

Ⅲ-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開発

/熊本県宇土市住吉地先

目次

1. 技術開発の概要	72
1.1 背景と目的	72
1.2 実施場所と実験区の配置	73
1.3 技術開発ロードマップ	73
1.4 技術開発フロー	77
1.5 過年度までの取組と残された課題	78
1.6 今年度の目標、仮説、検証項目	80
1.7 技術開発工程	81
1.8 使用機器	82
2. 環境調査結果	83
2.1 設置計測器による連続観測（通年調査）	83
2.2 設置計測器による連続観測（共通調査）	88
2.3 底質調査・生物調査	95
3. 母貝育成技術の開発（小課題1-2-1）	101
3.1 小規模実証実験	101
3.1.1 方法	101
3.1.2 結果	104
3.1.3 考察	112
3.2 実用規模実証実験	116
3.2.1 方法	116
3.2.2 結果	118
3.2.3 考察	121
3.3 母貝育成技術の開発（小課題1-2-1）の考察と総括	125
3.3.1 小課題の考察	125
3.3.2 仮説の検証	125
4. 母貝用種苗確保技術の開発（小課題1-2-2）	126
4.1 採苗器による稚貝採取	126
4.1.1 方法	126
4.1.2 結果	127
4.1.3 考察	130
4.2 稚貝育成	134
4.2.1 方法	134
4.2.2 結果	136
4.2.3 考察	138
4.3 未成貝育成	140

4.3.1 方法	140
4.3.2 結果	144
4.3.3 考察	147
4.4 母貝用種苗確保技術の開発（小課題 1-2-2）の考察と総括	148
4.4.1 小課題の考察	148
4.4.2 仮説の検証	151
5. 成果と課題	152
5.1 目標の達成度について	152
5.1.1 母貝育成技術の開発	152
5.1.2 母貝用種苗確保技術の開発	152
5.2 実用性の検討	152
5.3 実用性の検討を踏まえた成果と今後の課題	155
5.3.1 母貝育成技術の開発	155
5.3.2 母貝用種苗確保技術の開発	155
6. 参考	156
参考文献	157
電子格納データ	158

Ⅲ-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

1. 技術開発の概要

1.1 背景と目的

有明海全体のアサリ生息量を増やし生産性向上に資するための一方策は、アサリ母貝場を造成し産卵数を増やすことであり、「有明海・八代海等総合調査評価委員会」においても母貝場造成の必要性が挙げられている。熊本県のアサリの年間漁獲量は、1977年のピークには6万5732 tであったが、1990年代以降は1万t以下で推移し、2013年以降は年間1000 t以下にまで落ち込んでいる¹⁾ (図1)。また、熊本県宇土市におけるアサリの近年の年間漁獲量は2011年と2012年に432-469 tを記録した以外は、162 t以下で推移している¹⁾ (図2)。本実験区の住吉地区は、熊本県宇土市の有明海側に位置する(図3)。熊本県宇土市住吉地先の緑川河口域は有明海有数のアサリ産地であり、数十年前にはアサリ漁場が干潟域の広い範囲に及んでいたが、近年は滞筋に沿った海域に限られている。その他の干潟域はアサリ漁場としては未利用となっており、安定したアサリの産卵場とはなっていない。そこで、緑川河口干潟にアサリの保護育成地を造成し、安定した産卵による資源供給を促すことにより、アサリ資源量を向上させる必要がある。

本実施場所の底質は淘汰度が高い細砂のため、流れや波浪の影響を受けて動き易い砂質干潟である。そのため、アサリ稚貝は波浪や潮流によって流出してしまい、定位と成育に厳しい環境である。しかしながら、令和2年度の本事業の結果により、アサリ初期稚貝は有明海東側の熊本県エリアで高密度で分布することが明らかとなっている²⁾。アサリの初期稚貝が高密度で分布しているにもかかわらず、漁獲量に繋がっていないのが現状である。その原因の一因として、有明海はエイやツメタガイ等の食害生物が多く生息しており、高い捕食圧を受けていることが挙げられる^{3,4,5,6)}。そのため、稚貝を含めたアサリの流失抑制および食害回避の対策が必須である。

本技術開発では、緑川河口域のアサリの生息が困難な流動の激しい未利用砂干潟域において、漁業者自らが実施可能な母貝の生残・成長・成熟を可能とする母貝育成技術の開発および稚貝の生残・成長を可能とする母貝種苗確保技術を開発する。この2つを組み合わせ、母貝保護育成地を造成することによって、産卵による資源供給を促しアサリの資源量増大を図る。また、これらの技術を利用した稚貝採苗・育成・産卵・漁獲までの一連の工程を連続運用する母貝育成サイクルを構築することにより生産性の向上を図ることを目的とする。

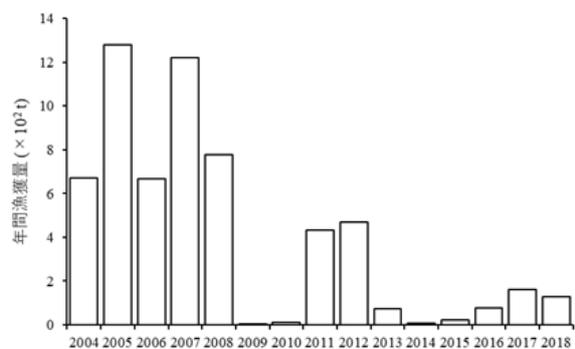
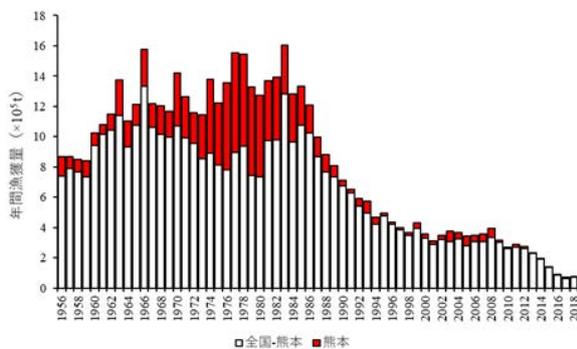


図1 全国および熊本県におけるアサリの年間漁獲量 図2 熊本県宇土市におけるアサリの年間漁獲量

1.2 実施場所と実験区の配置

実施場所と実験区の配置を図 3 に示した。

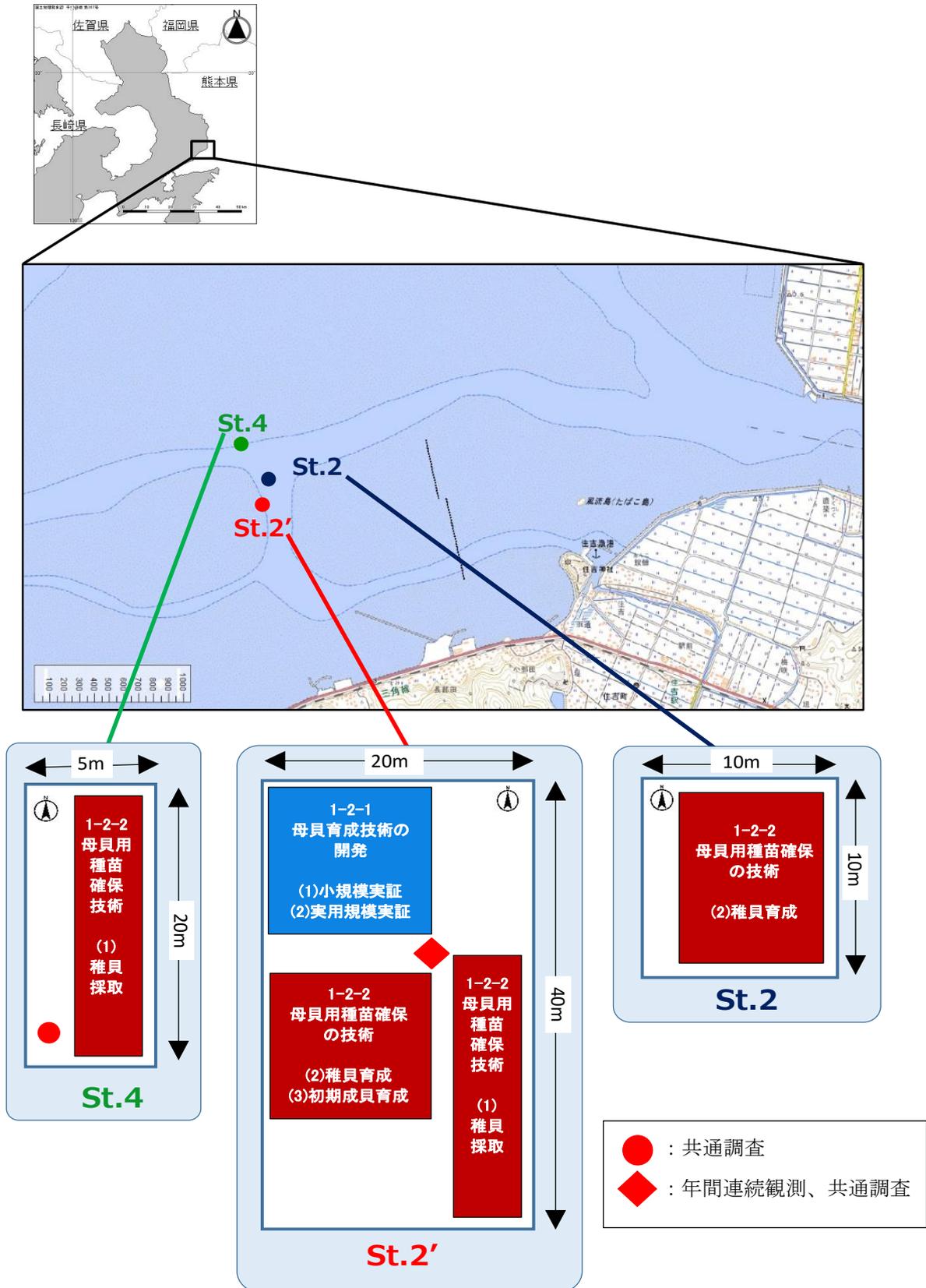


図 3 実施場所と実験区の配置

1.3 技術開発ロードマップ

本実験場所および周辺の砂泥干潟域において、平成 29 年度に高密度着生・集積域のアサリを沖合に移植することで、生産量が増加することを実証した⁷⁾。しかし、アサリの流失が課題として挙げられたことから、母貝保護育成地造成技術の開発として、平成 30 年度からは被覆網、平成 31 年度は作業性を考慮した枠付被覆網によるアサリ母貝及び稚貝の保護・育成実験を実施したが、夏～秋季にかけて生残率が著しく低下した⁸⁾。令和 2 年度は、母貝育成技術の開発として、被覆網と同等もしくはそれ以上の効果を持ち、台風等によるアサリの流失防止や食害回避が可能と考えられる牡蠣養殖用カゴと碎石入り網袋を採用し、母貝の育成場所と育成方法を検討するとともに、実用化へ向けた小規模実証実験を実施した²⁾。また、母貝再生産技術の開発としては、パーム採苗器及び碎石入り網袋により、稚貝を安定的に確保し母貝に育成する技術開発を実施し、母貝育成施設造成の実用化に向けた一連の育成技術（母貝育成サイクル）が立案された。今年度は小規模実証実験の継続による漁獲と母貝 30,000 個体の育成を可能とする実用規模実証実験の造成に着手し、実用化への課題抽出や生産性向上効果、コストの経済性について検討する。

なお、本事業では指針⁹⁾に準拠（一部名称を変更）し、アサリの殻長によって以下通りに区別した。

着底稚貝： $\leq 300 \mu\text{m}$

初期稚貝：300～1000 μm

稚貝：殻長 1～15 mm

未成貝：15～25 mm

母貝：>25 mm

本事業では作業性やコストの比較を可能とするため、母貝 30,000 個体の育成を 5 年目の最終到達目標とした。母貝 30,000 個体より放卵した卵が孵化、生残・成長して漁獲サイズに達するまでの生残率等のパラメータを文献もしくは本事業の実験結果より収集して生産額を試算し表 1 に示した。試算に当たってはパラメータとして最も流動的な「(2) 総産卵数に対する定着率」を文献に示された数値範囲でケース分けして示した。経済性の評価についてはこの表を基にコストとの比較を行った。

表 1 母貝生産額の試算

番号	項目	備考	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
(1)	1個体あたりの産卵数	100-620万粒	1,000,000			
(2)	総産卵数に対する定着率 (ウバガイ)	定着率0.1-0.001%	0.001	0.0005	0.0001	0.00001
(3)	殻長が1 mm未満から20 mm未満 に成長するまでの生残率		0.044			
(4)	殻長24 mmから30 mm程度へ成 長するまでの生残率		0.6			
(5)	成貝生残率	(2) × (3) × (4)	0.0000264	0.0000132	0.00000264	0.000000264
(6)	母貝1個体から期待される漁獲可 能サイズのアサリの個体数	1産卵回次あたり (1) × (5)	26.4	13.2	2.64	0.264
(7)	産卵回数		2			
(8)	母貝数		30,000			
(9)	母貝生残率	本事業実験結果より	0.7			
(10)	性比 (♀/♀+♂)		0.5			
(11)	母貝30000個体から再生産される 成貝数	(6) × (7) × (8) × (9) × (10)	554,400	277,200	55,440	5,544
(12)	成貝の平均個体重量 (kg)	本事業実験結果より	0.006			
(13)	単価 (円/kg)	漁連・漁協より聞き 取り	400			
(14)	母貝30000個体から期待される生 産額 (円)	(11) × (12) × (13)	1,330,560	665,280	133,056	13,306

(引用文献)

- (1) 水産庁,2008 文献内表記は100-620万粒
- (2) 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.
- (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) 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
- (7) 水産庁,2008
- (10) 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.

平成30年度から令和4年度までの技術開発ロードマップを図4に示した。

年度	H30	H30/R1	R2	R3	R4
目標	被覆網と底質改善の組合せ効果の確認と選定		・技術と場所の選定 ・設置規模拡大に着手	・規模の拡大 ・育成サイクルの試行と実証	漁獲増加量/コスト=1.0以上

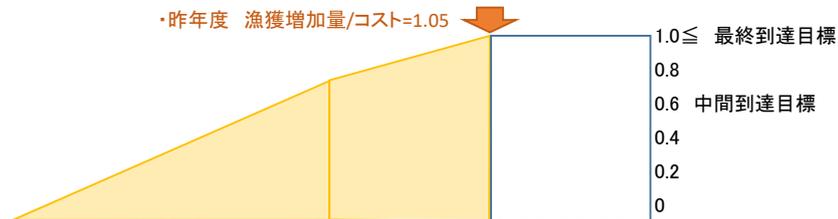


図 最終到達目標に対する現時点の目標達成状況

技術開発要素		H30	H30/R1	R2	R3	R4
母貝育成技術の開発	機材	被覆網 +底質改善	枠付き被覆網 +底質改善	牡蠣養殖用カゴ、 碎石入り網袋	碎石入り網袋	
	場所			機材の更新、 場所の選定	小規模実証で成長・生残の 良好な碎石入り網袋 →実用規模実証実験	
	規模				小規模実証実験 成長、生残、産卵実験(春)など ↓ 実用規模実証実験 成長、生残、産卵実験(秋)など	
小課題 母貝用種苗確保技術の開発	機材(採苗器)	枠付き被覆網、 収穫ネット	枠付き被覆網 +底質改善	碎石入り網袋、 バーム採苗器	碎石入り網袋、 バーム採苗器	
	場所	<効果検証> 初期稚貝生息数に左右、 不安定 →実用性×		機材の更新、絞り込み 母貝育成サイクルへの 利用検討		
	時期					
	機材 ・稚貝育成 ・未成貝育成	枠付き被覆網 +底質改善	枠付き被覆網 +底質改善	角ざる育成器、 碎石入り網袋	稚貝育成 ・角ざる育成器	母貝育成サイクルへの適用
	収容密度	<効果検証> 生残率低下、 密度調整の必要 →実用性×		天然稚貝採取、成長段階別稚貝育成方法の選定	未成貝育成 ・碎石入り網袋 ・牡蠣養殖用カゴ ・被覆網 ・角ざる育成器 成長、生残、成熟など	
	規模					
小課題共通					手引作成	

図4 技術開発ロードマップ

1.4 技術開発フロー

本中課題における5か年の技術開発フローを図5に示した。■は過年度検証済、■は今年度検証を示す。

	年度	H30	H31/R1	R2	R3	R4
小課題	各年度の達成目標 ○:目標達成, ×:目標不達成 各年度の仮説の設定	底質改善と流出対策の組み合わせの検討、選定	枠付被覆網+底質改善と収容方法(貝殻等混入物有)の組み合わせの検討、選定	規模の拡大と母貝育成サイクルの試行	規模の拡大と母貝育成サイクルの確立	漁獲増加量/コスト=1.0以上
母貝育成技術の開発	底質改善(砂および砂利散布)と流出対策(被覆網)を組み合わせた試験区にアサリ母貝を放流することにより、母貝の生残率は向上する。	砂利散布と被覆網の組み合わせ 生残:○ 作業性:×	【課題】 ・被覆網はメンテナンスが困難 ・作業性の検討→枠付被覆網			
	枠付被覆網による地撒き収容方法で、底質改善(砂利散布)と収容方法(収容時における貝殻等混入物有)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。		砂利と貝殻の組み合わせ 生残:○ コスト:×	【課題】 ・メンテナンスコスト大 ・実用的な育成技術と設置場所の再検討		
	母貝の育成として良好な場所と育成方法を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。		【決定】 ・設置場所 ・育成方法	場所・方法:○ 成熟・産卵:○ 生残:×		
	母貝育成サイクルに従って育成した母貝による生産額は200万円以上である。				今年度検証	
母貝用種苗確保技術の開発	収穫ネット、枠付採苗装置により、初期稚貝から稚貝への生残率が向上(稚貝の確保数が増加)する。	稚貝の確保可能:○ 作業性:×	【課題】 ・作業性→枠付採苗装置			
	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。		稚貝の確保数:×	【課題】 ・初期稚貝の着生量に左右 ・安定した稚貝の確保		
	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。			春産卵群:×	継続中	
	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。		生残:×	成長:○		
	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。		【決定】 ・採苗方法 ・育成方法	生残:○ 成長:○		
	規模の拡大に向けた母貝の達成目標(30,000個体)の育成が可能となる。				今年度検証	
	(母貝育成サイクルの検証) 採苗～育成～産卵～漁獲～入換までの一連のフローが絞り込まれ、次年度以降から母貝飼育の運用サイクルを確立することができる。				継続中 今年度検証	
	本技術で漁獲増加量/コストが1.0以上となる				今年度検証	
マニュアル化					来年度実施	

図5 技術開発フロー

1.5 過年度までの取組と残された課題

令和2年度までの結果より得られた住吉地先における秋発生群を利用した稚貝確保から漁獲までの母貝飼育の1年3か月の工程（母貝育成サイクル）を図6に示す。

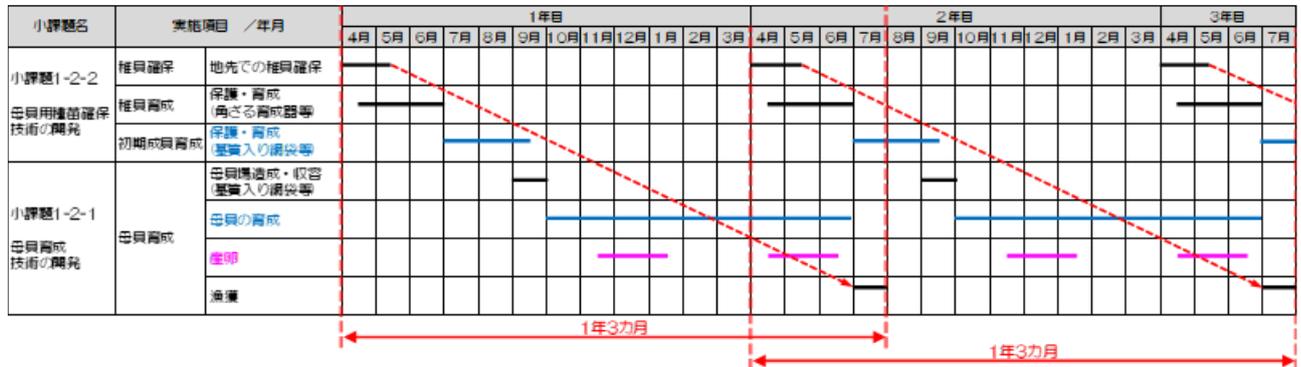


図6 1年3か月の母貝育成サイクル

1年3か月の母貝育成サイクルの流れは以下の通りである。

(1) 稚貝確保

緑川河口の住吉地先海域では例年春先（4月～5月）に数mmの稚貝（前年秋発生群）が高密度に発生する場所が認められる。この高密度に発生した稚貝を採集・確保する。

(2) 稚貝育成

確保した稚貝は数万個体/m²（令和2年度実績：約10万個体/m²）の密度で角ざる育成器に收容し、12～15mm程度（6月）まで育成する。

(3) 未成貝育成

12～15mm程度まで育成した稚貝（未成貝）は、数千個体/m²（令和2年度実績：約6,700個体/m²）の密度で碎石入り網袋に收容し、20mm以上（9月～10月）に育成する。

(4) 母貝育成

20mm以上に育成した成貝は、碎石入り網袋のまま1,000個体/m²の密度に調整し、当年秋および翌年春の産卵後、翌年7月に漁獲する。

この(1)から(4)を1サイクルとして連続運用する。

小課題ごとの令和2年度成果と課題を以下に示す。

小課題 1-2-1 母貝育成技術の開発

令和2年度成果	課題
<ul style="list-style-type: none"> ・小規模実験では秋季の産卵が確認され、提唱した住吉地区における母貝育成サイクルが検証できた。 ・実用規模の母貝育成方法は碎石入り網袋および牡蠣養殖用カゴとも漁獲増加量/コストが1を上回ると推算された。 	<ul style="list-style-type: none"> ・春の産卵の確認 ・実用規模での実証 ・事例蓄積

意見・評価	対応
<p>漁業者に稚貝の採捕から出荷までの1年3か月でアサリを出荷できるシステムを漁業者も巻き込んで普及することを検討していただきたい。</p>	<p>漁業者に「実験で密度調整して育成したアサリ」と「昨年度稚貝を採集してその後放置の網袋のアサリ」との違いを現地にて確認してもらい、密度調整の重要さと住吉では1年3か月で漁獲できることを説明した。</p>
<p>牡蠣養殖用カゴは現時点で網袋育成よりやや劣るものの、廃棄物をほとんど出さないということでは対外的なアピールには有効であり、メンテの手間となっている付着物対策を再検討することで、網袋を補完するアサリ育成システムとして活用できるようにブラッシュアップに取り組んでいただきたい。</p>	<p>実用規模実証実験及び未成貝育成実験で改善案を取り入れ実験を実施した。</p>
<p>産卵の有無や産卵量の多寡を厳密に判定するためには、生殖腺の組織学的観察など生理的手法が必要。</p>	<p>水産研究・教育機構 水産技術研究所の協力のもと組織切片の観察による成熟・産卵の推移の確認及び産卵実験を実施した。</p>

小課題 1-2-2 母貝用種苗確保技術の開発（旧：母貝再生産技術の開発）

令和2年度成果	課題
<ul style="list-style-type: none"> ・成長段階別に育成方法を適宜選択し密度調整を行った結果、最適な方法、時期を選択でき、4月に採取した稚貝がその年の秋には母貝として利用できるサイズまで成長し、提唱した住吉地区における母貝育成サイクルが検証できた。 	<ul style="list-style-type: none"> ・秋産卵群を対象とした採苗器の検証 ・各育成技術の詳細条件と母貝育成サイクルへの適用の検討

意見・評価	対応
<p>湿重量について、網袋はパーム採苗器よりも良好との成果が得られたが、採取稚貝数についてはバラツキがあり、さらに検討が必要と考えられる。</p>	<p>秋産卵群対象の採苗器にて検証し、令和2年度の結果と比較・検討した。</p>

1.6 今年度の目標、仮説、検証項目

小課題ごとの今年度の目標、仮説、検証項目を以下に示す。

小課題 1-2-1 母貝育成技術の開発

(1) 小規模実証実験

【目標】小規模実証実験を継続し、砕石入り網袋と牡蠣養殖用カゴについての母貝育成施設としての有効性を実証する。

【仮説】砕石入り網袋と牡蠣養殖用カゴに収容した母貝は、春季に成熟し産卵する。

【検証項目】群成熟度・肥満度の推移、生殖腺の組織観察及び産卵実験によって成熟・産卵を推定・確認する（表 2）。

表 2 小規模実証実験の検証

検証方法	判定
群成熟度の推移および生殖腺観察によって成熟・産卵を推定する。	○：成熟が確認および産卵が推定 △：成熟は確認できるが産卵が推定できない ×：成熟していない
産卵実験によって放卵を確認する。	○：放卵が確認 ×：放卵が確認できない

(2) 実用規模実証実験

【目標】母貝の収容数 30,000 個体（砕石入り網袋：100 個体/袋×300 袋）を実現し、母貝育成施設としての機能を検証する。

【仮説】砕石入り網袋に収容した母貝は、秋季に成熟し産卵する。

【検証項目】群成熟度・肥満度の推移、生殖腺の組織観察及び産卵実験によって成熟・産卵を推定・確認する（表 3）。

表 3 実用実証実験の検証

検証方法	判定
群成熟度の推移および生殖腺観察によって成熟・産卵を推定する。	○：成熟が確認および産卵が推定 △：成熟は確認できるが産卵が推定できない ×：成熟していない
産卵実験によって放卵を確認する。	○：放卵が確認 ×：放卵が確認できない

小課題 1-2-2 母貝用種苗確保技術の開発

(1) 採苗器による稚貝の採集

【目標】立案した母貝育成サイクルの開始時に稚貝が確保できない場合に備えて、採苗器を用いて稚貝を確保する技術を立案する。

【仮説】採苗器で採取された稚貝は母貝育成サイクルへの利用が可能である。

【検証項目】令和2年秋に設置し6月および10月に回収した採苗器について、採取された個体数および湿重量を指標として方法（パーム採苗器と碎石入り網袋）及び場所（St. 2' と St. 4）を有意差検定により比較する。

表 4 異なる方法と場所による比較

技術	時期	St. 2'	St. 4
パーム採苗器		○	○
碎石入り網袋		○	○

(2) 稚貝育成

【目標】立案した母貝育成サイクルに従って選定された稚貝育成技術の有効性を実証する。

【仮説】春に現地で採取した秋発生群の稚貝は成長段階別に適した方法で密度調整の上育成すれば、秋には母貝へ成長する。

【検証項目】密度調整して育成したアサリと密度調整しなかった角ざる育成器のアサリを回収時に殻長で比較する。

(3) 未成貝育成

【目標】碎石入り網袋を用いた成長段階別保護・育成方法により、住吉地先において確保した殻長数 mm 程度の稚貝（令和2年秋産卵群）を9月末までに殻長20～25 mmまで育成し、母貝30,000個体を確保する。

【仮説】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。

【検証項目】碎石入り網袋における9月回収時の殻長および総個体数の確認をする。

1.7 技術開発工程

今年度中課題の技術開発工程を表5に示した。

技術開発工程は母貝飼育の作業工程に照らし合わせた計画とした。

表 5 技術開発工程

内容	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
技術検討・評価委員会				○							○	
地区協議会			○					○		○		
事前調査・現地調査・手続き	○											
小課題番号 小課題名												
母貝育成技術の開発												
小規模実証実験												
実用規模実証実験												
母貝用種苗確保技術の開発												
採苗器による稚貝の採集												
稚貝育成												
未成貝育成												
母貝育成サイクルの検証												
報告書作成												

1.8 使用機器

令和2年度の使用機器を表6に示した。

表6 使用機器

項目	製造形式等	設定条件	精度	適用
水温・塩分	Infinity-CT (JFE アドバンテック社製)	設置高 B+0.1m インターバル 1秒 サンプル個数 10 バースト 10分	水温 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ 電気伝導度 $\pm 0.05\text{mS/cm}$	年間 ・ 共通
蛍光強度 (クロロフィル-a)・濁度	Infinity-CLW (JFE アドバンテック社製)	設置高 B+0.2m インターバル 1秒 サンプル個数 30 バースト 10分	クロロフィル $\pm 1\%$ 濁度 $\pm 2\%$	年間 ・ 共通
流向・流速	Infinity-EM (JFE アドバンテック社製)	設置高 B+0.1m (共通調査設定) インターバル 0.5秒 サンプル個数 600 バースト 60分 (年間連続観測設定) インターバル 0.5秒 サンプル個数 60 バースト 10分	流速 $\pm 1\text{cm/sec}$ 、 流向 $\pm 2^{\circ}$	年間 ・ 共通
波高	Infinity-WH (JFE アドバンテック社製)	設置高 B+0.1m インターバル 0.5秒 サンプル個数 1200 バースト 60分	$\pm 0.14\%FS$	共通
泥温	サーモクロンSL (KN ラボラトリーズ社製)	設置深さ B $\pm 0.0\text{m}$ 、B-0.1m 測定インターバル 30分 サンプル個数 1	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	年間