促進技術が図られれば、さらなる生産性向上に寄与する。」と仮説を再構築した。

仮説の再構築

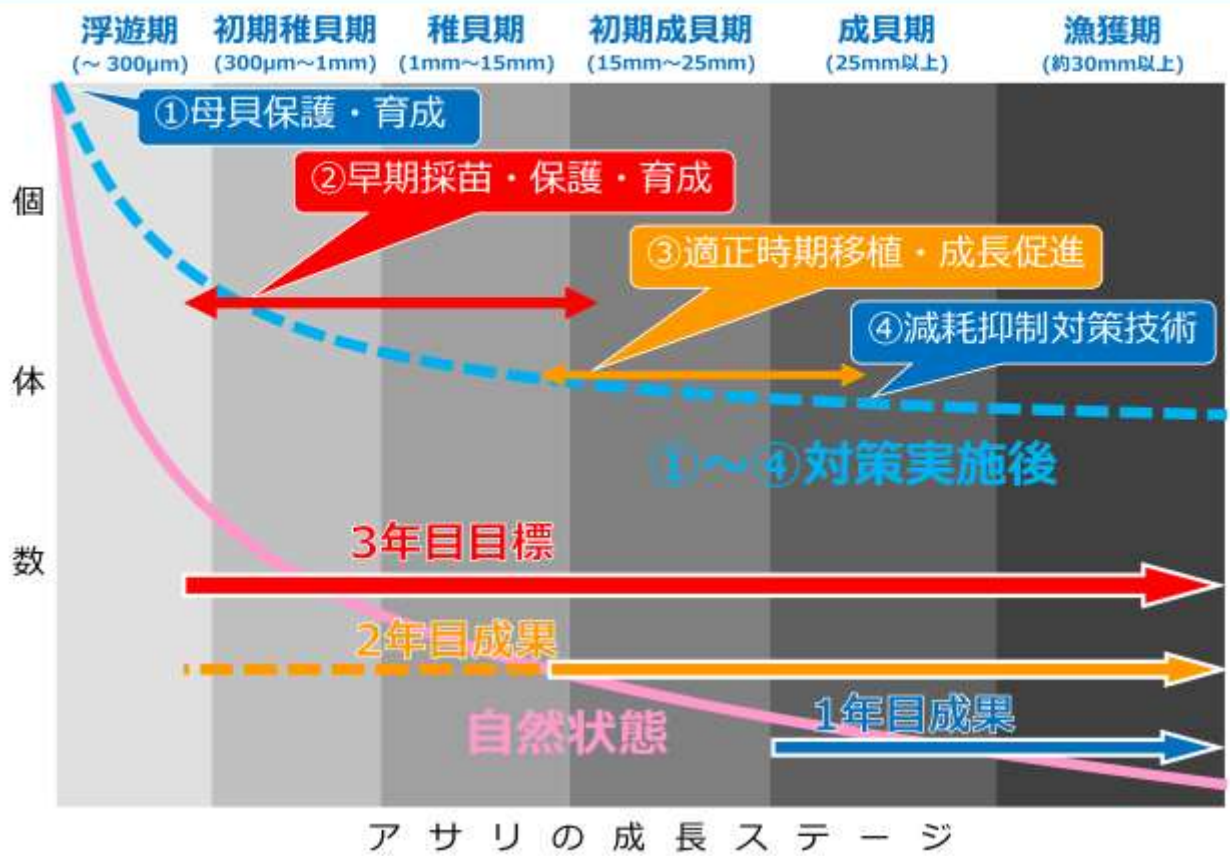


図 6 仮説の再構築

- 1) 環境省(2015) : 第 35 回 有明海・八代海等総合調査評価委員会 配布資料 3・2.
- 2) 全国沿岸漁業振興開発協会(1997) : 沿岸漁業整備開発事業 増殖場造成計画指針ヒラメ・アサリ編 平成 8 年版.
- 3) 水産庁(2008): 干潟生産力改善のためのガイドライン.