

## エ. 母貝団地造成技術の開発

### ④ 伊勢湾におけるハマグリ之母貝団地造成技術の開発

三重県水産研究所 鈴鹿水産研究室

舘 洋

#### 【目的】

伊勢湾（三重県側）のハマグリは、主に北部の桑名地区において戦後は年間千トン以上が水揚げされたが、干潟の減少、地盤沈下などの影響で昭和 40 年代後半から減少し、平成に入ると数トンまで激減した。桑名地区では、ハマグリ資源の回復に向けて、昭和 50 年頃からハマグリ人工種苗の生産技術開発と稚貝の放流、資源管理、干潟造成などに取り組んだ結果、平成 15 年頃からハマグリ資源が増加し、平成 26 年には水揚量が約 200 トンまで回復した。しかし、その後は再び資源が減少し、ハマグリ資源の底上げが急務となっている。本研究では、桑名地区における天然ハマグリ分布調査を行い、ハマグリ稚貝の放流適地を明らかにするとともに、干潟等における稚貝の保護飼育試験を実施して、母貝団地の造成に向けた知見を得る。

#### 【研究方法】

##### 1) 天然ハマグリ分布調査

桑名地区において、ハマグリ分布調査を 6 月、10 月、2 月に実施した。調査地点は木曾三川の河口域において、漁獲情報をもとに、ハマグリが生息していると考えられる 121 地点を選定した（図 1）。調査は、軽量簡易グラブ採泥器を用いて各地点で 2 回ずつ（0.05m<sup>2</sup>/回）、深さ 0.2m で海底堆積物を採取し、目合 2mm のフルイに残ったハマグリなどの二枚貝類を採取して個数、殻長、湿重量を計測した。また、各調査地点で海底堆積物の表層約 2cm を採取し、乾燥粉碎後、強熱減量（IL）と粒度組成を測定した。各調査地点では水深の測定を行い、また、6 月調査時には、各調査地点で多項目水質計を用いて水温、塩分、溶存酸素濃度（DO）を測定した。

##### 2) 干潟域および漁港内における保護飼育試験

令和 3 年度に人工種苗生産し、中間育成施設および天然海域（尾鷲）で中間育成して令和 4 年 9 月の時点で平均殻長が 1 cm 程度にまで生育したハマグリ種苗を用いて、木曾三川の長島干潟（図 2）において保護飼育を行った。昨年度に行った干潟での保護飼育試験では、飼育カゴ（沖出し袋）の一部が流出し、残った飼育カゴには藻類などの付着が多くみられ、海水交換が悪化していたため、今年度の試験では、沖出し袋の目合を 1.2 mm から 3 mm に拡大するとともに、干潟に設置されているポールに飼育カゴの上部と下部を結束バンドでしっかりと固定して設置した（図 3）。試験に用いた稚貝は、令和 3 年度の中間育成種苗に加え、令和 4 年度に陸上水槽で中間育成した種苗を用いた（表 1）。収容個数はカゴ当たり 3～3.6 千個とし、冬季を除いて、2 か月に 1 回程度、設置状況の確認と、殻長の測定

を実施した。また、長島干潟のやや上流部に位置する赤須賀漁港内で垂下飼育を行い、生育状況を比較した（図 4、表 2）。

### 【研究成果の概要】

#### 1) 天然ハマグリ分布調査

##### ① 稚貝の分布

令和 4 年度 6 月と 10 月に実施した分布調査結果を、主な貝種別に集計して図 5 に示した（2 月調査はデータ整理中）。ハマグリは 6 月には河川内を含む木曽川の流れ沿いにわずかに見られ、10 月には、全体的な分布密度は増加したものの、河川内の分布密度は減少し、木曽川の流れ沿いを中心に、やや沖側に分布が見られた。6 月に比べ 10 月に河川内のハマグリ稚貝の分布密度が減少しているのは、昨年度と同様の傾向であった。また、昨年度の 10 月調査において、長島干潟で稚貝の残存が見られたが、今年度の 10 月調査でも長島干潟や城南干潟などの干潟域で稚貝の分布が確認された。ヤマトシジミは木曽川、揖斐川の両河川内を中心に分布がみられた。また、アサリは河川内から沖まで広く分布していたが、ハマグリとは異なり、揖斐川の流れ沿いや、木曽川の流れ沿いの東側に多く分布していた。

次に各調査で採取されたハマグリ殻の殻長組成を図 6 に示した。令和 4 年 2 月調査では、20 mm 未満の稚貝は採取されなかったが、6 月には前年の加入群と思われる殻長 4~7 mm のピークが見られた。また、10 月調査では当年生まれの加入群と思われる殻長 3 mm 前後のピークがみられた。

##### ② 生育環境

調査地点は木曽三川の河口域で、河川水や潮汐の影響を受けることから、昨年度調査も含めた調査地点全体の塩分は 4.1~30.3 と広範囲であった。このうち、ハマグリが 100 個/m<sup>2</sup>以上確認された調査地点の塩分は、7.0~29.8（平均 19.0）で、アサリの 12.0~29.7（平均 19.5）に比べ、やや低塩分側にも分布が見られた。また、ハマグリが確認された地点の粒度組成は、中砂、細砂の占める割合が高く、シルト、泥、礫・粗砂などは少なかった。これは前年度調査と同様の傾向であった。ハマグリが 100 個/m<sup>2</sup>以上確認された調査地点での、粒度組成における細砂~中砂（0.125~0.5 mm）の占める割合が平均 89.1% となっており、全調査地点平均の 75% を大きく上回った（図 7）。特に中砂（0.25~0.5 mm）は、全調査地点平均 29.9% に対し、ハマグリが 100 個/m<sup>2</sup>以上確認された調査地点での平均は 52.5% と高かった。また、平均粒径のまわりに粒度がどれ程度集中するかを示す指標である淘汰度（数値が 0 に近いほど粒径がそろっている）と泥分率、貝類の出現数の関係を貝種別に図 8 に示した。各貝種で 20 個/m<sup>2</sup>以上の出現が見られた地点での淘汰度を比較すると、ハマグリでは全て 1.0 未満（最大 0.94）であったのに対し、ヤマトシジミは最大で 1.95、アサリは最大で 1.65 で、ハマグリの高出現地点の淘汰度は他の 2 種に比べ、明らかに低かった。これらの結果より、ハマグリ稚貝は細砂から中砂の、比較的粒径がそろっ

た底質を好んで生息しているものと考えられた。

## 2) 干潟域および漁港内における保護飼育試験

鉄枠カゴを用いた長島干潟における保護飼育試験では、9月27日に設置して、約2か月後の11月22日に、設置状況の確認調査を行った。設置した4つのカゴは、いずれも流出はしていなかったものの、すべてのカゴに複数個所の破損が見られ、カゴ内にはイソガニなどの害敵生物が侵入していた。カゴの破損状況から、収容した稚貝の一部は流出しているものと考えられたが、調査時期は日中の潮の引きが悪く、飼育カゴ内の稚貝数の計数はできなかったため、現時点での流出数は不明である。3月に再度、調査を行い、状況を確認する予定である。次に、赤須賀漁港での垂下飼育試験結果を図9に示した。低水温期のため、殻長の増加はほとんど見られていないが、いずれの飼育カゴもへい死個体はほとんど見られていない。設置場所は河川の影響を受け、上流からの泥土が飼育カゴに付着しているが、わずかな水流でも泥は容易に落ちる程度であることから、海水交換の妨げにはなっていないと考えられた。今後、水温の上昇に伴い、生育が期待される。

### 【次年度に向けた提言】

天然ハマグリ分布調査については、これまでの調査により、概ね分布状況を把握することができた。また、梅雨時期や台風などの出水後に分布域の変化が見られることから、次年度は梅雨時期前の5～6月と、台風時期後の10～11月の2回について、調査を継続していく予定。また、干潟での保護飼育については、過去3年間の実施で、いずれも飼育容器の流出や破損が見られた。全国でも有数の大河川の河口域であり、出水時など非常にリスクが高いものと考えられた。また、都市部に近く、漁業者以外の干潟への出入りもあり密漁などのリスクも伴うため、次年度からは、漁港内など、漁業者による監視が行き届く海域における垂下飼育を中心に検討する。

【図表】

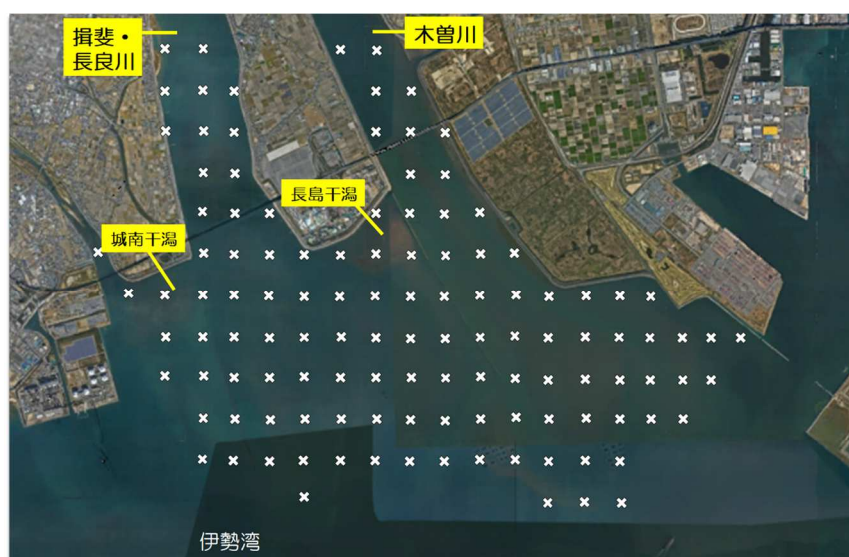


図 1. 分布調査地点（121 地点）



図 2. 長島干潟における飼育カゴ設置場所



図 3. 干潟保護飼育試験の設置状況（鉄枠入り、上部と下部をポールに固定）

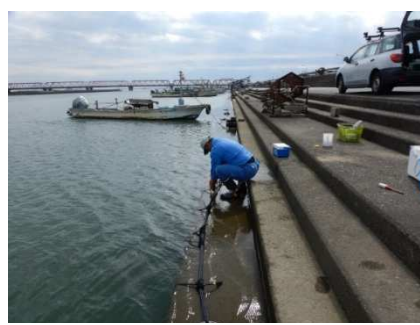


図 4. 赤須賀漁港での垂下飼育試験

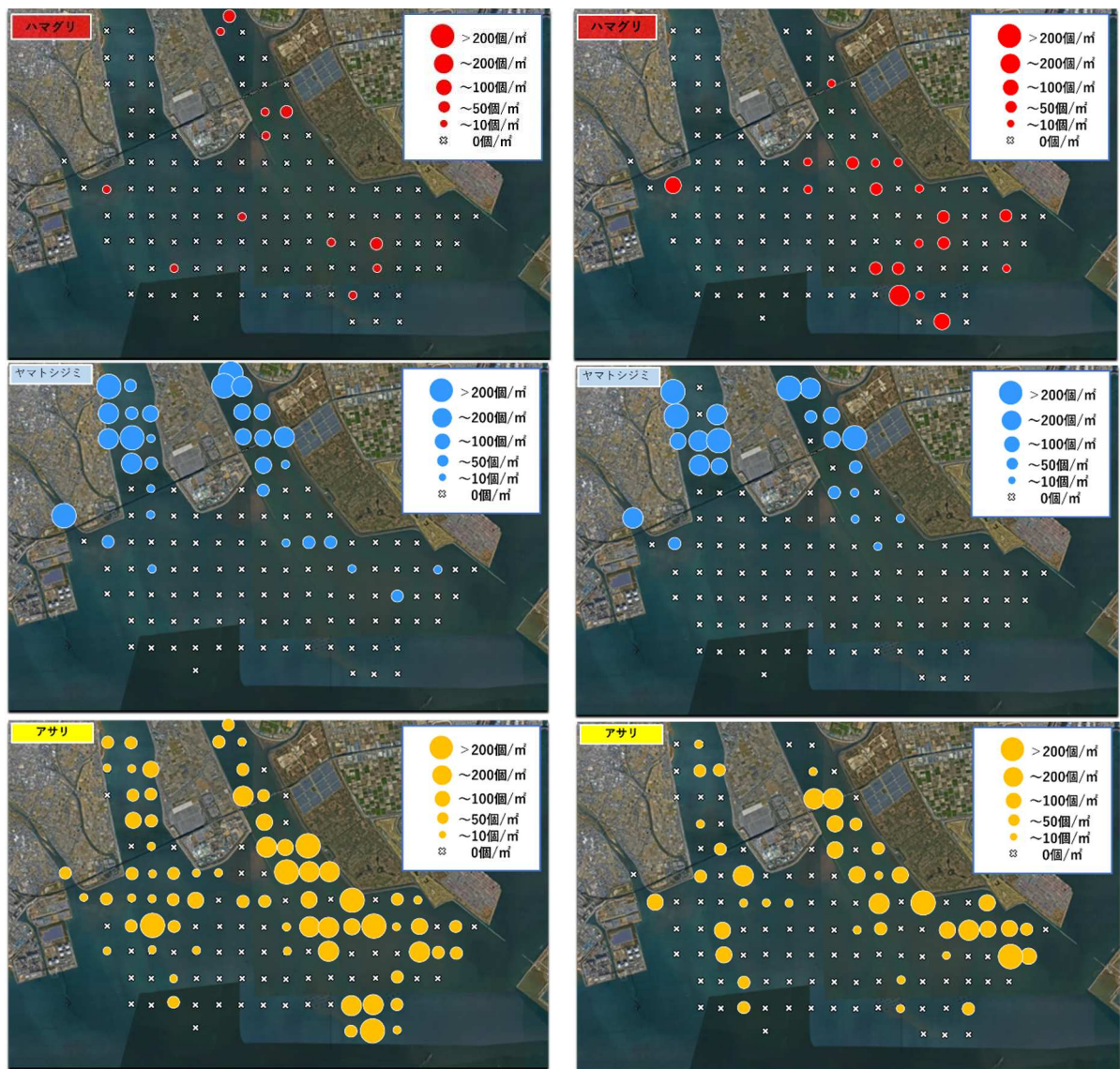


図 5. 貝種別分布調査結果（6 月調査：左図、10 月調査：右図）

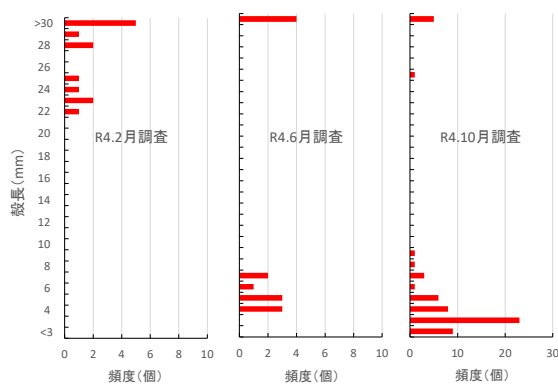


図 6. 採取されたハマグリ の殻長組成（R4.2 月～10 月）

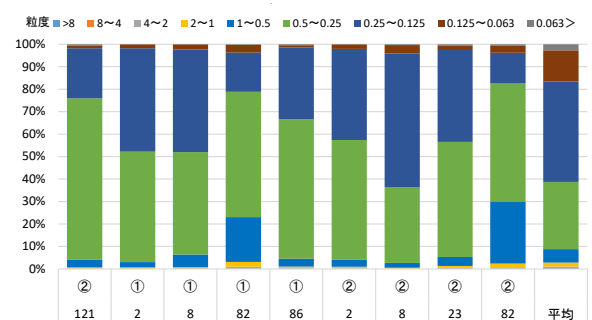


図 7. 6 月、10 月調査におけるハマグリ採取地点（100 個/m<sup>2</sup>以上）の粒度組成



図 8. 6、10 月調査における淘汰度と泥分率、  
貝類の出現数 (個/m<sup>2</sup>) の関係

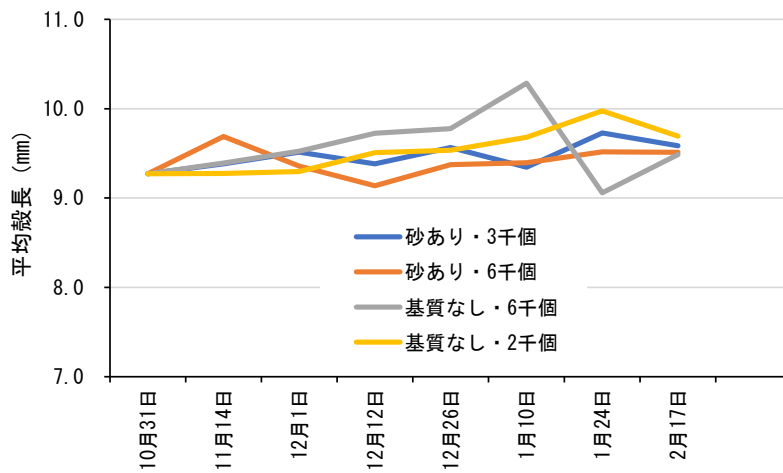


図 9. 赤須賀漁港垂下飼育における殻長の推移

表 1. 干潟域における保護飼育条件

| 実施地  | 開始日   | 沖出し袋<br>目合 (mm) | 稚貝数<br>(千個/飼育容器) | 開始時の平均殻<br>長 (mm) | 備考   |
|------|-------|-----------------|------------------|-------------------|------|
| 長島干潟 | 9月27日 | 3               | 3.6              | 11.56             | R3種苗 |
|      |       | 3               | 3.0              | 7.97              | R4種苗 |
|      |       | 3               | 3.0              | 7.97              | R4種苗 |
|      |       | 3               | 3.0              | 7.97              | R4種苗 |

表 2. 漁港内での垂下飼育試験条件

| 実施地   | 開始日    | 沖出し袋<br>目合 (mm) | 稚貝数<br>(千個/飼育容器) | 開始時の平均殻<br>長 (mm) | 基質   |
|-------|--------|-----------------|------------------|-------------------|------|
| 赤須賀漁港 | 10月31日 | 1.2             | 3.0              | 9.27              | 砂あり  |
|       |        | 1.2             | 6.0              | 9.27              |      |
|       |        | 1.2             | 6.0              | 9.27              | 基質なし |
|       |        | 1.2             | 2.0              | 9.27              |      |

## エ. 母貝団地造成技術の開発

### ⑤ 餌料源分析を通じたハマグリ母貝団地造成技術の開発

国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所

西本 篤史・高田宜武・丹羽健太郎

#### 【目的】

沿岸漁業を下支えしてきたアサリの漁獲量が低迷する中で、近年、各地でハマグリがみられるようになってきた。ハマグリは漁獲加入までに3年近く要するため、漁場での適切な管理が求められるが、その生態については情報が乏しい。本研究では、成長に伴う干潟内でのハマグリ移動に着目し、本種の干潟内における移動が成長に伴う餌料源の変化に起因する可能性を検証する。これにより、成長段階別に、干潟内での適正な育成場・母貝場の条件を明らかにすることを目的とする。

#### 【研究方法】

##### 1) 同位体比のターンオーバーの検討

千葉県盤洲干潟をフィールドに、令和3年4月から9月にかけて、カゴ試験区を実施した。カゴ試験区の詳細については、令和3年度報告書を参照されたい。その報告書の中で、殻長の小さなハマグリ個体の炭素・窒素安定同位体比（以下、それぞれ $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ ）が、殻長の大きなハマグリ個体の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ に比べて、統計的に有意に異なり、低い値を取ることを報告した。この結果について、試験に人工種苗を用いたことによるミスリードである可能性、つまり、種苗生産時の餌料環境による影響を捉えてしまっている可能性について、検討を行った。

具体的には、千葉県水産総合研究センターが令和3年度に新たに生産した殻長3mm程度のハマグリ種苗および給餌した餌料藻類（課題イ①）の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ を分析し、人工種苗の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ の初期値を確認した。加えて、カゴ試験区におけるハマグリ $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ について、設置後の時系列変化（令和3年4月から9月）を整理・確認することで、屋外でのターンオーバーに要する期間について、改めて検討を行った。

##### 2) ハマグリ同位体比分析およびベイズ混同モデルの検討

ハマグリ種苗、およびカゴ試験区にて採取したハマグリ試料の内、未分析であった試料（8月および9月分）の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 分析を進めた。ハマグリ種苗の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 分析には、1個体では分析に必要な重量を確保できないため、1分析試料につき、20個体分の試料（色の付いた中腸線と消化管を除去）をプールして用いた。安定同位体比分析の詳細な方法については、課題ウ ⑥ 餌料源分析を通じたハマグリ育成技術の開発、を参照されたい。

以上のデータ、および餌料源候補（エンドメンバー）である海水および淡水中の有機懸濁物（POM: particulate organic matter）、および底生微細藻類の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ を用いて、ベイズ混合モデルによるハマグリ $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ の餌料源推定を実施した。本解析には、RのMixSiarパッケージ

ージを使用した。

### 3) 消化管内容物のメタゲノム解析

令和4年9月26日の大潮干潮時に、千葉県の盤洲干潟で実施しているカゴ試験区（岸）周辺にて、メタゲノム解析用のハマグリ（大：殻長 50~60 mm の3個体、小：殻長 20 mm 以下の3個体）を採取した。採取したハマグリは、ニッパーを用いて貝殻を少し割り、99.5%エタノールに入れ固定した。ハマグリ消化管内容物から DNA を抽出し、葉緑体 *rbcL* 領域上に設計された珪藻特異的なユニバーサルプライマー（Maitland et al., 2020）を用いて、1st PCR を実施した。その後、電気泳動で増幅が確認された試料について 2nd PCR・シーケンシング・ライブラリの作成を行った。決定された各配列について BLAST による相同性検索を行い、配列一致度 95%を基準に微細藻類（珪藻）を属レベルで同定した。これら解析については、三重大学の伯耆助教に主導して頂く形で実施した。また、得られた珪藻類データの解釈には、水産資源研究所釧路庁舎の渡辺主任研究員に御協力頂いた。

### 4) アサリの出現状況

干潟上におけるカゴを用いたハマグリ中間育成（種苗サイズ）において、岸寄りでの成長が良い旨を報告した（令和3年度報告書）。これまで、その要因としてハマグリの摂餌生態に着目した検討を行ってきたところである。その反面、カゴ内に 1 mm 目合いのメッシュを越えて加入してきた、アサリを中心とする他の二枚貝類の影響については考慮してこなかった。しかし、実際には、ハマグリとこれら二枚貝類との間で、餌や空間を巡る競合が起きている可能性がある。

カゴ試験区（種苗サイズ）では、スコップを用いて底質ごとサンプリングし、500  $\mu$ m 目合いの篩で篩った残渣を持ち帰っている。そのため、ハマグリと一緒にアサリも採取されており、併せて測定を行うことで、相対的な量の比較も可能であった。そこで、設置3ヵ月後の令和3年6月から9月までのサンプルを改めて見直し、殻長データを整理することとした。

## 【研究成果の概要】

### 1) 同位体比のターンオーバーの検討

ハマグリ種苗の  $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$  を分析した結果、 $\delta^{13}\text{C}$  :  $-17.2\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  :  $1.5\text{‰}$  ( $n=3$ ) となり、 $\delta^{15}\text{N}$  がかなり低い値を取ることが明らかになった。給餌しているパブロボの  $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$  は、小規模培養（肥料として kw-21 を添加）と拡大培養（肥料として硝酸カリウムを添加）で  $\delta^{15}\text{N}$  の値が大きく異なり、前者では  $\delta^{15}\text{N}$  :  $13.6\text{‰}$  と高く、後者では  $\delta^{15}\text{N}$  :  $-2.3\text{‰}$  と低かった。施設内での中間育成には、これら両方の方法で培養した餌料藻類を給餌しているものの、量的に考えると拡大培養した藻類の方が占める割合は高いと考えられ、ハマグリ種苗の  $\delta^{15}\text{N}$  は拡大培養用の肥料として添加された硝酸カリウムの  $\delta^{15}\text{N}$  の値に引

っ張られて低い値を取ったものと考えられる。

ハマグリ種苗の  $\delta^{15}\text{N}$  が想定していたよりもかなり低かったことから、干潟でのカゴ試験に供した期間の短い試料については、種苗生産時の餌の  $\delta^{13}\text{C} \cdot \delta^{15}\text{N}$  の影響が残っている可能性が否定できない。そのため、正確な餌料源推定のためには、種苗生産時の餌の  $\delta^{13}\text{C} \cdot \delta^{15}\text{N}$  から、現場の餌料環境の  $\delta^{13}\text{C} \cdot \delta^{15}\text{N}$  を反映するまでに要する時間（ターンオーバー）の検討が必須である。そこで、干潟に設置したハマグリ種苗の  $\delta^{13}\text{C} \cdot \delta^{15}\text{N}$  について、時系列に整理した（図 1）。まず、 $\delta^{13}\text{C}$  について見ると、設置 4 ヶ月後の 7 月に、出水によるものと推察される値の低下がみられたものの、岸サイトでは設置 2 ヶ月後の 5 月（殻長 9.37 mm）、中間サイトでは設置 3 ヶ月後の 6 月（殻長 11.86 mm）には、おおむね現場の値に収斂しているように見える。 $\delta^{15}\text{N}$  についても設置 1 ヶ月後から 2 ヶ月後にかけて値が急速に上昇し、3 ヶ月後の 6 月には現場の値に収斂している様子を確認することが出来た。このことから、殻長 5 mm 程度のハマグリ種苗のターンオーバーには、およそ 3 ヶ月かかると推定される。但し、この間にもハマグリの殻長は成長しており、成長に伴う餌料源の変化による影響も完全には排除できないことには留意する必要があるだろう。

## 2) ハマグリ同位体比分析およびベイズ混合モデルの検討

ハマグリ  $\delta^{13}\text{C} \cdot \delta^{15}\text{N}$  のターンオーバーには 3 ヶ月程度かかるということで、2 ヶ月後まで、あるいは 3 ヶ月後までに採取した試料については、餌料源推定のためのデータセットから除去して考える必要がある。以下に、ケース a) 4&5 月の 2 ヶ月分のデータを削除し、6~9 月分のデータを使用、ケース b) 4~6 月の 3 ヶ月分のデータを削除し、7~9 月分のデータを使用、以上 2 つのケースについて、ベイズ混合モデルの推定結果（図 2、3）を示す。

まず、ケース a)（図 2）を見ると、殻長 30 mm を境に、ハマグリの餌料源が大きく変化すると推定された。具体的には、殻長 30 mm を越えると海水中の POM をほぼ 100% の割合で餌として利用するのに対して、殻長 30 mm 以下だと、底生微細藻類も高い割合で利用し、僅かに淡水中の POM も餌利用していると推定された。

一方、ケース b)（図 3）では、殻長 30 mm 以下で淡水中の POM もわずかに餌として利用していることを示唆する推定結果になったものの、サイズクラス間で、餌料源に大きな違いは見られなかった。というのも、殻長の小さな個体ほど、ターンオーバーに要する時間が短いため、出水イベントなどの影響が  $\delta^{13}\text{C} \cdot \delta^{15}\text{N}$  に表れやすいと考えられる。一方で、大きな個体では、ターンオーバーに要する期間が長いので、出水などのイベントによる  $\delta^{13}\text{C} \cdot \delta^{15}\text{N}$  への影響が検出されにくい。つまり、大きな個体で淡水中の POM の寄与がうまく検出されていないだけの可能性が考えられる。

元々用いている同位体データが少ないこともあり、何ヶ月分のデータを切るかによって、結果が変わってしまっている。殻長 30 mm 以上の個体における推定結果は、両者で大きく異なっているものの、同位体だけを用いて更なる検証を行うことは困難な状況と言え

る。

### 3) 消化管内容物のメタゲノム解析

同位体だけではアプローチが難しくなってきたことを受け、ハマグリ消化管内容物のメタゲノム解析について、予備的に実施した。得られた珪藻類のデータについて、分類群ごとに生育地（淡水または海水）、および生活型（浮遊、底生または付着）に基づいて整理した。

まず、生育地について見ると、ハマグリのサイズに依らず、いずれの個体においても海水産の珪藻類の占める割合が高かった。但し、小櫃川の河口に位置する本サイトでは、淡水産の珪藻類も、1 個体を除いて、2 割程度の割合で確認され、河川由来の有機物がハマグリの餌料として寄与していることが確認できた。次に生活型に着目すると、ほぼ全ての珪藻類が浮遊性の種類であったが、小サイズのハマグリ 2 個体からは、底生性の藻類が 6% 程度出現した。ベイズ混合モデルの推定結果と照らし合わせると、ケース b) のように、ハマグリのサイズに依らず高い割合で底生微細藻類を利用しているとは考えにくく、ケース a) の推定結果との当てはまりが良いように見える。今後、消化管内容物メタゲノム解析データを蓄積していく中で、同位体ベイズ混合モデルを用いた推定結果にもフィードバックしながら、より実態に合った推定を行っていく必要がある。

### 4) アサリの出現状況

まず、岸、中間、沖、以上 3 つのサイト間で、アサリの出現状況を比べると、岸サイトで明らかにアサリの加入が少なかった（図 5）。この結果は、岸サイトにおいてハマグリの成長が良かったことの理由の 1 つとして考えられる。また、令和 3 年度報告書にて、8 月以降、岸サイトでの成長が鈍化することを報告したが、9 月のヒストグラムの分布から、ハマグリの成長が頭打ちになっていることを改めて確認することが出来た。

次に、アサリのまとまった加入の見られた中間と沖を比べてみると、ハマグリとアサリのサイズ分布の傾向が異なっていた。前者では、ハマグリとアサリの主要なサイズクラスがほぼ重なっているのに対して、後者では、アサリの方がハマグリに比べて小さい傾向がみられた。このことは、ハマグリとアサリの間の餌を巡る競争を考えた際、前者において、特に影響が大きい可能性が示唆された。

これらの結果は、令和 3 年度報告書において報告した、カゴ試験区（種苗サイズ）の成長結果とも整合性が取れている。そのため、干潟でのハマグリの中間育成を考える際には、他種との競合の有無、もしくはその程度についても無視できない。摂餌生態からのアプローチを主体とする場合においても、実験系の状態についての記述が必須であろう。

### 【次年度に向けた提言】

次年度は、今年度予備的に実施したハマグリ消化管内容物のメタゲノム解析について、

本試験を実施したいと考えている。環境中（海水、淡水および底質）、またアサリなど他種の消化管内容物のメタゲノム解析についても併せて実施することで、ハマグリ摂餌生態の特性を明らかにしたい。また、最終年度の成果として、盤洲干潟における中間育成および母貝場造成スケジュールについて、取りまとめを行う必要がある。

【図表】

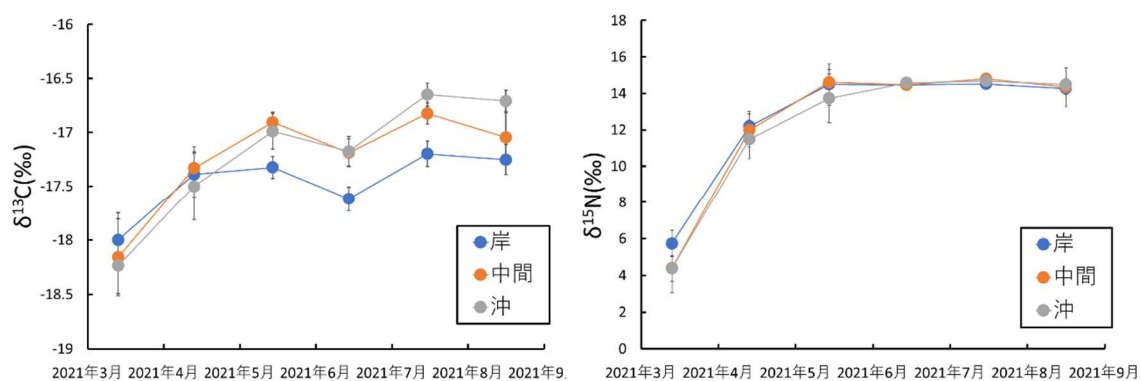


図1 ハマグリの炭素・窒素安定同位体比の経月変化

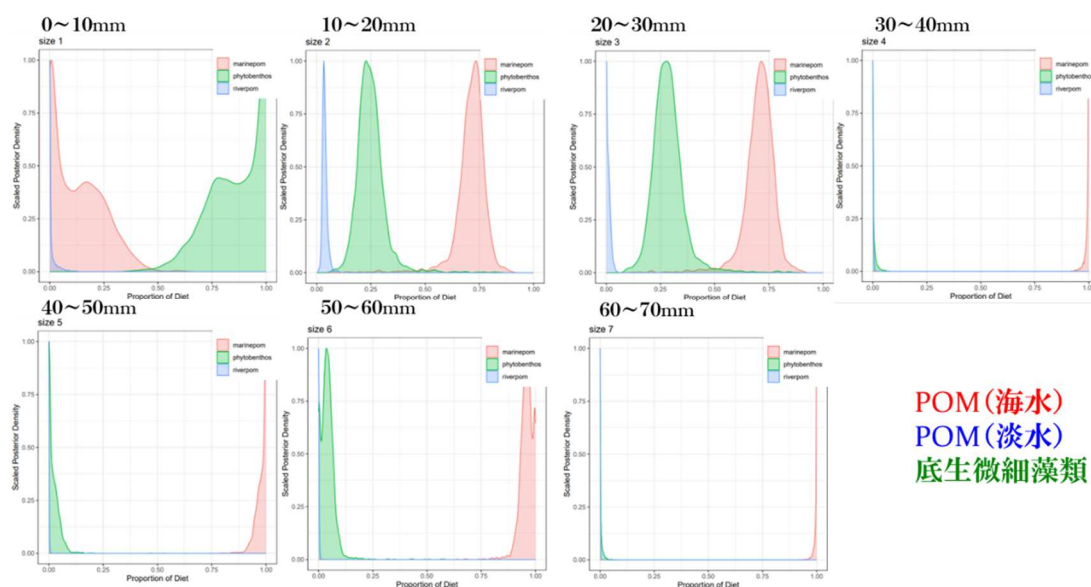


図2 ベイズ混合モデルによるハマグリのサイズ別餌料源の推定結果（4&5月分除去）

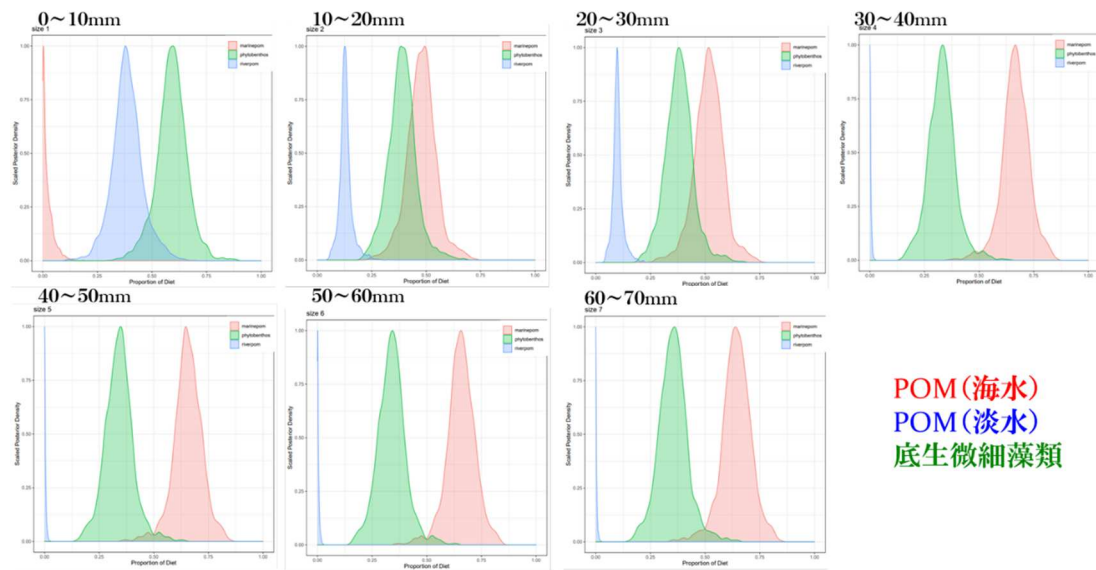


図3 ベイズ混合モデルによるハマグリのサイズ別餌料源の推定結果（4~6月分除去）

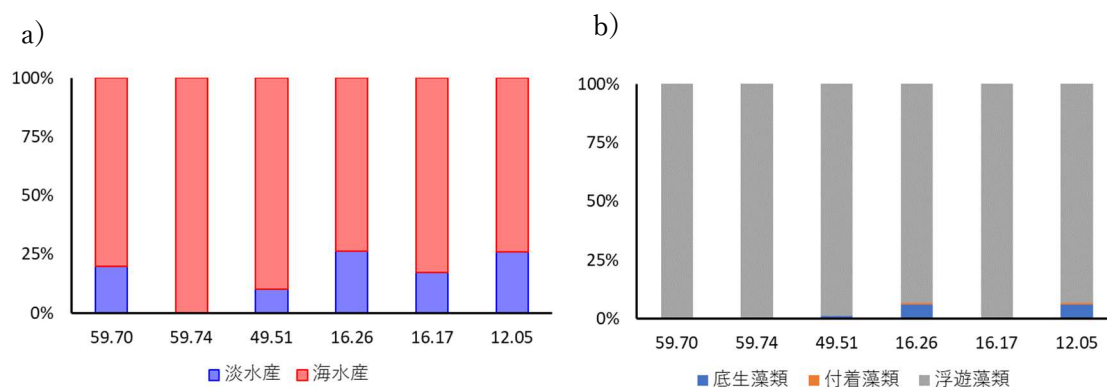


図4 ハマグリ消化管内容物のメタゲノム解析から見られた珪藻類の割合

a) 生息地、b) 生活型

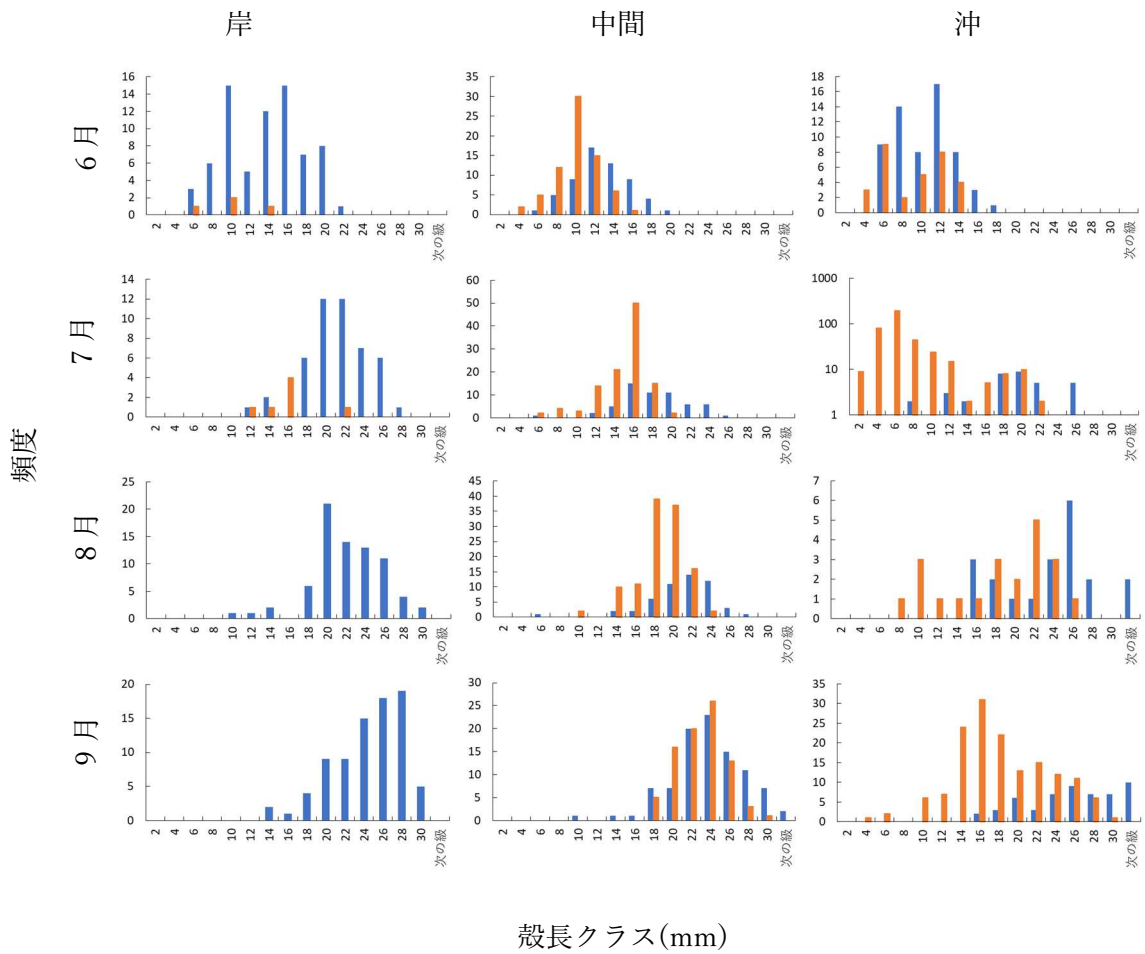


図5 ハマグリとアサリの月別・殻長分布（ハマグリ：青、アサリ：橙）