⑸ 食害生物・生育阻害生物（メンテナンスの必要性）

1） ツメタガイ、キセワタガイ、ヒラムシ、アカニシ

ツメタガイ、キセワタガイ、ヒラムシについては目立った混入は確認されなかった。またアカニシについては牡蠣養殖用カゴに 1～2cm 程度の個体が混入している例が数回確認されたが、小さい個体のため母貝が捕食される可能性は少ないと考えられた。ただし、実験区の周辺海域にはツメタガイやキセワタガイの卵塊が多数見られ、これらの食害生物が混入すると収容されたアサリが捕食される可能性は排除できないため、メンテナンスが必要であると考えられた。

(1)　　(2)　　(3)

図 30　食害生物（貝類）

(1)牡蠣養殖用カゴ内より捕獲されたアカニシ

(2)アカニシがアサリを捕食している様子

(3)稚貝育成へのヒラムシの混入

2） ナルトビエイ、クロダイ

過去の調査ではクロダイが実験区内の原地盤のアサリを捕食する様子が撮影された。魚類に関しては牡蠣養殖用カゴ内にハゼ類の混入が認められたが、アサリを捕食する魚類の混入は見られず、また生育施設外からの捕食も不可能であるため、これらについては特段の対策の必要は無いと判断された。

3) イシガニ、ガザミ

イシガニ・ガザミ類の稚ガニからの牡蠣養殖用カゴ内への混入により、収容アサリを捕食して育った例が見られた。これより牡蠣養殖用カゴは育成途中でフタを開けてのメンテナンスが必須であると考えられた。

(1)カニの爪殻のみが残留　　(2) 牡蠣養殖用カゴ内で成長したガザミ

図 31　食害生物（カニ類）

4) ホトトギスガイ

夏季にはホトトギスガイマットが選択的に基質入り網袋を覆う状況が見られ、後述の実験では 11 月になっても自然に解消されることはなかった。ホトトギスガイマットに覆われた一部の基質入り網袋では収容アサリの生残率低下が見られたことから、基質入り網袋についてもメンテナンスが必要であると考えられた。

一方、牡蠣養殖用カゴはホトトギスガイマットの影響は見られなかった。

(1)St.2'の北側のホトトギスガイ
(10 月 17 日撮影)

(2)基質入り網袋を選択的に覆う
ホトトギスガイマット

図 32　生育阻害生物（ホトトギスガイ）

5) カキ、フジツボ

夏季の牡蠣養殖用カゴはメンテナンスを怠るとカキ、フジツボの付着が著しく、通水性および餌料環境の悪化を招いていると考えられた。さらに、母貝の取り出し、分別時には牡蠣殻の混入が激しく、アサリの選別に著しい困難をもたらした。これは後日、メンテナンスの方法を変えることで解消できる可能性があると判明した。すなわち、メンテナンスごとに牡蠣養殖用カゴの接地面を 120° 回転することで、付着生物の成長が制御できる可能性が考えられた。

(1)牡蠣養殖用カゴへのカキの付着の様子

(2)カキ殻の混入の様子

図 33　生育阻害生物（カキ類）

3.2 規模の拡大

3.2.1 方法

現地にて採取した稚貝を育成した母貝（「4.2 母貝確保のための稚貝の育成」参照）を用いて基質入り網袋または牡蠣養殖用カゴにより、母貝の収容数 15,000 個体（規模の拡大）の実現を目的とした実験を実施した。

(1) 使用機器

使用した機器は「3.1 場所と方法の再検討」と同様とした。

(2) 方法

「4.2 母貝確保のための稚貝の育成」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、基質入り網袋には 100 個体/袋（0.1 ㎡）、牡蠣養殖用カゴには 150 個体/カゴ（0.15 ㎡）の密度（ともに 1,000 個体/㎡換算）で収容し、基質入り網袋は 75 袋および牡蠣養殖用カゴは 50 カゴ（合計 15,000 個体）を St.2' に設置した。

図 34　作業状況

図 35　設置状況

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基質入り網袋 5 袋および牡蠣養殖用カゴ 5 カゴから母貝を取り出し、生残率（生貝数、死貝数）、全体の湿重量およ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。計測後は元の基質入り網袋および牡蠣養殖用カゴに母貝を戻し再設置した。なお、成貝数および死貝数の計数は精度向上を目指し、計数盤を利用し、調査回間の個体数の整合性を確認した。

図 36　アサリ計数盤

図 37　作業状況

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に設置した基質入り網袋および牡蠣養殖用カゴから母貝をランダムに 15 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。

3.2.2 結果

(1) 生残率、殻長および 1 個体あたりの重量

生残率の経時変化を図 38 に、殻長の経時変化を図 39 に、1 個体あたりの湿重量の経時変化を図 40 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。

生残率では初期減耗が多く 10 月中旬から 11 月中旬は 1 カ月間で約 15%低下していた。これは収容成貝の供給元である「4.2 母貝確保のための稚貝の育成」実験で得られた成貝において、死貝の選別が徹底されず、収容時に当初からの死亡個体、いわゆる「泥アサリ」が混入してしまったためであった。

また、1 月には牡蠣養殖用カゴで再び大きく生残率が低下していた。12 月から 1 月にかけて牡蠣養殖用カゴでは設置していた位置により「浸食」あるいは「堆積」の差が顕著に表れ、「堆積」の牡蠣養殖用カゴでは内部に堆積物が充満し死亡個体数が多くなっていた。これにより 1 月の調査時の標準偏差は基質入り網袋の 2.8%に対し牡蠣養殖用カゴでは 7.2%とバラつきが大きかった。

殻長および 1 個体あたりの湿重量では、基質入り網袋で牡蠣養殖用カゴより成長が早かった。

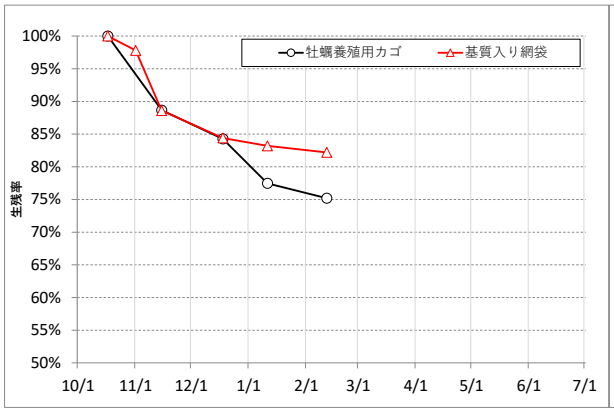

図 38　生残率の推移

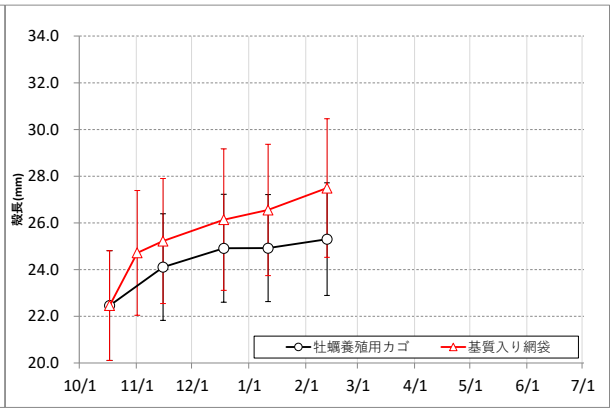

図 39　殻長の推移

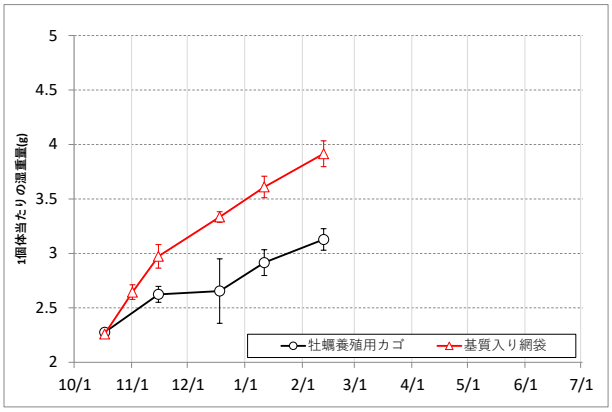

図 40　1 個体あたりの湿重量の推移

(2) 肥満度、群成熟度

肥満度の経時変化を図 41 に、群成熟度の経時変化を図 42 にそれぞれ示した。なお、図中のエラーバーは標準偏差を表している。

収容時点で群成熟度は 0.87 と高く、その後 11 月中旬を極大に 12 月中旬には大きく低下し 1 月中旬には更に低下していた。また肥満度も同様の傾向であったことから、この間に本実験での第 1 回目の産卵があったと推測された。

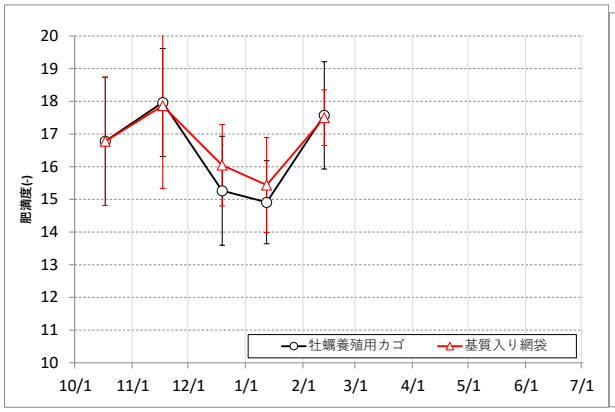

図 41　肥満度の推移

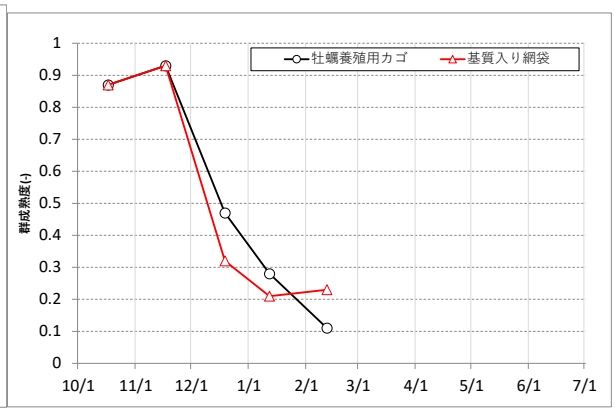

図 42　群成熟度の推移

3.2.3 考察

(1) 統計解析

生残率、殻長および 1 個体あたりの湿重量について基質入り網袋と牡蠣養殖用カゴを比較するため t 検定を行った結果を表 13 に示した。

「3.1 場所と方法の再検討」では生残率、殻長とも両者に有意な差は見られなかったが、本実験では成長項目に有意な差が見られた。すなわち、殻長及び 1 個体あたりの湿重量では基質入り網袋が牡蠣養殖用カゴより有意に良いとの結果であった。生残率では両者に有意な差は出なかった。各実験の条件の違いとして次のような項目が挙げられた。

①設置時期：「3.1 場所と方法の再検討」は 4 月から 8 月にかけて実施しており、水温をはじめとして環境条件が本実験と異なる。

②収容母貝：「3.1 場所と方法の再検討」は 4 月に周辺海域からの天然のアサリ(平均殻長 28.6mm)を用いているが、本実験では稚貝から育成した母貝(平均殻長 22.5mm)を収容している。

このような条件の違いにより基質入り網袋と牡蠣養殖用カゴの差異が表れたと考えられ、①については今後の実験継続が必要であると考えられた。

表 13　検定結果

調査日	検定項目	条件	t検定	
			P値（両側）	検定結果
令和3年2月12日	生残率	牡蠣養殖用カゴ	0.073	有意差なし
		基質入り網袋		
	殻長	牡蠣養殖用カゴ	3.48E-04 ◎	網袋＞カゴ
		基質入り網袋		
	1個体あたりの湿重量	牡蠣養殖用カゴ	3.19E-06 ◎	網袋＞カゴ
		基質入り網袋		

◎：p<0.01, ○：p<0.05

(2) 特性および作業性の比較

基質入り網袋と牡蠣養殖用カゴの特性および作業性について表 14 に整理した。

表 14　作業性の比較

項　目	基質入り網袋		牡蠣養殖用カゴ	
耐用年数	×	1年	○	10年
製作	×	・決められた量の基質を入れる手間がかかる	○	・組立は容易
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堀するため、流失防止対策が必要
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回しが容易
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カ月/1回程度 ・埋没するためメンテナンス回数が多い ・ホトトギスガイマットに覆われやすい	△	・2カ月/1回程度 ・夏季の付着物が多い
漁獲	×	・基質とアサリの分別が必要	○	・カゴ自体がフルイの役割をするため容易

⑶ 実用化の目途

実験では母貝の収容から 1 カ月程度で産卵したと推測され、試験開始時期が適切であったと考えられた。

秋以降の牡蠣養殖用カゴの設置については、一部で洗堀によって固定用結束バンドが切断した状態が確認されたが、その後対策を実施することで流失の可能性は解消された。また一方で堆積物の充満によって生残率が低下したが、これはメンテナンスによって解消されると考えられた。以上より、牡蠣養殖用カゴについては洗堀・堆積の課題があるものの、実用化は可能と考えられた。

基質入り網袋については特段の不具合は認められず、実用化に際しての問題点は見当たらなかった。また、成長項目では牡蠣養殖用カゴより高い評価であった。ただし、母貝としては収容時点で産卵サイズに達していることから、成長より生残に重きがあるため、一概にどちらが良いとは判断できなかった。

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 場所と方法の再検討」では方法について再検討を行ったが、課題であった台風による破損も見られず、新規技術の牡蠣養殖用カゴは既存技術の基質入り網袋と遜色ない結果を示し、「3.2 規模の拡大」で実用化の目途がついた。

場所については春～夏季で岸側の調査点 St.2'と沖側の調査点 St.4 を比較したが、同じような環境条件であるとの結果から、安全性・作業性の良い岸側の St.2'で規模拡大実験を行った。しかし、秋～冬季にかけては牡蠣養殖用カゴで洗堀・堆積が著しい時期が認められ、流失防止策を施した。この結果、流動条件の厳しい海域でも流失防止策を施すことにより、牡蠣養殖用カゴの展開が可能と推測された。なお、基質入り網袋には際立った洗堀・堆積は見られず、既存技術としての確かさが確認された。

母貝育成のサイクルとしては「3.1 場所と方法の再検討」では春と秋の 2 回、「3.2 規模の拡大」では秋の 1 回の産卵が確認されており、本技術の母貝場としての有効性が確認された。また、夏季の生残率低下が過年度からの課題であったが、環境条件が異なる本年度においても同じような傾向が認められたため、潜在的な事象であると判断された。すなわち、毎年夏季に生残率が低下するのはアサリ自体の疲弊にあり、産卵によって母貝の体力が低下している状況おいて夏季の厳しい環境条件が生残率のさらなる低下をもたらしたと考えられ、母貝育成のサイクルを構築する資料とすることができた。

3.3.2 仮説の検証

表 15　仮説の検証

項目	場所と育成方法の再検討	実用化へ向けた規模の拡大
目標	場所（St.2'と St.4）と育成方法（基質入り網袋と牡蠣養殖用カゴ）を再検討し、母貝育成の適切（良好な成熟と産卵を確認した上で、生残率:60%/6 か月以上）な場所と方法を選定する。	母貝の収容数 15,000 個体（基質入り網袋：100 個体/袋×150 袋または牡蠣養殖用カゴ：150 個体/カゴ×100 カゴもしくはその併用）を実現する（良好な成熟と産卵を確認した上で、秋季、春季の産卵期の平均生残率 60%以上）。
仮説	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。	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。
検証項目	母貝の生残率、大きさ（殻長）、肥満度、群成熟度	母貝の生残率、大きさ（殻長）、肥満度、群成熟度
検証	・場所、方法とも統計的に有意な差は見られなかったため、明らかにはできなかった。 ・2 回の産卵が確認されたが、生残率は 4 カ月で生残率 60%を割り込み、春に収容した母貝では目標数値を達成できないことが明らかになった。	・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。