

IV-2. 中課題1-1 未利用泥干潟域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

目 次

IV-2. 中課題1-1未利用泥干潟域における母貝保護育成地造成技術の開発	43
1. 技術開発の概要	43
1.1 技術の選定	43
1.2 実施場所	44
1.3 今年度の実施内容	45
1.4 技術開発工程	46
1.5 使用機器	46
2. 地域特性	47
3. 母貝育成技術の開発	48
3.1 実施方法	48
3.2 取りまとめ手順	52
3.3 結果	52
3.3.1 離底型連続カゴと低コスト型離底飼育器具との比較	52
3.3.2 低コスト型離底飼育器具による設置規模の拡大	54
3.3.3 母貝飼育の運用サイクルの試行	55
3.4 仮説の検証	56
3.4.1 離底型連続カゴと低コスト型離底飼育器具との比較	56
3.4.2 低コスト型離底飼育器具による設置規模の拡大	57
3.4.3 母貝飼育の運用サイクルの試行	57
4. 母貝再生産技術の開発	59
4.1 実施方法	59
4.2 取りまとめ手順	61
4.3 結果	61
4.3.1 効率的な採取方法の検討	61
4.3.2 母貝に満たないアサリの育成	63
4.4 仮説の検証	63
4.4.1 効率的な採取方法の検討	63
4.4.2 母貝に満たないアサリの育成	65
5. 考察	66
5.1 成果と課題	66
5.1.1 効果評価	66
5.1.2 実用性の検討	67
5.1.3 効果評価と実用性の検討を踏まえた成果と課題	71
5.2 仮説の再構築	72
5.2.1 母貝育成技術の開発	72
5.2.2 母貝再生産技術の開発	72

参考文献	72
電子格納データ	72
IV-3 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	75
1. 技術開発の概要	75
1.1 技術の選定	75
1.2 実施場所	76
1.3 今年度の実施内容	77
1.4 技術開発工程	77
1.5 使用機器	79
2. 地域特性	79
2.1 場の安定性	80
2.2 アサリの生息状況	82
3. 母貝育成技術の開発	83
3.1 実施方法	83
3.2 取りまとめ手順	84
3.3 結果	85
3.3.1 母貝の成熟と産卵	85
3.3.2 母貝の成長と補填	86
3.4 仮説の検証	87
3.4.1 収容方法の違いによる群成熟度の比較	87
3.4.2 底質改善(砂散布、碎石散布、原地盤)と貝殻等混入物の有無による生残率の比較	87
4. 母貝再生産技術の開発	88
4.1 実施方法	88
4.2 取りまとめ手順	90
4.3 結果	91
4.3.1 母貝補填用稚貝の採取	91
4.3.2 母貝補填用稚貝の育成	91
4.4 仮説の検証	92
4.4.1 母貝補填用稚貝の採取	92
4.4.2 稚貝育成の収容密度と底質改善による生残率の比較	93
5. 考察	93
5.1 成果と課題	93
5.1.1 効果評価	93
5.1.2 実用性の検討	96
5.1.3 総合評価	100
5.2 仮説の再構築	100
5.2.1 母貝育成技術の開発	100
5.2.2 母貝再生産技術の開発	100

参考文献	100
電子格納データ	101
IV-4. 大課題まとめ	102

IV-2. 中課題1-1未利用泥干潟域における母貝保護育成地造成技術の開発

1. 技術開発の概要

1.1 技術の選定

本実証実験における技術の選定の概要を表 2 に示す。

技術の選定は、小課題の「母貝育成技術の開発」、「母貝再生産技術の開発」について、過年度の事業にて効果が確認されている技術を選定した。

表 2 技術の選定

小課題	選定技術	位置づけ	実績	出典
母貝育成技術の開発	低コスト型 離底飼育器具	母貝の保護育成	平成 30 年度事業において冬季風浪等への耐久性の実績あり	一般社団法人マリノフォーラム 21：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, 2019. ²⁾
	離底型連続カゴ	母貝の保護育成	平成 30 年度事業において母貝の保護育成の実績あり	一般社団法人マリノフォーラム 21：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, 2019. ²⁾
母貝再生産技術の開発	基質入り網袋(バームなど)	稚貝の効率的な確保(採苗)技術	平成 30 年度事業において初期稚貝着生の実績あり	一般社団法人マリノフォーラム 21：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, 2019. ²⁾
	離底型連続カゴ	母貝に満たないアサリの保護育成	母貝に満たないアサリについての実績ではないが、平成 30 年度事業において母貝の保護育成の実績あり	一般社団法人マリノフォーラム 21：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, 2019. ²⁾

1.2 実施場所

実施場所を図 2、実験区の配置を図 3 に示す。



図 2 実施場所地図

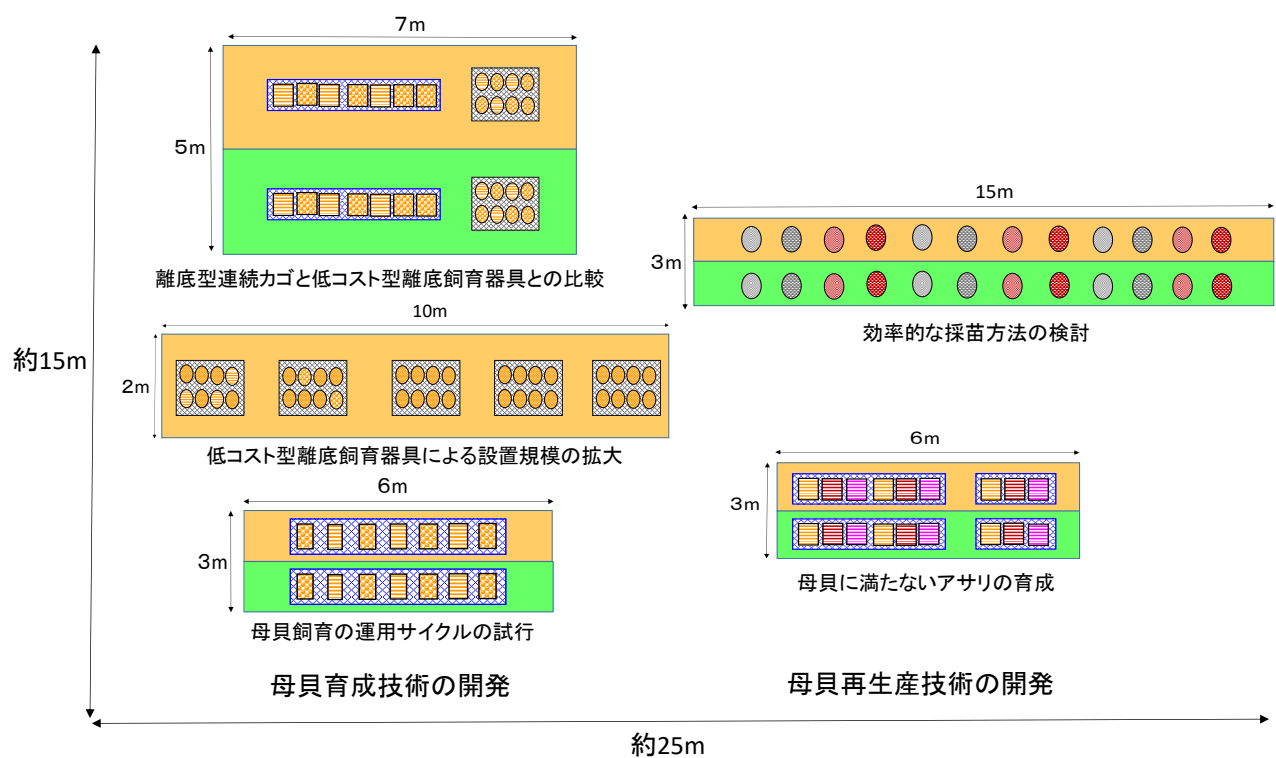


図 3 実験区の配置

1.3 今年度の実施内容

表 3 検証項目と実験概要一覧表

小課題	目標	仮説	検証項目	実験名	場所	実験概要	実施時期
母貝育成技術の開発	低コスト型離底飼育器具の設置高 0 cm で、6～9 月の生残率 80%、成長速度 0.04 mm/day 以上	低コスト型飼育器具でアサリの成長速度が向上する。	生残率、成長速度	離底型連続カゴとの比較実験	302 号地先	アサリへの効果が既に確認済みの離底型連続カゴと、低コスト型離底飼育器具を設置、各々にアサリを収容し生残率と成長速度を調査した。	5 月～9 月
	アサリ 6,000 個体を収容可能な設置規模の実現	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)。	生残率、成長速度	保護育成施設規模の拡大実験	302 号地先	低コスト型離底飼育器具(設置高 10cm)を 5 台設置、そこへ基質入り網袋(軽石 2 mm))を設置、その中へアサリを収容、生残率と成長速度を調査した。	10 月～翌年 1 月
	設置高 0 cm の条件で 1 月には標識アサリの 7 割以上が殻長 30 mm 以上、補填アサリの 7 割以上が殻長 25 mm 以上	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。	生残率、成長速度、群成熟度	母貝飼育の運用サイクルの試行実験	302 号地先	離底型連続カゴ(設置高 0 cm、10 cm)に基質入り網袋(軽石 6 mm))を設置、その中へ間引かれずに残ったアサリ、補填アサリを収容、生残率等を調査した。	6 月～翌年 1 月
母貝再生産技術の開発	初期稚貝 2,000 個体/網袋の採取、そのうち約 30%が稚貝に成長(パームの実績)	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。	初期稚貝や稚貝の個体数	着生実験	302 号地先	春子:設置高と基質の組み合わせを複数設置、初期稚貝や稚貝の発生個体数を調査した。 秋子:最も着生効果が期待されるパームを用い、設置高別に初期稚貝や稚貝の個体数を調査した。	春子:4 月～7 月 秋子:9 月～翌年 1 月
	軽石(約 6 mm)と設置高 0 cm の組み合わせで 1 月の生残率 70%以上、7 割以上の個体が殻長 25 mm 以上に成長	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。	生残率、成長速度	保護育成実験	302 号地先	離底型連続カゴ(設置高 0 cm、10 cm)に基質入り網袋を設置、その中へアサリを収容、生残率と成長速度を調査した。	5 月～翌年 1 月

1.4 技術開発工程

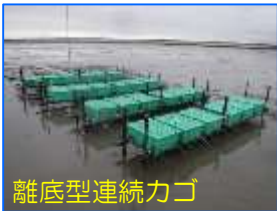
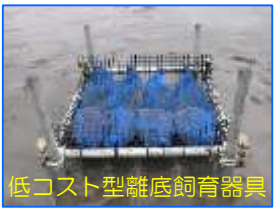
平成 31 年度の技術開発工程を表 4 に示す。

表 4 技術開発工程

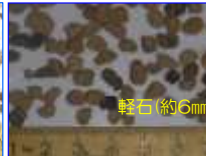
項 目	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
計画・準備等												
現地調整・手続き	■											
調査計画	■	■										
母貝育成技術の開発												
設置		○	○				○					
モニタリング			○	○	○	○		○	○	○		
母貝再生産技術の開発												
設置	○	○				○						
モニタリング		○	○	○	○	○	○	○	○	○		
共通項目(モニタリング)												
物理、水質(2回)			■						■			
底質、アサリ(4回)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
初期稚貝(6回)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
データ整理、報告書の作成			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

1.5 使用機器

母貝育成技術の開発

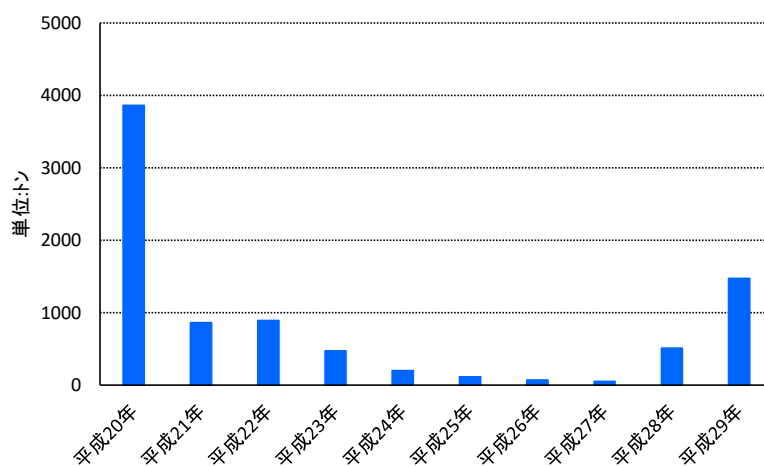
項 目	内 容	
使用機器	 離底型連続カゴ	●離底型連続カゴ 大きさ：フレーム(3m×0.6m×0.6m 程度)、カゴ(50 cm×36 cm×17 cm 程度)、網袋(30cm×60 cm 程度(目合 8 mm)) 材質：フレーム(コンボーズ)、カゴ(プラスチック)、網袋(ポリエチレン) 基質：軽石(約 6 mm) 備考：軽石は 30 程度を充填
	 低コスト型離底飼育器具	●低コスト型離底飼育器具 大きさ：フレーム(1m×1m×0.6m 程度)、網袋(30cm×60 cm 程度(目合 8 mm)) 材質：フレーム(コンボーズ)、網袋(ポリエチレン) 基質：軽石(約 6 mm) 備考：軽石は 30 程度を充填

母貝再生産技術の開発

項 目	内 容	
使用機器		●網袋と基質 網袋(30cm×60 cm程度(目合 8 mm))、収穫ネット(30cm×50 cm程度(目合 1～2 mm)) 材質：ポリエチレン 基質：ノーム、軽石(約 2 mm、約 6 mm)、真砂土 備考：軽石や真砂土は 30 程度、ノームは 1 束を充填
	   	
		●コアサンプラ(注射筒の先を切り落としたもの) 内径 29 mm 備考：表層 2cm の基質を 5 回採取し、混合したものを 1 検体とした。
		●離底型連続カゴ 大きさ：フレーム(3m×0.6m×0.6m 程度)、カゴ(50 cm×36 cm×17 cm 程度)、網袋(30cm×60 cm程度(目合 8 mm))、収穫ネット(30 cm×50 cm程度(目合 1～2 mm)) 材質：フレーム(コンボース)、カゴ(プラスチック)、網袋(ポリエチレン) 基質：軽石(約 2 mm、約 6 mm) 備考：基質は 30 程度を充填

2. 地域特性

福岡県の有明海区におけるアサリ類の漁獲量を図 4 に示す。平成 20 年以降は減少傾向にあり、特に平成 21 年以降は 1,000t 以下の低位で推移していた。しかし平成 28 年以降は上昇傾向にあり、平成 29 年には約 1,500t まで増加した。



出典：福岡県(2019)：福岡県農林水産業・農山漁村の動向-平成 30 年度農林水産白書-

図 4 福岡県有明海区におけるアサリ類の漁獲量

いっぽう、302号地区の環境特性をみると、特に底質がアサリにとって不適であり（細粒分が98～99%、中央粒径が0.01mm）、天然のアサリは出現していない場所となっている（表5）。

表5 環境特性（平成31年度における調査結果）

調査時期	流況・水質				底質					アサリ（稚貝・成貝）	
	塩分	クロフィルa (μg/g)	濁度(FTU)	流速 (cm/s)	細粒分 (%)	中央粒径 (mm)	COD(mg/g)	IL(%)	T-S(mg/g)	kg/m ²	個体/m ²
	20以上 ²⁾	3以上 ²⁾	300未満 ²⁾	8～27 ³⁾	20以下 ¹⁾	0.3～0.7 ¹⁾	10以下 ¹⁾	1～6 ¹⁾	0.2以下 ²⁾	2～4以下 ²⁾	—
8月	23.1	13.1	70.2	7.5	98.4	0.01	23.0	9.2	0.12	0.00	0
12～1月	27.3	2.0	25.3	8.8	99.0	0.01	18.0	9.2	<0.01	0.00	0

注：好適範囲にある数値は水色、不適範囲にある数値は黄色で着色した。

出典

1)水産庁増殖推進部(2013):二枚貝漁場環境改善技術導入のためのガイドライン。

2)全国沿岸漁業振興開発協会(1997):沿岸漁場整備開発事業 増殖場造成計画指針ヒラメ・アサリ編 平成8年度版。

3)張成年ほか:漁場生産力の有効活用によるアサリ母貝場創生および新規創出技術委開発。

3. 母貝育成技術の開発

3.1 実施方法

離底型連続カゴと低コスト型離底飼育器具との比較、低コスト型離底飼育器具による設置規模の拡大、母貝飼育の運用サイクルの試行の概要を表6～表8に示す。

表 6 離底型連続カゴと低コスト型離底飼育器具との比較

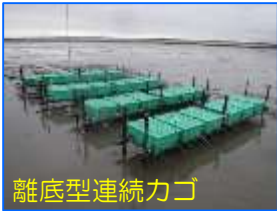
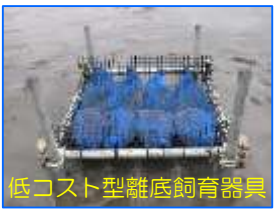
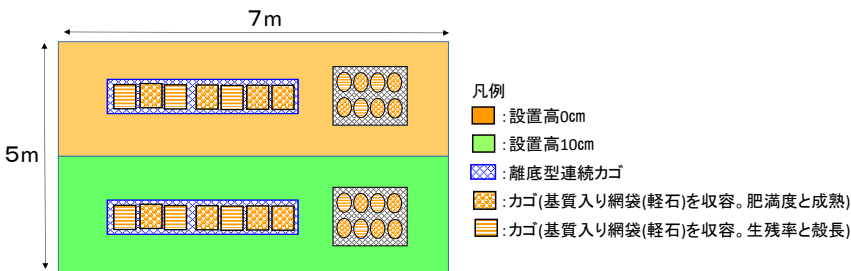
項 目	内 容
目 的	設置高と設置手法の組み合わせの中から、生残や成長に好適な組み合わせを明らかにする。
調査時期	令和元年5月設置 令和元年6月、7月、8月、9月 生残率と成長速度 令和元年6月、7月、9月 肥満度と群成熟度
調査場所	柳川市大和高田地先の未利用泥干潟域
使用機器	 ●離底型連続カゴ 大きさ：フレーム(3m×0.6m×0.6m程度)、カゴ(50cm×36cm×17cm程度)、網袋(30cm×60cm程度(目合8mm)) 材質：フレーム(コンボーズ)、カゴ(プラスチック)、網袋(ポリエチレン) 基質：軽石(約6mm) 備考：軽石は30程度を充填  ●低コスト型離底飼育器具 大きさ：フレーム(1m×1m×0.6m程度)、網袋(30cm×60cm程度(目合8mm)) 材質：フレーム(コンボーズ)、網袋(ポリエチレン) 基質：軽石(約6mm) 備考：軽石は30程度を充填
調査方法	海底面からの設置高を変えた離底型連続カゴと低コスト型離底飼育器具を設置した。福岡県有明海で鋤簾によって採取後、3日程度馴致した初期成貝を90個体程度収容した網袋を、離底型連続カゴにおいては各カゴへ1袋ずつ、低コスト型離底飼育器具では8袋ずつ設置した。網袋においては軽石を3ℓ収容した。設置高と基質の条件の各組み合わせに対し、離底型連続カゴでは9カゴずつ、低コスト型離底飼育器具では8袋ずつ設置し、そのうち3カゴや3袋で生存個体数や殻長を調査した。生残個体数は目視による計数、殻長は任意に選定した30個体/カゴを対象に計測した。肥満度や群成熟度は1回あたり約15個体(カゴもしくは網袋1つあたり)のアサリを対象とした。  7m 5m 凡例 ■ : 設置高0cm ■ : 設置高10cm ■ : 離底型連続カゴ ■ : カゴ(基質入り網袋(軽石)を収容。肥満度と成熟) ■ : カゴ(基質入り網袋(軽石)を収容。生残率と殻長)

表 7 低コスト型離底飼育器具による設置規模の拡大

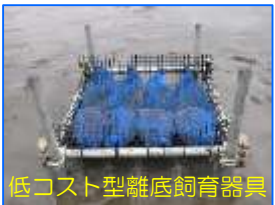
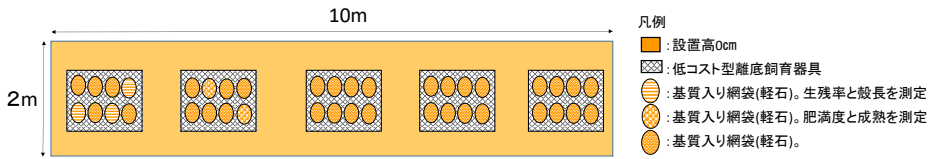
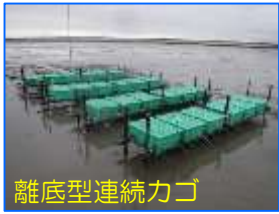
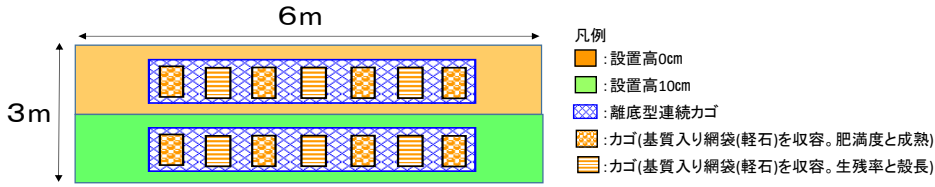
項 目	内 容
目 的	低コスト型離底飼育器具により、約 6,000 個体の母貝を育成する。
調査時期	令和元年 10 月設置 令和元年 11 月、令和 2 年 1 月 生残率と成長、肥満度と群成熟度
調査場所	柳川市大和高田地先の未利用泥干潟域
使用機器	 ●低コスト型離底飼育器具 大きさ：フレーム(1m×1m×0.6m 程度)、網袋(30cm×60 cm程度(目合 8 mm))、収穫ネット(30cm×50 cm程度(目合 1～2 mm)) 材質：フレーム(コンボース)、網袋(ポリエチレン) 基質：軽石(約 2 mm) 備考：軽石は 30 程度を充填
調査方法	前述の、離底型連続カゴと低コスト型離底飼育器具との比較、において生残率、成長速度が好適となった設置高の低コスト型離底飼育器具を対象に、10 月に 5 台設置した。福岡県有明海で鋤簾によって採取後、3 日程度馴致した成貝を 150 個体程度収容した網袋を、8 袋ずつ設置した。網袋においては軽石(約 6 mm)を 30 収容した。網袋のうち 3 袋で生存個体数や殻長を 11 月と 1 月に調査した。生残個体数は目視による計数、殻長は任意に選定した 30 個体/カゴを対象に計測した。生残個体数の計数結果から生残率、殻長の測定結果から成長速度を求め、生残や成長を把握した。対照区は離底型連続カゴとし、同様な調査を実施した。なお、肥満度や群成熟度も調査した。 

表 8 母貝飼育の運用サイクルの試行

項 目	内 容
目 的	母貝飼育の運用サイクルの試行により、新たに母貝を確保する。
調査時期	令和元年 6 月設置 令和元年 7 月、9 月、11 月、1 月 生残率と殻長、肥満度と群成熟度
調査場所	柳川市大和高田地先の未利用泥干潟域
使用機器	 離底型連続カゴ ●離底型連続カゴ 大きさ：フレーム(3m×0.6m×0.6m 程度)、カゴ(50 cm×36 cm×17 cm 程度)、網袋(30cm×60 cm程度(目合 8 mm)) 材質：フレーム(コンボーズ)、カゴ(プラスチック)、網袋(ポリエチレン) 基質：軽石(約 6 mm) 備考：軽石は 30 程度を充填
調査方法	昨年度に設置した離底型連続カゴのうち設置高 0 cm と軽石(約 6 mm)の組み合わせ、設置高 10 cm と軽石(約 6 mm)の組み合わせを対象に、間引きを 6 月に実施した。間引きには、殻長 30 mm 程度を選別可能な目合いのユリメを用いた。 間引いた分、新たに初期成貝を補填し(以下、補填アサリ)、間引き後に残った殻長 30 mm 未満のアサリにはマーキングを実施した(以下、標識アサリ)。なお、補填アサリには福岡県有明海で鋤簾によって採取したものをを用いた。 標識アサリと補填アサリについて生存個体数と殻長を測定し、間引きや補填後において、生残個体数の計数結果から生残率、殻長の測定結果から成長速度を求めて設置高で比較し、生残や成長に好適な設置高を検討した。肥満度や群成熟度は各設置高で約 15 個体のアサリを対象に分析した。  凡例 - 設置高 0cm - 設置高 10cm - 離底型連続カゴ - カゴ(基質入り網袋(軽石)を収容。肥満度と成熟) - カゴ(基質入り網袋(軽石)を収容。生残率と殻長)

3.2 取りまとめ手順

取りまとめ手順を図 5 に示す。

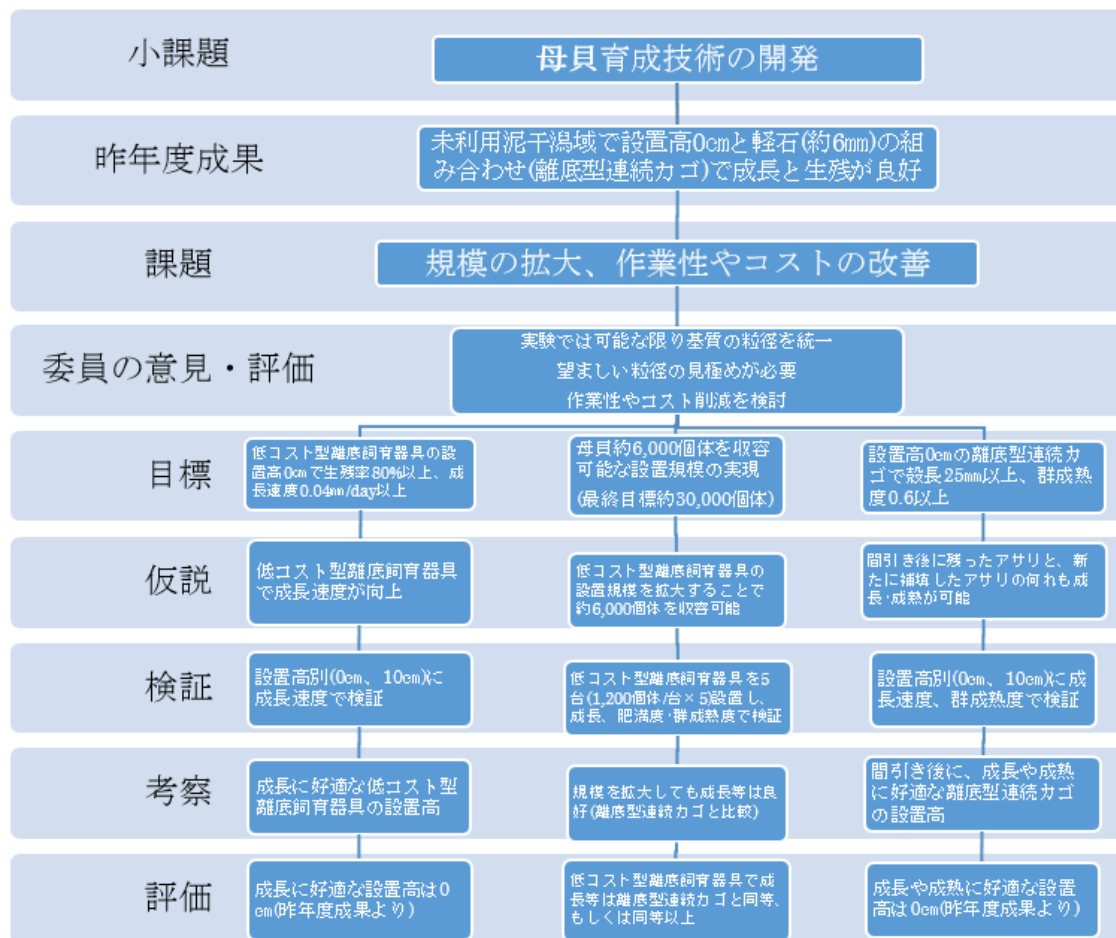


図 5 母貝育成技術の開発

3.3 結果

3.3.1 離底型連続カゴと低コスト型離底飼育器具との比較

実験に用いたアサリの殻長は約 24 mmであった。離底型連続カゴ、低コスト型離底飼育器具のいずれも生残率は設置高 0 cmで低下する傾向、成長速度は設置高 10cm で低い傾向がみられた。なお、生残率や成長速度を離底型連続カゴと低コスト型離底飼育器具で比較すると、成長速度が設置高 0 cmの離底型連続カゴでやや高い傾向がみられた。

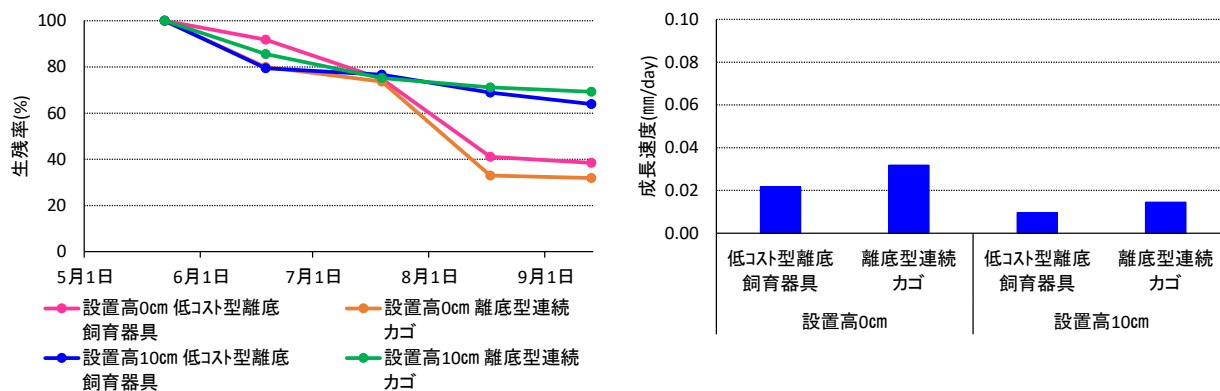


図 6 生残率と成長速度

生残率に着目すると設置高 0 cm で 7 月 19 日では 80% 程度であったが、8 月 17 日に 40% 程度へと急減した。そこで、この期間の温度を以下に整理した。温度はアサリを収容した基質内と、その周辺の基質外とした。

生残率の高い 10cm 高では、何れの飼育器具でも基質内の最高温度は 36.3℃であったのに対し、生残率の低い 0 cm 高では低コスト型離底飼育器具で 39.6℃(8 月 12 日 36.9℃～39.6℃が約 4 時間継続)、離底型連続カゴで 40.4℃(7 月 31 日 36.9℃～40.4℃が約 5 時間継続)と高温を記録した。

なお、未利用泥干潟域に離底型連続カゴや低コスト型離底飼育器具を設置すると、干潟表面は設置物を中心に窪んだ形状となり、浅い水溜りが発生した。設置高 0 cm の場合、基質入り網袋は常に水没状態であり、干出時に強い日差しで水溜りの温度が上昇し 0 cm 高では高温になったものを考えられた。

表 9 低コスト型離底飼育器具と離底型連続カゴの基質内外における温度(単位 °C)

区分	低コスト型離底飼育器具				離底型連続カゴ			
	0 cm 高		10cm 高		0 cm 高		10cm 高	
	基質内	基質外	基質内	基質外	基質内	基質外	基質内	基質外
最大値	39.6	39.6	36.6	42.5	40.4	40.5	36.3	36.6
最小値	22.9	22.7	22.8	22.7	23.4	22.9	22.9	22.9
平均値	28.4	28.4	28.0	28.5	28.5	28.6	28.1	28.3

平成 30 年度でも同様な調査を実施したが、生残率は 6 月～翌年 1 月までの生残率は設置高 0 cm で 78～81%、設置高 10cm で 92～94% と高い結果であった。比較のため、同期間(7 月 19 日～8 月 17 日)の、基質外ではあるが設置高 0 cm と 10cm の離底型連続カゴで測定した結果を整理した。最大値は、特に設置高 0 cm で 40.0℃(7 月 24 日 38.5℃～40.0℃が約 4 時間継続、7 月 25 日 36.6℃～40.0℃が約 5 時間継続)と高温を記録した。また、平均値も 29.6℃と、今年度に測定した離底型連続カゴの設置高 0 cm(基質外)の 28.6℃より高く、温度条件はより厳しかったものと考えられた。

なお、既往知見¹⁾によればアサリは温度に対する抵抗性が強く、37.5℃、40℃における平均生存時間はそれぞれ 10.4 時間、5.3 時間とされている。なお、既往知見に対象としたアサリの殻長はみあたらないが、殻長 0.2～23 mm のアサリ(37℃で 2～8 時間、40℃で 1～4 時間)と比較して記載されていることから、殻長 24 mm 以上の成貝を対象にした知見と考えられる。

高温を記録した時期における高温期間が何れも 5.3 時間未満であったことから、本実験における生残率が低い理由として、高温以外の要因も考えられた。

離底型連続カゴ、低コスト型離底飼育器具のいずれも肥満度は、身入りが良好とされる 15.1 以上に近い値

であった。群成熟度は9月に入ると、いずれも産卵期の指標となる0.6以上となった。

安田ほか(1945)⁸⁾によれば群成熟度が増加している期間は成熟期、下降する期間が産卵放精期とされている。辻ほか(1994)⁹⁾は既往知見を整理し、群成熟度の極大値0.6~1.0を産卵期の指標とした。したがって、本結果において6月~9月に群成熟度は上昇していることからアサリは成熟過程にあるが、その値は既に0.6を超えているので、今後群成熟度が下降した時、産卵放精が行われると考えられる。

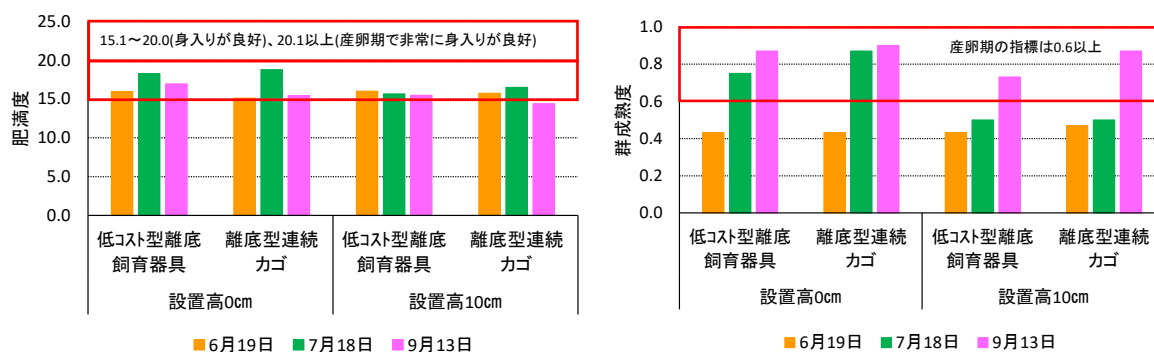


図 7 肥満度(左図)と群成熟度(右図)の推移

3.3.2 低コスト型離底飼育器具による設置規模の拡大

実験に用いたアサリの殻長は約36mmであった。生残率は何れの飼育方法も同様であった。なお、何れの飼育方法のアサリも成長せず、成長速度も同様であった。

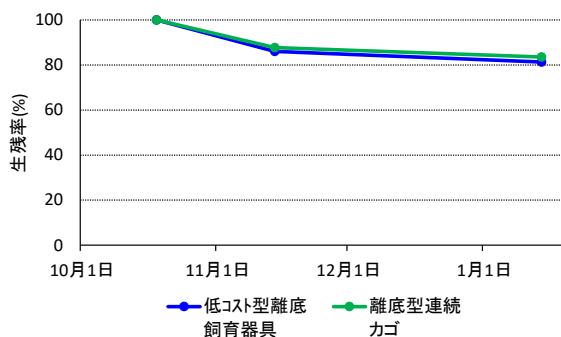


図 8 生残率

肥満度は低コスト型離底飼育器具で低い傾向であった。群成熟度は1月にかけて比較的早めに減少しており、産卵放精に伴う低下と考えられた。離底型連続カゴでは肥満度、群成熟度とも比較的高く、産卵放精の程度は緩やかなものと考えられた。なお、群成熟度は何れの飼育方法も産卵期の指標となる0.6⁹⁾を上回っていた。

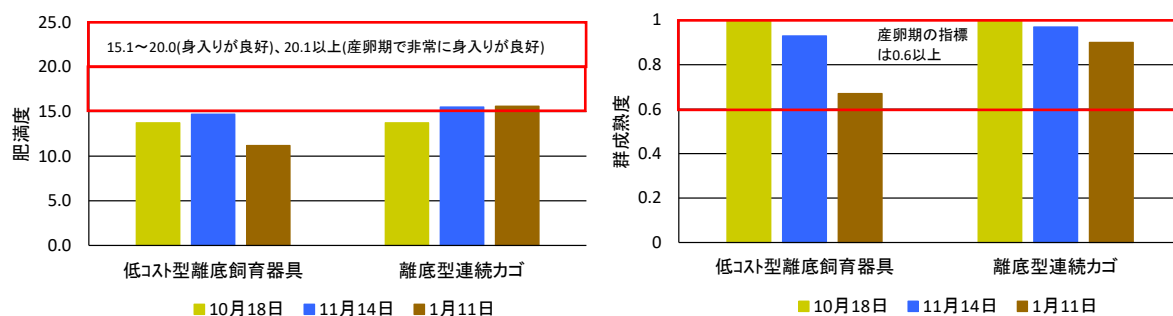


図 9 肥満度(左図)と群成熟度(右図)の推移

3.3.3 母貝飼育の運用サイクルの試行

実験に用いたアサリの殻長は、設置高 0 cm の初期成貝約 17 mm、成貝約 28 mm、設置高 10cm の初期成貝約 16 mm、成貝 26 mm であった。生残率、成長速度ともに成貝(残存アサリ)よりも初期成貝(補填アサリ)で高い傾向がみられた。成長速度は何れも設置高 0 cm で高い傾向であった。

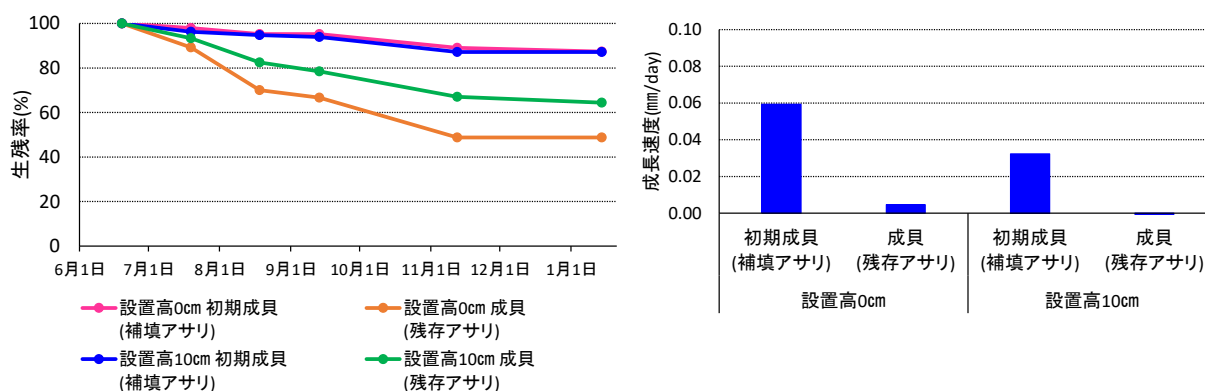


図 10 生残率と成長速度

肥満度は初期成貝(補填アサリ)では何れの設置高でも 15.1 以上と良好であった。成貝(残存アサリ)では設置高 10cm で低かったが 1 月には 14.9 まで回復した。

群成熟度は 9 月に入ると初期成貝、成貝の何れも産卵期の指標となる 0.6 を上回った。11 月に入ると設置高 0 cm の残存アサリ、設置高 10cm の補填アサリと残存アサリで低下しており、9 月以降に産卵放精したものと考えられる。なお、設置高 0 cm の補填アサリは 11 月以降に急減しており、産卵放精したものと考えられる。

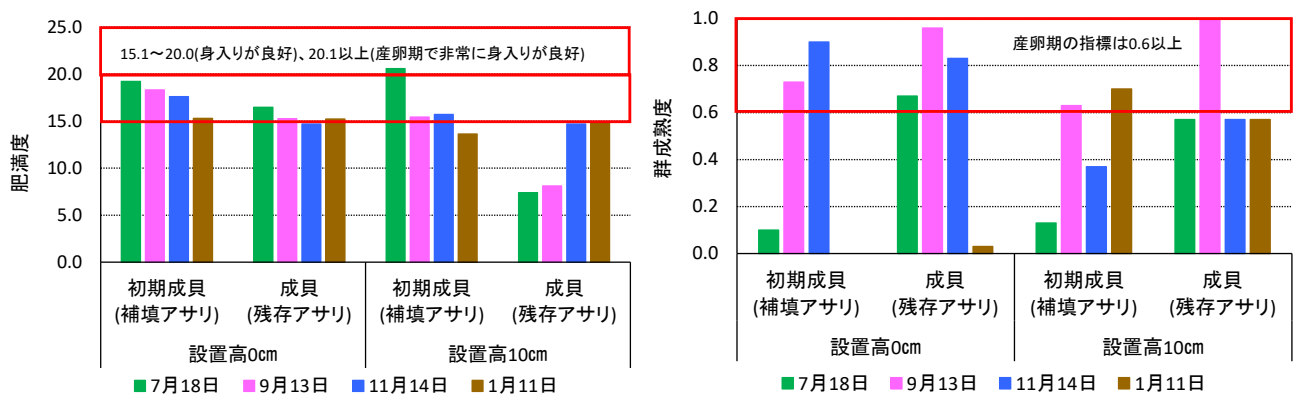


図 11 肥満度(左図)と群成熟度(右図)の推移

3.4 仮説の検証

生残率や成長速度を対象に、仮説を検証するため有意差検定を実施した。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ものと考えられる。

3.4.1 離底型連続カゴと低コスト型離底飼育器具との比較

(1) 生残率の比較

二元配置分散分析の結果、設置高 0 cmと 10cm の間で $p < 0.05$ で有意であるが、交互作用はみられなかった(表 10)。

表 10 分散分析表(生残率)

要因	変動	自由度	分散	分散比	P値	F 値
設置高	3,150.7	1	3,150.7	9.546	0.015	5.32
飼育器具	8.3	1	8.3	0.025	0.878	5.32
設置高 × 飼育器具	75.0	1	75.0	0.227	0.646	5.32
繰り返し誤差	2,640.3	8	330.0			
合計	5,874.4	11				

平均値による比較を行うと、何れの飼育器具も設置高 0 cmよりも 10cm で生残率が高いことから、高さによる効果があるものと考えられた。

(2) 成長速度の比較

二元配置分散分析の結果、設置高 0 cmと 10cm の間、離底型連続カゴと低コスト型離底飼育器具の間の何れも $p < 0.01$ と有意差がみられた。しかし、交互作用はみられなかった(表 11)。

表 11 分散分析表(成長速度)

要因	変動	自由度	分散	分散比	P値	F 値
設置高	0.00066	1	0.00066	53.07	8.51×10^{-5}	5.32
飼育器具	0.00017	1	0.00017	13.36	0.0064	5.32
設置高×飼育器具	1.92×10^{-5}	1	1.92×10^{-5}	1.56	0.2472	5.32
繰り返し誤差	9.88×10^{-5}	8	1.25×10^{-5}			
合計	0.00094	11				

平均値による比較を行うと、何れの飼育器具も設置高 10 cm よりも 0 cm で成長速度が速かった。しかし、生残率は設置高 10 cm で高いことから(前述 3.4.1(1)参照)、設置高 10 cm で高い成長が期待される手法が必要と考えられた。設置高 10 cm における飼育器具の比較では、低コスト型離底飼育器具よりも離底型連続カゴで成長速度は高いものの、t 検定によると有意差は得られなかった。したがって、作成等の作業性・維持管理・コストの視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手法として望ましいものと考えられた。

3.4.2 低コスト型離底飼育器具による設置規模の拡大

1 月に得られた生残率を用い、低コスト型離底飼育器具と離底型連続カゴを t 検定(両側)によって比較した。その結果、 $p=0.33$ と有意差はみられなかった。成長速度についても同様に比較した結果、 $p=0.37$ と有意差はみられなかった。

以上の結果から、低コスト型離底飼育器具は離底型連続カゴと同等な効果が期待できるものと考えられた。

3.4.3 母貝飼育の運用サイクルの試行

補填アサリ、残存アサリの各々において、生残率や成長速度が好適となる設置高について 1 月までの結果をもとに t 検定を用いて検討した。補填アサリでは設置高 0 cm で生残率、成長速度が高く、特に成長速度は有意に向上した。残存アサリでは、有意差は無いものの平均値でみると設置高 0 cm で成長速度が、設置高 10 cm で生残率が高かった。

表 12 生残率や成長速度の比較

区分	生残率の比較		成長速度の比較	
	補填アサリ	残存アサリ	補填アサリ	残存アサリ
平均値の比較	10 cm 高<0 cm 高	10 cm 高>0 cm 高	10 cm 高<0 cm 高	10 cm 高<0 cm 高
t 検定(片側)	×	×	◎	×

注：t 検定の結果から◎($p<0.01$)、○($0.01 \leq p<0.05$)、×($p>0.05$)で評価

生残率と成長速度について、他の実験区で得られた結果も含めて平均値を表 13 に整理した。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、全ての実験条件で 0 cm 高よりも 10 cm 高で高くなった。他の実験区の結果も踏まえると、0 cm 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 10 cm 高とすることが望ましいと考えられた。

成長速度は全ての実験区で 10cm 高よりも 0 cm 高で速度が向上した。しかし、0 cm 高は、生残率が低下する可能性が高い。そこで設置高 10cm で成長速度が比較的早い条件をみると表 13 の母貝に満たないアサリの育成における結果から、軽石 (2 mm) を使った場合で 0.025 mm/day と高くなっている。

したがって、設置高 10cm と軽石 (2 mm) の組み合わせが望ましいものと考えられた。

表 13 生残率と成長速度のまとめ(平均値)

区分		生残率(%)		成長速度(mm/day)		調査期間
		0 cm 高	10cm 高	0 cm 高	10cm 高	
離底型連続カゴと低コスト型離底飼育器具との比較	離底型連続カゴ	31.9	69.3	0.032	0.014	5 月～9 月
	低コスト型離底飼育器具	38.5	65.9	0.022	0.010	
母貝飼育の運用サイクルの試行	補填アサリ	87.42	87.16	0.059	0.032	6 月～翌年 1 月
	残存アサリ	48.81	64.46	0.005	0.001	
母貝に満たないアサリの育成	軽石 (2 mm)	35.41	51.67	0.036	0.025	5 月～翌年 1 月
	軽石 (6 mm)	43.33	57.50	0.033	0.021	
	基質なし	29.58	54.58	0.019	0.009	

注: 実験に用いた基質は、特に断りが無い場合、軽石 (6 mm) である。

4. 母貝再生産技術の開発

4.1 実施方法

効率的な採取方法の検討、母貝に満たないアサリの育成の概要を表 14、表 15 に示す。

表 14 効率的な採取方法の検討

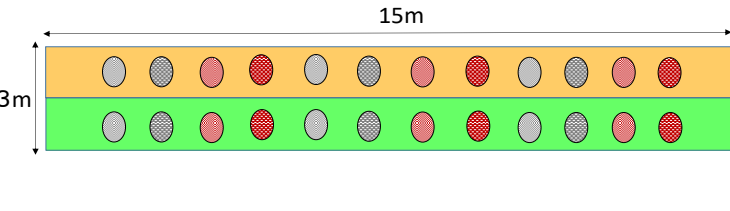
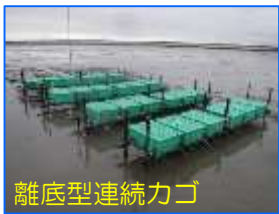
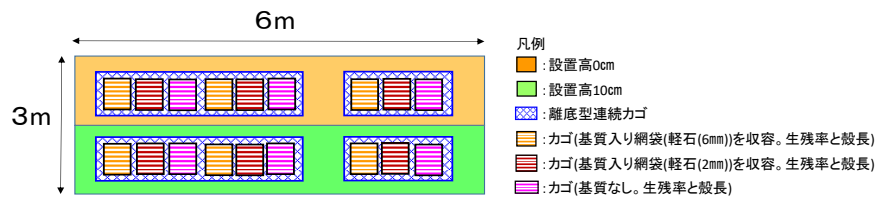
項 目	内 容
目 的	初期稚貝や稚貝の着生に最適な組み合わせ(基質と設置高)を明らかにする。
調査時期	令和元年 4 月設置(パーム、軽石、真砂土) 令和元年 5 月、6 月、7 月 初期稚貝や稚貝の個体数 令和元年 9 月設置(パーム) 令和元年 10 月、12 月、令和 2 年 1 月 初期稚貝や稚貝の個体数
調査場所	柳川市大和高田地先の未利用泥干潟域
使用機器	 ●網袋と基質 網袋(30cm×60 cm程度(目合 8 mm))、収穫ネット(30cm×50 cm程度(目合 1~2 mm)) 材質: ポリエチレン 基質: パーム、軽石(約 2 mm、約 6 mm)、真砂土 備考: 軽石や真砂土は 30 程度、パームは 1 束を充填      ●コアサンプラ(注射筒の先を切り落としたもの) 内径 29 mm 備考: 表層 2cm の基質を 5 回採取し、混合したものを 1 検体とする。
調査方法	基質入り網袋において、設置高(0 cm と 10 cm)と基質(パーム、軽石(2 mm)、軽石(6 mm)、真砂土)の組み合わせから、初期稚貝や稚貝の着生に好適な組み合わせを検討した。パーム以外の基質における調査では、コアサンプラを用いた。パームの調査方法は、網袋 1 つあたり一定量(乾燥重量 5g 程度)を採取した。これを 1 検体とした。分析においては、殻長 0.2 mm 以上 1 mm 未満の初期稚貝、殻長 1 mm 以上の稚貝の個体数を計数した。  15m 3m 凡例 ○ : 設置高 0cm ■ : 設置高 10cm ● : 基質入り網袋(シュロ) ● : 基質入り網袋(軽石(2mm)) ● : 基質入り網袋(軽石(6mm)) ● : 基質入り網袋(真砂土)

表 15 母貝に満たないアサリの育成

項 目	内 容
目 的	母貝に満たないアサリの生残・成長に好適な設置高と基質の組み合わせを明らかにする。
調査時期	令和元年5月設置 令和元年6月～9月、11月、令和2年1月 生残率と成長速度
調査場所	柳川市大和高田地先の未利用泥干潟域
使用機器	 離底型連続カゴ ●離底型連続カゴ 大きさ：フレーム(3m×0.6m×0.6m程度)、カゴ(50cm×36cm×17cm程度)、網袋(30cm×60cm程度(目合8mm))、収穫ネット(30cm×50cm程度(目合1～2mm)) 材質：フレーム(コンボーズ)、カゴ(プラスチック)、網袋(ポリエチレン) 基質：軽石(約2mm、約6mm) 備考：基質は30程度を充填
調査方法	干潟面からの設置高と基質の種類を変えた離底型連続カゴを設置した。各カゴにおいては収穫ネットに収容した基質を入れた網袋(目合8mm)を1袋ずつ設置した。設置後、収穫ネットには福岡県有明海で鋤簾によって採取後、3日程度馴致した初期成貝を80個体程度ずつ収容した。 設置高と基質の条件の各組み合わせに対し、3カゴで生残個体数や殻長を調査した。生残個体数の計数結果から生残率、殻長の測定結果から成長速度を求め組み合わせ間で比較し、生残や成長に好適な組み合わせを検討した。  凡例 - 設置高0cm - 設置高10cm - 離底型連続カゴ - カゴ(基質入り網袋(軽石(6mm)))を収容。生残率と殻長 - カゴ(基質入り網袋(軽石(2mm)))を収容。生残率と殻長 - カゴ(基質なし。生残率と殻長)

4.2 取りまとめ手順

取りまとめ手順を図 12 に示す。

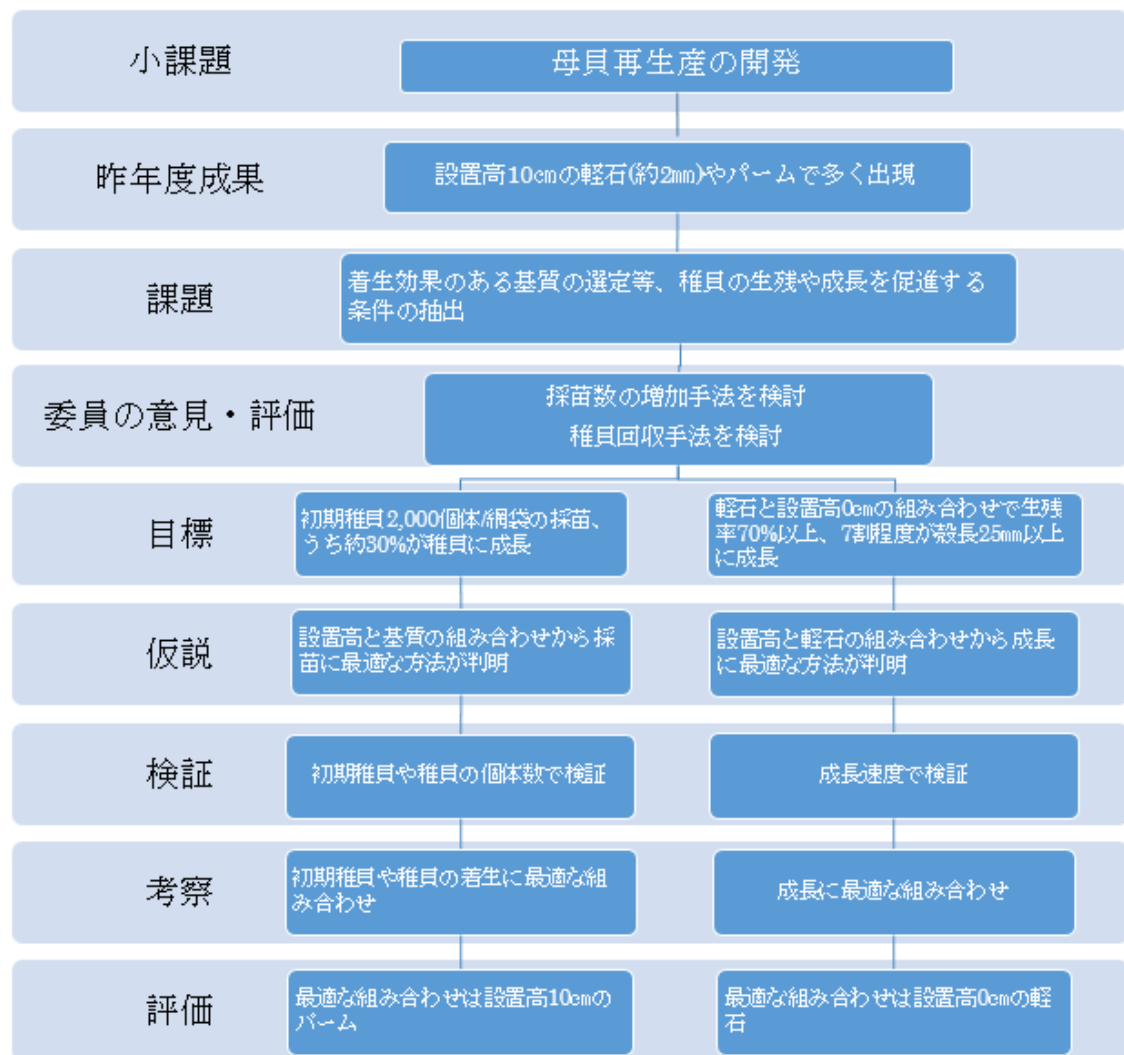


図 12 母貝再生産技術の開発

4.3 結果

4.3.1 効率的な採取方法の検討

春子については初期稚貝、稚貝ともに7月に多い傾向であった。そこで7月における出現状況を整理すると初期稚貝は設置高0cmの真砂土、設置高10cmのパームで多い傾向であった。稚貝は設置高0cmの真砂土、設置高10cmのパームで多い傾向であった。

なお、いずれの基質も流失を抑制するため目合の細かい収穫ネット(目合1~2mm)に収容した後、収穫ネットを保護するためラッセルネット(目合8mm)に収容した。

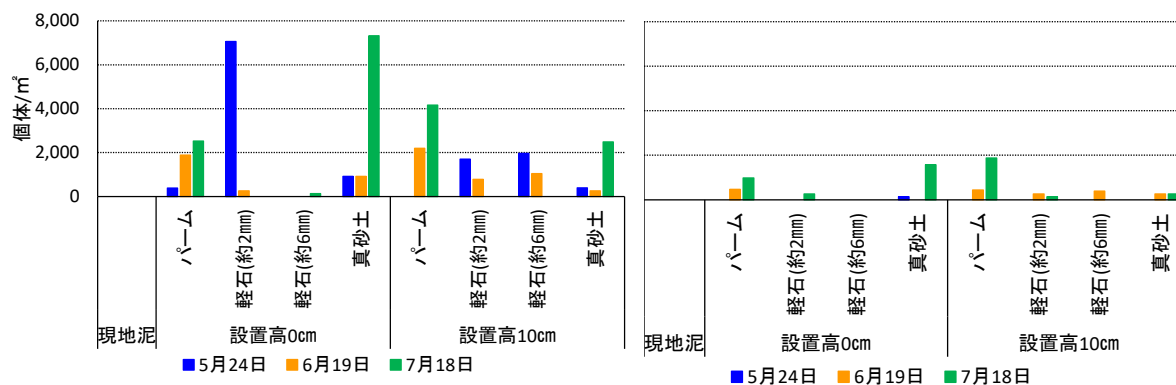


図 13 初期稚貝 (左図) や稚貝 (右図) の出現状況 (春子)

注：初期稚貝や稚貝の個体数を求める計算式

個体数の算定にあたっては、パームは1束あたりの乾燥重量が250g程度のため、分析結果に次の値を掛ける計算式により、1束あたりの個体数を求めた。

分析結果×[250g/採取量(5g程度)]

次にパームに近似した楕円体の表面積を求め、パーム1束あたりの個体数に1m²を楕円体の表面積で除した値を掛け、1m²あたりの個体数に換算した。

パームの表面積= $4\pi \times ((a^p b^p + a^p c^p + b^p c^p)/3)^{1/p} \div 841.9 \text{ cm}^2$

※ $p=1.6075$ (定数)、 $a=b=5 \text{ cm}$ 、 $c=16.5 \text{ cm}$

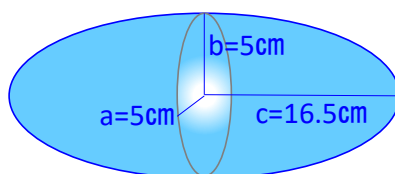


図 14 パームに近似した楕円体

1m²あたり個体数=パーム1束あたりの個体数×10,000cm²/パームの表面積

春子で得られた結果から、初期稚貝や稚貝は他の基質と比較してパームで多い傾向がみられた。そこで秋子では基質をパームに絞り、設置高別に出現状況を比較した。12月と1月で、設置高10cmのパームで初期稚貝が多い傾向がみられた。

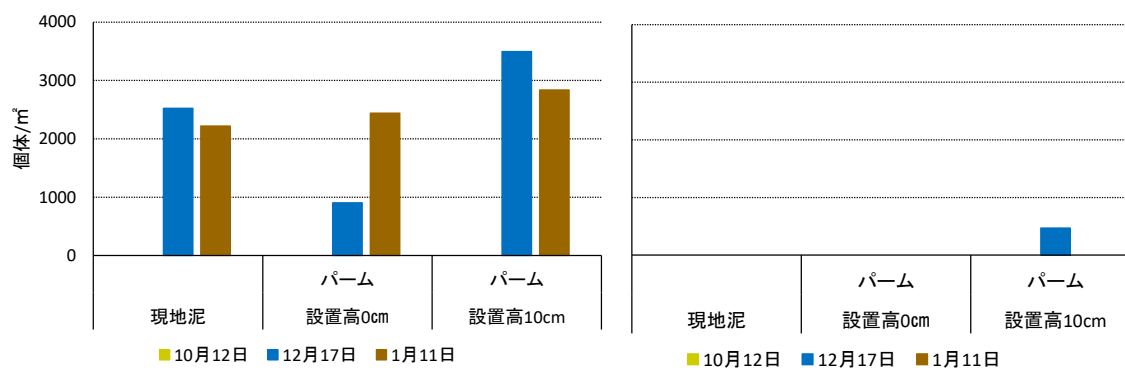


図 15 初期稚貝 (左図) や稚貝 (右図) の出現状況 (秋子)

4.3.2 母貝に満たないアサリの育成

実験に用いたアサリの殻長は約 21 mm であった。生残率は設置高 0 cm の基質無しで低い傾向であったが、他の設置高と基質の組み合わせでは同等であった。成長速度は設置高 0 cm の軽石 (2 mm と 6 mm)、設置高 10 cm の軽石 (2 mm) で高い傾向であった。

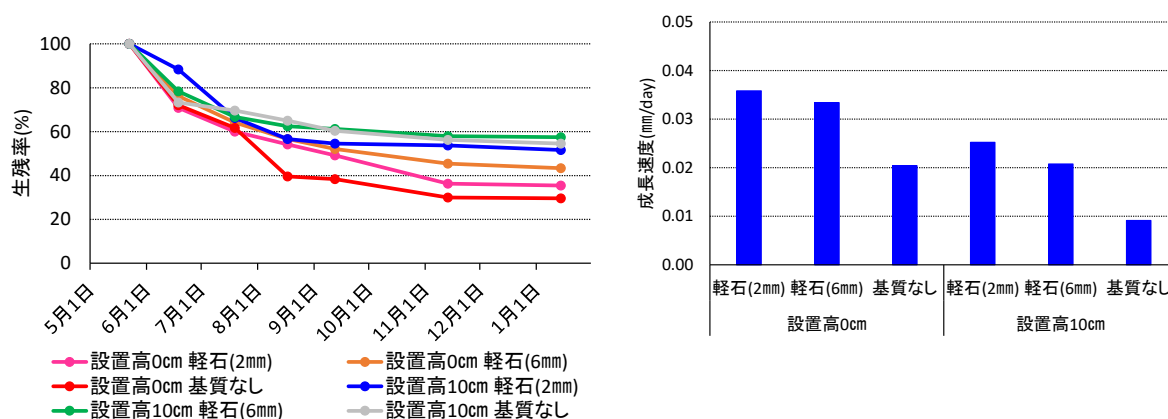


図 16 生残率と成長速度

4.4 仮説の検証

初期稚貝や稚貝の出現個体数、母貝に満たないアサリの生残率や成長速度を対象に、仮説を検証するため有意差検定を実施した。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ものと考えられる。

4.4.1 効率的な採取方法の検討

春子の場合、初期稚貝、稚貝ともに 7 月に多くの出現個体数を確認した (前述 4.3.1 参照)。そこで、7 月の結果を効果評価の対象とした。

秋子については初期稚貝が 12 月と 1 月に多く出現したので、これらの結果を効果評価の対象とした。稚貝は 12 月に設置高 10 cm のパームにのみ出現したが僅かであり (図 15)、効果評価から割愛した。

(1) 個体数の比較 (初期稚貝)

春子の出現個体数を用いた二元配置分散分析の結果、基質の種類間で $p < 0.01$ と有意差がみられた。しかし、交互作用はみられなかった (表 16)。

表 16 分散分析表 (初期稚貝)

変動要因	変動	自由度	分散	分散比	P値	F 値
設置高	230.4	1	230.4	1.057	0.319	4.49
基質	17824.6	3	5941.5	27.264	1.58×10^{-6}	3.24
交互作用	1821.2	3	607.1	2.786	0.074	3.24
繰返し誤差	3486.8	16	217.9			
合計	23363.0	23				

そこで設置高 0 cm、10 cm の各々において基質間における有意差検定を多重比較 (Tukey 法) にて実施した

($p < 0.05$)。その結果、パームは何れの設置高でも軽石(2 mm)、軽石(6 mm)よりも有意に高く、真砂土は設置高 0 cmで軽石(2 mm)、軽石(6 mm)よりも有意に高い結果となった。出現個体数の平均値をみてもパームは何れの設置高でも高く(表 17)、採苗に適した基質である可能性が得られた。

表 17 初期稚貝の出現個体数(平均値)

単位: 個体/ m^2

設置高	パーム	軽石(約 2 mm)	軽石(約 6 mm)	真砂土
0 cm	2,527	0	101	5,655
10cm	4,167	0	0	1,919

秋子については 12 月、1 月ともに設置高 0 cm のパーム、設置高 10cm のパーム、原地盤を対象として一元配置分散分析を実施した。その結果、12 月は $p = 0.58$ 、1 月は $p = 0.93$ と有意差は得られなかった。なお、平均値でみると設置高 10cm のパームで高い結果であったため、対応のある t 検定により設置高 0 cm との比較を行った。その結果、12 月は $p = 0.23$ 、1 月は $p = 0.44$ と有意差は得られなかった。

(2) 個体数の比較(稚貝)

二元配置分散分析の結果、基質の種類間で $p < 0.05$ と有意差がみられた。しかし、交互作用はみられなかった(表 18)。

表 18 分散分析表(稚貝)

変動要因	変動	自由度	分散	分散比	P 値	F 値
設置高	3.6	1	3.6	0.015	0.904	4.49
基質	3563.7	3	1187.9	4.978	0.013	3.24
交互作用	849.1	3	283.0	1.186	0.346	3.24
繰返し誤差	3817.9	16	238.6			
合計	8234.3	23				

そこで設置高 0 cm、10cm の各々において基質間における有意差検定を多重比較(Tukey 法)にて実施した($p < 0.05$)。その結果、設置高 0 cm に基質間の有意差はみられなかったが、設置高 10cm のパームは軽石(2 mm)、軽石(6 mm)および真砂土よりも有意に高い結果となった。出現個体数の平均値をみてもパームは設置高 10cm で最も高く(表 19)、採苗に適した基質である可能性が得られた。

表 19 稚貝の出現個体数(平均値)

単位: 個体/ m^2

設置高	パーム	軽石(約 2 mm)	軽石(約 6 mm)	真砂土
0 cm	976	202	0	1,212
10cm	1,880	101	0	202

以上の初期稚貝、稚貝で得られた結果を整理すると、真砂土では前述表 17 より設置高 0 cm で初期稚貝が 5,655 個体/ m^2 と、軽石(2 mm、6 mm)よりも有意に多く出現したが、設置高 0 cm の稚貝は表 19 より 1,212 個体/ m^2 と他の基質との有意差はみられなかった。いっぽう、パームの設置高 10 cm では前述表 17 より初期稚貝が 4,167 個体/ m^2 と、軽石(2 mm、6 mm)よりも有意に多く、稚貝も表 19 より 1,880 個体/ m^2 と、軽石(2 mm、6 mm)、真砂土よりも有意に多く出現した。設置高 10 cm のパームでは初期稚貝、稚貝ともに他の基質よりも有意に多く出現したため、採苗に最も適した組合せと考えられた。

4.4.2 母貝に満たないアサリの育成

(1) 生残率の比較

二元配置分散分析の結果、設置高 0 cm と 10cm の間で $p < 0.05$ と有意差がみられた。しかし、交互作用はみられなかった(表 20)。

表 20 分散分析表(生残率)

変動要因	変動	自由度	分散	分散比	P値	F 値
設置高	1535.5	1	1535.5	9.485	0.010	4.75
基質の種類(有無)	237.7	2	118.8	0.734	0.500	3.89
交互作用	99.1	2	49.6	0.306	0.742	3.89
繰返し誤差	1942.7	12	161.9			
合計	3815.0	17				

そこで、軽石(2 mm)、軽石(6 mm)、基質無しの各々において、設置高間における有意差検定を t 検定(片側)にて実施した。その結果、平均値でみると何れも設置高 10 cm で高いが有意差がみられる程高い基質は軽石(6 mm)であった(軽石(2 mm) $p = 0.11$ 、軽石(6 mm) $p = 0.01$ 、基質無し $p = 0.07$)。

したがって、生残率を高めるためには設置高 10cm とする必要があるものと考えられた。

(2) 成長速度の比較

二元配置分散分析の結果、設置高、基質の種類のいずれにおいても有意差がみられた。しかし、交互作用はみられなかった(表 21)。

表 21 分散分析表(成長速度)

変動要因	変動	自由度	分散	分散比	P値	F 値
設置高	0.000544	1	0.000544	42.586	2.83×10^{-5}	4.75
基質の種類(有無)	0.000912	2	0.000456	35.709	8.86×10^{-6}	3.89
交互作用	6.67×10^{-6}	2	3.34×10^{-6}	0.261	0.77	3.89
繰返し誤差	0.000153	12	1.28×10^{-5}			
合計	0.001616	17				

そこで、設置高 0 cm、10cm の各々において基質の種類(有無)における有意差検定を多重比較(Tukey 法 $p < 0.05$)、軽石(2 mm)、軽石(6 mm)、基質無しの各々において設置高間における有意差検定を t 検定(片側)にて実施した。

その結果、設置高 0 cm と 10cm のいずれも、軽石(2 mm)と軽石(6 mm)が、基質無しよりも有意に成長速度が速かった。また、基質の種類(有無)においては軽石(2 mm)と基質無しで $p < 0.05$ 、軽石(6 mm)で $p < 0.01$ と有意に設置高 0 cm で成長が速かった。

したがって、成長速度を速めるためには軽石(2 mm、もしくは 6 mm)と設置高 0 cm の組み合わせが良いものと考えられた。

(3) まとめ

平均値でみると生残率は、基質の種類(有無)に関わらず設置高を 10cm とすることで 14~25%程度上昇した。いっぽう、成長速度は設置高を 10cm とすることで低下した(表 22)。

前述の 4.4.2(1)、4.4.2(2) で得られた有意差検定の結果、表 22 に示す平均値の結果から、生残率と成長

速度が概ね良好な組み合わせ(設置高 10cm と軽石(2 mm))が望ましいものと考えられた。

表 22 生残率と成長速度の平均値

基質の種類(有無)	生残率(%)		成長速度(mm/day)	
	0 cm高	10cm 高	0 cm高	10 cm高
軽石(2 mm)	34.52	51.67	0.036	0.025
軽石(6 mm)	43.33	57.50	0.033	0.021
基質なし	29.58	54.58	0.019	0.009

5. 考察

5.1 成果と課題

5.1.1 効果評価

(1) 母貝育成技術の開発

1) 離底型連続カゴと低コスト型離底飼育器具との比較

昨年度における本事業の成果として、離底型連続カゴ(設置高 0 cm、10cm)には未利用泥干潟域でアサリの生残、成長、成熟を可能とする効果のあることが明らかになった。そこで実用化をめざし、より低コストな手法として低コスト型離底飼育器具の効果を離底型連続カゴと比較した。その結果、何れの手法も設置高 10cm で生残率が同等に高かった(図 6)。設置高 10cm における成長速度は、平均値でみると離底型連続カゴで高いが(図 6)、有意差はみられず(前述 3.4.1(2)参照)、同等と考えられた。

昨年の 5 月に離底型連続カゴ、低コスト型離底飼育器具を干潟面へ設置したところ、離底型連続カゴでは 6 月～9 月で毎月、フジツボ類やカキ類等付着物の除去作業が必要であった。しかし、低コスト型離底飼育器具では若干の付着がみられたものの除去作業を必用とする程ではなく、作業は発生しなかった。したがって低コスト型離底飼育器具の活用により、維持管理作業が大幅に軽減されることが明らかとなった。

以上の結果から、低コスト型離底飼育器具は実用化に適している可能性が得られた。

2) 低コスト型離底飼育器具による設置規模の拡大

低コスト型離底飼育器具を用いて 6,000 個体の母貝を収容できる規模へ拡大し、離底型連続カゴと生残率、成長速度、肥満度、および群成熟度を比較した。その結果、何れもほぼ同等な結果であった(図 8、図 9)。したがって、規模を拡大してもアサリへの効果が確認できたことから、6,000 個体収容が可能な規模であれば、低コスト型離底飼育器具は母貝場として活用できる可能性が得られた。

3) 母貝飼育の運用サイクルの試行

初期成貝(補填アサリ)は設置高 0 cm で成長、肥満度および成熟が高かった。しかし、他の実験(図 6、図 16)から設置高 0 cm では生残率が低下する懸念がある。また、今回の実験には軽石(6 mm)を用いたが、図 16 より軽石(2 mm)を使う事で、設置高 10cm でも高い成長が期待される。今後は設置高 10cm で 2 mm の軽石を活用することで、高い生残率を確保しつつ、より速い成長が期待される。

成貝(残存アサリ)については殆ど成長せず、生残率も初期成貝より低かった(図 10)。しかし、成熟は確認されたので(図 11)、母貝として活用できることが分かった。初期成貝と同様に今回の実験では軽石(6 mm)を用いているため、軽石(2 mm)を活用することで、成長速度が高まる可能性も考えられる。

(2) 母貝再生産技術の開発

1) 効率的な採取方法の検討

春子を対象に、初期稚貝や稚貝の着生に適した設置高と基質の組み合わせを検討した。このうち稚貝の着生量に着目すると、春子、秋子ともに設置高 10cm とパームの組み合わせで多い傾向が得られた(図 13、図 15)。今後は、設置高 10cm にパームを大量に設置可能な手法の検討、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と考えられた。

2) 母貝に満たないアサリの育成

生残率や成長速度に好適な設置高(0 cm、10cm)と基質(基質無し、軽石(2 mm)、軽石(6 mm))との組み合わせを調べた結果、生残率は設置高 10cm で高い結果となった(図 16、表 20)。そこで設置高 10cm で成長の良い条件を整理すると軽石(2 mm)となる可能性が得られた(表 22)。中央粒径(mm)について、アサリの SI を整理した結果²⁾からみても、2 mmは SI=0.5 であり、6 mmの SI=0.15 より好適である。そのような粒径であることが、成長速度を高めた要因の一つと考えられた。

5.1.2 実用性の検討

(1) 適用条件の検討

適用条件を表 23 に整理した。

表 23 適用条件

項目	母貝育成技術の開発	母貝再生産技術の開発
	低コスト型離底飼育器具	基質入り網袋(パーム)
時期	設置：4 月 育成：5 月～翌年 6 月 産卵：10 月～12 月、4 月～6 月 間引き：7 月～8 月	設置：9 月 稚貝の着生：10 月～12 月、4 月～6 月 育成：10 月～6 月 補填(母貝用)：7 月～8 月
場所の条件	・泥分 70%以上の未利用泥干潟域 ・支柱が固定できない程、軟弱な地盤は回避	同左
留意点	・海底面からの設置高は 10 cm 程度	同左

(2) 作業性の検討

作業性を検討するにあたり、1a あたりの設置・維持管理に必要と想定される作業性について、耐用年数を 5 年と仮定した場合の 1 年当たりの値を試算して整理した。

表 24 作業性の検討

技術名	使用船数	必要人員数	日数
低コスト型離底飼育器具	6	56	11
基質入り網袋(パーム)	5	32	7

(3) 経済性の検討

1) 費用の試算

費用を試算するにあたり、表 25 に示す母貝飼育の運用サイクルを基準に整理した。なお、設置物の耐用年数を 5 年と仮定し、費用の試算は 5 年間を基準とした。

表 25 母貝飼育の運用サイクル(案)

区分	1年目				2年目				3年目				4年目				5年目				6年目									
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬						
架台(産卵用)	設置・母貝収容	産卵			産卵			間引き	産卵			産卵			間引き	産卵			産卵			間引き	産卵			産卵			間引き	
架台(採苗・育成用)			採苗・育成、間引き後に補填			採苗・育成、間引き後に補填			間引き	採苗・育成、間引き後に補填			採苗・育成、間引き後に補填			間引き	採苗・育成、間引き後に補填			採苗・育成、間引き後に補填			間引き	採苗・育成、間引き後に補填			採苗・育成、間引き後に補填			

また、年によって実施内容が異なるため、一覧表を表 26 に整理した。

表 26 実施内容

区分	稚貝採取用、産卵用の架台の組み立て	架台の設置	稚貝回収、基質入り網袋へ収容	維持管理	パームの設置	母貝の間引き
1年目	○	○		○	○	
2年目			○	○	○	○
3年目			○	○	○	○
4年目			○	○	○	○
5年目			○	○	○	○

(a) 母貝育成技術の開発

低コスト型離底飼育器具の設定条件、原単位の想定、工事費、耐用年数、要求される便益、アサリ魚場としての利用条件の検討と試算、について整理する。

経済性評価の施工費にかかる原単位(諸元)の考え方を表 27 に整理した。

表 27 施工費にかかる原単位(諸元)

項目		備考
低コスト型離底飼育器具	防球ネット	120 cm×120 cm程度(目合約 60 mm)
	支柱	14m 程度(中古品)
	クランプ	直交クランプ 8 個、3 連クランプ 4 個
	基質	軽石(粒径 2 mm程度)を 24ℓ(1 網袋あたり 3ℓ)
	網袋	8 枚。用いる網袋は潮干狩り袋(目合 8 mm 38 cm×55 cm、ラッセル網)と収穫ネット(目合約 4 mm 同程度のサイズ、ポリエチレン)
アサリ(母貝)		設置地周辺で漁獲された成貝

工事費として、設置にかかる費用を表 28 に整理した。なお、人件費は福岡県の公共工事設計労務単価のうち、平成 31 年度の普通作業員単価(19,200 円)を用いた。

表 28 工事費算出例(低コスト型離底飼育器具 1a あたり 初年度)

項目	作業内容	適用	金額(円)	備考
低コスト型離底飼育器具	組み立て	人件費(19,200 円/人×25 人日)	480,000	1 台作成に 1.0 人日必要。作成する台数は、25 台とする(1a に縦 5 台、横 5 台の合計 25 台を設置)。
		防球ネット(2,000 円/台×25 台)	50,000	
		支柱(中古品) 2,000 円/10m×35 本	70,000	
		軽石(8 枚×3ℓ×25 台 600ℓ、600ℓ/18ℓ×200 円/18ℓ)	6,800	
		網袋(200 枚×60 円/枚(ラッセル網)、200 枚×10 円/枚(収穫ネット))	14,000	

		クランプ(直交(279 円×8 個)、三連(538 円×4 個))×25 台	109,600	
	小計		730,400	
	設置	人件費(19,200 円/人×17 人日)	326,400	1 日目 8 人、2 日目 9 人など 2 日に分けて実施
		傭船費(40,000 円/隻×1 隻×2 日)	80,000	
		アサリ成貝(400 円/kg×180 kg)	72,000	放流量は 150 個体/網袋×8 網袋×25 台。成貝を 6g/個体とすれば、総重量は 6g/個体×30,000 個体=180kg
	小計		478,400	
合計			1,208,800	

なお、表 28 の費用は初年度に必要な金額である。次年度以降に発生する金額は、パームで採取し育成したアサリの補填に必要な額となる(表 29)。

表 29 工事費算出例(低コスト型離底飼育器具 1a あたり 次年度以降)

作業項目	作業内容	適 用	金額(円)	備 考
低コスト型 離底飼育器具	アサリの補填	人件費(19,200 円/人×34 人日)	652,800	作業内容は、パームからアサリを採取し、基質入り網袋に収容した後、低コスト型離底飼育器具へ設置する。
		傭船費(40,000 円/隻×4 隻)	120,000	
		軽石(25 台×8 袋×30=6000)、網袋(200 枚のラッセル網と収穫ネット)	20,800	軽石は 180200 円、ラッセル網は 1 枚 60 円、収穫ネットは 1 枚 10 円と想定
合計			793,600	

低コスト型離底飼育器具は、離底型連続カゴと比較し付着物量は少なかったが、年 1 回程度の除去は必要と考えられる。また、荒天等による影響も考えられるため、その対策に年 2 回、除去作業と合わせて合計 3 回の維持管理を実施する。

表 30 維持管理費算出例(低コスト型離底飼育器具 1a あたり)

作業項目	作業内容	適 用	金額(円)	備 考
低コスト型離底 飼育器具	維持管理	人件費(19,200 円/人×18 人日)	345,600	6 人日/回を 3 回
		傭船費(40,000 円/隻×3 隻)	120,000	1 隻/回を 3 回
合計			465,600	

(b) 母貝再生産技術の開発

経済性評価の施工費にかかる原単位(諸元)の考え方を表 31 に整理した。

表 31 施工費にかかる原単位(諸元)

項目	備考
低コスト型離底飼育 器具	防球ネット 120 cm×120 cm程度(目合約 60 mm)
	支柱 14m 程度(中古品)
	クランプ 直交クランプ 8 個、3 連クランプ 4 個
	基質 パームを 20 束(1 台あたり)
	網袋 収穫ネットを 20 枚(目合約 4 mm 38 cm×55 cm、ポリエチレン)、 回収ネット 1 枚(目合約 8 mm 120 cm×100 cm、ポリエチレン)

工事費として、設置にかかる費用を表 28 に整理した。なお、人件費は福岡県の公共工事設計労務単価のうち、平成 31 年度の普通作業員単価(19,200 円)を用いた。

表 32 工事費算出例(低コスト型離底飼育器具 1a あたり 初年度)

項目	作業内容	適 用	金額(円)	備 考
低コスト型 離底飼育器 具	組み立て	人件費(19,200円/人×17人日)	326,400	25台×8袋×210個体の稚貝供給を目指す、42,000個体の稚貝が必要。パーム1束から128個体の稚貝が得られた実績から、328束のパームが必要(42,000個体/128個体)。架台1つにつき20束が設置可能とすれば、328束/20束=17台の架台が必要。
		防球ネット(2,000円/台×17台)	34,000	
		支柱(中古品) 2,000円/10m×24本	48,000	
		クランプ(直交(279円×8個)、三連(538円×4個))×17台	74,528	
	小計		482,528	
	設置	人件費(19,200円/人×12人日)	230,400	
		備船費(40,000円/隻×1隻×2日)	80,000	
	小計		310,400	
合計			792,928	

なお、表 28 の費用は初年度に必要な金額である。初年度、次年度以降に必要な作業としては、稚貝を採取するためのパームの設置や、成長した母貝の間引き、維持管理として付着物の除去がある。そこで、パームの設置に必要な額を表 29、間引きに必要な額を表 34、維持管理に必要な額を表 30 に整理した。パームの設置は秋仔を対象に年 1 回、維持管理は年 3 回(夏季 2 回、秋季～春季 1 回の合計)と想定した。

表 33 工事費算出例(低コスト型離底飼育器具 1a あたり 次年度以降)

作業項目	作業内容	適 用	金額(円)	備 考
低コスト型 離底飼育器 具	パームの設 置	人件費(19,200 円/人×8 人日)	153,600	設置前にパーム 20 束入り回収ネットを 17 袋作成(2 人×1 日)、干潟での設置作業は 4 人×1 日。
		備船費(40,000 円/隻×1 隻)	40,000	
		パーム(100 円/束×340 束)	34,000	架台 17 台×20 束
		網袋(340 枚の収穫ネットと 17 枚の回収 ネット)	8,500	収穫ネットは 10 円/枚、回収ネットは 300 円/枚と想定
合計			236,100	

表 34 間引きにかかる費用の算出例(低コスト型離底飼育器具 1a あたり)

作業項目	作業内容	適 用	金額(円)	備 考
低コスト型離底 飼育器具	間引き	人件費(19,200 円/人×3 人日)	57,600	3 人日/回を 1 回
		備船費(40,000 円/隻×1 隻)	40,000	1 隻/回を 1 回
合計			97,600	

表 35 維持管理費算出例(低コスト型離底飼育器具 1a あたり)

作業項目	作業内容	適 用	金額(円)	備 考
低コスト型離底 飼育器具	維持管理	人件費(19,200 円/人×18 人日)	345,600	6 人日/回を 3 回
		備船費(40,000 円/隻×3 隻)	120,000	1 隻/回を 3 回
合計			465,600	

2) 期待される生産額

期待される便益としての試算を行った。なお、試算にあたっては便宜上、A～H を以下のように定め、母貝から発生して新たに漁獲対象となるアサリの個体数を、B～H の積で求めた。なお、設置高 10cm と軽石を組み合わせた手法による生残率は昨年度が 94%(6 月～翌年 1 月の 7 か月)、本年度は 58%(5 月～11 月の 7 か月 母貝に満たないアサリの育成)であった。毎月の減耗率に換算すると昨年度は 0.86%/月、今年度は 7%/月であるため、試算では平均を取って 4%/月の減耗率と仮定し、産卵期間における生残率を試算し、母貝の値に掛けるものとした。

A: 低コスト型離底飼育器具に用いる網袋の数 8 枚/台×25 台=200 枚

B:母貝=30,000 個体(150 個体/枚×200 枚)

C:産卵個体数=15,000 個体(雌雄比 1:1⁶⁾から、母貝に 0.5 を乗じた)

D:母貝生残率 6 月に母貝を収容、秋仔の産卵期間を 10 月～12 月(生残率 80%)、春仔の産卵期間を 3 月～5 月(生残率 60%)と仮定

E:産卵数(万粒)=310(アサリ 1 個体の産卵量は 100～620 万粒⁴⁾、便宜上最大値の半数とした)。また、春仔、秋仔それぞれの産卵期の総産卵数とみなした。

F:総産卵数に対する定着率(%)=0.05(0.1～0.001⁵⁾(ウバガイの値)、便宜上、中間値とした)

G:アサリの稚貝(殻長 1 mm未満)が殻長 20 mm未満に成長するまでの生残率(%)=4.4³⁾

H:アサリ種苗(殻長 15～25 mm程度)が成貝(殻長 30 mm程度)へ成長するまでの生残率 推定値(福岡県の事例)60%程度⁷⁾

I:産卵盛期の回数=2(東京湾以南では年 2 回⁴⁾)

その結果、1 年間に 859,320 個体のアサリが新たに漁獲対象になるものと試算された。アサリ成貝(殻長 3 cm程度)の湿重量を 6g と仮定すると、漁獲量は約 5,156 kgとなる。アサリの単価として 400 円/kgと仮定すれば、推定生産額は 2,062,400 円となる。なお、毎月の減耗率を 4%と仮定したため、年間では $12 \times 4\% = 48\%$ 減少すると推定される。そこで 1 年後の生残率を 52%と仮定すれば、間引く母貝の量は約 94kg(30,000 個体 $\times$ 6g/個体 $\times$ 1/1000 $\times$ 0.52)となり、単価の 400 円/kg を掛けると推定生産額は 37,600 円となる。

新たに漁獲対象となったアサリと間引いた母貝の推定生産額を合計すると 2,100,000 円となる。

3) 費用対効果の試算

そこで、推定生産額を漁獲増加量(千円)、工事費や維持管理費をコスト(千円)として表 36 に整理し、経済性の評価を行った。

表 36 経済性の評価

耐用年数	A 漁獲増加量(千円)	コスト(単位: 千円)				評価 A/B	備考
		1. 人件費	2. 資機材費	3. 雑費 (備船費等)	B 合計 (1+2+3)		
5 年	2,100.0	1,685.8	149.6	408.0	2,243.3	0.9	人件費を含む
	2,100.0	0.0	149.6	408.0	557.6	3.8	人件費を含まず

注: 漁業者自らが実施することを想定し、人件費を含む場合と含まない場合で評価した

その結果、人件費を含むと評価(A/B)が 0.9 となったが、漁業者自らが実施することを前提として人件費を除くと 3.8 となった。

5. 1. 3 効果評価と実用性の検討を踏まえた成果と課題

(1) 母貝育成技術の開発

【成果】

- ・低コスト型離底飼育器具による設置規模の拡大(母貝 6,000 個体を収容可能)
- ・母貝飼育の運用サイクルの一環として育成した間引き後に残存したアサリ、新たに補填したアサリの何れも成熟し、母貝としての活用が可能

【課題】

- ・低コスト型離底飼育器具を用いた更なる規模の拡大とコストダウン
- ・母貝飼育の運用サイクルにおいて、成長しないアサリ(間引き後に残存したアサリ)の成長促進

(2) 母貝再生産技術の開発

【成果】

- ・春子の場合、稚貝の着生量の多い組み合わせは設置高 10cm とパーム
- ・母貝に満たないアサリの生残率や成長速度が好適な組み合わせは設置高 10cm と軽石(約 2 mm)

【課題】

- ・実用化を目指した規模拡大手法の検討とコストダウン

5.2 仮説の再構築

本年度に得られた成果をもとに、仮説を再構築する。

5.2.1 母貝育成技術の開発

低コスト型離底飼育器具により、母貝 20,000 個体が収容可能な規模へ拡大できる。さらに、規模を拡大しても母貝は生残、成長、および成熟できる。

5.2.2 母貝再生産技術の開発

パームを設置高 10cm に設置すれば多くの稚貝を確保できる。

確保した稚貝は、設置高 10cm と軽石(約 2 mm)の組み合わせにより成貝へと成長できる。

参考文献

- 1) 相良純一郎,アサリ,浅海養殖 60 種,大成出版社,東京,pp.219-227,1965.
- 2) 一般社団法人マリノフォーラム 21: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,2019.
- 3) 柿野純,東京湾盤洲干潟におけるアサリの減耗に及ぼす波浪の影響に関する研究,東京水産大学学位論文,140pp.,2000
- 4) 水産庁,干潟生産力改善のためのガイドライン,206pp.,2008.
- 5) 佐々木浩一,水産研究叢書 42 ウバガイ(ホッキガイ)の生態と資源,日本水産資源保護協会,85pp.,1993.
- 6) 日本水産資源保護協会,3.アサリ,水産生物の生活史と生態,pp.224-240,1985.
- 7) 長本篤・上田拓・的場達人:有明海漁場再生対策事業(4)二枚貝類増産事業(アサリ・サルボウ),平成 29 年度福岡県水産海洋技術センター事業報告, pp. 184-189, 2019.
- 8) 安田治三郎・浜井生三・堀田秀之,アサリの産卵期について,日本水産学会誌, 20(4)、277-279, 1945.
- 9) 辻秀二・宗清正廣・井谷匡志・道家章生,舞鶴湾のアサリの生殖周期,京都府立海洋センター研報, 17, 1-9, 1994.

電子格納データ

本事業を行うにあたり、取得した 1 次データおよび総合考察に使用したデータを CD 納品とした。CD に格納されているデータ一覧は、表 37 のとおりである。

表 37 電子格納データ一覧

項目(小課題)	実験(調査)名	データ
母貝育成技術の開発	生残率と成長速度	生残率と成長速度(Excel ファイル)
	肥満度と群成熟度	肥満度と群成熟度(Excel ファイル)
母貝再生産技術の開発	初期稚貝や稚貝の出現状況	初期稚貝や稚貝の出現状況(Excel ファイル)
	生残率と成長速度	生残率と成長速度(Excel ファイル)