

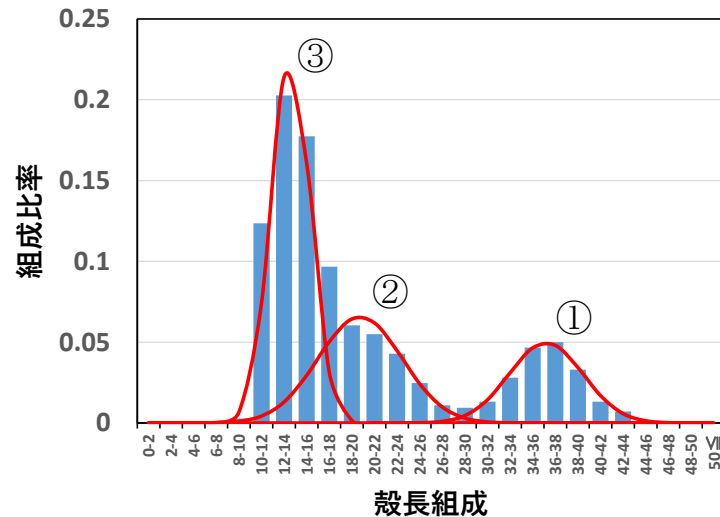


図 45 碎石入り網袋コホート解析（小規模実証実験漁獲時）

3.2 実用規模実証実験

3.2.1 方法

小規模実証実験で成長および生残が良かった碎石入り網袋を主機材とし実用規模での実証実験を実施する。また、小規模実証実験時に明らかとなった牡蠣養殖用カゴの課題（洗堀・堆積、成長阻害および付着物のメンテナンス）の対策として、設置方法の改良を検討する。

(1) 使用機器

1) 碎石入り網袋（図 46）

ラッセル網袋（大きさ：300×600 mm、目合：4×4 mm 角目）に碎石を約 5 kg 収容。

（設置面積）台形として仮定

（上底 200 mm＋下底 300 mm）×高さ 400 mm＝0.1 m²

（収容数、密度）100 個体/袋（＝1,000 個体/m²）× 300 袋 ＝ 30,000 個体

（碎石）調整碎石 7 号相当（粒径約 2.5～5 mm）

（場所）St. 2'



図 46 碎石入り網袋

(並行実験)

2) 牡蠣養殖用カゴ

(大きさ) 縦 750 mm×横 200 mm、設置面積 0.15 m²

(目合) φ12mm パンチング

(収容数、密度) 150 個体/カゴ (=1,000 個体/m²) × 各 10 カゴ

(設置方法)

(a) 砕石入り牡蠣養殖用カゴ

設置後に砕石 (7 号砕石相当) を牡蠣養殖用カゴの上部から内部に散布する。

(内部基質の安定化)

(b) 回転式牡蠣養殖用カゴ (図 47)

牡蠣養殖用カゴをはしご状に設置しメンテナンス時に回転し接地面を入れ替える。

(メンテナンスの効率化)



図 47 回転式牡蠣養殖用カゴ

(2) 方法

「4. 小課題 2 母貝用種苗確保技術の開発」において現地にて採取した稚貝を育成して得られた母貝を 10 月に回収し、1,000 個体/m²の密度で砕石入り網袋 300 袋に収容した母貝育成施設を造成した。並行して、改良を施した 2 種類の牡蠣養殖用カゴ (1,000 個体/m²) を実験規模 (各 10 カゴ) で造成した。

実験では生残率等をモニタリングして、小規模実証実験の確認、および機材間の比較を検討した。また、母貝場の産卵ポテンシャル推定のため産卵実験を実施した。

各実験区内の配置模式図を図 48 に、現地の状況を図 49 に示した。

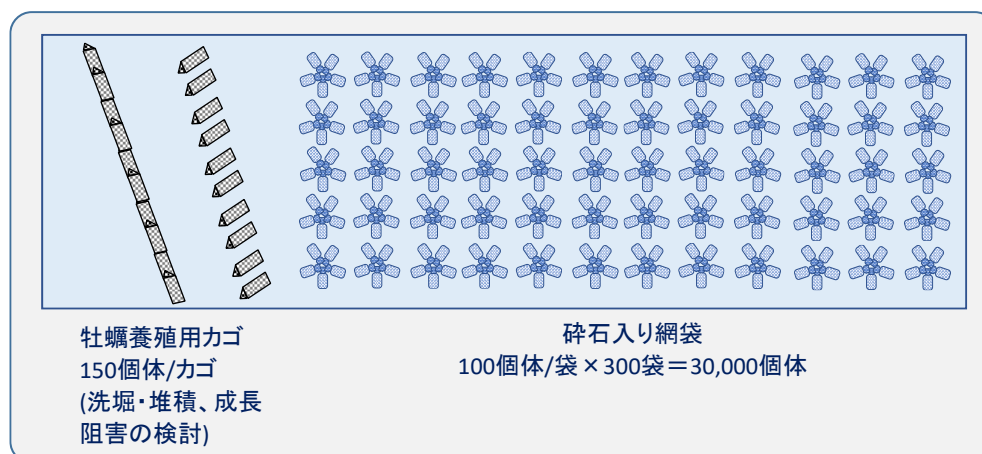


図 48 小規模実証実験 実験区配置模式図



図 49 設置状況

1) モニタリング

モニタリングは原則として1か月に1回、配置を分散させて選出した碎石入り網袋5袋、碎石入り牡蠣養殖用カゴ5カゴおよび回転式牡蠣養殖用カゴ5カゴから母貝を取り出し、生残率（生貝数、死貝数）、全体の湿重量及び無作為に抽出した25～30個体程度について大きさ（殻長）を計測した。計測後の母貝は元の碎石入り網袋及び牡蠣養殖用カゴにそれぞれ戻し再設置した。また、収容したアサリが正常に産卵していることを確認するため、原則として2か月に1回、サンプリング用に別途設置した碎石入り網袋及び牡蠣養殖用カゴから母貝をランダムに20個体程度取り出し、ホルマリンで固定後に持ち帰って肥満度、群成熟度を計測した。これとは別にサンプリングした各20個体について成熟度・産卵を確認するため、10月から1月に生殖腺の組織観察を行った。なお、組織観察は水産技術研究所にて実施し、方法は文献7)に従った。

2) 産卵実験

肥満度、群成熟度より産卵が予測された11月に温度・干出刺激による産卵実験で放卵を確認し、産卵数より母貝場の産卵ポテンシャルを求めることを試みた。

サンプルは肥満度計測用サンプルと同じユニットより取り出した個体を用い、水産技術研究所および海洋エンジニアリング株式会社九州センターで並行して実験を実施した。

3.2.2 結果

(1) モニタリング

モニタリング項目の生残率の推移を図50、殻長の推移を図51、1個体あたりの湿重量の推移を図52、肥満度を図53、群成熟度を図54に示した。なお、図中のエラーバーは標準偏差を表している。また、12/5時点での碎石入り網袋と牡蠣養殖用カゴの検定結果を表17に示した。

生残、殻長および1個体あたりの湿重量では碎石入り牡蠣養殖用カゴと回転式牡蠣養殖用カゴでは似た傾向を示していた。一元配置分散分析では生残、殻長、1個体あたりの湿重量とも機材間で有意差があるとの結果から、Tukey法による多重比較を行ったところ、2種類の牡蠣養殖用カゴの間には有意差が無いが、碎石入り網袋と牡蠣養殖用カゴの間には有意差が見られた。

生残については実験開始直後から碎石入り網袋と2種類の牡蠣養殖用カゴに差が見られ、2種類の牡蠣養殖

殖用カゴでは2か月後で80%を下回っていた。

殻長および1個体あたりの湿重量においては実験開始直後から碎石入り網袋が2種類の牡蠣養殖用カゴより高い値を示しており、特に殻長では2種類の牡蠣養殖用カゴで成長の停滞が見られた。

肥満度と群成熟度からは2種類の牡蠣養殖用カゴでは実験開始時から低下の傾向が見られ、産卵盛期の推定はできなかった。碎石入り網袋では11月にピークが見られ、11月の産卵が推定された。

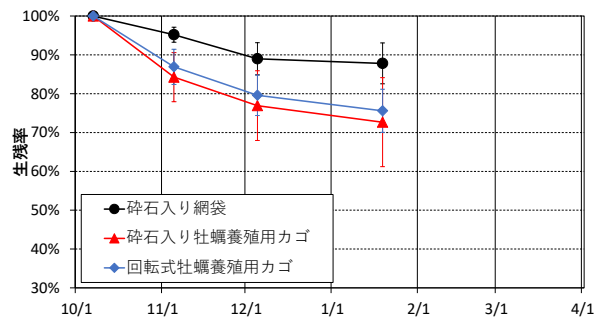


図 50 生存率の推移

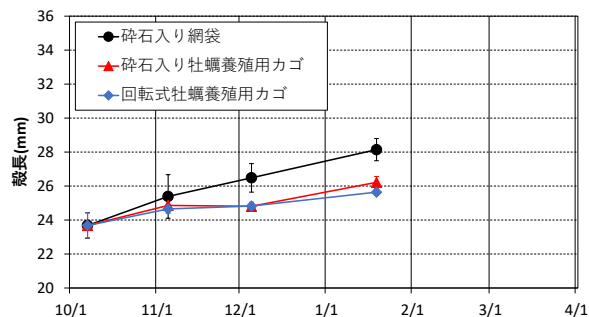


図 51 殻長の推移

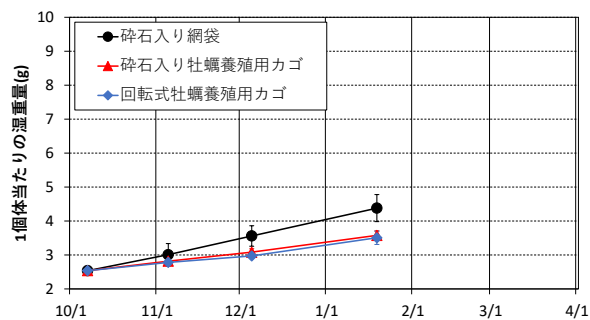


図 52 1個体あたりの湿重量の推移

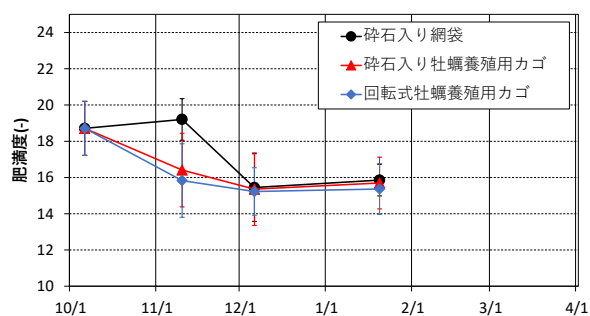


図 53 肥満度の推移

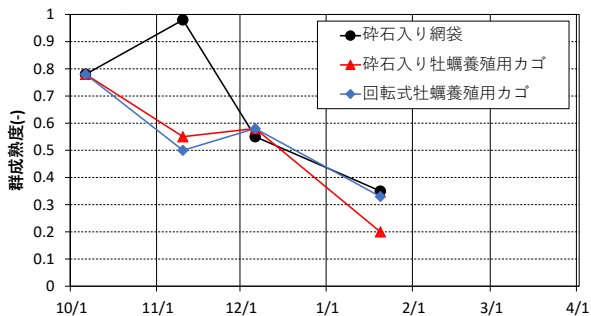


図 54 群成熟度の推移

表 17 検定結果（実用規模実証実験）

2022/1/19			生残率	湿重量	殻長
一元配置分散分析 p値			0.0227 ○	0.0004 ◎	0.0000 ◎
比較機材			多重比較（Tukey法） P値		
基質入り 網袋	基質入り 牡蠣養殖用 カゴ	回転式 牡蠣養殖用 カゴ			
✓		✓	0.0754	0.0007 ◎	0.0000 ◎
	✓	✓	0.7968	0.9109	0.2174
✓	✓		0.0240 ○	0.0013 ◎	0.0002 ◎

◎：p<0.01, ○：p<0.05

(2) 生殖腺の組織観察

アサリの生殖腺の組織観察結果を図 55 に示した。

これより実験開始時には既に成熟が進んでいた。11 月および 12 月では成熟期と放出期の割合が大きく、産卵盛期であることが確認された。また、1 月には退行期が多くを占めており、産卵の終了が確認された。

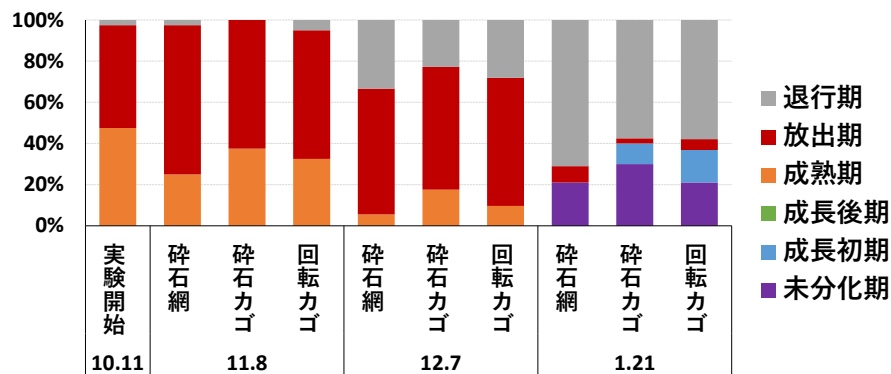


図 55 組織切片観察結果

(3) 産卵実験

産卵実験は産卵が推定された 11 月に実施した。

1) 11/10～ 実施機関：水産技術研究所

サンプルの活性が悪く、衰弱からへい死する個体が多く見られ、実験は実施できなかった。

2) 11/10～ 実施機関：海洋エンジニアリング（株）九州センター

砕石入り網袋:10 個体、砕石入り牡蠣養殖用カゴ:10 個体、回転式牡蠣養殖用カゴ:10 個体について 2 日間

に渡り 3 回の温度・干出刺激および精子のみを抽出した溶液の添加を実施したが、産卵は確認できなかった。

3) 11/22～ 実施機関：海洋エンジニアリング（株）九州センター

砕石入り網袋:20 個体、砕石入り牡蠣養殖用カゴ:20 個体について 2 回の温度・干出刺激および精子のみを抽出した溶液の添加を実施したが、産卵は確認できなかった。

(4) 作業工数

砕石入り網袋と牡蠣養殖用カゴの母貝育成施設造成の作業工数を表 18 に示した。なお、本実験の牡蠣養殖用カゴの母貝育成施設は実験規模のため、小規模実証実験造成時の作業工数から実用規模レベルを予測した。

準備では砕石入り網袋は砕石を等量ずつ網袋に収容する作業があり、これに時間を費やした。なお、牡蠣養殖用カゴの設置において、本実験の砕石入り牡蠣養殖用カゴでは設置時に砕石を収容する作業が加算されるため、20%程度作業時間が増えていた。

表 18 実用規模母貝育成施設造成 作業工数

作業項目	砕石入り網袋 300 袋	牡蠣養殖用カゴ 200 カゴ
準備	4 人×5 時間	4 人×2 時間
設置	10 人×2 時間×2 日	10 人×2 時間×2 日

3.2.3 考察

(1) 機材の比較

小規模実証実験で選択された砕石入り網袋の技術の再現性確認のため小規模実証実験と実用規模実証実験の比較を試みた。生残率推移の比較を図 56、殻長推移の比較を図 57、1 個体あたりの湿重量推移の比較を図 58 に示した。なお、図には比較として牡蠣養殖用カゴの推移も挿入した。また、母貝場造成時から 1 月計測時までについて 1 日当たりの変化量を図 59、各変化量の検定結果を表 19 に示した。

1 日当たりの変化量では砕石入り網袋の生残率と 1 個体当たりの湿重量で小規模実証実験より実用規模実証実験が高い値を示しており、殻長では実用規模実証実験より小規模実証実験が高い値を示していた。ただし、殻長の変化率について t 検定では有意差が見られなかったことから、10 月の母貝場造成から翌 1 月では、母貝場の規模を拡大しても成長、生残の機能は変わらず、有効な技術であると確認された。ただし、10 月からの評価であるので、今後もモニタリングを継続し、漁獲までの推移の確認が必要であると考えられた。

また、令和 2 年度の課題から改良を施した砕石入り牡蠣養殖用カゴと回転式牡蠣養殖用カゴを並行して設置し、その効果を砕石入り網袋と比較したが、生残・成長ともいずれの項目でも砕石入り網袋が牡蠣養殖用カゴを上回っており、牡蠣養殖用カゴの実用化にはさらに課題が積まれた。また、砕石入り牡蠣養殖用カゴと回転式牡蠣養殖用カゴでは似た傾向を示していた。設置している時期は秋～冬にかけてであり、付着物の影響は見られないことから、回転式牡蠣養殖用カゴの機能としては通常設置の牡蠣養殖用カゴと同等と考えられた。従って、砕石入り牡蠣養殖用カゴに収容した砕石の効果が低かったと考えられ、実用化には更なる改良検討の必要性が示された。

肥満度と郡成熟度は、碎石入り網袋では小規模実証実験の結果と似た傾向を示していた。一方で、2 種類の牡蠣養殖用カゴでは低下しており、今年度は碎石入り網袋と牡蠣養殖用カゴの産卵時期にずれがあった可能性が考えられた。

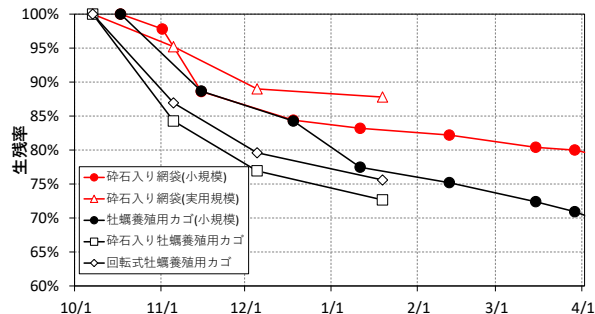


図 56 生残率推移の比較

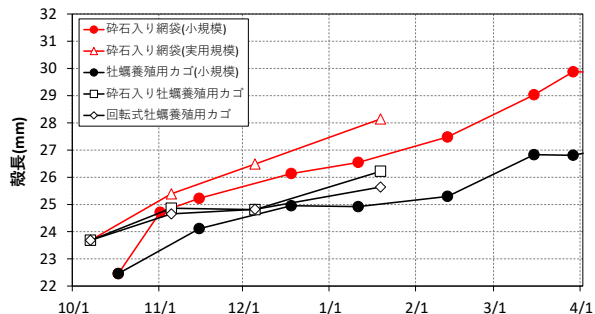


図 57 殻長推移の比較

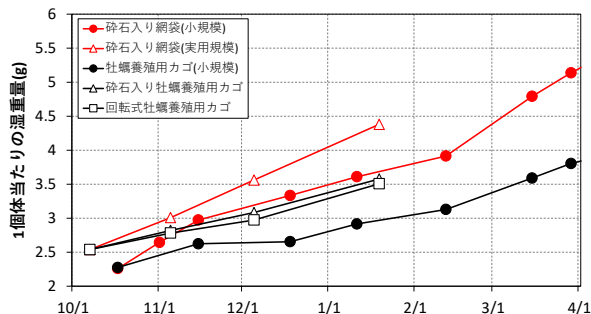


図 58 1 個体あたりの湿重量推移の比較

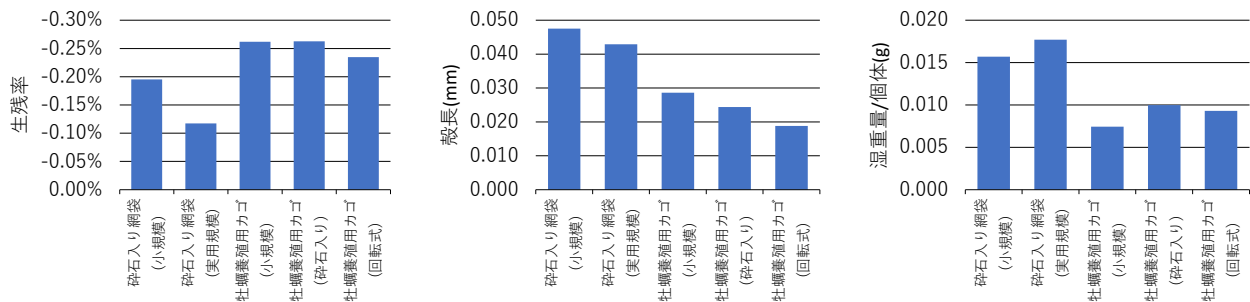


図 59 1 日当たりの変化量

表 19 検定結果 (1 日当たりの変化量)

調査期間	検定項目	条件	t 検定	
			P 値 (両側)	検定結果
実験開始(10月) ～翌1月	生残率/日	小規模実証	0.004 ◎	実用規模
		実用規模実証		
	殻長/日	小規模実証	0.283	有意差なし
		実用規模実証		
	1個体あたりの 湿重量/日	小規模実証	0.313	有意差なし
		実用規模実証		

◎ : $p < 0.01$, ○ : $p < 0.05$

(2) 作業性

砕石入り網袋と牡蠣養殖用カゴの特性及び作業性について表 20 に整理した。

砕石入り網袋と牡蠣養殖用カゴの作業性には双方にメリット、デメリットが存在し、実用化に際して先のモニタリング結果や地先の状況・作業者の負担等を考慮した機材の選択に考慮が必要であると考えられた。

表 20 作業性の比較

項 目	砕石入り網袋		牡蠣養殖用カゴ	
耐用年数	×	1 年	○	10 年
製作	×	・決められた量の砕石を入れる手間がかかる	○	・組立は容易 (・回転式の場合、ロープ固定治具の取り付けがオプションで必要)
設置作業	○	・干潟面上に均して置くのみなので特別な作業を必要としない	×	・掘削設置のため手間がかかる ・固定用の杭が必要 ・設置場所によっては洗掘するため、流失防止対策が必要 (・砕石入りの場合、設置後に砕石の投入作業が必要) (・回転式の場合、はしご状に設置するロープが必要)
取り扱い	×	・重量がある ・単位面積当たりの数量が多い	○	・軽く強固なので取り扱いが容易
メンテナンス作業	○	・特殊な作業は不要	△	・強固なため工具の使用が可能 ・食害生物混入確認のためフタを開けての作業が必要
メンテナンス頻度	△	・1 か月/1 回程度 ・埋没やホトトギスガイマットの被覆度合いによる (年変動がある)	×	・1 か月/1～2 回程度 ・夏季の付着物が多い ・洗掘が進んだ場合は移設が必要
漁獲	△	・砕石とアサリの分別が必要 ただし、ユリ目を使うので分離は容易	○	・カゴ自体がフルイの役割をするため容易

(3) 産卵の検証

肥満度、群成熟度のモニタリングでは 10 月もしくは 11 月の産卵が予測され、組織切片の観察では 11 月が産卵盛期と観察された。一方で、産卵実験では原地盤で採取したアサリや福岡地区の母貝も並行して実験を行ったが産卵が、確認されたのは原地盤の 1 個体のみで、砕石入り網袋および牡蠣養殖用カゴでは産卵が確認できなかった。

2) 11/10～および 3) 11/22～の産卵実験に供したアサリの肥満度および群成熟度を表 21 に示した。

アサリの肥満度は 15.1 以上であれば身入りが良好²¹⁾、群成熟度は産卵期の指標が 0.6 以上²²⁾とされてお

り、群成熟度の上昇が成熟、極大から下降が産卵、とされている²³⁾。

肥満度では良好な実入りの基準とされる 15.1 より低い数値も見られるが、群成熟度は成熟の目安である 0.6 を超える数値であり、成熟期もしくは産卵期と考えられた。以上より、産卵の可能性はあったが実験方法が的確では無く、良好な産卵刺激が与えられなかったと考えられた。

これより産卵実験による母貝場の産卵量の推定は困難であり、方法を再検討する必要があると考えられた。産卵数の推定は母貝場の機能として重要であるので、今後、より精度の高い産卵数の推算方法の検討が課題として残された。

表 21 産卵実験後の肥満度および群成熟度（実用規模実証実験）

実験日	実験区	個体数	肥満度	群成熟度
R3/11/10	砕石入り網袋	10	15.4	0.95
	砕石入り牡蠣養殖用カゴ	10	14.2	0.90
	回転式牡蠣養殖用カゴ	10	14.4	0.75
R3/11/22	砕石入り網袋	20	16.8	0.70
	砕石入り牡蠣養殖用カゴ	20	16.7	0.98

3.3 母貝育成技術の開発（小課題 1-2-1）の考察と総括

3.3.1 小課題の考察

「3.1 小規模実証実験」では砕石入り網袋が当該地先に育成方法に適しており、牡蠣養殖用カゴには課題が残った。「3.2 実用規模実証実験」においても牡蠣養殖用カゴに改良を施したが、同様の結果が得られており、砕石入り網袋の方が適していた。しかし、実用規模実証実験は、10 月からの実施結果であり、継続観察が必要と考えられた。ただし、産卵が確認された上で漁獲があり、また、過去の課題であった気象擾乱による破損も見られなかったことから母貝育成技術としては有効であるものの、底質の安定方法や牡蠣の除去をはじめとした山積した課題を解決する必要がある、実用化は困難と考えられた。

また、母貝育成のサイクル上での母貝育成段階の期間として 10 月収容～翌 7 月漁獲が適当であることが示された。

一方で、母貝場の機能として重要な産卵ポテンシャルについては適当な推算結果が得られず、産卵数の推定方法の再検討が課題として残された。産卵数の推定方法としては生殖腺組織切片から成熟卵を計数し、生殖腺の単位体積重量から産卵数を推定する方法や生殖腺内の成熟卵を直接取り出して計数し産卵数とする方法等が挙げられる。今後これらの方法を検討し、母貝場の産卵ポテンシャルを見極め、便益の計算に資することが重要と認識された。

3.3.2 仮説の検証

母貝場造成に係る仮説の検証を表 22 に示した。

表 22 仮説の検証

検証方法	判定	結果
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	△ 実用規模実証実験では放卵が確認できなかった