

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・評価し、二枚貝の生産性向上を図ることを目的とし、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、今年度までに、各技術の実施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。

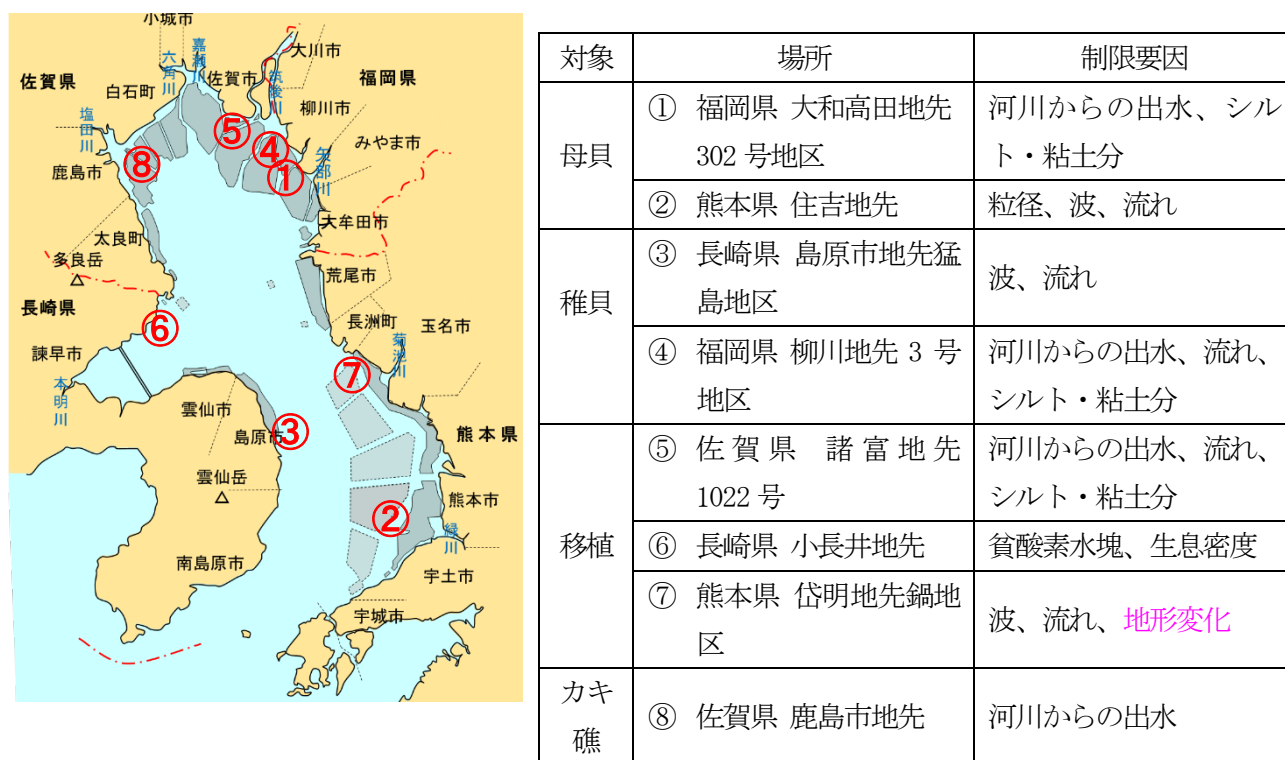


図 1 各実験地区の環境特性

【物理環境】

湾奥の大河川の滞に近い柳川地先 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冬季の調査結果で平均流速が 10cm/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、有明海北部に位置する湾奥の地先と岱明地先、そして外海に向けて沖方向に開けている住吉地先で高くなる傾向であった。中でも岱明地先では台風が九州西岸を接近した時に波浪観測を実施しており、保護区陸側、保護区沖側で約 1.0 m の波高が観測されている。

冬季では、住吉地先の St.4 と島原市地先で平均波高が高くなる傾向であった。

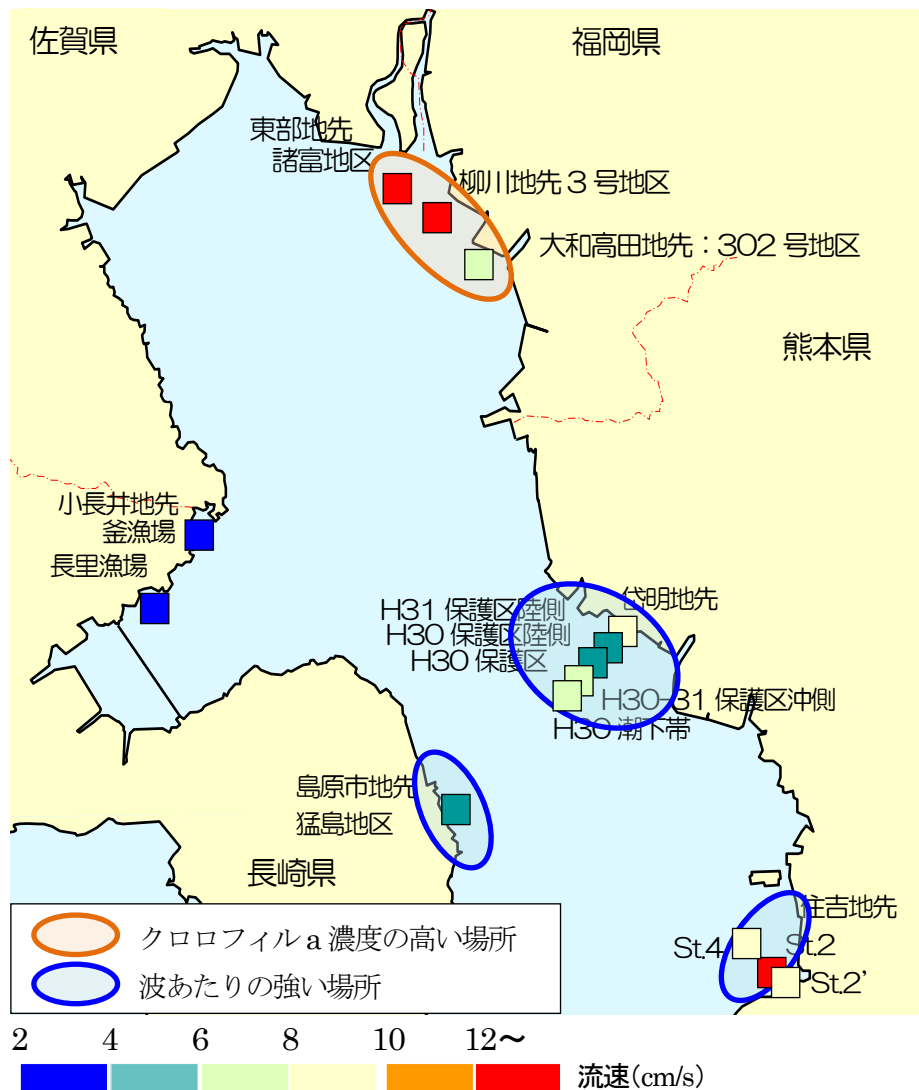


図 2 本事業実施地先の物理環境および水質環境の特性

【水質環境】

アサリの餌料環境に影響するクロロフィル a 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も考えられるが、河川流出時や台風等のイベント時には底質直上の濁度が、摂餌に悪影響が出るとされている 300 FTU^⑤ をはるかに超える濃度となる。夏季および冬季の SS の水質分析結果でも、小長井地先および岱明地先を除いて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ており、高い濁度のアサリへの影響も考慮する必要がある。

また、クロロフィル a は、3.0 $\mu\text{g/L}$ 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^⑤。夏季調査では、過年度と同様に、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 $\mu\text{g/L}$ 以上となった。しかし、冬季調査では、柳川地先 3 号地区と住吉地先 St. 4 を除く各実験場所で、平均濃度が 3.0 $\mu\text{g/L}$ 以下にあった事が確認された。

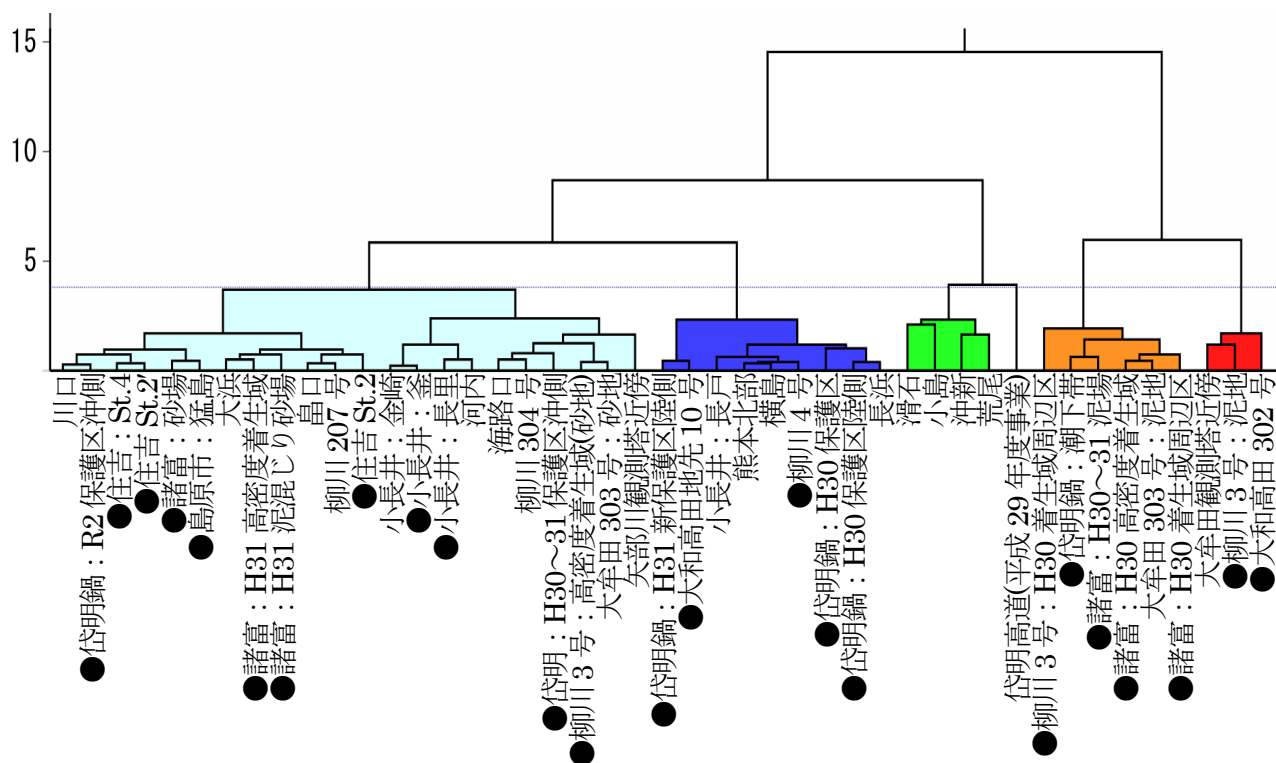
令和 2 年には 7 月豪雨が発生し、大量の淡水が河川を通じて有明海に流入し、湾奥の福岡県と佐賀県の実験区でアサリや牡蠣に大きな被害が確認された。流入した河川水の影響は塩分低下や濁度の上昇として観測され、アサリへの影響を見ると、佐賀県の諸富地先で最も大きい影響があり、次に福岡県の柳川地先が大きな影響を受けた。

一方、長崎県の小長井地先、島原地先、熊本県の岱明地先、住吉地先では、アサリへの影響も湾奥部よりは軽微であった。これら地先のうち、岱明地先を除いては、7 月豪雨中に塩分の連続観測が実施されており、塩分低下の程度は、諸富地先より小さく、塩分環境の回復も早い様子が見られた。

【底質環境】

大和高田 302 号地区の原地盤、諸富地先の泥場、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、諸富地先では、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。

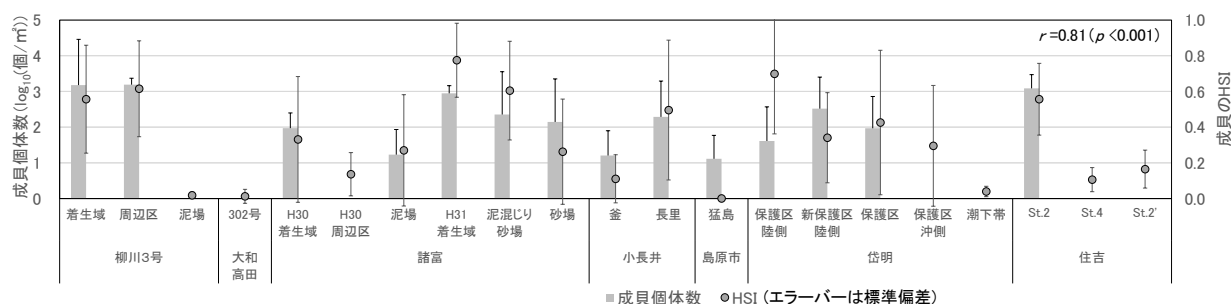
諸富地先では、平成 31 年度に同じ実験地区内で実験区を変更し、冬季調査時にシルト・粘土分の増加が見られたが、今年度の 1 月調査では泥混じり砂場で 23.5～34.5 %、砂場で 14.8～24.6 %であり、アサリの生息に適した底質環境であった。また、柳川地先 3 号地区においても、今年度の 1 月調査では、シルト・粘土分が 16.2 %であり、アサリ生息に適した底質環境であった。。



●印：本事業で実証実験を実施した地点、印無し：過年度までの実証実験場所

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、今年度の各実証実験場所で 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、諸富地先の泥混じり砂場では塩分 15 未満の割合の影響が大きい事が推察された。また、底質項目中でも粒径 0.5mm 以上の割合が影響している柳川地先 3 号、岱明地先保護区陸側、住吉地先 St.4 は、波や流れの影響の強い場所でもあることから、これら物理環境の影響軽減が必要であると考えられた。



実験場所	SI 最低値の項目	実験場所	SI 最低値の項目
柳川地先 3 号	粒径 0.5mm 以上の割合	大和高田地先 302 号	含水率
諸富地先 泥混じり砂場	塩分 15 未満の割合	諸富地先 砂場	COD
小長井地先	COD	島原市地先 猛島地区	COD
岱明地先 保護区陸側	粒径 0.5mm 以上の割合	岱明地先 保護区沖側	COD
住吉地先 ST.2'	COD	住吉地先 St.4	粒径 0.5mm 以上の割合

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

各実験区では、アサリの卓越年級群の発生が見られる他、特定の場所への着生も確認された。本事業では、特定の場所にアサリが集積することで、周辺より高密度にアサリが生息している場所を高密度着生・集積域と呼び、ここに着生する稚貝を有効に利用（母貝飼育への活用、移植への活用）するための技術開発を実施している。

この高密度着生・集積域は、その場所やアサリ個体数、殻長組成など年によって大きく変化しているが、母貝育成や稚貝の移植にとって必要不可欠な稚貝供給場所であり、漁業者の管理の基に活用もなされている。しかし、近年、高密度集積域の個体数が減少しており、稚貝の採取にも影響を及ぼしている。この高密度集積域の近年の変化について、既往知見による各県の状況を整理したのち、各実証実験場所が位置する漁場の状況について検討した。

(1) 各県のアサリ生息状況（推定資源量、漁獲量）の変化

高口（2018）は、福岡県のアサリの資源量調査結果を整理し、図1に示した様に資源量の経年変化を報告している。この図より、平成15年から平成29年の間では、平成19年のピークが見られた発生群と、平成27年秋年から増加が始まり、平成29年にピークが見られた発生群の2回の卓越年級群が確認された。

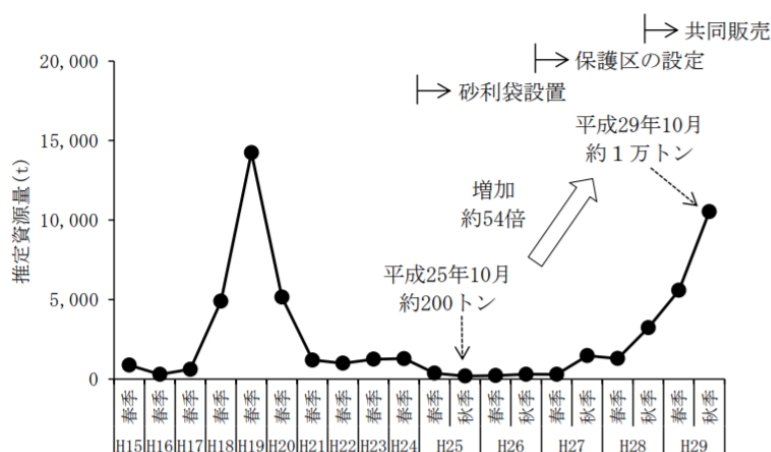


図5 推定資源量の推移

上記の福岡県と同様に、熊本県においても、平成17年から平成20年までは漁獲量が多く、その後の平成28年から平成29年にかけても漁獲量の増加が見られた（図5）。各地域の中でも緑川河口域では、平成23年および平成24年にも漁獲量の回復が見られたが、平成25年以降は再度減少し低位に推移した。また、地区によっても漁獲量に大きな差が見られており、住吉地区を含む緑川河口域の漁場が、漁獲量の多い傾向が見られた。反対に岱明地区を含む菊池川河口域の漁獲量は、近年極めて少ない状況にあることが確認された。

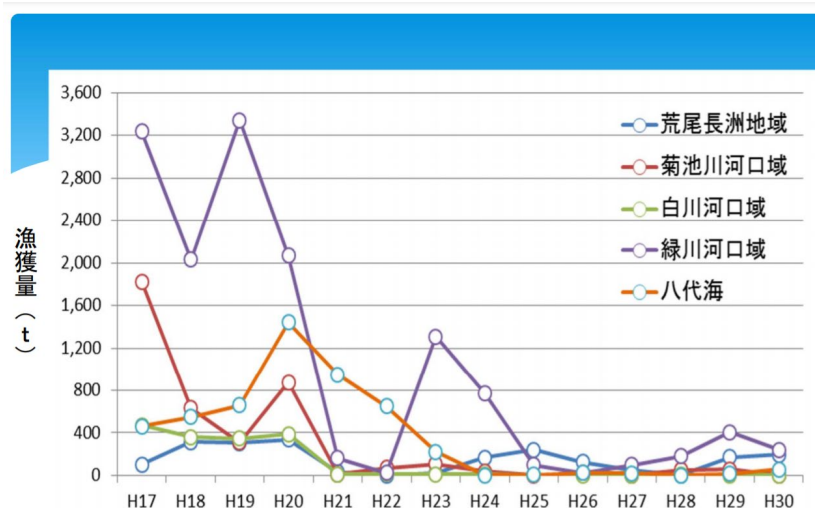


図6 熊本県における海域別のアサリ漁獲量の推移³⁾

佐賀県のアサリ漁獲量は、福岡県や熊本県に比べて極めて少なく、平成28年に増加が見られたが約6tであった。また、長崎県のアサリ漁獲量は、一部地域における養殖生産がほとんどであり、年による変化は小さく約200tで推移している状況である。

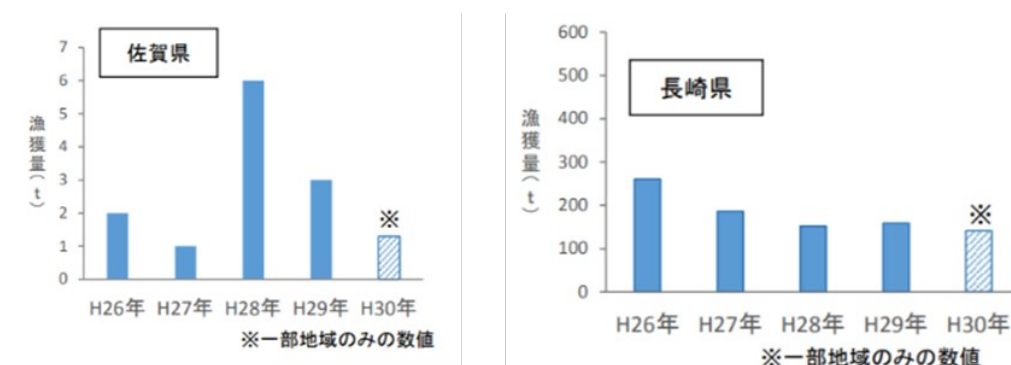


図7 佐賀県、長崎県におけるアサリ漁獲量の推移²⁾

各県の漁獲量が上記の様に推移する中で、各実証実験場所が位置する漁場の状況を以下に整理した。

(2) 各実証実験場所が位置する漁場でのアサリ生息状況の変化

各実証実験場所が位置する漁協単位の漁獲量を以下に整理するとともに、各実証実験場所のアサリ生息状況を以下に示した。

なお、福岡県に関しては、各漁協の地先以外も漁場として利用されているため、漁協単位の漁獲量にかわり、福岡県が報告している推定資源量を用いた。

福岡県では、福岡県水産海洋技術センターの事業報告書に前掲の図5の元となるアサリ推定資源量が毎年報告されている。そこで公開されている平成30年度までの報告値をもとにアサリ推定資源量を図8に整理した。

前掲の図5では、平成29年秋季（10月）までの資源量であったが、その後も資源量は増加しており、平成30年春季（3月）に11,844 tのピークが見られた。その後は減少し、平成31年春季（3月）には3,014 tとなった。次に実証実験場所の状況を見ると（図9）、3号地区では平成30年度に、約5,000 個体/m²のアサリ成貝（殻長15 mm以上）が生息する高密度集積域が分布していた。しかし、平成31年度以降はアサリが激減しており、今年度の7月豪雨後にあたる8月の調査時には約30 個体/m²の確認であり、個体数の増減の傾向は図5と同様であった。

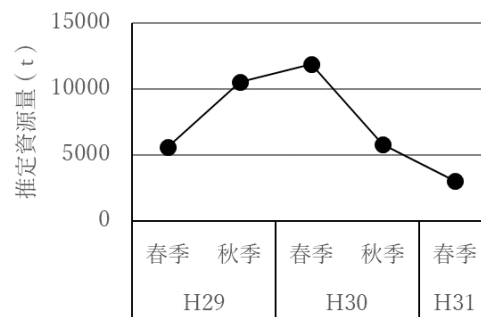


図8 福岡県のアサリ推定資源量

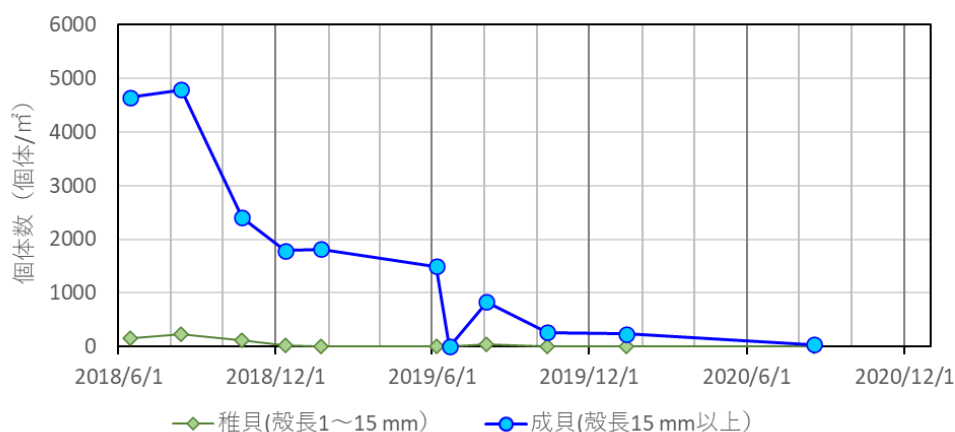


図9 3号地区の実験場所のアサリ個体数の変化

次に熊本県の実証実験場所となる岱明および住吉の両漁協における平成29年からのアサリ漁獲量を図10に整理した。

岱明地先と住吉地先では、前掲の図6と同様に、菊池川河口に位置する岱明地先の方が漁獲量は少なく、平成29年に約34 tの漁獲があったが、その後は漁獲されていない状況が継続している。

実証実験場所では、平成30年度の生息数は少なく、翌年に新たな実験場所（新保護区陸側）を設定すると、5月調査時に殻長15 mm未満の稚貝が、約52,000 個体/m²で生息する高密度集積域が確認された。直後の7月調査時には、殻長15 mm以上の成貝も約1,400 個体/m²確認されている。今年度調査においても、4月に稚貝が約13,000 個体/m²確認された。しかし、成貝の個体数は増加せず、4月調査時の約130 個体/m²をピークに、その後減少し、8月調査時には確認されなかった。以上より、本実験場所は、稚貝の着生は見られるが、その後の減耗が大きい場所である事が伺えた。

緑川河口に位置する住吉地先の漁獲量を見ると、平成 29 年に約 127 t の漁獲であったが、その後減少し、平成 30 年に半減して約 60 t、平成 31 年に更に減少して約 30 t であった。

実証実験場所では、平成 30 年に殻長 15 mm 未満の稚貝が最大約 4,000 個体/m²、殻長 15 mm 以上の成貝が最大約 1,500 個体/m²確認されていた。平成 31 年度には同地点において数百個体/m²まで減少したが、今年度の 8 月調査時に殻長 15 mm 未満の稚貝が約 4,000 個体/m²確認された。しかし、約 4,000 個体/m²確認された稚貝も、10 月調査時には成貝稚貝ともに確認されず、アサリ個体数の変動が激しい場所であると考えられた。

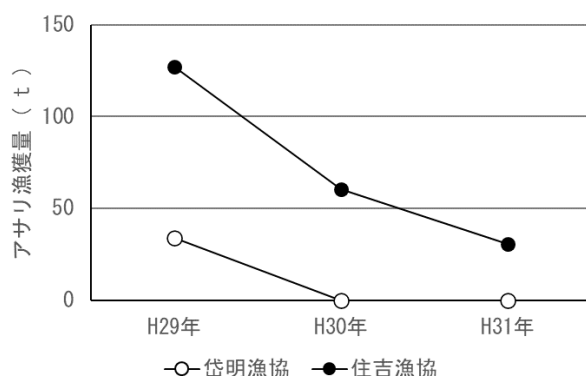
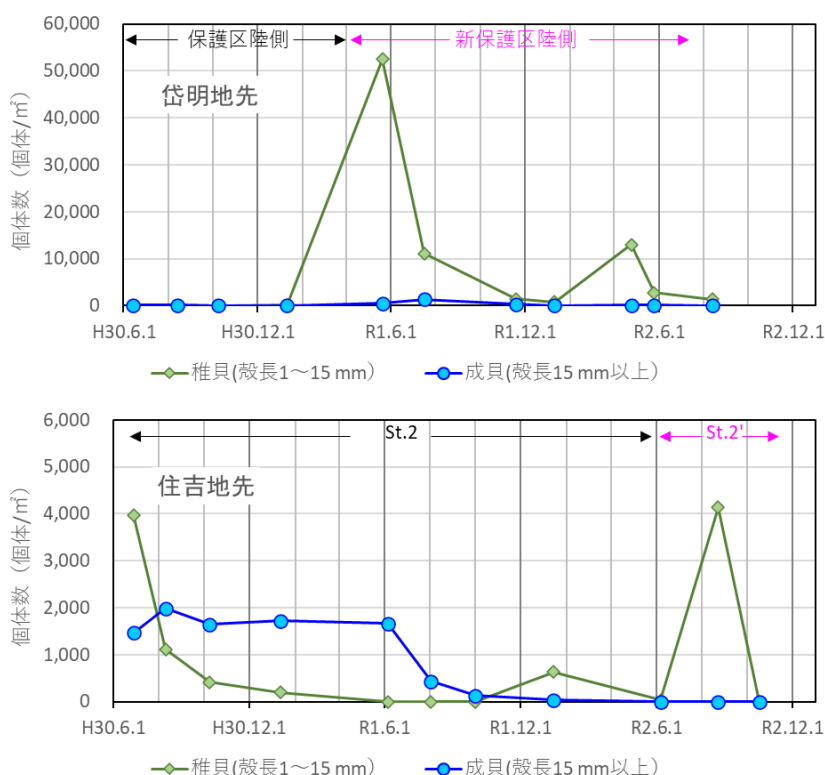


図 10 熊本県の実証実験場所漁協のアサリ漁獲量



※縦軸（個体数）のスケールを地先間で変えて表示

図 11 岱明地先および住吉地先の実験場所のアサリ個体数の変化

佐賀県の実証実験場所である諸富地先では、アサリ漁が実施されていない。しかし、実証実験場所では、平成 31 年度の 6 月に殻長 15 mm 以上の成貝が約 4,100 個体/m² 生息する高密度集積域が確認された。また、同月の調査では近隣の泥混じり砂場の実験区においても約 1,200 個体/m² の成貝が確認された。しかし、高密度集積域および泥混じり砂場のアサリ個体数は、その後減少が見られた。本年度も調査が実施されている泥混じり砂場では、7 月豪雨後の調査でアサリが確認されない結果となった。本実証実験場所は、上記した福岡県 3 号地区と同様に、筑後川の河口前面に位置しており、同時期に実施された塩分の連続観測結果でも、長期にわたりアサリの生息に影響する低塩分な環境の継続が確認されている。この豪雨に伴う河川からの淡水流入の影響が、アサリの生息に影響したものと考えられた。

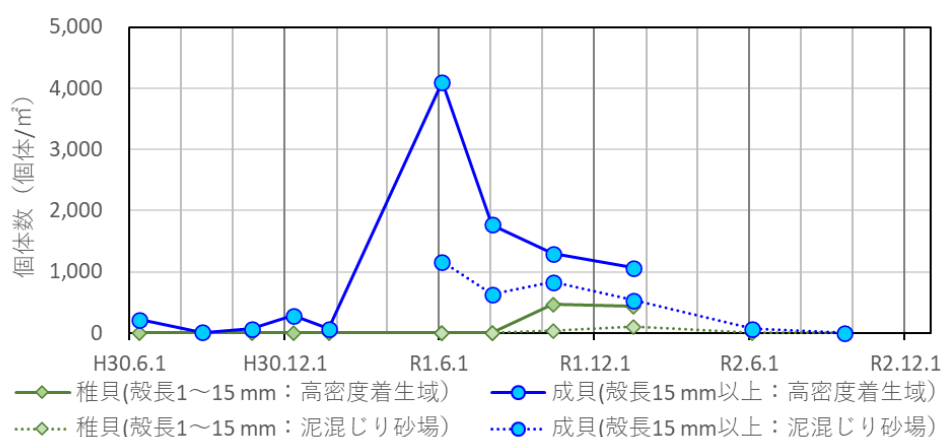


図 12 諸富地先の実験場所のアサリ個体数の変化

長崎県では、実証実験場所の 1 つである小長井地先で、アサリの養殖が実施されており、長崎県の有明海におけるアサリ漁獲量の大勢を占めており、平成 29 年と平成 30 年はともに前掲の図 7 に報告されている様に約 145 t の漁獲であった。

実証実験場所では、平成 30 年度に長里漁場沖側で殻長 15 mm 未満の稚貝が 8 月調査で約 5,500 個体/m² 確認され、殻長 15 mm 以上の成貝は 10 月調査で約 2,000 個体/m² 確認された。しかし、その後減少し、今年度の 6 月および 8 月調査では、成貝、稚貝ともに確認されない結果となった。

島原市地先では、原地盤にアサリ成貝の生息が僅かであるため、アサリ漁が実施されていない。実証実験場所においても、殻長 15 mm 以上の成貝は殆ど確認されておらず、平成 31 年度の 6 月調査時の 41 個体/m² が最多であった。しかし、殻長 15 mm 未満の稚貝は毎調査で確認されており、本年度の 8 月には約 1,000 個体/m² の生息が確認されており、これら稚貝を成貝まで保護育成することが必要な場所である。

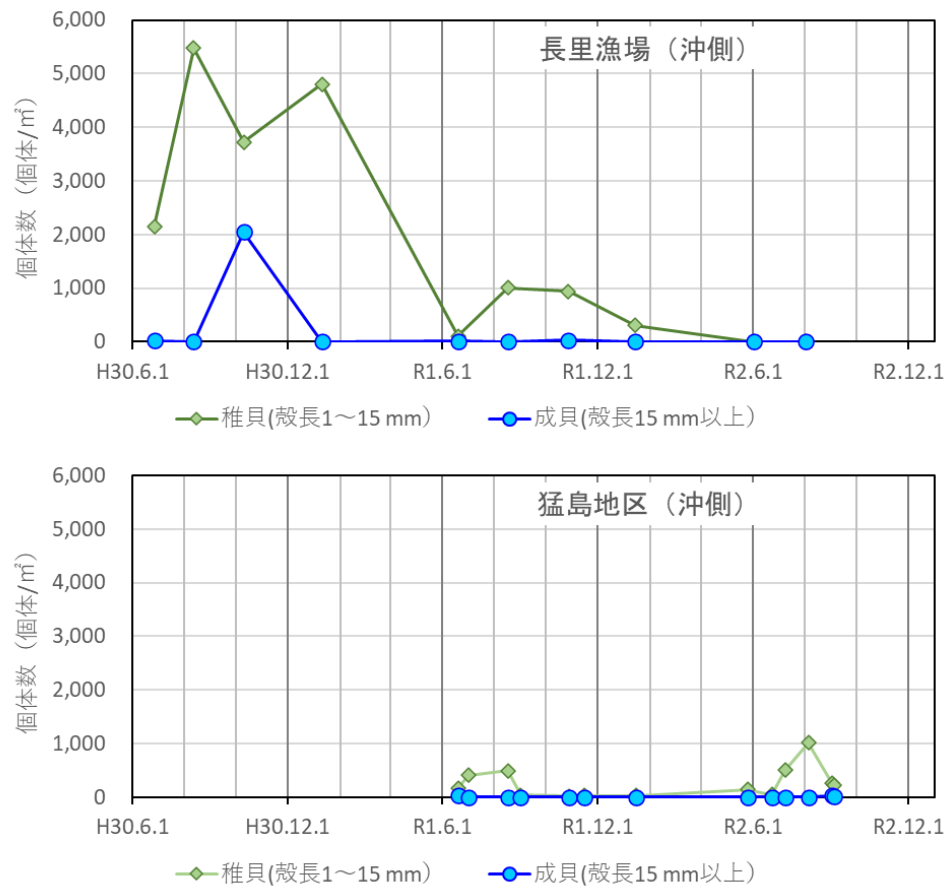


図 13 小長井地先および島原地先の実験場所のアサリ個体数の変化

(3) 各実証実験場所におけるアサリの殻長別個体数の変化

各実験区の高密度着生・集積域でのアサリの殻長別個体数の変化について検討した。

各年度の各地区の殻長別個体数データを見ると、例えば図 14 は岱明地先で稚貝の高密度着生が確認された令和 1 年 5 月と 7 月の調査結果であるが、測定時期の推移に従いアサリが成長し、殻長も大きくなる。成長に伴い、同一発生群の殻長別個体数のピークは減少し、殻長帯の幅が広がる。この様な殻長組成データは単年度では測定数が少ないため、平成 25 年度から開始された関連事業の成果も含めて 1 つのデータセットとして扱い、以下に検討した。

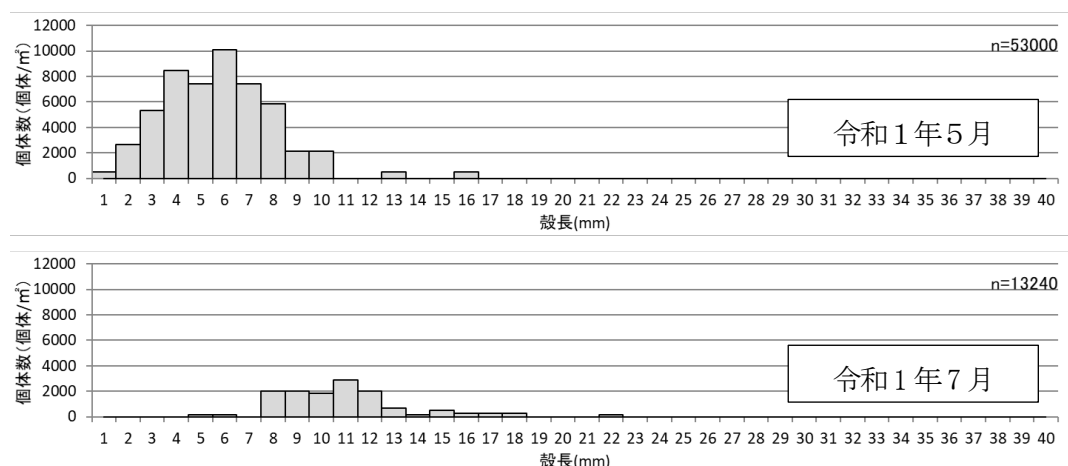


図 14 岱明地先（新保護区陸側）の令和 1 年 5 月と 7 月の殻長組成結果

図 15 は、平成 25 年から今年度にかけて取得された各実証実験場所での殻長組成結果を整理し、殻長別の最大個体数と殻長との関係を片対数グラフ上に図示したものである。なお、殻長 1～5 mm までの計測値は測定した地点数、測定数が少ないため、解析から除外した。同図中のグレーの丸印は平成 25 年度から平成 29 年度の関連事業での調査結果、緑の丸印は平成 30 年度から今年度まで本事業で得られた調査結果による殻長別個体数の最大値を示している。

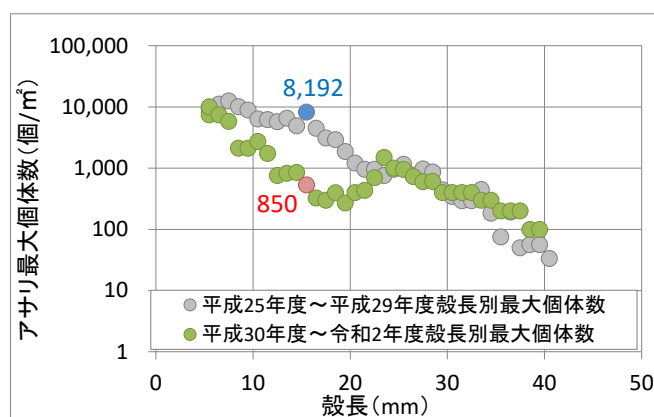


図 15 殻長別最大個体数の分布

殻長 5～25 mm までのアサリ最大個体数を見ると、平成 25 年度から平成 29 年度までの殻長別最大個体数が、平成 30 年度以降と比べて多く、殻長 25 mm から 34 mm までは同程度、殻長 35 mm 以上になると平成 30 年度以降が多くなる。注目点として、殻長 10～25 mm の稚貝が、平成 30 年度以降で少なくなっ

いることが挙げられる。殻長 15～16 mm のアサリ個体数は、平成 25～29 年度で、最大 8,192 個体/m²であるのに対して、平成 30 年度、31 年度では最大でも 850 個体/m²と低い値となった。近年の変化としては、稚貝の大幅な減少が挙げられる。この稚貝個体数の減少を検討するため、各実証実験場所の殻長別最大個体数を整理し、図 16～図 18 に示した。

各図のグレーの線が漁獲量が増加した平成 25 年度から 29 年度の殻長別個体数データ (n=14,415) の最大値を結んだ線であり、緑色の線は本事業で得られた平成 30 年度から今年度までの全実験区で得られた殻長別最大個体数データ (n=1,072) を結んだ線である。図中のプロットは、各実験場所での殻長別最大個体数である。

以下に、湾奥部、湾央西部、湾央東部の各漁場に分けて示した。

①湾奥部（福岡県、佐賀県の実証実験場所）

図 16 に示した柳川地先 3 号地区の平成 30 年度、平成 31 年度の調査結果と本事業の全地先の最大個体数（緑線）を比べると、平成 30 年は、殻長 15 mm までの稚貝で緑線より 10 分の 1 から 100 分の 1 と少ない結果であった。殻長約 15 mm より大きな個体では、平成 30 年度以降の全実験区の最大個体数と同等の値を示すが、殻長約 30 mm より成長すると減少した。平成 31 年度には、最大個体数が減少しており、殻長 15 mm 以下の稚貝は確認されず、殻長 15 mm 以上の成貝も、殻長 26 mm までは 100 個体/m²程度に減少した。しかし、殻長 27 mm 以上では、全地先の最大個体数と同程度となり、成貝の多い場所になることが確認された。令和 2 年度では、アサリの生息は、殻長約 30 mm の成貝が 100 個体/m²確認されたのみであり、個体数は大きく減少した

諸富地先の平成 30 年度の実験区では、殻長約 20 mm より小さい個体は殆ど確認されず、殻長 23～30 mm の成貝で約 100 個体/m²の最大個体数が確認された程度であった。そのため、平成 31 年度に同地先内で実験区を変更した結果、前年に比べ稚貝の個体数が増加したが、本事業の全地先の殻長別最大個体数（緑線）と比較すると、殻長 18 mm 以下の個体数で少ない状況であった。しかし、高密度着生域では殻長約 20 mm ～34 mm までは、各殻長帯で最大個体数もしくは同程度の個体数が確認されており、殻長 34 mm 以上では砂場の実験区で最大個体数を示した。

以上のように有明海の湾奥域では、近年高密度着生・集積域のアサリ個体数の減少、特に稚貝が減少しており、移植のための稚貝供給が難しい状況が続いている。

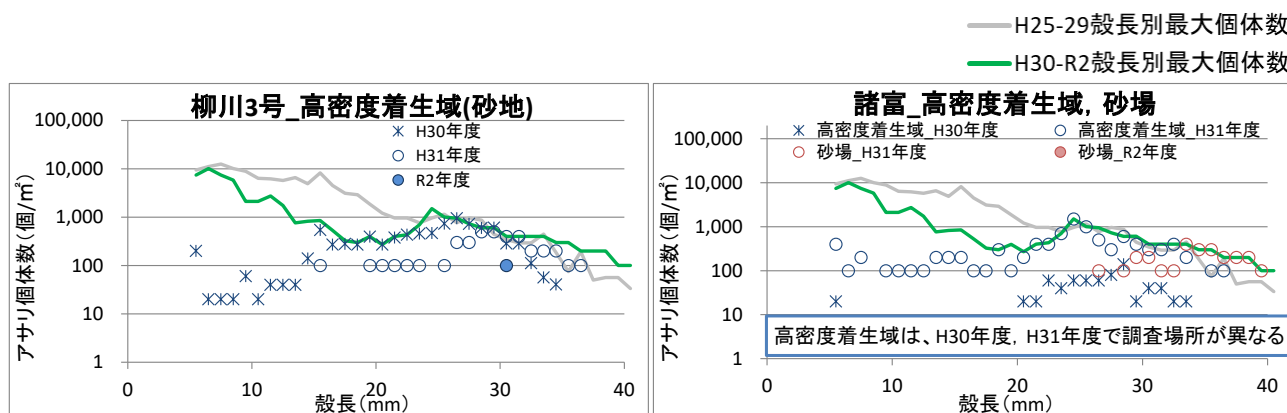


図 16 湾奥地区での高密度着生域の変化

②湾央西部（長崎県小長井地先、島原市地先）

小長井地先の各漁場は養殖場であり、福岡県や熊本県の各実験区域とは異なる様相を呈している。なお、実証実験では漁場内の沖側と岸側に実験区が設定され、それぞれで調査が実施されている。平成 30 年度の長里漁場では、殻長 5 mm～18 mm 程度までは、数百から 1,000 個体/m² の密度で最大個体数が見られたが、それより大きなアサリは数十個体/m² まで減少している。平成 31 年度、令和 2 年度にはアサリの確認数が大きく減少しており、殻長別最大個体数も殻長 6 mm 程度の稚貝が最も多く見られたが、その数は約 100 個体/m² であった。その他の殻長帯では、10 個体/m² 前後と極めて少ない状況であった。釜漁場も長里漁場と同様の傾向が見られ、平成 30 年度より平成 31 年度、令和 2 年度で大きく減少している。本漁場では、稚貝が 1,000 個体/m² のオーダーで生息する年もあるが、20 mm を超えると急減しており、実証実験の成果も踏まえると夏季以降にアサリの減少が起こっていると考えられた。

なお、島原市地先猛島地区は、既往知見²⁾で浮遊幼生の来遊する場所の一つにもなっているが、波当たりの強い磯浜のため、アサリの生息に適さずアサリ漁も実施されていない場所である。現地調査結果においても、各殻長帯で、最大でも 100 個体/m² が確認されるのみであり、これまでの全地先の最大個体数に比べて少ない状況が確認されている。

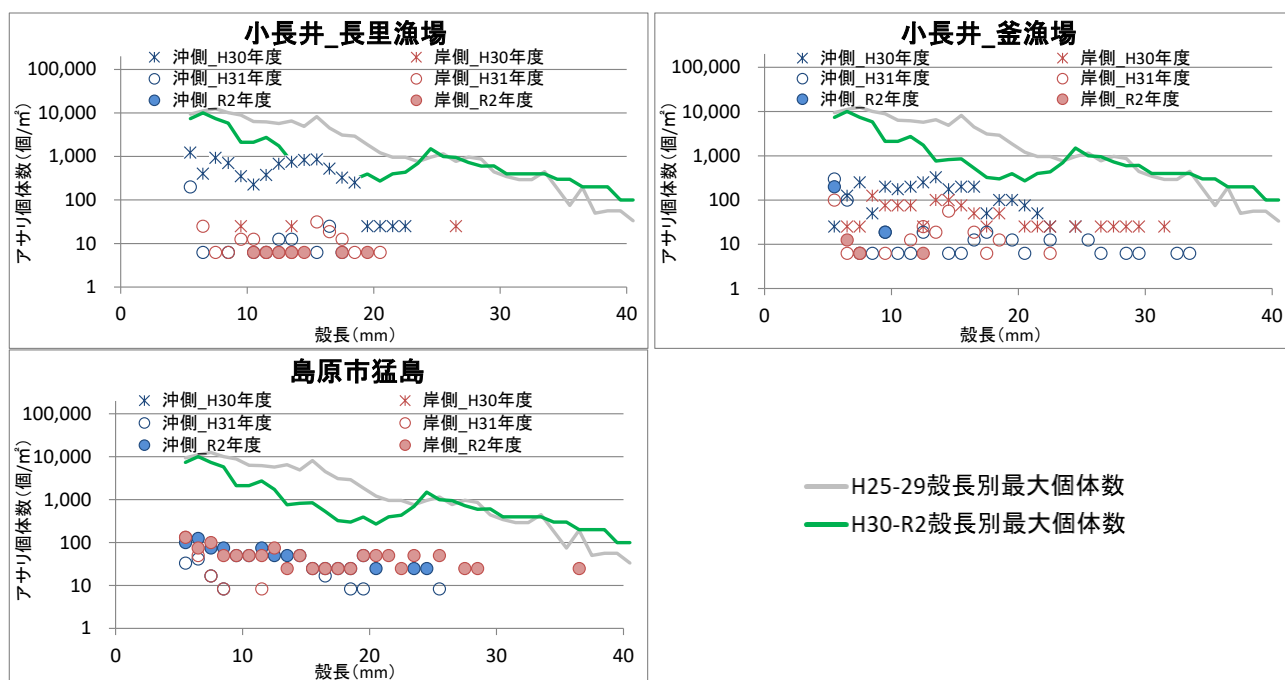


図 17 長崎県各地区のアサリ殻長別最大個体数

③湾央東部（熊本県の実証実験場所）

菊池川の河口域に位置する岱明地先の実証実験区（保護区陸側）での殻長別最大個体数と、本事業の全地先の殻長別最大個体数を比較すると、平成 30 年度の調査結果では殻長約 20～30 mm の個体が僅かに確認された程度であった。平成 30 年度は、4 月に菊池川上流で日降水量が 100 mm を超える大雨が発生したほか、7 月には西日本を中心とした豪雨も発生し、その後の調査で実験区への土砂の堆積も確認された。この様な前年の秋季発生群や、当年の春季発生群が稚貝となり、目に見えるサイズに成長する時期に発生した大きなインパクトが、調査結果に影響している可能性が考えられた。

平成 31 年度には春季に同地先内の詳細な調査を実施し、高密度集積域の存在を確認し、新たな保護区陸側として設定した。本実験区では、殻長 19 mm までのサイズで、本事業の全地先の殻長別最大個体数もしくは同程度に多い個体数を示した。

令和 2 年度では、殻長 20mm までのアサリが数百から約 1,000 個体/m² 確認されたが、平成 31 年度と比べると大きく減少していた。しかし、殻長 20 mm 以上となると、平成 31 年度と同様に、きわめて少ない個体数であった。この様に、本実験区では多くの稚貝の着生は確認されたものの、その後の減少が大きく、成貝にかけての保護育成が必要な状況が見られた。

緑川河口に位置する住吉地先の殻長別最大個体数は、岱明地先と異なる傾向を示し、調査年による変化も見られた。平成 30 年度は殻長 10 mm から 23 mm までは、本事業の殻長別最大個体数と同程度に多い個体数が確認されたが、その他の殻長帯では大きく減少していた。しかし、殻長 30 mm 以上の漁獲サイズのアサリが最大で数百個体/m² 確認されており、漁場としての価値の高さが伺えた。平成 31 年度になると、傾向が変わり、稚貝は少なく、殻長約 25 mm 以上で前年の最大個体数を上回る生息数が確認された。さらに、漁獲サイズのアサリの最大個体数も多くなる結果も見られた。しかし、上記した様に、本地先のアサリ個体数の変動は大きく、平成 31 年度の秋以降は成貝、稚貝ともに確認されない状況となった。令和 2 年度では、新たな場所に実験区を設定し、殻長 5～8 mm 帯で約 1,000 個体/m² 確認されており、これらの保護育成が望まれる状況であった。

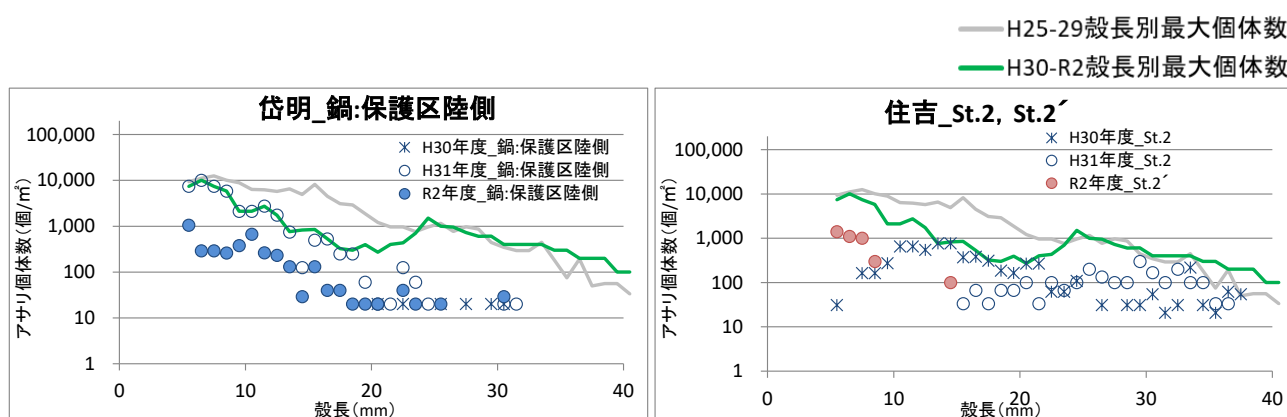


図 18 熊本県各地区のアサリ殻長別最大個体数

以上より、高密度集積域のアサリの生息状況は、年度、季節によって殻長組成が大きく変化している様子が確認され、湾奥部では稚貝の枯渇、湾中央部の熊本沿岸では、河口漁場によって大きく異なるものの、近年では 20 mm 以降で急減する岱明地先、年によって稚貝が増減している住吉地先のような漁場があり、各地先の高密度集積域の安定的な活用は難しく、適切な環境改善策と採苗を含めた稚貝の確保、生残を高めるための各種対策が必要であると考えられた。

なお、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、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も確認されている。また、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ても、大雨や台風等の気象擾乱による影響のためか、その後の減耗が見られた場所も存在する。

表 1 高密度着生域の状況について

地先	平成 30 年度	平成 31 年度	令和 2 年度
柳川 3 号	春季、夏季に稚貝・成貝が最大で 5,027 個体/m ² 生息する高密度着生域を確認したが、冬季に 1,833 個体/m ² に減少した。	成貝が春季に 1,500 個体/m ² 生息する高密度着生域を確認したが、7 月豪雨後に泥土の堆積が確認され、個体数が冬季の 220 個体/m ² に減少した。	夏季に成貝が 33 個体/m ² 確認された他は、生息は確認されていない。
諸富	稚貝・成貝ともに少なく、春季の 220 個体/m ² が最多であったが、近隣（実験区外）に成貝の高密度着生を確認した。	成貝が春季に 4,100 個体/m ² 生息する高密度着生域を確認したが、冬季に 1,067 個体/m ² に減少した。	夏季に成貝が 67 個体/m ² 確認された他は、生息は確認されていない。
小長井	長里漁場で稚貝・成貝が秋季に 2,425 個体/m ² 生息するの高密度着生域を確認したが、冬季に 150 個体/m ² にまで減少した。	長里漁場で稚貝が夏季・秋季に約 1,000 個体/m ² 生息が確認されたが、冬季に 306 個体/m ² に減少した。	長里漁場、釜漁場ともに生息数は少なく、最大でも釜漁場で稚貝が夏季に 319 個体/m ² であった。
岱明	稚貝・成貝ともに少なく、夏季に 420 個体/m ² が確認されたが、その後減少し冬季には生息が確認されなかった。	稚貝が春季に 52,470 個体/m ² 生息する高密度着生域を確認したが、その後減少し、冬季に稚貝・成貝で 820 個体/m ² であった。	稚貝・成貝が春季に 13,120 個体/m ² 生息する高密度着生域を確認したが、冬季に稚貝は確認されず成貝も少なく 60 個体/m ² であった。
住吉 St2	漁場として利用されており、5,540 個体/m ² 生息する高密度着生域を確認したが、冬季に 1,920 個体/m ² に減少した。	稚貝が春季に 1,667 個体/m ² 生息する高密度着生域を確認したが、冬季に 667 個体/m ² に減少した。	今年度より隣接する St.2 が実験区となり、稚貝が夏季に 4,133 個体/m ² 生息する高密度着生域を確認したが、その後大きく減少し、秋季は確認が無く、冬季に 67 個体/m ² であった。

(4) 本年度夏季の減耗について

本事業において、春季に初期稚貝や稚貝が多く確認されていても、夏を超えると多くが減耗する状況が確認されている。減耗要因として、産卵による疲弊に加え、大雨による淡水化および泥土堆積、高水温、台風等の強い擾乱等が考察されている。年そして地区によって個体数の急減に影響する要因や、その影響度が異なるものと考えられるが、以下では、今年度特に湾奥部で影響が大きかった、河川流出に伴う低塩分化の影響度を解析した。

平成 30 年度以降、毎年、豪雨災害が発生しており、今年度の 7 月豪雨時に諸富地先で実施された塩分観測結果では、7 月 6 日以降に潮汐周期の変動が見られるものの、7 月下旬にかけて低塩分で推移する環境であった。特に 7 月 7～12 日の 5 日間は塩分 5 以下と淡水影響を大きく受けた環境となっていた。

この 7 月豪雨期間中、諸富地先の他、小長井地先長里漁場、島原地先猛島地区、住吉地先の各実験区でも塩分の連続観測が実施されていたことから、各地の調査結果より本事業で検討した塩分の SI で、アサリの生息に影響する SI=0（塩分 15 以下）となった頻度と継続時間を集計し、図 19 に示した。

塩分 SI が 0 となる、塩分 15 以下の出現頻度および最大継続時間ともに諸富地先が大きくなり、継続時間で約 285 時間（約 12 日間）も低塩分な環境にあった事が確認できた。

他地先の出現頻度は 0.3～0.6 となったが、最大継続時間は約 50～60 時間であった。松田ほか（2008）は、塩分 15 未満では塩分が低いほど 48 時間以降の生残率が低下し、96 時間後の生残率は、塩分 12.5 では 60～80%、塩分 10 では 10%である事を報告している。

この知見からも、豪雨期間中の諸富は、アサリの生息にとって厳しい環境であった事が推測された。

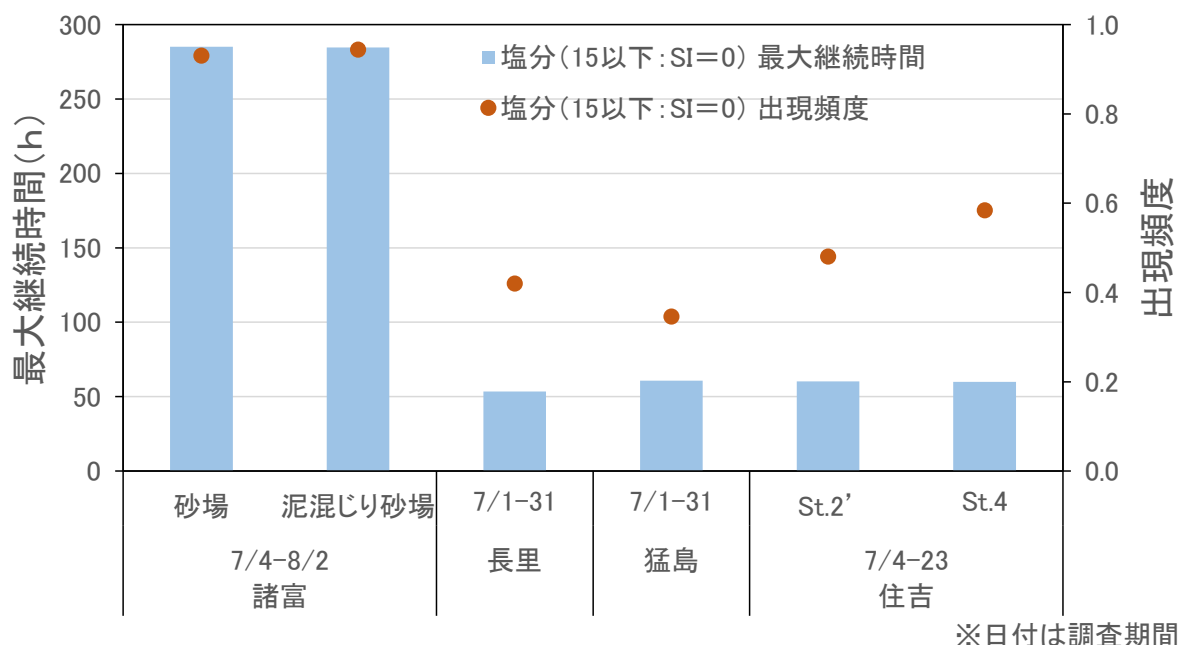


図 19 令和 2 年 7 月豪雨期間中の塩分 15 以下の出現頻度と最大継続時間

低塩分な環境が継続した諸富地先では、漁獲時期の検討として、豪雨期間も含む生残実験を実施し、図 20 に示す結果が得られている。図中の 7 月の調査は降水量が増加し始めた 7 月 6 日の調査結果であり、この時

点では大雨に伴う淡水流入の影響は小さいものと考えられた。しかし、豪雨後の 9 月調査では生残率が約 20%に低下しており、10 月調査では 0%となった。

なお、諸富地先の実証実験において、10 月調査時に死殻の殻長も計測し、別途実施の泥温および水温の連続観測結果も用いて、7 月から 9 月にかけての生残率の大きな低下には、長時間に渡る低塩分な環境が要因である事が考察されている。

本実験結果より、低塩分による影響が現れる前と考えられる 7 月までの結果と、低塩分の影響を受けたと考えられた 9 月までの結果を用いて、回帰式を求め、その傾きについて検討した。用いた回帰式には、7 月から 9 月にかけての生残率の低下幅が大きい事より、次式の指数関数を用いた。

$$y = a \cdot \exp(-b \cdot x)$$

ここで、a は回帰式の初期値であり、b は傾きである。

得られた傾きは、表 2 に示した通りであり、7 月までの結果の傾きに比べて 9 月までの結果の傾きは、砂場に直置きした条件で約 3 倍、干潟面に廃コンポーズを配置して、その上に設置した条件で約 10 倍の値となり、低塩分な環境の継続がアサリの生息に与える影響の大きさが懸念された。

今後、年間を通した連続観測が実施されれば、各地で同一期間の観測結果が得られることとなり、出水等の影響の現れ方の違いや、生残率の変化等を検討することで、大きなイベントによる影響を、より定量的に検討できるものと考えられた。

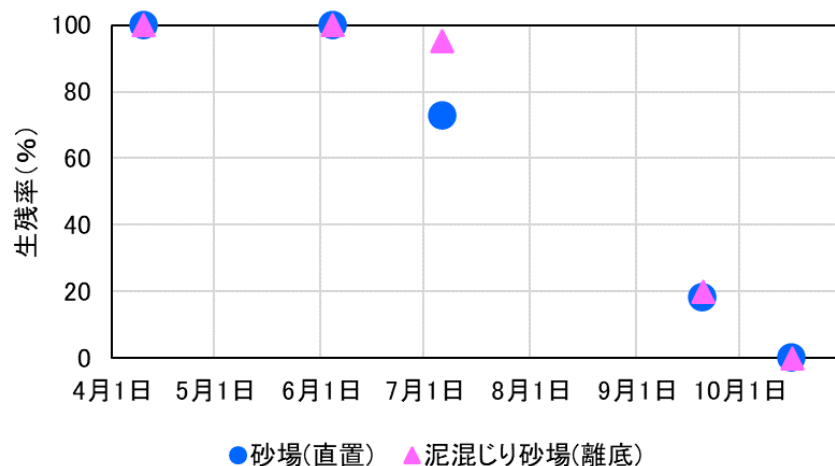


図 20 諸富地先における生残率の変化

表 2 生残率の回帰式の傾き

実験条件	7 月までの結果	9 月までの結果
砂場 (直置)	0.003	0.011
泥混じり砂場 (離底)	0.001	0.010

1.2.2 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

本課題では、アサリ漁場として未利用な泥干潟（福岡県大和高田地先 302 号地区）と砂泥干潟（熊本県住吉地先）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

平成 31 年度までに、湾奥部を対象にアサリが棲息できないシルト・粘土分 70 %以上の未利用泥干潟において、干潟面から離して飼育する方法によって母貝の育成が可能であることが実証し、産卵も確認された。本事業では、この成果に加えて、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選定された。また、別途実験区を設けた小規模高地盤覆砂区でも低コスト型離底飼育器具実験区と同様 95 %以上の生残率を示した。実用化に向けた設置規模の拡大についても、低コスト型離底飼育器具による良好な生残率が確認され、さらに肥満度、成熟度ともに良好であったことから、規模を拡大効果が期待された。

今年度は、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、11,800 個体（実用想定規模の約 4 割）で、9 月から翌年 1 月まで 95%以上の高い生残率で、成長および産卵している可能性を得ることができた。また、この母貝育成器具によれば、流出の影響による環境に於いても、ある程度、母貝の減耗を軽減できる可能性も示唆された。この現象は母貝への濁りや泥土の堆積が緩和されたことと関連しているものと推定している。

細かい、粒径が揃った砂泥干潟では、強い流れや風波による擾乱により砂の移動が激しく、アサリの生息が不可能となっている未利用砂泥干潟が各地に存在する。本事業ではそ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。平成 31 年度までに、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た母貝飼育方法を検討したが、当該水域は波・流れが強く、平成 31 年度に襲来した台風等の擾乱時には、枠付き被覆網の破損が大きいことも問題点となった。このため、今年度からは更に台風時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袋網と、新たに牡蠣養殖用カゴによる飼育手法を用いて、15,000 個体（実用想定規模の 5 割）を用いて、規模拡大実験を実施し、実用化が可能であると考えられる結果を得ることができた。

② 母貝再生産技術

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・年度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。

本事業の母貝再生産技術では、平成 31 年度までに湾奥部泥干潟においては、干潟面から採苗器を離して設置する方法が有効であることを確認した。泥干潟においては、設置高 10cm とパームの組み合わせが最も採苗に適した手法と選定できた。一方砂干潟に於いては、基質入り網袋を底面に設置する採苗方法が有効であることは既往知見でも知られている。さらに、母貝に満たないアサリの育成においては、湾奥の福岡県沿岸の泥干潟では、軽石（2 mm）を基質とした基質入り網袋を設置高 10 cm 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確認された。

これら成果を受けて、泥干潟においては、今年度はより効果的な稚貝の採取技術と育成技術、そして規模拡大に向けた実証実験を実施した。母貝の補填に用いる稚貝の採取・育成については、ほぐした状態のパールを網袋に収容して採苗器とすることが、稚貝採取に適しており、さらにアサリ成貝も一緒に収容することで誘因効果が高まる可能性について検討した。採取した秋季産群のアサリは、4月に基質入りの網袋に収容し、移植することで生残や成長の高い傾向が得られた。

熊本住吉の砂泥干潟では、平成31年度までに、稚貝の流出抑制対策も考慮して、枠付採苗装置による採苗を試みたが、原地盤での初期稚貝数は404～1,616個体/m²と非常に少なく、現地盤に網で被覆するという流出対策を施した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い。また現地は波・流れが強く、台風時には枠付き被覆網では破損や、砂の洗掘によるアサリの流出が生じ、台風等のイベント時にも稚貝の流出を抑制できる安定した採苗方法の確立が必要であると考えられた。母貝補填用稚貝の育成については、殻長10mm以下の稚貝では枠付き被覆網下に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。

上記、過年度の結果を考慮して、今年度は、昨年秋の産卵群の稚貝（殻長数mm）の高密度集積域から4月に採取した。実験場所周辺では毎年春季に稚貝が発生しており、100,000個体以上を採取したと推定された。さらにイベント時でも流出を抑制する目的で、採取稚貝は、角ザル育成器にて殻長約12mmになる5月下旬まで育成し、その後基質入り網袋、カキ養殖カゴで母貝として供給する殻長約20mmまで飼育できた。この間、河川水流出に伴う多少の塩分低下が観測されたが、稚貝の減耗は母貝の減耗より警備であり、高い生残率（基質入り網袋で77%、牡蠣養殖用カゴで86%）での育成を実現できた。

③ 母貝育成技術のスケジュール

平成31年度までは、各要素技術を個別に検討し、実用化へ向けた要件を備えた要素技術の効果を検証した。

原地盤でアサリの生息が確認されない未利用泥干潟において、アサリの生残を確保するためには、底泥の影響を軽減し、干潟面から10cm程度浮かせた飼育方法が必須である。また、波浪等の物理環境の影響強い砂泥干潟（熊本県住吉地先）では、着生した稚貝を流出から保護し、台風等の強い擾乱にも耐え得る母貝育成技術が必要である。

今年度は、各実験場所のアサリの着生の状況なども考慮して、前年度までに選定された要素技術の組み合わせや新たな技術を活用し、稚貝の確保から母貝の保護・育成、間引き、母貝の補填という一連の母貝生産サイクルに実際に適用できる技術の実証を行った。

母貝として飼育するための稚貝採取は、周辺のアサリ高密度集積域から採取することが理想的ではあるが、近年当該水域の高密度集積域のアサリ稚貝個体数の減少がみられ、稚貝の採苗から母貝飼育迄の一連の運用システム構築が必要となっている。

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10cm離底させて飼育する低コスト型離底飼育器具を採用する。生活史に沿って、9～10月に低コスト型離底飼育器具上にパール入り網袋を設置し、秋季発生群の採苗を開始する。採苗した稚貝は翌年7～8月までパール入り網袋内で育成し、その後、軽石入り袋網内に収容し、低コスト型離底飼育器具で飼育する。その後秋季と翌春季の産卵盛期を終

えた後の夏季に漁獲を行うとともに、新たな母貝用稚貝の補填を行い、母貝飼育を開始し、産卵に繋げる一連のサイクルを設定した。図 21 に未利用泥干潟における母貝育成スケジュールを示した。

区分	1年目					2年目					3年目					4年目					5年目							
	秋	冬	春	夏	夏	秋	冬	春	夏	夏	秋	冬	春	夏	夏	秋	冬	春	夏	夏	秋	冬	春	夏				
架台(採苗・育成用)	設置・採苗					採苗・育成					採苗・育成					採苗・育成					採苗・育成							
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

図 21 未利用泥干潟における母貝育成スケジュール

砂泥干潟においては、上記の泥干潟と異なり、春季に前年秋季発生したと考えられる殻長が数 mm の稚貝の高密度集積域が出現することが多い。そのため、稚貝が大量に確保できる場合（ケース 1）と、稚貝が大量に確保できない場合（ケース 2）の 2 種類の母貝育成スケジュールについて検討した。

ケース 1 として、4 月に前年秋季産卵群の稚貝を高密度集積域より保護し、角ザル育成器で 6 月に殻長 10～15 mm に成長するまで育成する。その後、収容密度による成長抑制を回避するために基質入り網袋に分割収容し、殻長 20～25 mm 程度まで育成する。育成した母貝を基質入り網袋、牡蠣養殖用カゴに分割・飼育し、当年秋季と翌年春季の産卵を経たのち漁獲に繋げる。

ケース 2 として、前年秋季発生群の稚貝を効率的に採取するために、前年 10 月にパームもしくは基質入り網袋で採苗し、採取した稚貝を当年 4 月に角ザル育成器に収容して育成を行う、上記ケース 1 で検討したスケジュールで育成を実施する。

砂泥干潟におけるケース 1 およびケース 2 の母貝育成スケジュールを図 22 に示した。

【ケース 1 の母貝育成スケジュール】

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
母貝の育成																												
母貝確保のための稚貝確保																												
母貝確保のための稚貝育成																												

【ケース 2 の母貝育成スケジュール】

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
母貝の育成																												
母貝確保のための稚貝確保																												
母貝確保のための稚貝育成																												

図 22 未利用砂泥干潟における母貝育成スケジュール

上記のように、周辺のアサリ高密度集積域よりアサリ稚貝を採取し、泥干潟、砂泥干潟それぞれに適した手法で、稚貝を保護し、母貝飼育を行うが、高密度集積域でのアサリ稚貝密度が低い年もある。この場合に備えて、効果的な稚貝の採苗設備も用意しておくことが望まれる。

実用化へ向けた母貝育成規模の拡大と、上記の一連の母貝育成システムの実証が今年の成果であり、この過程で泥干潟では、設置規模を拡大した低コスト型離底飼育器具で、成熟・産卵を確認できた。また、パームを用いた稚貝採取では、パームをほぐした状態で採苗効果が高まり、アサリ成貝を併用することで誘因効果の高まる可能性が確認できた。

砂泥干潟では、新規技術である牡蠣養殖用カゴが、母貝育成技術として基質入り網袋と同等の効果が得られる事を確認できた。さらに、牡蠣養殖用カゴおよび基質入り網袋を用いた技術ともに漁獲増加量／コストが1を上回ることが推算された。

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	
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の設置規模拡大時における、生残率の信頼区間が明らかになる。	—	9月～翌年1月の生残率の95%信頼区間は75.8～78.6%を確認できた。
		小規模高地盤覆砂域のアサリへの効果は、低コスト型離底飼育器具と同等である。	×	9月～翌年1月までの生残率は何れも95%以上、殻長は16.7mmから約21mmへ成長し、同等な効果を確認できた。
	母貝再生産技術の開発	採苗効果は、ほぐしたパームや、アサリ成貝の活用で向上する。	×	ほぐしたパームで向上する可能性を得た。アサリ成貝による誘因効果の可能性を確認できた。
		基質入り網袋への移植適期や育成に適した設置高が明らかになる。	×	移植時期は4月、設置高は10cmが適する可能性を得た。
	母貝飼育の運用サイクルの試行	補填アサリと残存アサリの生残率や成長速度の信頼区間が明らかになる。	—	7～10月の生残率の95%信頼区間は補填アサリ61.9～69.3%、残存アサリ78.9～89.1% 成長速度は補填アサリ0.01～0.16mm、残存アサリ-0.04～0.07mmであった。
		残存アサリが成長できる場所と設置方法の組み合わせが明らかになる。	◎	アサリ保護区(柳川3号地区)において、干潟面直上に設置する方法の組み合わせを確認できた。
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	母貝の育成として良好な場所と育成方法を再検討することにより、母貝の良好な成熟と産卵を確認した上で、生残率:60%/6か月以上を確保できる。	×	検討した場所および育成方法に有意差が認められなかったが、母貝の2回の産卵が推定された。 産卵を経験した母貝は夏を超えて60%の生残は困難と判断された。
		基質入り網袋または牡蠣養殖用カゴにより、母貝15,000個体を収容、正常な産卵を確認した上で、秋季、春季の産卵後の平均生残率60%以上を確保できる。	—	基質入り網袋と牡蠣養殖用カゴを併用して母貝15,000個体を収容できた。 秋季の産卵が確認され、生残率は75%以上であり、目標の生残率が確保できる見通しがついた。
	母貝再生産技術の開発	稚貝の採取として良好な場所と採取方法を検討することにより、育成母貝確保のための稚貝採集が可能となる。	○	湿重量では基質入り網袋がパーム採苗器より良好であった($P<0.05$)。 採取稚貝数は変動が大きく、更に検討が必要であった。
		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	—	4月に稚貝を採取し9月に母貝として利用できる20mm以上のサイズに育成できた。 実用施設の1/2規模(15,000個体)に供する母貝を確保できた。

※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($p>0.05$)」,「—：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

本課題では、波、流れの強い長崎県島原市地先の礫浜と、新たに、近年稚貝の発生量が減少している福岡県湾奥部の柳川地先の砂泥干潟を实践場所とし、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。また、柳川地先では、放流に用いるアサリ個体数の増大のための種場・生息場の拡大のための実験を行った。以下に各実験で得られた成果を示した。

① 保護育成技術

大河川の河口地区に位置し、大雨後等に泥土堆積の影響が見られる柳川地先では、稚貝の大量採取に適した手法の開発として、パームを2束でほぐした状態で収容する事が、作業性やコストの面からも適している事が確認された。稚貝をさらに保護し、アサリ生息場を拡大する手法として、粒径2mmの軽石を収容した基質入り網袋を利用することで、台風等による流失も確認されず、アサリを収容した実験においても、10月から翌年1月までの間で90%以上の生残率が得られた。パームで採取した稚貝を、軽石入り網袋に移植する時期に関しては、4月が適している可能性が得られた。

波、流れの強い島原地先では、平成31年度までに春季に砂利を収容した基質入り網袋を、実験区の岸側(C.D.L.+1.2~1.3m)に1.5年にわたり設置することで20mm以上の移植用アサリを多く採取できる事が確認されている。本年度は、この結果を受けて、実験区を更に細分化し、稚貝採取に活用できる地盤高を詳細に検討した。この結果、C.D.L.+1.2~1.4mの範囲で採取個体数が多く、稚貝採取に活用可能な面積を算定した結果5,832㎡である事が確認された。

また、保護育成場所として、地盤高が約0.5m低い沖側にも設置した結果、昨年度とは異なり、今年度は沖合で移植用サイズの稚貝採取量が多く、沖合での採苗可能性も確認できた。沖合での稚貝採取は、干出時間が減少し、約10%摂餌機会が増加し、成長に寄与する事が考えられた。このため、岸沖でさらに稚貝採取の活用可能範囲を検討する必要性が課題とされた。

② 稚貝採取から育成の一連のスケジュール

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3号地区や、原地盤に高密度な生息域が確認されない礫干潟の島原市地先猛島地区では、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3号地区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。採苗には基質としてパームを用いて、9~10月に基質入り網袋を離底設置し、秋季発生群を採苗しは翌年7~8月までパーム入り網袋内で育成する。その後、8月に軽石入り袋網内に収容して殻長約20mmとなる10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3号地区における稚貝育成スケジュールを図32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
稚貝の確保	採苗・育成				採苗・育成				採苗・育成				採苗・育成				採苗・育成			
種場・生息場の拡大			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23 柳川地先3号地区の稚貝育成スケジュール

島原市地先猛島地区では、稚貝採取のために基質に砂利を用いた基質入り網袋を、沖側に設置することを想定した場合（A）と、岸側に設置した場合（B）の2種類の稚貝育成スケジュールについて検討した。

ケース1では、前年5月に設置し、約1年半後の10月まで網袋内への加入したアサリを保護育成し、移植用アサリとしての採取に繋げる一連のサイクルを設定した。

ケース2は、前年5月に稚貝採取のための基質入り網袋を設置する事は、ケース1と同様であるが、約1年後の春季に、採取した稚貝の摂餌機会を増加させて、成長を促進させるために、漁場内の沖側に基質入り網袋を移設し、半年後の10月に移植用アサリとしての採取に繋げる一連のサイクルを設定した。

島原市地先猛島地区における稚貝育成スケジュールを図24に示した。

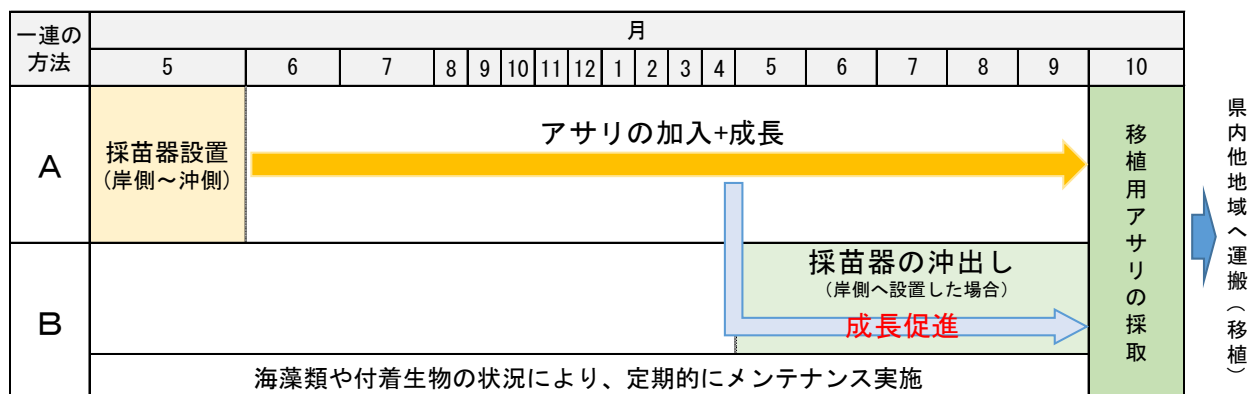


図24 島原市地先猛島地区の稚貝育成スケジュール

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3号地区）、アサリの生息がほとんど確認されない礫浜（島原市地先猛島地区）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。

砂泥干潟では、基質に軽石を用いた基質入り網袋を用いて規模拡大実験を行い、90%以上の高い生残率が確認できた。また、これら育成する稚貝の確保時には、採苗器内にアサリ成貝を併用することで誘因効果の高まる可能性が確認できた。

礫浜海岸では、砂利を基質とした基質入り網袋を用いて、稚貝の採取に効果的な設置地盤高を検証し、当該地先における活用可能範囲（C.D.L. +1.2～+1.4m）の面積は約5,800 m²であることが把握できた。採苗器を設置し、1年後に地盤高が約0.5 m低い沖側に採苗器を沖だしすることで、移植用アサリの採取量が約2倍増加する事が確認できた。

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	
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	基質入り網袋を干潟面直上に設置する手法の規模を拡大できる。	—	100 袋の設置へ規模拡大でき、10 月～翌年 1 月の生残率の 95%信頼区間は 3 号地区 94.5～99.8%、4 号地区 91.6～99.8%が得られた。
		殻長 20 mm程度まで成長可能な基質入り網袋への移植時期や基質の種類が明らかになる。	×	移植時期は 4 月、基質は粒径約 2 mmn 軽石が適する可能性を得た。
	効率的な稚貝確保技術の開発	採苗に適したパーム(ほぐし)を用い、規模を拡大できる。	—	ほぐしたパーム 2 束を収容した網袋を支柱に固縛、この組み合わせでの設置規模を 160 本に拡大できた。
		採苗効果は、ほぐしたパームやアサリ成貝の活用で向上する。また、採苗に適した設置高が明らかになる。	×	採苗効果は、ほぐしたパームの活用や、アサリ成貝の活用で向上する可能性を得た。採苗に適した設置高は明らかにならなかった。
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	採苗器の適した設置場所 (C. D. L. +1.2～+1.3m) と同程度 (8 割以上) 採取出来る採苗器の設置場所は C. D. L. +1.2～+1.5m にある	—	地盤高 C. D. L. +1.3～+1.4m に設置した採苗器は、C. D. L. +1.2～+1.3m に設置した採苗器に対し、移植用アサリが 8 割以上採取できた。
		移植前年の春季に岸側へ設置した採苗器を移植年の春季に沖側へ移動させると、移植用のアサリが多く採取出来る。	◎	移植前年の春季に岸側へ設置した採苗器を移植年の春季に沖側へ移動させると、移植用のアサリが多く採取できた。

※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)」、「—：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 5 および表 6 に整理した。

① 移植用稚貝の効率的な確保技術の開発

移植用稚貝の確保は、実験場所により基質入り網袋や収穫ネットを用いた技術による実証実験が行われ、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。

泥分の多い東部地先諸富地区で実施した採苗器 (収穫ネット) を用いた採苗実験は、平成 31 年度までに基質・粒径の組み合わせ、および設置高を変えて実施された。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。今年度の結果から、採苗器は底面から離底させることで、泥土による採苗器の埋没を防止できた。また設置高の実験では、着生数は C. D. L. +1.1～+1.4m で多く、C. D. L. +1.4m で最も多い個体数が確認された。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。

小長井地先及び岱明地先で実施している基質入り網袋の実験では、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、小長井地先では、砂利を基質とした網袋を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ており、今年度は規模を拡大した実験が行われ、移植用稚貝の採苗に十分な成果が得られた。

岱明地先では、平成 30 年度に適地（場所）を選定（陸側：稚貝採取、沖側：移植先）し、陸側でアサリを採取し、沖側に移植する方針を立てた。平成 31 年度には、二重収穫ネットの有用性（技術）および春仔の移植作業工程（時期）の見通しを得た。今年度は規模を拡大した実証実験により、二重収穫ネットを改良した収穫ネット入りラッセル袋（基質：軽石）の活用による作業性の向上（コスト・作業性）を確認した。

② アサリの保護、育成技術の開発

平成 31 年までに、諸富地先では、コンボーズを干潟面に敷く、底質から離れた飼育方法により、泥質干潟においてもアサリ飼育の可能性が確認された。今年度はさらに砂場での飼育結果との比較を行い、泥分が多い場所でも砂場に移植した場合と比較して同等の結果を得た。上記結果から、砂泥干潟に於ける一連の飼育方法を設定できる基本的技術が設定できる段階となった。

小長井地先においては砂利入り網袋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。今年度は、アサリの採取量で密度調整（サイズ選別無し）を行う手法の有効性が確認できた。また他地域から導入した稚貝の保護育成にも成功した。この成果により、実用規模での採苗個体数、適切な収容密度調整、作業性やコストを把握でき、実用的なレベルの移植用稚貝保護育成技術が開発できたものとする。

また、岱明地先鍋地区では、平成 31 年までに二重被覆網を用いたアサリの保護、秋仔の保護育成の可能性を確認した。今年度は、秋仔の移植作業工程（時期）の見通しを得た。

③ 移植技術の開発

収穫ネットに現地砂を収容した実験は、東部地先諸富地区で平成 31 年までに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。

小長井地先では平成 31 年度までに、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。さらに被覆網を用いた移植実験を行い袋網よりは漁獲量が多少ないもののコスト面からはメリットがあることを確認した。

今年度は夏場のアサリの減耗を抑制するため、設定した収容密度で、水温が低い沖合や島原地先にアサリを移植して、夏場の生残を比較した。しかし、今回の収容密度では、想定した対照区（釜漁場）との水温差による、生残率の向上効果を確認できなかった。

また、岱明地先鍋地区でも、移植規模の拡大を行い、実用規模での移植技術を確認した。その結果、移植技術に関する適切な場所、時期、技術、作業性、コストについて、データが蓄積され、底質が動きやすい砂泥干潟での一連の移植スケジュールを設定できる段階に達した。

以上、今年度は各要素技術の再現性を含めた確認により、技術の汎用性を評価すると共に、実験規模の拡大により、地域特性に応じた実用的な一連の移植技術を検討できた。実用的な面では、稚貝の確保やイベントへの対応、コストの低減など課題も多く残るが、それぞれの地域特性に応じた採苗から移植までの一連の移植技術の設定が可能となった。今後は、一連の各要素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る。表4、表5に技術開発における仮説と検証結果を整理した。

表5 技術開発における仮説と検証結果のまとめ（その1）

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	移植技術開発	4月に砂場へ移植したアサリの漁獲増加量は、6月から11月のうち、高い温度環境となる直前の7月に漁獲することで最大となる。	◎ 4月に移植したアサリの漁獲量は、同年7月で最も高く、4月時点よりも湿重量が10%向上した。7月以降では、アサリの生残が著しく低下した。
		泥分が多い場所でも、泥土対策としてコンポーズによる離底、砂利(2～5mm)、収穫ネットを組み合わせることで、その漁獲増加量は「砂場(直置)」の結果と同等となる。	○ 泥分が多い場所でも、泥土対策を施すことで、砂場に移植することと同等の結果が得られ、泥分の多い場所の活用法を見い出せた。アサリの成長は泥混じり砂場よりも砂場が良かった(昨年と同様の傾向)。
	稚貝確保技術開発	初期稚貝の着底数は、潮位がC.D.L.+1.1m～+2.0mのうち、C.D.L.+1.4mで最大となる。	◎ 初期稚貝の着底数は、5月のC.D.L.+1.1m及び12月のC.D.L.+1.1～1.4mで多い傾向が確認された。潮流等の揺さ振り対策が必要。
	移植サイクルの開発	稚貝確保～漁獲までの一連のフローが絞り込まれ、次年度以降から移植サイクル開発を検証することができる	◎ 泥土対策を施した採苗から始める移植サイクルを実施することで、泥分が多い場所でも生産性を向上できると考えられる。

※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)、同等性あり」、「×：有意差なし(p>0.05)」、「－：検定不可能」で評価した。

表6 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	秋季に殻長25mm以上の島原産アサリを網袋にて漁場沖側へ移植すると小長井産と同様に漁場岸側よりも多く採取できる。	◎ 秋季に殻長25mm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採取量が得られた。
		移植に適した設置場所(C.D.L.+0.8～+0.9m)と同等以上に採取出来る網袋の設置場所は、C.D.L.+0.7～+1.5mにある。	◎ 移植に適した設置場所(C.D.L.+0.9m)と同等以上採取できる網袋の設置場所は、釜漁場でC.D.L.+0.7～+1.5m、長里漁場でC.D.L.+0.7～+1.5mとなった。
	移植用のアサリ保護・育成技術の開発	移植前年の春季に沖側へ設置した採苗器内のアサリを移植年の春季に密度調整(1/2or1/3)すると、調整を行わなかった採苗器より移植用のアサリが多く採取出来る。	－ 釜漁場においては、移植前年の春季に沖側へ設置した採苗器内のアサリを移植年の春季に密度調整(1/2)すると、調整を行わなかった採苗器より移植用のアサリが多く採取できた。
		夏季に減耗リスクの低い場所へ移植用のアサリ(殻長25mm以上)を避難させる	× 今回の避難場所では、狙っていた避難の効果(水温差による生残率の向上)

		と、避難させないより移植用のアサリが多く採取できる。		が得られず、仮説を検証できなかった。
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・	網の構造を改良することで、耐久性が向上し、破損の修復等に伴う作業人工が削減され、作業性が向上するとともに、それらを沖側に移植することで、稚貝確保数、生残・成長および漁獲量は向上する。	◎	・二重収穫ネットでアサリの個体数が多かった ($p<0.01$)。 ・収穫ネット入ラッセル袋で漁獲サイズに達するアサリが確認された。 ・設置9ヶ月で収穫ネット入ラッセル袋の破損はないが、二重収穫ネットは全て外側ネットの一部破損が確認された。 ・二重収穫ネットを修復（入替）する場合と比べ、収穫ネット入ラッセル袋は38%（/1a）コストが削減される。
	移植作業工程の開発	移植を行うことで、成長速度が増加し、春生まれ群は着底年の冬に、秋生まれ群は翌年秋に漁獲につなげ、漁獲までの期間が短くなることで漁獲量は向上する。	◎	・アサリの殻長が漁獲サイズまで成長し、かつ個体数が最大となる時期を確認した。 ・春仔、秋仔ともに最も早く漁獲できるもので、1.2年漁獲までの期間が短縮できる可能性が考えられた。

※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。

(4) 稚貝採取技術のまとめ（大課題1～3）

前掲表1に示した様に、各実証実験場所で原地盤に稚貝が少ない状況であり、本事業では着底前の浮遊幼生をも対象とした早期の採取技術（主に泥干潟で利用）、周囲からの加入（転がり込み）も期待した採取技術（主に砂干潟で利用）の実証実験を実施した。

着底基質としてパームもしくは砂利を用いた他、干潟面から離底しての採取、干潟面に直置きしての採取など、各実証実験で条件は異なるが、各実験で選定された技術の成果を表7に示した。

なお、ここで整理した稚貝は、殻長1～10 mmの個体とした。また、小長井地先と島原市地先は平成30年度、岱明地先は平成31年度に実施された稚貝採取実験の成果を用いた。

春季発生群の結果は、主に5月に基質入り網袋を設置し、7～9月に調査された結果であり、秋季発生群は9～11月に基質入り網袋を設置し、1月に調査された結果である。

秋季発生群の1月調査結果は、各地ともに春季発生群に比べて稚貝数が少ない状況であるが、着底した稚貝の多くが1 mm以上に成長していないものと考えられる。

その中、岱明地先では、上記(3)で検討した原地盤での稚貝個体数と同様に、春季、秋季の各発生群で他地先に比べて採取個体数の多い状況が確認された。本地先では、採取した稚貝の生残を高める保護育成技術が重要であり、技術開発を進めている。

他地先では、原地盤に稚貝の生息が確認されない泥干潟である大和高田302号地区においても、小長井地先と同程度の稚貝採取効果が得られている事が確認され、パーム入り網袋による稚貝採取効果の高さが伺えた。また、筑後川河口に位置し、大雨に伴う出水時には泥土堆積も見られる柳川地先3号地区においても、2,000個体/㎡を超える採取が得られた。これら稚貝の効果的な育成そして移植技術の確立が望まれた。小長井地先および島原市地先では、両地先で連携した移植技術が開発されている。さらに、小長井地先では、基質入り網袋により採取した稚貝を、保護育成する事で、1袋あたり約2.0 kg、面積単位に換算して約13 kg/㎡

の漁獲に繋がる成果が得られている。したがって、稚貝採取技術により殻長 10 mm までの稚貝が、1,000～2,000 個体/ m²採取できれば、地域の環境に応じた保護育成技術を利用する事で、同程度の漁獲に繋がる期待される。

なお、諸富地先の春季実験においては、調査時に採苗器の破れが確認されており、この影響を受けているものと考察され、離底採取時に採苗器を設置する支柱高さ等の課題が整理される成果が得られた。

表 7 各実証実験場所での稚貝採取実験結果

実験場所	春季発生群	秋季発生群	技術
大和高田地先 302 号	1,354 個体/m ²	311 個体/m ²	パーム入り網袋による離底
柳川地先 3 号	2,043 個体/m ²	0 個体/m ²	パーム入り網袋による離底
諸富地先	0 個体/m ²	303 個体/m ²	砂利入り網袋による離底
小長井地先 釜漁場岸側*	1,476 個体/m ²	573 個体/m ²	砂利入り網袋による直置
島原市地先岸側*	973 個体/m ²	67 個体/m ²	砂利入り網袋による直置
岱明地先 保護区陸側**	15,040 個体/m ²	3,200 個体/m ²	軽石入り網袋による直置

※小長井地先、島原市地先は平成 30 年度に実施された稚貝採取実験成果

※※岱明地先は平成 31 年度に実施された稚貝採取実験成果

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 8 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 8 1a 当たりに換算した各技術の経済性一覧

技術名 (実験場所)	(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	B 合計 (1+2)	人件費込み コスト	人件費除く コスト
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)	1,433	386	443	829	1.7	3.2
パーム入り網袋採苗＋ 軽石入り網袋 (柳川地先 3 号)	2,362	3,539	2,306	5,845	0.4	1.0
砂利入り網袋採苗＋ 現地砂入り網袋砂場移植 (諸富地先)	115	54	33	87	1.3	3.5

砂利入り網袋採苗＋ 砂利入り網袋離底移植 (諸富地先)	116	72	38	110	1.1	3.0
砂利入り網袋採苗＋ 保護育成 (小長井地先)	558	361	185	546	1.0	3.0
移植用アサリ購入＋ 保護育成 (小長井地先)	558	143	342	485	1.2	1.6
※砂利入り網袋採苗＋ 保護育成 (島原市地先)	104	69	60	129	0.8	1.7
※砂利入り網袋採苗＋ 保護育成＋沖だし (島原市地先)	66	93	60	153	0.4	1.1
軽石入り収穫ネット入り 網袋採苗＋沖側移植 (岱明地先)	71	226	58	284	0.3	1.2
角ざる育成器＋ 砂利入り網袋 (住吉地先)	2,000	929	970	1,899	1.1	2.1
角ざる育成器＋ 牡蠣養殖用カゴ (住吉地先)	2,000	776	916	1,693	1.2	2.2

(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実施され、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、①泥干潟、②砂混じりの泥干潟、③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。

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 9 に適用条件を整理した。

表 9 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：7 月 育成：8 月～翌年 6 月 産卵：10 月～12 月、4 月～6 月 間引：6 月～7 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～10 月 着生：10 月～12 月 育成：10 月～翌年 7 月 補填(母貝用)：8 月	・C.D.L. 0 m 程度の干潟域	・設置高は干潟面 から 0.5～1.0 m 程度