

3. 総合考察

3.1 成果

種場・生息場の拡大として、移植効果を確認した技術(干潟面直上、二重底プレート、離底型飼育器具)の何れも稚貝の生残率や成長速度は同等に高かった。

効率的な稚貝確保技術の開発としてパームを用い、稚貝の多く確保できる設置高を検討した結果、50 cm高で多く確保できる可能性が得られた。

なお、着生した稚貝の成長を把握するため、春子の着生したパームを11月に回収し、殻長1mm以上のアサリを調査した結果、設置高が低い程大きい結果となった(図3)。次に、地盤高(C.D.L.)と設置高の合計値と初期稚貝や稚貝の出現状況を3号地区と10号地区で得られた結果を用いて整理したところ、50 cm～150 cm程度で多く出現するが、200 cm以上になると大きく減少した。例として1月の結果を図4に示した。設置高の検討においては、地盤高と設置高の合計値が200 cm未満で、かつ出現個体数が多く、成長も良い高さを検討する必要性が明らかとなった。

現状把握調査として実施した結果のうち、マルチビーム測量によるアサリ分布域の推定では、相対的後方散乱強度比によってアサリの分布域を把握できる可能性が得られた。初期稚貝や稚貝の減耗要因の推定では、浮泥厚が要因となっている可能性が得られた。

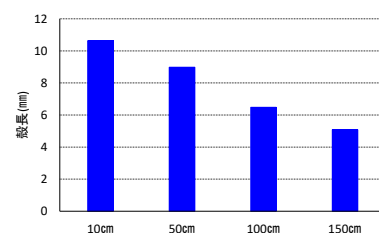


図3 設置高別の殻長

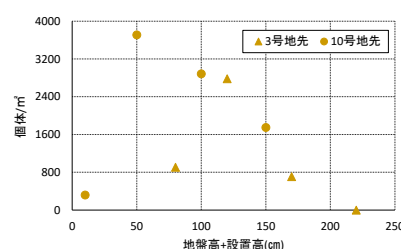


図4 稚貝の出現状況(1月)

3.2 課題

種場・生息場の拡大、効率的な稚貝確保技術の開発のいずれも、アサリに対する技術の効果を確認できた。今後は実用化にむけたコストの削減や、設置規模の拡大が課題となる。

現状把握調査においては、マルチビーム測量によるアサリ分布域の推定結果がアサリ成貝の分布に基づいた点である。調査範囲に成貝のみ出現し、稚貝が出現しなかったことから、今後は稚貝も対象とした調査が必要と考えられる。

VI-3. アサリ稚貝の高密度着生・集積域からの移植技術の開発 要約

3-2. 泥分が多い場所での移植技術の開発(佐賀県東部地先 諸富地区)

1. 目標

移植技術開発の今年度の目標は「成長段階に応じた移植場所の絞り込み」および「泥分影響緩和手法の絞り込み」とした。また、稚貝確保技術開発の今年度の目標は「基質と粒径の絞り込み」および「埋没しない設置高の絞り込み」とした。

2. 結果

2.1 地域特性

諸富区の海苔コマの潮通しにおける地盤高と底質の関係は、C.D.L+0.8m 程度で粒径が細かい泥場となり、C.D.L+1.3m 程度で粒径が粗い砂場となった。アサリの生息密度は、C.D.L+1.0m 程度の泥と砂が混じり合う場所で最も多く(平均2,500 個体/m²)、そこから地盤の高い砂場になるにつれて低くなった。

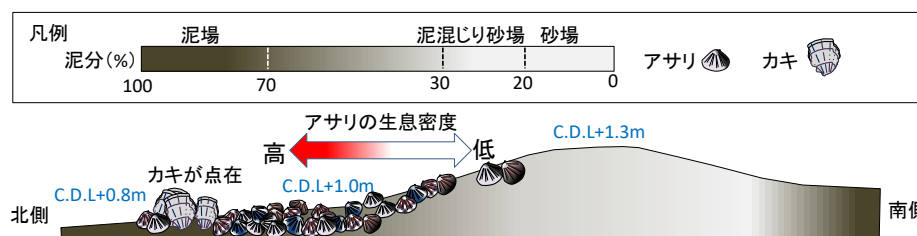


図1 当該地先における地盤高、底質およびアサリの生息密度の関係イメージ

2.2 移植技術開発

殻長 15~25mm のアサリは、砂場に移植することで生残率が 50%を超えた。また、殻長 20~25mm のアサリでは移植から 5 か月経過後に平均殻長が漁獲サイズの殻長 30mm を超えた。さらに、泥場でも底面から離底することで、アサリの生残率は砂場同様となった。

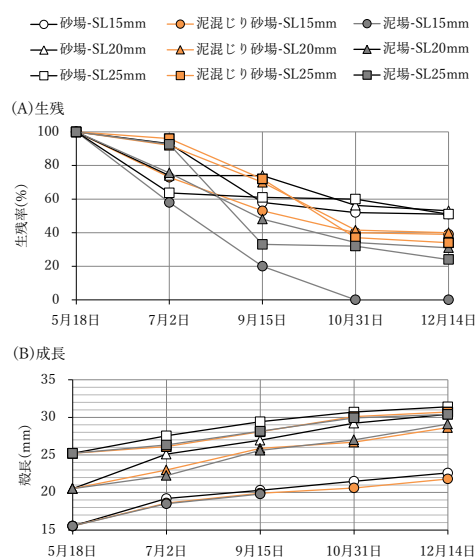


図2 移植場所による生残・成長の推移

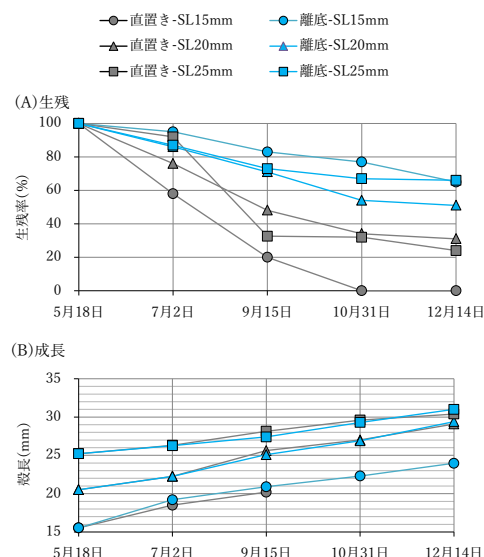


図3 泥場の離底有無による生残・成長の推移

2.3. 稚貝確保技術開発

5～7月に砂利の2～5mmを用いることで、初期稚貝を10,000個体/㎡以上確保でき、交互作用も有意に確認できた。また、当該地先において泥の堆積が危惧される12月でも採苗器の設置高を30cm以上とすることで、泥による埋没を防止し、10,000個体/㎡以上確保できた。

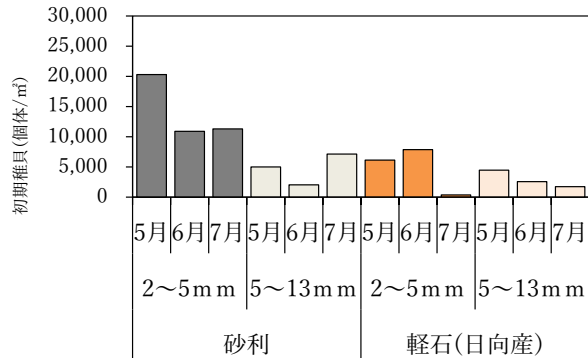


図4 基質と粒径の組み合わせによる着生数の比較

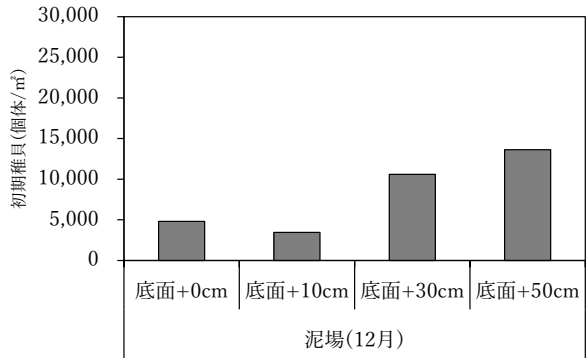


図5 設置高による着生数の比較

3. 考察

移植技術開発および稚貝確保技術開発ともに、数値目標を達成でき、有意な差も確認されたことから、今年度に掲げた仮説は支持されるものと考えられた。

表1 移植技術開発における仮説の検証結果

移植技術開発							
成長段階	数値目標		移植による泥分影響緩和効果			離底効果	
			砂場 (泥分15%未満)	泥混じり砂場 (泥分20～30%)	泥場 (泥分70%以上)	泥場(泥分70%以上)	
						離底(+5cm)	直置
殻長15mm	生残率(%)	80	○*	△	×	○***	×
	殻長(mm)	30	◎**	○	○	○-	○
殻長20mm	生残率(%)	80	○*	×	×	○**	×
	殻長(mm)	30	◎*	○	○	○*	×

備考1：数値目標の達成度合を「◎:目標達成100%以上」、「○:目標達成70%以上」、「△:目標達成40%以上」、「×:目標達成40%未満」とした。

備考2：統計解析の結果を「***:p<0.001」、「** : p<0.01」、「* : p<0.05」、「- : p>0.05」とした。

表2 稚貝確保技術開発における仮説の検証結果

稚貝確保技術開発				
基質と粒径の組み合わせ効果(数値目標10,000個体/㎡)				
基質	砂利		軽石(日向産)	
粒径	2～5mm	5～13mm	2～5mm	5～13mm
設置時期	5月	◎***	△	○
	6月	◎***	×	○
	7月	◎***	○	×

備考1：数値目標の達成度合を「◎:目標達成100%以上」、「○:目標達成70%以上」、「△:目標達成40%以上」、「×:目標達成40%未満」とした。

備考2：統計解析の結果を「***:p<0.001」、「** : p<0.01」、「* : p<0.05」、「- : p>0.05」とした。

稚貝確保技術開発				
埋没しない設置高の絞り込み(数値目標10,000個体/㎡)				
基質と粒径	砂利の2～5mm			
設置高	底面+0cm	底面+10cm	底面+30cm	底面+50cm
初期稚貝	△	×	◎*	◎*

備考1：数値目標の達成度合を「◎:目標達成100%以上」、「○:目標達成70%以上」、「△:目標達成40%以上」、「×:目標達成40%未満」とした。

備考2：統計解析の結果を「***:p<0.001」、「** : p<0.01」、「* : p<0.05」、「- : p>0.05」とした。

備考3：統計解析は一元配置分散分析、多重比較を実施した。

4. 総合評価

移植技術開発：泥分の多い場所でも、泥分影響を緩和できればアサリは生残、成長できた。

稚貝確保技術開発：地域特性に合った基質・粒径・設置高により稚貝は効率良く確保できた。

3. アサリ稚貝の高密度着生・集積域からの移植 要約

3-3. 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

1. 目標

本課題では、地元産アサリの増産に向けて、移植サイクル(稚貝採取～保護・育成～成貝移植～漁獲)の開発と当該地先や県内他地域から搬入されたアサリを活用した移植技術を開発することとした。今年度は、成貝移植、保護育成、稚貝採取に適した条件の更なる絞りこみと移植サイクルの立案を目標とした。

2. 結果

2.1. 成貝移植技術の開発

成貝移植技術の開発における結果は、表 4 のとおりである。平成 30 年 10 月に漁場沖側 (C. D. L. +0.7～+0.9m)へ移植したアサリは、春季の時点で収容密度 5～10 kg/m²まで重量比(歩留まり)が 90%以上であった。また、県内他地域産(島原産)のアサリを当該地先に移植可能であることが分かった。

表 4 成貝移植技術の開発における結果

小課題	実験	収容密度 (kg/m ²)	漁場沖側の重量比※(%)		備考
			小長井産	島原産	
成貝移植技術の開発	平成 30 年度継続モニタリング	5、7.5、10	90%以上	—	平成 30 年度結果の再検証 (平成 31 年 4 月の結果)
	県内他地域産のアサリ移植	10、13、16	90%以上	90%以上	令和 2 年 2 月の結果(令和 2 年 4 月に再検証)

※重量比＝回収時重量/設置時重量×100(値は1桁目を四捨五入)

2.2. 移植用のアサリ保護・育成技術の開発

移植用のアサリ保護・育成技術の開発における結果は、表 5 のとおりである。前年度の春季に漁場沖側へ設置した採苗器を、春季にサイズ選別・密度調整(収容密度 2,000 個体/m²と 3,000 個体/m²)すると、未調整の採苗器に比べて、移植用のアサリを多く採取できた。

表 5 移植用のアサリ保護・育成技術の開発における結果

小課題	実験	サイズ選別・ 密度調整	5 月調整時の収容密度 (個体/m ²)	殻長 25 mm以上の 個体数増加量※ (個体/m ²)	備考
移植用のアサリ保護・育成技術の開発	アサリ保護・育成	有	2,000	+602	統計的にサイズ選別・密度調整無より個体数増加量が多い。
			3,000	+893	
		無	4,065	+49	

※個体数増加量＝回収時の殻長 25 mm以上の個体数－調整時の殻長 25 mm以上の個体数

2.3. 稚貝採取技術の開発

移植時期(秋季)における採苗器内の殻長 25 mm以上のアサリは、560 個体/m²(移植時期前年の春季)、387 個体/m²(移植時期前年の秋季)であった。統計的には、設置時期による有意差は確認できなかった。一方、採苗器内の殻長 25 mm以上アサリは、夏季から秋季にかけて減少した。移植時期に移植用のアサリを確保するためには、減耗対策が必要であることが伺えた。

3. 総合考察

実証結果をもとに作成した移植サイクル(案)と移植サイクル A、D から算出した経済性の推定は、図 1 に示すとおりである。



図 3 移植サイクル(案)と経済性の推定

4. 総合評価

成果と課題は、表 6 のとおりである。また、これらの課題をもとに表 7 のとおり仮説を再構築した。

表 6 成果と課題

成果	・ 成貝移植に適した設置時期(秋季に沖側、県内他地域産適用可能)が明らかとなった。 ・ 当該地先での保護育成条件に適した条件(選別・密度調整有)が明らかになった。 ・ 稚貝採取～漁獲までの一連の移植サイクルを立案できた。
課題	・ 移植条件(県内他地域産)の再検証 ・ 当該地先の移植に適した設置範囲(面積)の検討 ・ 採苗器の密度調整や夏季に減耗リスクの低い場所へ避難させる保護育成手法の検討 ・ 立案した稚貝採取～移植までの方法(サイクル A)における実用性の検討

表 7 仮説の再構築

小課題	新たな仮説
成貝移植技術の開発	当該地先では、C. D. L. +0.7~+0.9m と同程度のアサリを採取(歩留まり 8 割以上)できる移植場所(地盤高)がある。
稚貝の採取・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が移植年の春季に 4,000 個体/m ² 以上の場合は、密度調整(1/2 または 1/3)すると、調整を行わなかった採苗器よりアサリが多く採取できる。

中課題3－4 高密度着生・集積域での移植手法の開発（熊本県岱明地先 鍋地区）

1. 目標

- ①稚貝の確保・生息場の拡大（移植）における付着物対策による作業性を向上した技術の開発。
- ②保護育成における付着物対策による作業性を向上した技術の開発。

2. 結果

2.1 移植用稚貝の効率的な確保

5月に収穫ネット、二重収穫ネットを保護区陸側に設置し、7月に稚貝の採取数についてモニタリング調査を実施した結果、二重収穫ネットを用いることで、稚貝の確保数が有意に多かった。

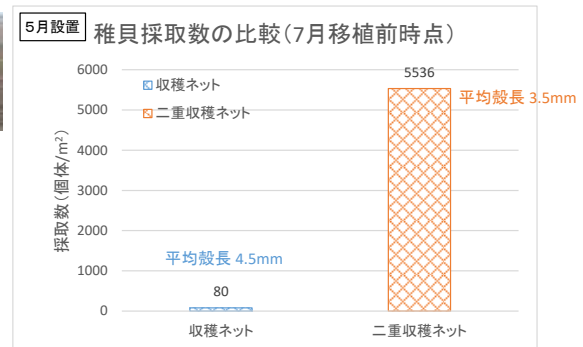


図4 稚貝確保実験の結果（稚貝採取数）

2.2 生息場の拡大（移植）

上記で確保した稚貝について、7月に保護区沖側に移植した場合と、移植を行わず保護区陸側に残置した場合について、9月と翌1月にモニタリング調査を実施し、生残・成長状況を比較した結果、保護区沖側に移植した方が、生残・成長が良好であった。また、収穫ネット、二重収穫ネットの作業性を比較した結果、収穫ネットと比較して、二重収穫ネットの方が、破損等が少なく、耐久性に優れており、ネットの入れ替え作業が低減される分、作業人工が23%低減した。

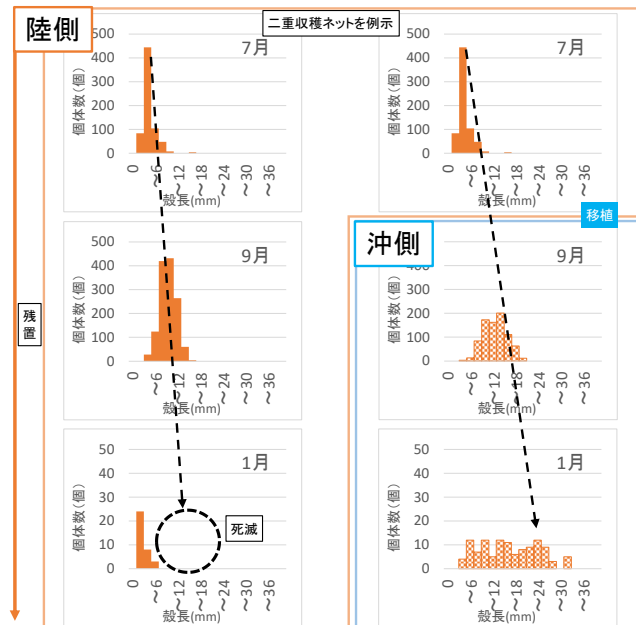


図5 移植実験の結果（個体数・成長状況）

2.3 保護育成技術

アサリが多い保護区陸側において、5月に被覆網、二重被覆網を用いて、着生しているアサリの保護を行い、生残率および作業性を比較した結果、生残率は二重被覆網で一定期間維持されたが、作業性は付着物が付かず、明瞭な差は認められなかった。

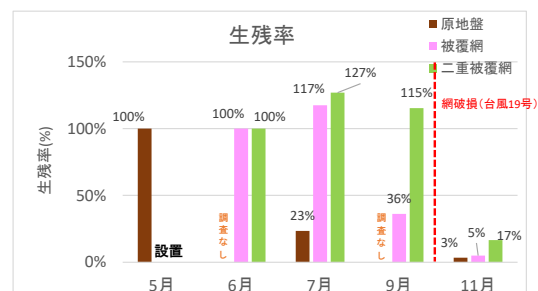


図6 二重被覆網による保護育成実験の結果（生残率）

3. 総合考察

3.1 環境特性

各地点における流況・水底質調査データを統計解析し、アサリの生育環境を評価した結果、餌環境、底質の安定性、温度環境については沖側の地点が良好であり、着底稚貝が好む底質粒径は陸側に多い傾向があった。稚貝の着底については別途実施した波浪シミュレーションによっても陸側が適しているとの結果が得られた。

表 8 アサリの生息環境の評価結果

	餌環境	底質の安定性	着底のし易さ	温度環境
	Chl-a3μg/L以上かつ濁度9FTU以下の頻度(%)	底面せん断応力0.1N/m ² 以下の頻度(%)	粗砂の含有率(%)	泥温30℃以上の頻度(%)
稚貝確保場所	60.7	5.4	21.3	3.1
移植先	76.7	32.4	2.9	0.0
調査日	2019/8/03～8/19	2019/8/14～8/17	2019/7/16,18	2019/8/03～8/19
データの個数/地点	1979	8	1	2365
統計日数	13.7	0.1	1	16.4

※■：数値が高いほど好条件，■：数値が高いほど悪条件

3.2 効果評価

各実験の結果を集計し、有意検定を実施した結果、稚貝の採取は陸側での二重収穫ネットが適しており、沖側に移植することで成長することが検証された。また、陸側に設置した二重被覆網については、生残率が高いことが検証された。作業性の検討を含め、二重収穫ネットによる陸側での稚貝確保および沖側への移植は有効であり仮説は指示された。

表 9 仮説の検証結果

小課題	項目	仮説	検証結果
稚貝の確保・生息場の拡大(移植)	二重収穫ネット	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。以上より二重収穫ネットによる移植は稚貝確保・移植の方法として有効であった。
稚貝の保護育成技術	二重被覆網	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。

4. 総合評価

総合評価を下表に示す。二重収穫ネットを用い、陸側で稚貝を確保し、沖側へ移植することで、効率的に漁獲サイズまで成長させ、生産性向上に寄与する見通しを得た。

表 10 総合評価

■成果	・春生まれ群の移植サイクル(減耗率低減のため、当歳貝を夏前に移植)の見通しを得た ・当歳貝の移植には、二重収穫ネットが稚貝確保、移植に有用であることを得た。
■課題	・秋生まれ群の移植サイクルおよび春と秋の優位性の検討。 ・干潟の沖側への移植と干潟で保護する方法の作業面を含めた優位性の検討および使用機材の耐久性の検討。
総合評価	稚貝の生残・成長・漁獲が期待されない漁場において、天然稚貝の効果的な確保を春季に陸側で行い、夏季以前に沖側への移植を行うことにより、効率的に漁獲サイズまで成長させ、生産性向上に寄与する見通しを得た。

5. ドローンによるアサリ稚貝好適生息場推定手法の開発

アサリ稚貝個体数と傾斜方位およびRGB(ドローン画像から地盤高を求め、算出)は、重回帰分析による重相関係数が0.72となった。また、この時の計算式は、 $y=188.81a-32.40b+55.55c-24.17d$ であった。ここで、a:地盤傾斜方位(波向き・波影方向)、b:R(0～255)、c:G(0～255)、d:B(0～255)である。

4. カキ礁の造成による貧酸素水塊の軽減 要約

4-1. カキ礁の造成による貧酸素水塊の軽減

1. 目標

本課題では、カキ礁による貧酸素水塊軽減のための技術開発を行い、①漁業者自らが実施可能な造成手法の開発、②カキ礁の造成による貧酸素軽減効果を数値解析により検討することを目標とした。

今年度は、「①造成技術の開発」に関して、着生量が多く、残存率が大きく、手間や材料費が少ない方法を明らかにするために実証した。また、「②数値解析による評価」では、既往知見を参考に物質循環モデルを設定し、既往パラメータの解析によって、貧酸素水塊の軽減効果の評価手法を開発した。

2. 結果

2.1. カキ礁の造成方法の開発

2.1.1 着生材への着生量

平成 29 年度に設置した着生材の一つであるネットに着生したカキのバイオマス量が、3 年経過した時点で目標値である天然カキ礁のバイオマス量と同程度となり、ほぼ目標値を達成した。また、今年度設置した棚式着生材のカキ付着量から現地盤+0.3m の高さがカキの着生に適していることが分かった。

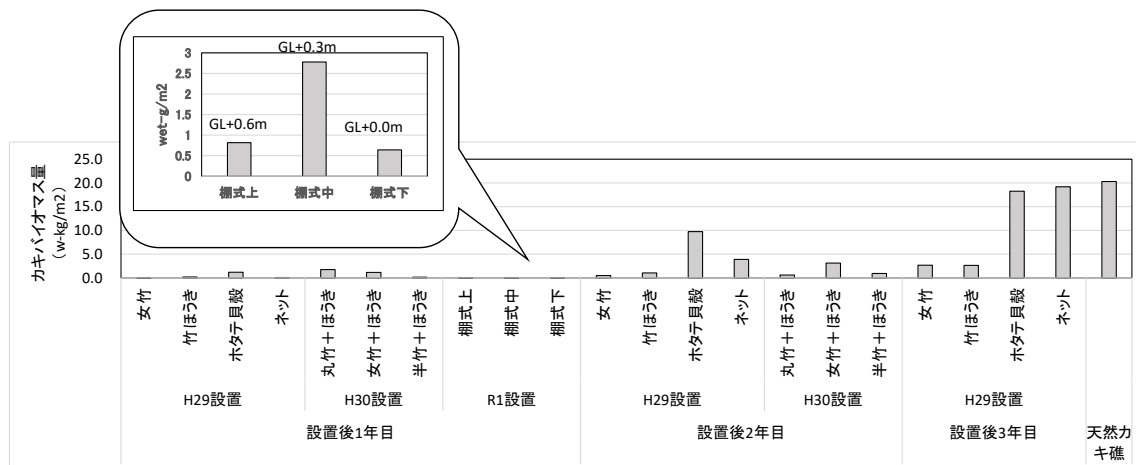


図 7 着生材ごとのカキバイオマス量の経年変化

2.1.2 カキ礁造成場所の検討

今年度の深浅測量の結果、および昭和 52 年当時存在していたカキ礁の位置、航路やその他の漁業区域等を踏まえ、カキ礁造成場所を明らかにすることができ、その面積は 40.1ha であった。

2.2 カキ礁による貧酸素水塊軽減効果の評価

物質循環モデルの解析により、カキ礁の分布域やその周辺では、底層の溶存酸素濃度(以下、DO という)の上昇が見られた。既存知見によると、アサリ、サルボウガイとともに死亡個体が現れた硫化水素は、海水中の DO が 1.0mg/L 以下になると上昇して、水塊中に蓄積するとされている。そこで、カキ礁の貧酸素水塊影響軽減効果を把握するために、物質循環モデルを用いて、佐賀県沿岸で底層 DO が 1.0 mg/L 以下の貧酸素状態となっている漁場面積の時間変化を整理した。カキ礁無しおよびカキ礁分布が最も少ない平成 19 年のカキ礁分布条件と比較すると、積算面積で約 21%の縮小が確認された。以上より、カキ礁の造成によって、有明海底

層 D0 の環境改善の効果が期待された（図 8）。

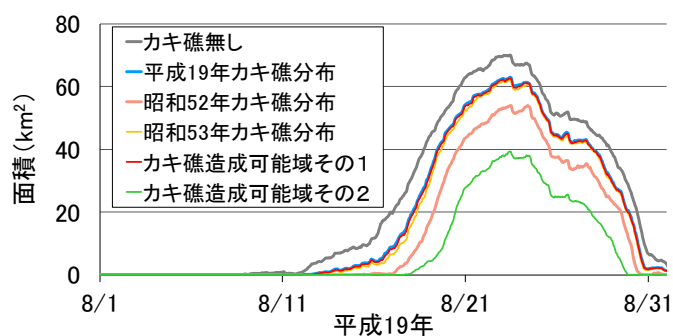


図 8 底層 D0 濃度が 1.0 mg/L 以下となる面積の時系列変化

3. 総合考察

これまでの実証結果より、現状でのカキ礁造成に適した着生材、着生高さ、造成可能面積、時期について表 11 に整理した。また、カキ礁造成による貧酸素水塊の軽減効果については図 8 に示したとおりである。

表 11 カキ礁造成に関わる適正条件

着生材	着生高さ	造成可能面積	時期
ネット(金網)	現地盤+0.3m	40.1ha	4 月～6 月

4. 総合評価

成果を表 12 に、来年度以降の課題を表 13 にそれぞれ示す。

表 12 平成 31 年度の成果

成果	・ ネットが 3 年で 19.18wet-kg/m² で目標値を概ね達成できた ・ 残存率が 80%を超えたのはネット、ホタテ（3 年経過）および棚式着生材（1 年目）の 3 種であった ・ カキの着生しやすい高さは現地盤+0.3mであることが分かった ・ カキ造成可能区域は 40.1ha であることが分かった ・ 底層 D0 が 3mg/L となる累積時間は、カキ礁の分布条件により異なるが、最大で 10～20%軽減できることが分かった
----	---

表 13 各課題における次年度以降の開発課題

中課題	小課題	次年度に向けた課題
カキ礁の造成による貧酸素水塊の軽減	カキ礁の効率的な造成方法の開発	労力がかからず、かつ、造成面積を確保できる着生材の開発
		漁業者自身が実施できるよう、作業手順の明確化が必要
	カキ礁造成による貧酸素水塊軽減効果の検討	カキ生息量の変化による貧酸素化面積の減少率の変化の評価
		カキ礁造成による流況変化等の効果を詳細に把握すること

5. 総合検討および事業とりまとめ

1. 目標

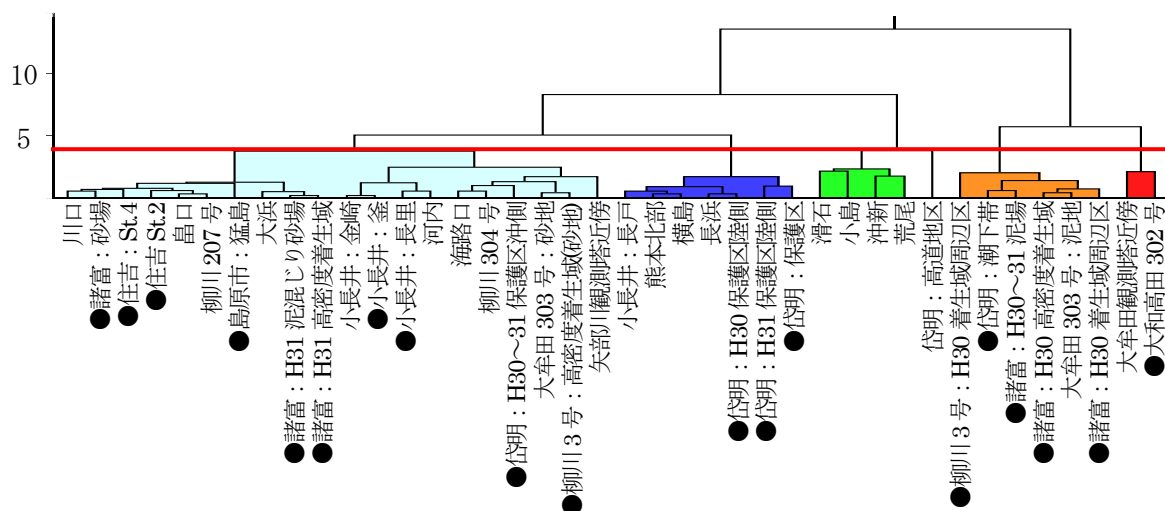
本課題は、漁業関係者がアサリ等の生産性向上のための技術を、自らで計画、実施可能にするための基礎資料の作成を目的とした。

2. 結果

2.1 環境特性の検討

各実証実験で得られた成果を総合的に検討するために、それぞれの実験場所の環境特性を検討した。以下に、アサリの生息基盤となる底質環境の検討結果を示した。

本事業で実証実験が実施された場所のほか、過年度までの関連事業が実施された場所の対照区の底質データ（シルト・粘土分、強熱減量、COD、硫化物、中央粒径）よりクラスター解析を実施した結果、6グループに区分された。本事業で実証実験が実施された場所で見ると、シルト・粘土分や強熱減量等が高かった大和高田地先 302 号地区が赤色グループに区分された。次いでシルト・粘土分等が高い橙色グループには、諸富地区の着生域、着生域周辺、泥場、そして岱明鍋地区の潮下帯、柳川地先 3 号地区（着生域周辺）が含まれた。この他の色（水色、青色、黄色）で示したグループは、先の2グループよりもシルト・粘土分が低く、アサリの生息に適した底質環境にある事が確認された。



※今年度の実証実験の実施場所には●を付した。

図 1 クラスタ解析結果

2.2 アサリの適性指数 (SI) の検討

過年度までに検討してきたアサリの生息場としての適性指数 (SI) について、これまでの底質の SI に加え、水質環境として水温と塩分、物理環境として流れや波により底面に働く力（底面摩擦速度）の SI を、既往知見を参考に検討した。

本事業の調査結果より検討した水温と塩分、底面摩擦速度の各条件とアサリ生息状況との関係は、既往知見の SI の範囲内にある事が確認された。さらに底面摩擦速度については、いくつかの地点でアサリの生息に

影響する環境にあることも確認された。

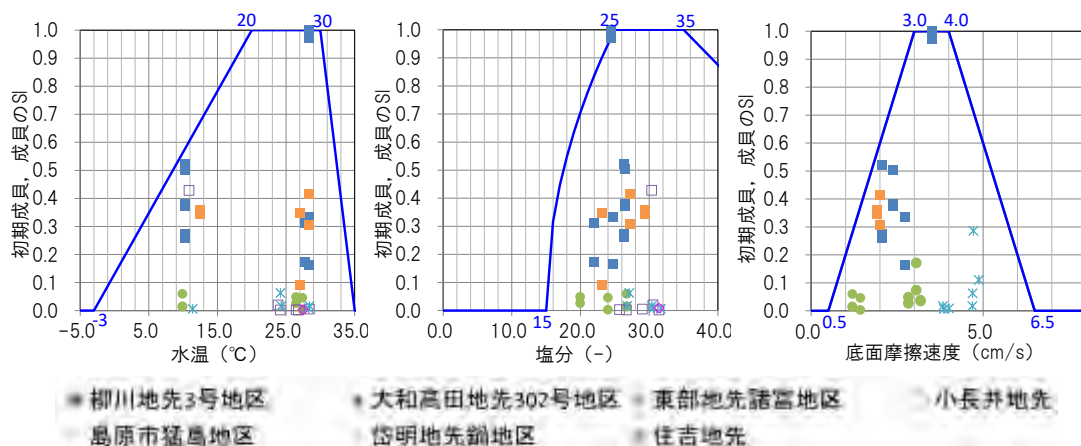


図2 アサリ生息状況調査結果と環境の適性指数 (SI)

2.3 増加が期待されるアサリ漁獲量推定手法の構築

平成30年度に増加が期待される漁獲量の推定手法として構築したモデル（以下、「推定手法」と言う。）に用いられている成長率等を、各実証実験で得られた調査結果および実験結果より検討し、設定した。

月成長率を検討した結果、湾奥に位置している福岡県と佐賀県の各実証実験場所および長崎県の島原市地先では、他実験場所に比べて月成長率が小さくなる傾向が確認された。

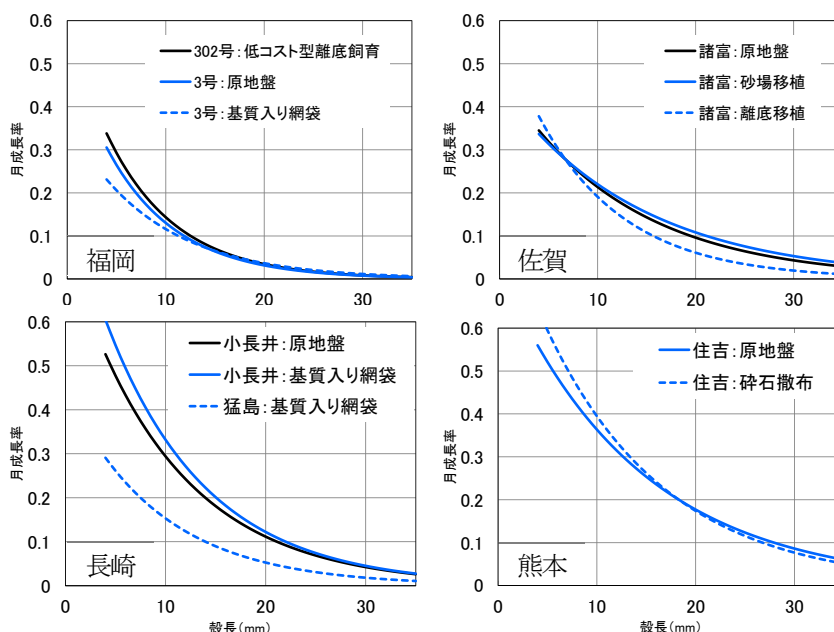


図3 各実証実験場所における殻長別の月成長率

3. 総合考察

各実証実験成果より、各漁場の環境特性、そしてアサリの生息場としての適性指数 (SI) について考察し、いくつかの地先で物理環境がアサリの生息に影響することが推測された。平成30年度に構築された増加が期待されるアサリ漁獲量の推定システムに、各実証実験成果より検討した月成長率および生残率を検討した。ただし、技術の運用サイクルを考慮した設定の検討や、新たに得られる実証実験成果の反映が今後の課題とされた。また GIS マップに関しても操作性の簡略化などの改良が課題として挙げられた。