

イ. 人工種苗生産技術の開発

② ハマグリ人工種苗生産技術の開発 (愛知県) - 2

愛知県水産試験場

鈴木貴志・平井玲・日比野学・阿知波英明・成田正裕

・中島広人・進藤蒼・荒川純平・市原聡人

【目的】

ハマグリ人工種苗生産の技術開発が進められているが、着底期の前後に減耗が発生するなど、この時期の飼育条件の適正化が課題となっている。

そこで本研究では、ハマグリ浮遊幼生の着底期前後の生残率を向上させることを目的に、着底期前後の飼育水の好適塩分濃度を検討した。

【研究方法】

1) 採卵

採卵に用いた親貝は、令和4年3月と6月に、三河湾沿岸の蒲郡市三谷地先および西尾市矢作川河口において、徒手または小型底びき網で採取した。3月に採取した親貝は未成熟のため5月まで室内の1トン水槽に収容し、23°Cに加温し、*Chaetoceros neograsile* を飼育水に対して10~20万 cells/mL/日給餌して養成した後、採卵に用いた。一方、6月に採取した親貝は養成せず採卵に用いた。親貝は採卵日の2~3日前に砂ろ過海水を入れたプラスチック製容器(横115cm×縦70cm×深さ18cm)に収容し、冷却装置(Tetra CPX-75)を用いて水温を18°Cとし通気及び換水を行い採卵当日まで静置した。小林(2019)の方法に準じて、直射日光下に40分程度干出させた後、自然水温の砂ろ過海水を入れた100L黒色ポリカーボネイト水槽に収容し、ヒーターを用いて2°C/時間の速度で30°Cまで昇温することにより、採卵誘発を行った。なお、25°Cに達した時点で、放卵・放精がみられなかった場合には、精子懸濁液を投入し、放卵、放精を促した。十分な産卵量が確認された際には、サイフォンにより産卵後の収容海水を目合い59 μ mのプランクトンネットでろ過し、受精卵を回収した。受精卵は、27°Cに調温した精密ろ過海水を用いて洗卵した後、止水・微通気とした100L黒色ポリカーボネイト水槽に底面積あたり1,500個/cm²の密度となるように収容した。採卵翌日、ふ化幼生がD型幼生に変態していることを確認後、サイフォンにより飼育水を目合い59 μ mのプランクトンネットでろ過してD型幼生を回収し、浮遊幼生飼育試験に供した。なお、産卵を誘発しても放卵・放精が確認されなかった場合は、再度、18°Cの海水中に親貝を静置し、翌日に採卵を実施した。採卵後の親貝については、アンフラサイト(粒径:2mm)を敷いたカゴに収容して愛知県水産試験場地先の港に垂下し、次回の採卵に使用するまで畜養した。一部の親貝については精子懸濁液の作製時および採卵後に殻長(mm)、殻高(mm)、殻幅(mm)、軟体部湿重量(g)を計測し、肥満度(軟体部湿重量g/(殻長mm×殻高mm×殻幅mm))を算出した。

2) 浮遊幼生飼育試験

浮遊期の好適塩分条件を検討するために、回収した D 型幼生を供試個体として、5 月から 9 月にかけて飼育試験を 3 回実施した。飼育は、ダウンウェリング法（牧野ら 2016）で行い、塩分を調節した精密ろ過海水を入れた 60L プラスチックコンテナ（縦 48cm×横 73cm×深さ 20cm）内に底面を 69 μ m の目合のプランクトンネットで覆った塩化ビニール製円形容器（内径 20cm）を 3 個設置して行った。円形容器には幼生を収容し、観賞魚用ポンプ（エーハイム コンパクトオン 300）により飼育水を上方から円形容器内へ散水させる形とした。

なお、飼育水温は 33 $^{\circ}$ C とし、加温は幼生を収容した円形容器と観賞魚用ポンプの間隙にヒーターを入れて行った。試験区はフルグロウン期幼生まで塩分 20 で飼育した試験区（L20）とアンボ期に 20 から 15 に落とした試験区（L15）とした。なお、飼育水は塩分濃度を精密ろ過海水と水道水で希釈して調節した後、翌日まで曝気と紫外線殺菌したものを使用した。餌料は培養した *Pavlova lutheri*（以下、パブロボ）を使用し、翌朝の飼育水槽内の餌料密度が 2,000cells/ml 以上に保たれるように適宜調節して 10,000～25,000cells/mL を 1 日 1～2 回、給餌した。換水は、飼育水と同じ塩分・水温の精密ろ過海水を用いて、全量を給餌前に 1 日 1 回行った。試験期間中、毎日サンプリングを行って、幼生の発育状況等を顕微鏡下で確認し、フルグロウン期になったことを確認した段階で、幼生を回収し、生残率の評価を行った。

3) 着底稚貝飼育試験

着底期以降の好適塩分条件を検討するため、D 型幼生期に塩分 20、アンボ期に塩分 15 で飼育したフルグロウン期幼生を用いて、着底期の飼育水の塩分を 15（T15-15）、12.5（T12.5-15）、12.5（T12.5-19）に設定した 3 試験区で飼育試験を開始した。着底期に塩分 12.5 とした 2 試験区は着底完了後に塩分 15、19 に上げて 50 日齢まで飼育を行った。なお、遊泳器官がみられず匍匐行動のみ観察された時点で着底完了とした。飼育水槽は、60L プラスチックコンテナ（縦 48cm×横 73cm×深さ 20cm）内に底面を 125 μ m の目合のプランクトンネットで覆った塩化ビニール製円形容器（内径 20cm）を 3 個設置した。飼育容器の底面には基質として貝化石（粒径 125～250 μ m）を 9g 散布し、浮遊幼生飼育同様にダウンウェリング法により行った。飼育水の塩分は浮遊幼生飼育試験と同様に調整し、ヒーターで 33 $^{\circ}$ C に加温して使用して給餌前に毎日全量換水した。餌料には培養したパブロボを使用し、翌朝の飼育水槽内の餌料密度が 5,000cells/ml 以上に保たれるように適宜調節して 15,000～100,000cells/ml を 1 日 2 回、換水作業後（11 時頃）と夕方（17 時頃）に給餌した。試験終了時に、目合い 250 μ m のフルイを用いて、基質と稚貝を分離し、単位重量当たりの生残個体数を計数後、重量法により飼育水槽毎の生残個体数を推定し、生残率を求めた。

【研究成果の概要】

1) 採卵

採卵結果を表 1 に示した。親貝は令和 4 年 3 月 23 日、6 月 16 日、29 日に採取し、5

月 10 日、7 月 2 日、3 日、9 月 1 日の 4 回採卵し、合計約 4,725 万粒の受精卵が得られた。採卵翌日に D 型幼生への変態を確認し、合計約 3,287 万個体の D 型幼生を回収した。受精率は 63.2~97.3%、ふ化率は 64.7~78.5%であった。得られた D 型幼生は浮遊幼生飼育試験に用いた。三河湾沿岸で採取した親貝の採卵適期は令和 3 年度（鈴木 2021）と同様に 6 月下旬から 9 月上旬であると考えられた。また、3 月に採取した未成熟の親貝を加温して養成した場合、天然親貝を用いた場合より約 1 カ月早い 5 月に採卵が可能となった。

2) 浮遊幼生飼育試験

試験は 5 月 11 日~5 月 20 日、7 月 4 日~7 月 11 日、9 月 2 日~9 月 9 日の計 3 回実施し、各回次の試験結果を表 2 に示した。各回次において飼育開始から 7~9 日目にフルゲロウン期幼生が確認された。1 回次では L15 の生残率は 56.2~58.3%、L20（52.9%）より高い傾向がみられた。2 回次では L15-2-2 の生残率は 2.6%と低く、同水槽では 5 日齢頃から摂餌不良、活力の低下が観察されており、塩分以外の要因が大きく影響したと考えられた。2 回次の L15-2-1 と L20-2 で差がみられた（Tukey 多重比較検定 $P<0.05$ ）。3 回次では L15-3-2 の容器のメッシュが破れ、幼生が流出したため、生残率は参考値とした。3 回次の L15 の生残率は 90.8%、L20 は 71.3%で差がみられた（Mann Whitney U test $p<0.05$ ）。浮遊期の好適塩分については、令和 3 年度に L15 の生残率は L20 よりも生残率が高い傾向がみられており（鈴木 2021）、本試験においても D 型幼生で 20、アンボ期に 15 へ下げると着底期までの生残率が高くなると考えられた。

3) 着底稚貝飼育試験

試験は 5 月 20 日~6 月 30 日、7 月 11 日~8 月 23 日の計 2 回実施し、各回次の試験結果を表 3 に示した。1 回次では飼育開始から 50 日目に稚貝（平均殻長 0.8mm）を回収し、T15 区、T12.5-15 区、T12.5-19 区の生残率はそれぞれ 4.7、5.7、7.0%であった。着底は T12.5-19 が 15 日齢、他の 2 区が 16 日齢で完了し、着底期の塩分（12.5 と 15）による顕著な差はみられなかった。2 回次では飼育開始から 50 日目で稚貝（平均殻長 1.1mm）を回収し、T15 区、T12.5-15 区、T12.5-19 区の生残率はそれぞれ 5.0、4.4、5.2%であった。着底は全試験区 13 日齢で完了し、着底までの日数に差はみられなかった。1 回次、2 回次ともに T12.5-19 の生残率が高い傾向がみられることから、着底期以降の好適塩分については、着底期 12.5、着底完了後 19 であると考えられた。また本県の試験結果においては着底期塩分の稚貝による着底完了までの日数に大きな差は認められなかった。

【まとめと次年度に向けた提言】

4 回の採卵で 4,725 万粒の受精卵を回収し、令和 2 年度から導入した 2°C/時間の緩慢昇温刺激により安定して受精卵を回収することができた。愛知県海域におけるハマグリ の採卵適期は令和 3 年度までと同様に 6 月~9 月であると考えられた。また、3 月に採取した未成熟の親貝においても、加温養成することで 5 月に採卵が可能であった。

浮遊幼生飼育においては、ダウンウェリング法において水温を 33°C に加温し、幼生の発育段階に応じて塩分を段階的に 20 から 15 に調整する方法でフルグロウン期幼生までの生残率が高くなることが明らかとなった。一方、生残率が低い場合は塩分以外の要因が関与したと考えられる。特に、浮遊期にはメッシュが目詰まりし、急激に飼育環境が悪化することもあるため、メッシュ交換を頻繁に行う等、浮遊期の飼育管理方法について、他共同研究機関と連携して改善を図る必要がある。

着底稚貝飼育については、着底期の塩分を 12.5、着底完了後に 19 に上げることで稚貝までの生残率が向上する傾向がみられた。一方で、着底期から稚貝までの生残率は 4.4～7.0% と低く、浮遊期と同様に塩分以外の要因が関与した可能性が高い。着底期には残餌が増える傾向が観察されることから、給餌量を制限する等、着底期前後における好適塩分以外の飼育条件についても他共同研究機関と連携して改善を図る必要がある。

参考文献

- 1) 小林 豊 (2019) ハマグリ人工採卵技術. 令和元年度二枚貝類飼育技術研究会.
- 2) 牧野 直・小林 豊・深山義文 (2016) ハマグリ種苗生産における浮遊幼生期の飼育条件について, 千葉水総研報, 10, 7-13.
- 3) 鈴木貴志 (2021) 令和 3 年度さけ・ます等栽培対象資源対策事業成果報告書

【図表】

表 1 採卵結果

回次	採卵実施月日	親貝採取日	親貝産地	親貝使用数 (個) a	採卵数 (万個) b	受精率 (%)	収容卵数 (万個) c	ふ化D型幼 生数 (万個) d	ふ化率 (%) 100*d/c	正常回収D 型幼生数 (万個) e	正常D型 回収率 (%) 100*e/c	親貝1個あた りの採卵数 (万個) b/(a/2)	肥満度
1	5/10	3/23	三谷 (加温養成)	45	291.5	73.2	291.5	201	69.0	172.5	59.2	13.0	15.3
2	7/2	6/29	三谷	240	6.0	63.2	-	-	-	-	-	0.1	17.2
3	7/3	6/29	三谷	235	1,150	81.7	1,150	903	78.5	786	68.3	9.8	15.0
		6/16	矢作川	65	875	95.2	875	630	72.0	477	54.5	26.9	16.8
4	9/1	6/16 6/29	三谷、矢作川 (畜養)	134	2,402	97.3	2,402	1,553	64.7	1,140	47.5	35.9	13.5
計					4,725			3,287		2,576			

※親貝1個あたりの採卵数は雌雄比を1対1として算出

表 2 浮遊幼生飼育試験結果

試験区	塩分 (D型→アンボ)	試験開始日	試験終了日	使用容 器数	D型幼生収容数 (万個/A)	フルグロウン 幼生回収数 (万個/B)	平均生残率 (%・B/A)
L15-1-1	20→15			3	57.3	32.2	56.2±7.85
L15-1-2	20→15	5月11日	5月20日	3	57.3	33.4	58.3±4.37
L20-1-1	20			3	57.3	30.3	52.9±4.83
L15-2-1	20→15			3	60	45.5	75.8±12.77 ^a
L15-2-2	20→15	7月4日	7月11日	3	60	1.5	2.6±0.29 ^b
L20-2-1	20			3	60	14.3	23.8±14.98 ^b
L15-3-1	20→15			3	60	54.5	90.8±1.53 ^a
L15-3-2	20→15	9月2日	9月9日	3	60	47.2 [*]	78.6±75.18 [※]
L20-3-1	20			3	60	42.8	71.3±6.90 ^b

平均値±標準偏差

一回次、2回次内において異なる文字間で有意差あり (Tukey 多重比較検定 $P<0.05$)

三回次のL15-3-2については容器1つのメッシュが破れたため参考値とし、L15-3-1とL20-3-1の比較はMann Whitney U test($p<0.05$)により行った。

表 3 着底稚貝飼育試験結果

試験区	塩分 (着底期→着底完了以降)	試験開始日	試験終了日	使用容 器数	フルグロウン 幼生収容数 (万個/A)	着底稚貝 回収数 (万個/B)	生残率 (%・B/A)	着底完了日齢 (平均殻長)
T15-15-1	15→15			3	15	0.71	4.7±1.30	16 (240 μ m)
T12.5-15-1	12.5→15	5月20日	6月30日	3	15	0.78	5.2±0.06	16 (246 μ m)
T12.5-19-1	12.5→19			3	15	1.05	7.0±0.65	15 (240 μ m)
T15-15-2	15→15			3	15	0.81	5.0±0.71	13 (231 μ m)
T12.5-15-2	12.5→15	7月11日	8月23日	3	15	0.66	4.4±0.69	13 (233 μ m)
T12.5-19-2	12.5→19			3	15	0.74	5.2±1.16	13 (229 μ m)

イ. 人工種苗生産技術の開発

② ハマグリ人工種苗生産技術の開発 - 3

公益財団法人 三重県水産振興事業団 三重県栽培漁業センター

濱辺 篤

【目的】

ハマグリ人工種苗生産技術の課題として、着底期から着底初期の大量減耗が挙げられる。本研究では、着底期から着底初期の生残率向上及び安定生産を目的とし、餌料の種類や着底期前後の塩分濃度、幼生飼育開始時の殻長の大小による生残率の違いを検討した。

【研究方法】

<浮遊幼生飼育方法>

ダウンウェリング方式（牧野ら 2016）で水温 33℃、海水は塩分調整を行い、飼育開始時から殻長 150 μm までは塩分 19、殻長 150～180 μm は塩分 15、殻長 180 μm から着底完了までを塩分 12.5、着底完了後は塩分 19 の条件（長谷川 2019）で飼育を行った。飼育海水には砂濾過海水を 1.0、0.5 μm の順にフィルターで濾過し、紫外線殺菌装置（千代田工販株式会社製：SF-1）を用いて殺菌した海水（以下、UV 海水）と紫外線殺菌装置で殺菌した水道水を、使用する前日に混合させ、塩分を調整し 1kw チタンヒーターで加温した。飼育容器には 30L パンライトを高さ 15cm 程度で輪切りにし、底面にプランクトンネット（目合い 58、100、106 μm ）を張ったものを用いた。飼育水槽には 100L パンライト（SLP-100）を使用し、13 Φ のパイプを縦 76cm（先端には 25 \times 13 Φ の異形ソケット） \times 横 38cm（先端は 13 Φ キャップ、パイプには直径 2.5mm の穴を 1cm ピッチ）の器具の下方からエアレーションを行い、エアリフトを用いて飼育容器上方から 0.5～1.0L/分で散水し、飼育水を循環させた。

餌料は培養したパブロバとキートセロス・ネオグラシーレ（以下、ネオグラシーレ）、および国立研究開発法人 水産研究・教育機構のジーンバンクから購入したキートセロス・カルシトランス（以下、カルシトランス）を使用した。給餌量は飼育水中の残餌をコーンカウンターカウンターで 1 日 2 回測定し、餌料濃度が 5,000～120,000cells/ml になる様に調整した。

着底期（殻長 180 μm 前後、匍匐行動あり）には粒子径約 160～200 μm に揃えた貝化石を飼育容器の底面に薄く覆う程度に散布した。飼育水と飼育水槽は毎日交換し、飼育容器及び幼生は UV 海水で毎日シャワー洗浄した。飼育容器は幼生の成長に合わせ、目合いの大きいものに適宜交換した。

1) 餌料比較試験

ダウンウェリング方式で飼育を行い、カルシトランスとネオグラシーレをパブロバと 50%ずつの割合で混合し給餌した区（以下、混合給餌区）と、パブロバ単独で給餌した区

(以下、単独給餌区)を設けた。またカルシトランスは着底期前まで、ネオグラシーレは着底期以降から混合した。

2) 塩分比較試験

ダウンウェリング方式による飼育を行い、着底期に塩分 12.5 にする区(以下、低塩分区)と着底まで塩分 19 の区(以下、対照区)を設定し、着底までに要した日数及び生残率を比較した。

3) 飼育開始時殻長比較試験

同一ロットの親貝から孵化した幼生で、平均殻長の大きい区(以下、殻長大区)と小さい区(以下、殻長小区)を設け、ダウンウェリング方式での飼育を行った。着底までに要した日数及び生残率を比較した。

4) 稚貝飼育

稚貝飼育は成長段階によりⅠ・Ⅱ・Ⅲとした。

<稚貝飼育Ⅰ>

1.4 m³水槽(有効水量 300L)を用いて、ダウンウェリング方式により着底から殻長 300~600µm までの期間を飼育した。1.4m³水槽に飼育容器を最大で 6 個収容し、水中ポンプ(レイシー製:RSD-20)を用いて飼育容器上方より 1.8~3.0L/分で散水し循環させた。飼育容器には浮遊幼生飼育と同型の容器の底面にプランクトンネット(目合い 132、150µm)を張ったものを使用した。飼育水は UV 海水と水道水を混合して塩分を 17~19 に調整し、1kw チタンヒーターで 30~31℃に加温した。飼育水と飼育水槽は毎日交換し、飼育容器及び稚貝は UV 海水で毎日シャワー洗浄した。稚貝の平均殻長が 260µm 以上に成長後、目合い 150µm のネットを用いて貝化石を除去し、稚貝のみで飼育した。餌料は、パブロバとネオグラシーレを 50%ずつの割合で混合し、給餌した。給餌量は飼育水中の残餌をコールターカウンターで 1 日 2 回測定し、餌料濃度が 40,000cells/ml になる様に調節した。

<稚貝飼育Ⅱ>

2.0m³FRP 水槽(有効水量 550L)を用いて、ダウンウェリング方式により平均殻長 400~1,500µm までの期間を飼育した。2.0m³FRP 水槽に飼育容器を最大 8 個入れ、水中ポンプ(レイシー製:RSD-40)を用いて飼育容器上方より 3.0~5.4L/分で散水し循環させた。飼育容器には稚貝飼育Ⅰと同型容器にプランクトンネット(目合い 132、150、200µm)を張ったものを用いた。飼育水槽には、遮光幕(ダイオ化成株式会社:ダイオラッセル 2000)を用いて遮光した。飼育水は砂濾過海水と水道水を混合し、塩分 17~19 に調整して 1kw チタンヒーターで 28℃に加温したものを飼育水槽とは別の水槽に貯水した。飼育水は定流量ポンプ(名東化工機製:NE-1000)を用いて、46~69L/時間で注水し飼育容器及び稚貝は水道水で毎日シャワー洗浄した。餌料はパブロバとネオグラシーレを 50%ずつの割合で混合し給餌した。給餌量は、飼育水中の残餌をコールターカウンターで 1 日 3 回測定し、餌料濃度が 40,000cells/ml になる様に調整し、夜間は 20,000cells/ml 以下にならないように定流量ポンプ(Iwaki 製:EHN-B11VCMR)を使用し給餌を行った。平均殻長が 1mm 前後に

到達した稚貝は、中間育成をするために北部中間育成場に輸送した。

<稚貝飼育Ⅲ>

平均殻長 1,000 μ m 以上の稚貝を用いて、アンスラサイトを使用したアップウェリング方式による飼育を行った。旧式水槽として 15L バケツの底面を切り、400 μ m のプランクトンネットを張ったものと、底から 2cm の側面にバルブソケット 13 Φ を取り付けた 15L バケツを重ねて飼育容器として使用した。循環水槽には 2.0m³FRP 水槽を使用し、水中ポンプ（レイシー製：RSD-40）を用いて、飼育容器内に 1 時間に 46~96L 循環するように設定した（図 1、写真 1、以下、バケツ飼育）。新型水槽として図 2、写真 2 の様な水槽を使用した。1.0m³ 角型水槽に水路を設置し、底面に 400 μ m のプランクトンネットを張った飼育容器と接続した（以下、アップ飼育）。基質としてアンスラサイトをバケツ飼育容器には 2cm、アップ飼育容器には 1cm 敷いた。新旧両水槽とも遮光幕を用いて遮光し、飼育海水は砂濾過海水を 1.0 μ m のフィルターで濾過し、0.1~0.2m³/h で注水を行った。餌料は屋外 8m³水槽で培養した天然珪藻を 2.0~3.0m³/日になるように定流量ポンプ（名東化工機械株式会社製：NE-1000）で給餌を行い、自然水温とした。旧型水槽には稚貝 5 万個ずつ、4 つの飼育容器に合計 20 万個を収容し、新型水槽には稚貝 10 万個ずつ、4 つの飼育容器に合計 40 万個収容した。飼育期間中の殻長や生残率、平均日間成長率（ μ m/日）等を比較した。

【研究成果の概要】

1) 餌料比較試験

餌料比較試験結果を表 1 に示した。令和 4 年 4 月 7 日に採卵を実施、翌日孵化した正常 D 型幼生を 1 槽あたり 180 万個収容し、混合給餌区と単独給餌区をそれぞれ 2 槽ずつ設けた。混合給餌区の飼育は順調に経過し、着底期までの生残率は約 72%であった。単独給餌区では飼育容器の汚れ（ぬめり）が目立つようになり、着底期までに約 85%が斃死した。両区共に 15 日目に着底が完了し、生残率は混合区で平均 62.5%、単独給餌区で平均 8.7%であった。これは当センターで使用しているパプロバ株が 33 $^{\circ}$ C という高水温に耐えられず、枯死したことで飼育容器に汚れが発生し、幼生の生残率が低くなったと考えられた。

2) 塩分比較試験

塩分比較試験結果を表 2 に示した。試験は 3 回実施し、平均生残率は低塩分区で 49.8%、対照区は平均 51.6%となり、大きな差は見られなかった。着底完了までにかかる平均日数は低塩分区で 15.7 日、対照区は 21.0 日であった。着底期に塩分を 12.5 に変更することで、着底完了までの飼育日数が 5.3 日間短縮された。この試験の結果、塩分調整により生残率は変わらないものの、飼育期間が短縮されることにより省力化が期待できる。

3) 飼育開始時殻長比較試験

飼育開始時殻長比較試験結果を表 3 に示した。試験は 6 月 28 日の採卵群を用いて実施

し、殻長大区に殻長 118.9 μm で 147.5 万個、殻長小区には殻長 113.8 μm で 197.5 万個収容した。殻長大区での着底期までの生残率は 57.2%、着底完了時の生残率は 21.2%であった。殻長小区の着底期までの生残率は 71.7%と高かったが、着底期から着底完了までの間に大量斃死が発生し、着底完了時の生残率は 9.3%となった。殻長小区では殻長大区同様に着底期までの生残率、成長速度は良かった。しかし着底完了までに殻長小区は殻長大区に比べ、着底完了までに掛かる日数が 4 日長く、斃死も多かった。飼育開始時に平均殻長の大きいロットを使用することで、着底期の大量斃死を抑制できることが示唆された。

4) 稚貝飼育の検討

< 稚貝飼育 I >

飼育結果を表 4 に示した。この期間の生残率は平均 43.3%、平均日間成長率は 23.39 μm /日であった。斃死のほとんどは着底完了後から殻長 250 μm までに発生していた。目合いが 150 μm のネットを用いて貝化石と斃死貝を除去し、平均殻長 321~629 μm の稚貝を 304.9 万個得た。この期間の稚貝は、着底完了後 3~4 日のうちに斃死することが多く、斃死の落ち着いた段階で稚貝飼育 I に移行した方が良いと考えられた。

< 稚貝飼育 II >

飼育結果を表 5 に示した。この期間の生残率は平均 77.9%、平均日間成長率は 9.6~31.0 μm /日であった。No. 2 では収容直後から斃死が始まり、2 週間程度でほぼ全滅した。原因は特定できていないが、残餌が多かったため水槽内の汚れが多く、水質の悪化を招き大量斃死が起こったのではないかと考えられた。

昨年度はこの飼育段階での粘液の発生が多かったが、今年は粘液の発生は無く、これは遮光幕を設置した効果と考えられた。粘液で飼育容器が汚れる心配が無いため、収容数を増やすことが可能となり、飼育容器あたり 15 万個前後の収容が可能であった。6 月 10 日から 9 月 1 日にかけて、北部中間育成場に平均殻長 820~1,391 μm の稚貝を合計 177.4 万個出荷した。

< 稚貝飼育 III >

飼育結果を表 6 に示した。バケツ飼育とアップ飼育の終了時殻長と生残率はそれぞれ 4,421 μm 、126.0%、4,393 μm 、104.8%となり、目立った斃死も無く、成長にも大きな差は無かった。また平均日間成長率は 40.5 μm /日で、昨年度の 74.6 μm /日よりも成長が遅かった。この原因として供試した稚貝が、選別後の殻長の小さいロットだったことが挙げられる。飼育方法や餌などの条件は異なるが、殻長の大きいロットは北部中間育成場で飼育し 90 日齢前後で平均殻長 4,000 μm 以上に達しており、昨年の成長速度と比較しても遜色無かった。また、北部中間育成場では基質無しで飼育を行っており、平均殻長 4mm 程度であれば基質は無くても飼育可能であることがわかった。

【次年度に向けた提言】

浮遊期の餌料はパブロボ単独給餌でも生産できるが、カルシトランスやネオグラシーレを混合させた方が、飼育容器の汚れが抑えられて安定した生産ができた。そして着底期に塩分を 12.5 にすることにより、着底日数は約 5 日早くなり省力化が期待できることがわかった。着底期前後の大量斃死は、現段階では完全に抑えられないが、飼育開始時に平均殻長 118 μm 以上の正常 D 型幼生を用いることで、大量斃死のリスクを軽減できることが示唆された。また、稚貝飼育では遮光幕を設置することにより粘液の発生が抑えられ、収容密度 132 個/ cm^3 の高密度条件下でも平均殻長 1mm まで飼育可能であった。来年度は稚貝初期の大量斃死を抑えるため、他の共同研究機関と連携しながら改善を図っていく。

参考文献

牧野 直・小林 豊・深山義文 (2016) ハマグリ種苗生産における浮遊幼生期の飼育条件について, 千葉水総研報, 10, 7-13.

長谷川拓也 (2019) ハマグリ人工種苗生産技術の開発. 令和元年度二枚貝類飼育技術研究会.

【図表】

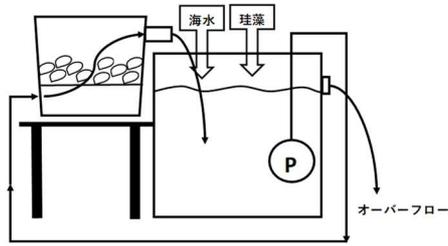


図1 旧型水槽略図



写真1 旧型水槽

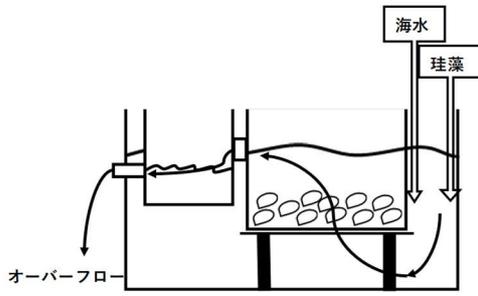


図2 新型水槽略図



写真2 新型水槽

表1 餌料比較試験結果

飼育 No.	採卵日	餌料種類	収容数 (万個)	開始時殻長 (μm)	塩分 (%)	着底稚貝数 (万個)	生残率 (%)	着底時殻長 (μm)	着底日齢 (日)	備考
1	4月7日	バプロバ+カル	180.0	118.4	19.0→12.5	115.8	64.3	217.2	15	
2		シトランス混合	180.0			109.3	60.7	209.6	15	
3	4月7日	バプロバ単独	180.0	118.4	19.0→12.5	11.8	6.6	180.7	15	
4			180.0			19.3	10.7	183.2	15	

表2 塩分比較試験結果

飼育 No.	採卵日	収容数 (万個)	開始時殻長 (μm)	塩分 (%)	再収容数 (万個)	殻長 (μm)	着底稚貝数 (万個)	生残率 (%)	着底時殻長 (μm)	着底日齢 (日)	備考
1	5月6日	363.6	118.9	19.0→12.5	123.2	146.7	35.6	29.0	251.7	17	着底3日
2				19.0	123.2	146.7	57.5	46.7	244.5	21	後に計数
3	5月6日	363.6	118.9	19.0→12.5	119.3	149.2	50.6	42.4	249.2	17	着底3日
4				19.0	119.3	149.2	33.3	27.9	250.7	21	後に計数
5	5月31日	141.8	120.4	19.0→12.5	61.7	154.1	49.3	77.9	244.9	13	着底3日
6				19.0	61.7	154.1	49.5	80.2	299.5	21	後に計数

表3 飼育開始時殻長比較試験

飼育 No.	採卵日	収容数 (万個)	開始時殻長 (μm)	塩分 (%)	水温 ($^{\circ}\text{C}$)	着底稚貝数 (万個)	生残率 (%)	着底時殻長 (μm)	着底日齢 (日)	備考
1	6月28日	147.5	118.9	19.0→12.5	33.0	31.3	21.2	270.9	14	着底3日 後に計数
2		197.5	113.8			18.3	9.3	262.8	18	

表4 稚貝飼育I結果

ロット No.	開始時		日数 (日間)	選別	終了時			日間成長 (μm)	備考
	殻長 (μm)	収容数 (万個体)			殻長 (μm)	生残数 (万個体)	生残率 (%)		
1	220.7	225.1	20		416.5	73.1	32.5	9.57	ヒーター故障
	183.2	31.1			320.7	8.8	28.1	14.48	
2	257.6	177.0	13		492.7	59.0	33.3	24.28	
3	323.2	221.6	12	大	628.8	120.4	60.3	23.15	
				小	351.3	13.3			
4	266.9	49.6	10		504.4	30.3	61.1	45.48	

表5 稚貝飼育II結果

ロット No.	開始時		日数 (日間)	選別	終了時			日間成長 (μm)	備考
	殻長 (μm)	収容数 (万個体)			殻長 (μm)	生残数 (万個体)	生残率 (%)		
1	417	81.9	29	大	1,391	95.4	129.6	31.0	60万個出荷残りはNo.2へ No.2へ
				小	636	10.7			
2	430	59.0							ほぼ全滅
	1,391	35.4							
3	629	120.4	10	大	820	60.0	101.3	9.6	60万個出荷 No.4へ
	351	13.3		小	599	75.5			
4	599	75.5	22	-	1,018	84.2	111.5	19.0	60万個アップウェリング飼育へ 残りはNo.5へ
5	1,018	24.2	27	大	1,286	57.4	107.9		57.4万個出荷
	504	30.3		33	小	614			

表6 稚貝飼育III結果

水槽	開始時				終了時				
	殻長 (μm)	収容数 (万個体)	容器数 (個)	収容密度 (個/ cm^2)	日数 (日間)	殻長 (μm)	日間成長 (μm)	生残数 (万個体)	生残率 (%)
バケツ	1,018	20.0	4	102.0	84	4,421	41	25.2	126.0
アップ	1,018	40.0	4	81.7	84	4,393	40	41.9	104.8

ウ. 人工種苗から成貝までの育成技術の開発

① 瀬戸内海東部海域におけるタイラギ育成技術の開発

香川県水産試験場

宮城良介・牧野弘靖

【目的】

大型二枚貝のタイラギは刺身や寿司ネタとして高値で取引され、香川県では中讃地域（備讃瀬戸）を中心に、主に潜水器漁業により漁獲されており、潜水器漁業者の収入を支える重要な水産資源となっている。しかしながら、近年、環境変化や漁獲圧などにより漁獲量が減少しており、資源回復のための種苗放流や産卵量をかさ上げするための母貝団地造成などへの要望は強くなっている。

着底直後のタイラギの稚貝は殻が脆弱なため、主に陸上水槽で中間育成されているが、餌である微細藻類の確保、ポンプを使用するためのコスト、飼育可能な個体数が限られるなどの課題がある。また、人工培養した微細藻類を用いて長期飼育すると、時に大量減耗することが観察されているため、安定した種苗放流や母貝団地造成を行うためには、天然餌料を活用した中間育成技術の開発が必要である。これまで、香川県では種苗生産した殻長約1cmの有鱗型タイラギ稚貝を、種苗放流や母貝団地造成の際にハンドリングしやすい平均殻長3~5cmまで成長させるため、海面における垂下式中間育成手法の開発を行い、一定の成果を得ている。

本研究では、これまでの垂下式中間育成の技術開発により得られた知見を活かし、飼育容器の大型化を図り、より効率的な中間育成技術を開発することを目的とした。

【研究方法】

1) 中間育成試験

2022年10月7日~12月9日（飼育期間：64日間）に、瀬戸内海備讃瀬戸に位置する屋島湾内の香川水試地先の小割筏にて試験を実施した（図1）。中間育成については、飼育容器であるSB型コンテナ（間口612mm×奥行421mm×高さ319mm；三菱ケミカル）への収容密度を3条件設定し（密度：4,000、8,000、12,000個/m²）、小割筏の水深1.5mに垂下して生残率・殻長を調べた（試験A1）。また、飼育容器の比較として、従来の飼育容器である丸形収穫カゴ（直径27×高さ23cm、8L；アロン化成）に収容密度が8,000個/m²になるよう稚貝を収容し、小割筏の水深1.5mに垂下して生残率・殻長を調べた（試験A2）。さらに、A1と同じ飼育容器、収容密度で小割筏の水深3m垂下して、A1と生残率・殻長の比較を行った（試験A3）。

中間育成に供試した稚貝については、国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所百島庁舎において採卵、種苗生産した稚貝（有鱗型タイラギ）を使用した。

飼育容器は、ホヤ類やフジツボ類などが付着するのを防ぐため、シリコン系生物付着

防止剤のセイフティプロ（西海養殖技研）によって防汚処理を施した。基質は、粒形 1mm のアンスラサイト（トーケミ）を使用した。稚貝の食害防止とアンスラサイトの流出を防ぐため、SB 型コンテナには内側に食害防止ネット（西海養殖技研）を設置した後、アンスラサイトを約 6L 入れた。丸形収穫カゴは、収穫ネット袋（35×60cm；日本マタイ、通称、玉ねぎ袋）を設置した後、アンスラサイトを約 6L 入れた。飼育の途中にネットを開いて、稚貝の観察や食害生物の除去等を行うが、収穫ネット袋のビニールひもの劣化により作業し難いことがあるため、試験実施前にビニールひもを直径 2～3mm の細いハイクレロープ（PK ロープ）に交換した。

試験 A1 には、平均殻長 12.8mm の稚貝を使用した。飼育密度は、SB 型コンテナ 1 個あたり 680 個（密度 4,000 個/m²：低密度）、1,360 個（密度 8,000 個/m²：中密度）、2,040 個（密度 12,000 個/m²：高密度）に設定し、稚貝を基質の上に置き、食害防止ネットで蓋をして、香川水試地先の小割筏（水深約 4m）の水深約 1.5m の場所に各密度 2 個ずつ設置した。

試験 A2 には、A1 と同じ由来の平均殻長 12.8mm の稚貝を使用した。飼育密度は、丸形収穫カゴ 1 個あたり 240 個（密度 8,000 個/m²）に設定し、稚貝を基質の上に置き、収穫ネット袋の口を閉めた後、香川水試地先の小割筏の水深約 1.5m の場所に 2 個設置した。SB 型コンテナとの比較については、同様の密度と水深の条件である試験 A1 の中密度区と比較した。

試験 A3 には、A1 と同じ由来の平均殻長 12.8mm の稚貝を使用した。飼育密度は、A1 と同様に SB 型コンテナ 1 個あたり 680 個（密度 4,000 個/m²：低密度）、1,360 個（密度 8,000 個/m²：中密度）、2,040 個（密度 12,000 個/m²：高密度）に設定し、稚貝を基質の上に置き、食害防止ネットで蓋をして、香川水試地先の小割筏の水深約 3m の場所に各密度 2 個ずつ設置した。

中間育成期間中は、1 カ月に一度、飼育容器を回収し、生残個体計数、殻長測定、食害生物除去、収穫ネット袋の交換作業等の飼育管理を実施した。

中間育成した稚貝の最終取り上げは、12 月 7～9 日に実施した。取り上げ時には、木枠ふるい（枠寸法：400×600mm、目合：4.75mm）と特大型平バット（外寸法：924×616×210mm）を用い、基質と稚貝を選別した。選別後、生残していた稚貝の数をそれぞれの条件ごとに計数した。また、生残していた稚貝のうち、各試験区 30 個の殻長を測定し、平均殻長を算出した。

【研究成果の概要】

試験 A1 の結果概要を表 1、表 2、図 2 及び図 3 に示した。

まず、1 カ月後の測定において、680 個収容の試験区で生残個体数に大きな減少が見られた。食害生物の侵入が確認されなかったことから、沖出し後のサイズが小さい時期に環境要因等により減耗したと推察された。

最終 2 カ月後の生残率を収容個数ごとに比較すると、680 個収容の試験区では生残個体が計 630 個（生残率 46.3%）、1,360 個収容の試験区では生残個体が計 2,071 個（生残率 76.1%）、2,040 個収容の試験区では生残個体数が計 2,684 個（生残率 65.8%）となり、1,360 個収容の試験区の高生残率の結果となった。

殻長の比較では、2 カ月後の 680 個収容の試験区で平均殻長 47.1 mm、1,360 個収容の試験区で平均殻長 41.4 mm、2,040 個収容の試験区で 37.0 mm となり、低密度ほど殻長が大きく、密度の効果が認められた。

試験 A2 の結果概要を表 3、表 4、図 4 及び図 5 に示した。

1 カ月後の測定では、1,360 個収容（SB 型コンテナ）の試験区で生残率が 84.7%、240 個収容（丸形収穫カゴ）の試験区で生残率が 81.0% と差がほとんど見られなかった。しかし、2 カ月後の測定では、1,360 個収容（SB 型コンテナ）の試験区で生残率が 76.1%、240 個収容（丸形収穫カゴ）の試験区で生残率が 65.8% となり、SB 型コンテナの方が生残率の高い結果となった。収容 1 カ月後までは、生残率に差が見られなかったことから計測時のハンドリング等が影響した可能性が示唆された。

殻長の比較では、2 カ月後の 1,360 個収容（SB 型コンテナ）の試験区で平均殻長 41.4 mm、240 個収容（丸形収穫カゴ）の試験区で 40.5 mm と明確な成長差は見られなかった。

試験 A3 の結果概要を表 5、表 6、図 6 及び図 7 に示した。

2 カ月後の生残率を収容個数及び垂下水深ごとに比較すると、680 個収容（1.5m）の試験区では生残個体が計 630 個（生残率 46.3%）、1,360 個収容（1.5m）の試験区では生残個体が計 2,071 個（生残率 76.1%）、2,040 個収容（1.5m）の試験区では生残個体数が計 2,684 個（生残率 65.8%）、680 個収容（3m）の試験区では生残個体が計 845 個（生残率 62.1%）、1,360 個収容（3m）の試験区では生残個体が計 1,920 個（生残率 70.6%）、2,040 個収容（3m）の試験区では生残個体数が計 2,877 個（生残率 70.5%）と、680 個収容の試験区で水深 1.5m の方が水深 3m よりも低くなり、1,360 個収容と 2,040 個収容の試験区で明確な差は見られなかった。

殻長の比較では、2 カ月後の 680 個収容（1.5m）の試験区で平均殻長 47.1 mm、1,360 個収容（1.5m）の試験区で平均殻長 41.4 mm、2,040 個収容（1.5m）の試験区で 37.0 mm、680 個収容（3m）の試験区で平均殻長 47.9 mm、1,360 個収容（1.5m）の試験区で平均殻長 43.3 mm、2,040 個収容（1.5m）の試験区で 43.7 mm となり、垂下水深が深い 3m の方が成長の良い傾向が見られた。

【次年度に向けた提言】

飼育容器の大型化を図り、効率的な中間育成技術の開発に取り組んだところ、1,360 個収容の試験区では生残率が 70% 以上と良好な結果が得られた。また、従来の飼育容器である丸形収穫カゴとの比較でも遜色ない生残率・殻長を示し、同程度の飼育が可能であることが分かった。今後は、SB 型コンテナを用いた中間育成に切り替えることで、より多くの

稚貝を母貝団地造成等に供試できると考えられる。

次年度は、中間育成技術の開発で一定の成果が得られたことから、母貝団地造成に取り組んで参りたい。稚貝を移植する際には、天然の稚貝と見分ける必要があるため、標識技術の開発に取り組む必要があると考えている。

参考文献

タイラギ種苗生産・養殖ガイドブック 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 編

【図表】



図1. 中間育成試験場所（香川県水産試験場地先の小割筏）

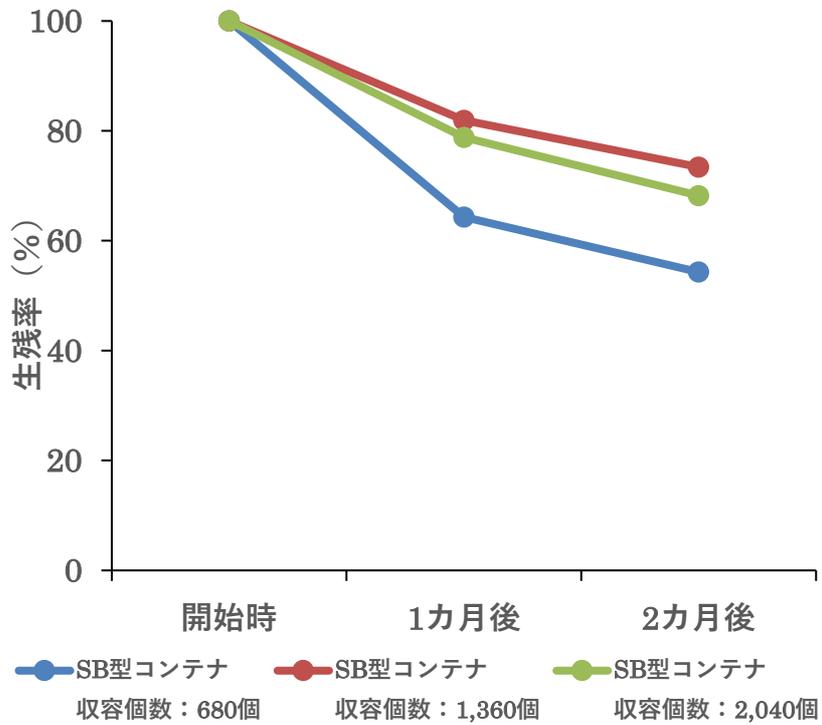


図2. 生存率の推移（試験 A1）

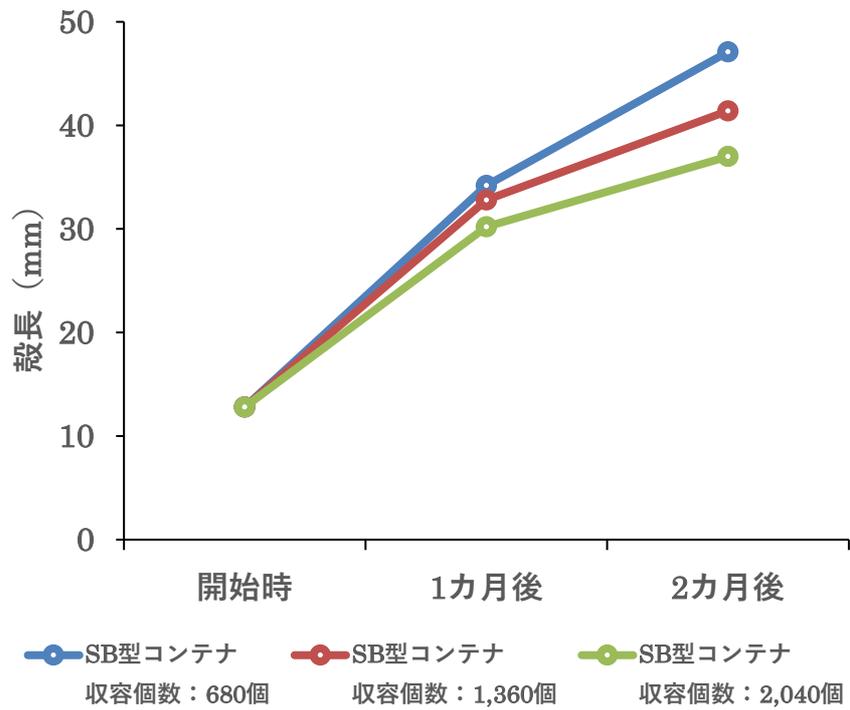


図 3. 殻長の推移 (試験 A1)

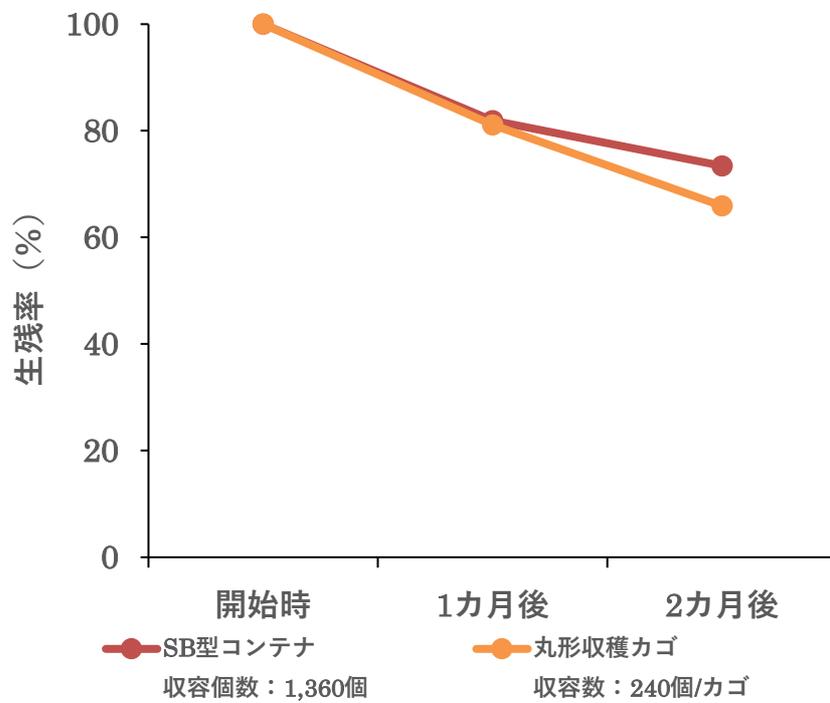


図 4. 生残率の推移 (試験 A2)

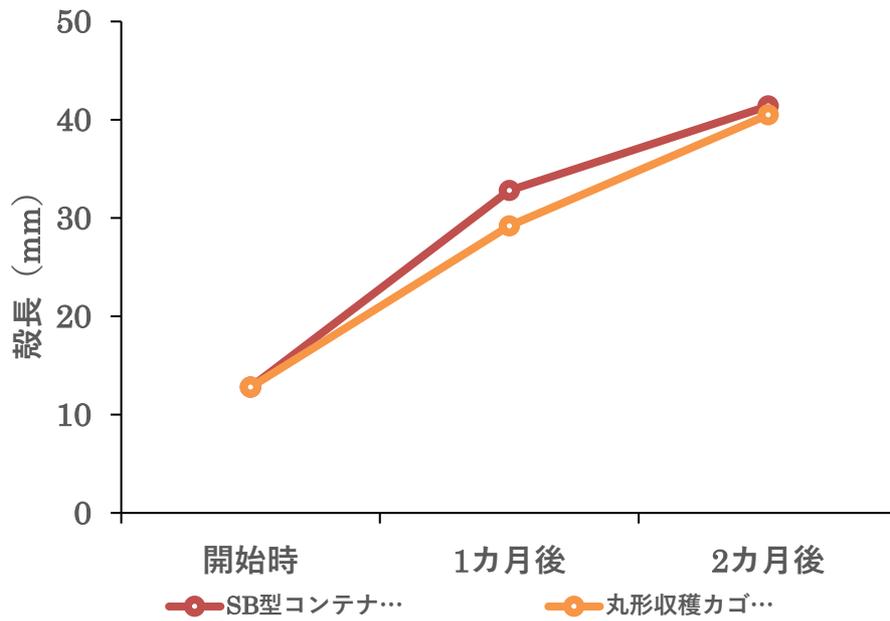


図 5. 殻長の推移 (試験 A2)

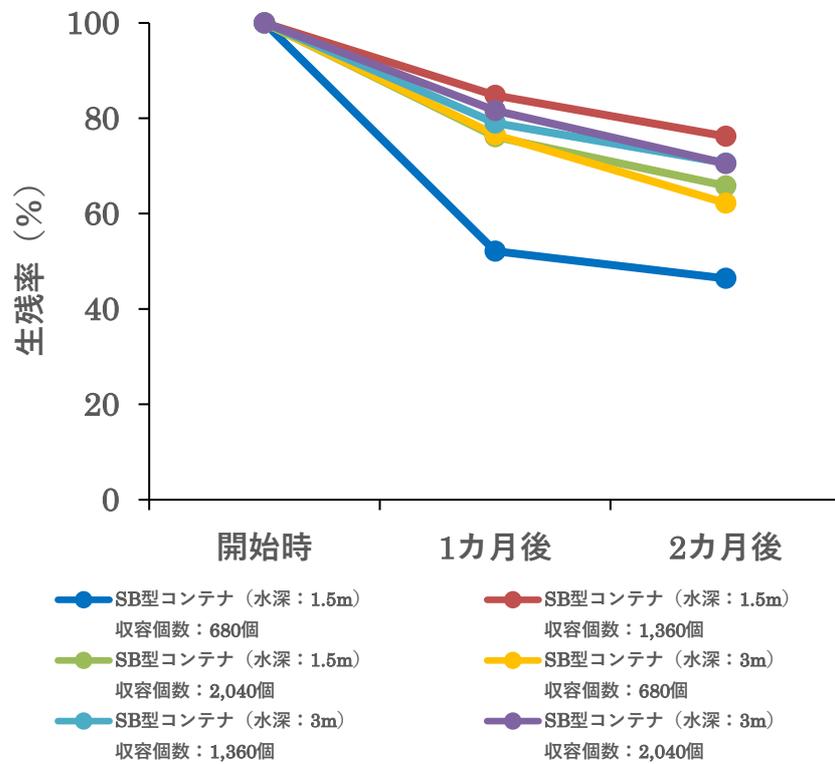


図 6. 生存率の推移 (試験 A3)

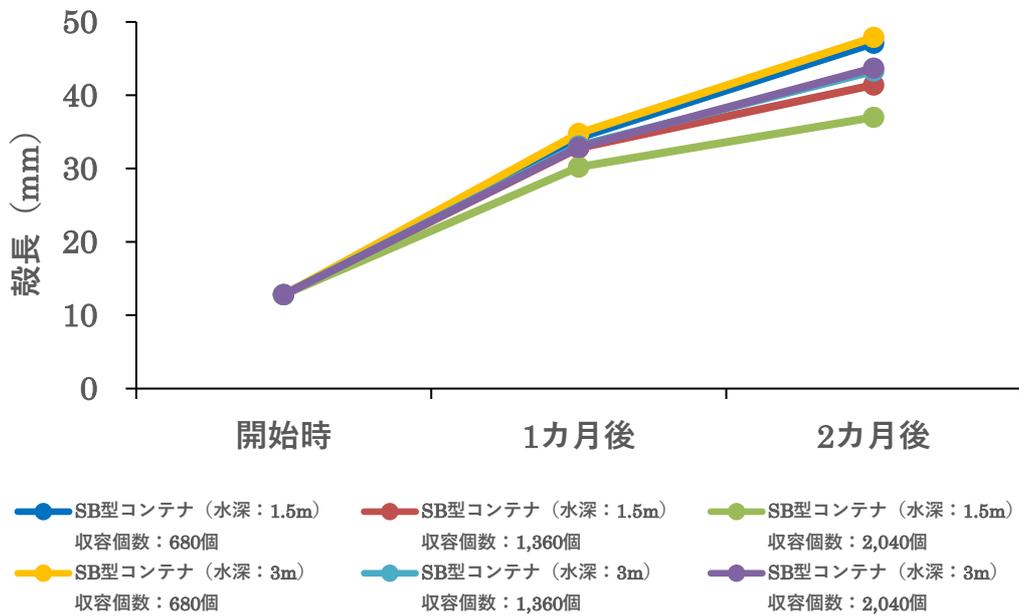


図 7. 殻長の推移 (試験 A3)

表 1. 生残率について (試験 A1)

基質	飼育容器	水深	収容 個数 (個)	収容 密度 (個体/m ³)	1カ月後		2カ月後	
					個体数 (個)	生残率 (%)	個体数 (個)	生残率 (%)
アンスラ サイト6L (粒径1mm)	SB型コンテナ	1.5m	680	4,000	449	66.0	418	61.5
			680	4,000	259	38.1	212	31.2
			1,360	8,000	1,197	88.0	1,076	79.1
			1,360	8,000	1,108	81.5	995	73.2
			2,040	12,000	1,572	77.1	1,358	66.6
			2,040	12,000	1,530	75.0	1,326	65.0

表 2. 平均殻長、成長率について (試験 A1)

基質	飼育容器	水深	収容 個数 (個)	収容 密度 (個体/m ³)	1カ月後		2カ月後	
					平均殻長 (mm)	日間成長率 (mm/日)	平均殻長 (mm)	日間成長率 (mm/日)
アンスラ サイト6L (粒径1mm)	SB型コンテナ	1.5m	680	4,000	33.9	0.66	46.4	0.40
			680	4,000	34.5	0.68	47.8	0.43
			1,360	8,000	32.6	0.62	41.8	0.30
			1,360	8,000	33.0	0.63	41.1	0.26
			2,040	12,000	30.1	0.54	36.2	0.20
			2,040	12,000	30.3	0.53	37.8	0.23

表 3. 生残率について (試験 A2)

基質	飼育容器	水深	収容	収容	1カ月後		2カ月後	
			個数 (個)	密度 (個体/m ³)	個体数 (個)	生残率 (%)	個体数 (個)	生残率 (%)
アンスラ サイト6L (粒径1mm)	SB型コンテナ	1.5m	1,360	8,000	1,197	88.0	1,076	79.1
			1,360	8,000	1,108	81.5	995	73.2
	丸形収穫カゴ	1.5m	240	8,000	194	80.8	153	63.8
			240	8,000	195	81.3	163	67.9

表 4. 平均殻長、成長率について (試験 A2)

基質	飼育容器	水深	収容	収容	1カ月後		2カ月後	
			個数 (個)	密度 (個体/m ³)	平均殻長 (mm)	日間成長率 (mm/日)	平均殻長 (mm)	日間成長率 (mm/日)
開始殻長:12.8mm アンスラ サイト6L (粒径1mm)	SB型コンテナ	1.5m	1,360	8,000	32.6	0.62	41.8	0.30
			1,360	8,000	33.0	0.63	41.1	0.26
	丸形収穫カゴ	1.5m	240	8,000	25.3	0.40	38.7	0.42
			240	8,000	33.1	0.66	42.3	0.29

表 5. 生残率について (試験 A3)

基質	飼育容器	水深	収容	収容	1カ月後		2カ月後	
			個数 (個)	密度 (個体/m ³)	個体数 (個)	生残率 (%)	個体数 (個)	生残率 (%)
アンスラ サイト6L (粒径1mm)	SB型コンテナ	1.5m	680	4,000	449	66.0	418	61.5
			680	4,000	259	38.1	212	31.2
			1,360	8,000	1,197	88.0	1,076	79.1
			1,360	8,000	1,108	81.5	995	73.2
			2,040	12,000	1,572	77.1	1,358	66.6
			2,040	12,000	1,530	75.0	1,326	65.0
		3m	680	4,000	465	68.4	359	52.8
			680	4,000	575	84.6	486	71.5
			1,360	8,000	1,097	80.7	989	72.7
			1,360	8,000	1,051	77.3	931	68.5
			2,040	12,000	1,648	80.8	1,434	70.3
			2,040	12,000	1,680	82.4	1,443	70.7

表 6. 平均殻長、成長率について (試験 A3)

基質	飼育容器	水深	収容	収容	1カ月後		2カ月後	
			個数 (個)	密度 (個体/m ³)	平均殻長 (mm)	日間成長率 (mm/日)	平均殻長 (mm)	日間成長率 (mm/日)
開始殻長: 12.8mm アンストラ サイト6L (粒径1mm)	SB型コンテナ	1.5m	680	4,000	33.9	0.66	46.4	0.40
			680	4,000	34.5	0.68	47.8	0.43
			1,360	8,000	32.6	0.62	41.8	0.30
			1,360	8,000	33.0	0.63	41.1	0.26
			2,040	12,000	30.1	0.54	36.2	0.20
			2,040	12,000	30.3	0.53	37.8	0.23
		3m	680	4,000	31.5	0.58	47.7	0.54
			680	4,000	38.1	0.79	48.1	0.33
			1,360	8,000	32.5	0.64	44.8	0.41
			1,360	8,000	33.7	0.68	41.7	0.27
			2,040	12,000	33.8	0.68	46.2	0.42
			2,040	12,000	32.1	0.62	41.1	0.30

ウ. 人工種苗から成貝までの育成技術の開発

② 瀬戸内海西部海域におけるタイラギ育成技術の開発

山口県水産研究センター内海研究部

多賀 茂

【目的】

ふ化したタイラギ幼生は水温25℃では4週間程度で変態・着底を開始し、7～8週間で約8割程度が殻長0.6～0.8mmの着底稚貝となる。着底直後の稚貝は脆弱で環境変動や食害による斃死が多く、小型稚貝となっても低水温に非常に弱いことから、母貝団地造成用の種苗として、これらの減耗要因に耐えうるサイズまで速やかに育成する必要がある。この中間育成では、稚貝の成長・生残に最適な密度等の飼育条件、好適な餌料、作業の省力化及び低コスト化が求められる。そこで、海面でのカゴ垂下式及び山口県水産研究センターが開発した陸上水槽の一種である水路式水槽を用いた稚貝の育成（以下、陸上水路式）に取り組み、効率的な飼育方法の開発を行う。昨年度の水路式水槽を用いた飼育試験により、移植に適した50mm以上の個体の生産数及び生残率は、収容密度の増加に伴って低下することが明らかになっている。そこで、今年度は密度効果による生産数や生産効率の低下を抑制するための給餌方法について検討した。

【研究方法】

1) カゴ垂下式

過去3か年のタイラギ育成結果では、台風による海域の低塩分化(R1年度)や、台風の影響を避けるために行った陸上避難の長期化(R2年度)で40%前後の低生残率であったが、台風の影響がなかったR3年度は80%前後の高生残率となり、タイラギの殻長も目標である殻長50mmを上回る殻長60mmの好成績となった。タイラギ中間育成は、台風の接近が要因となって育成結果が左右されることから、台風対策に関する試験を行った。

試験は瀬戸内海西部海域に位置する山口県山口市の山口湾に設置されたローブ筏で行った。育成容器には、これまでの試験結果からタイラギの育成に適していると判断された、サンテナーカゴ（幅35×長さ52×高さ27cm、底面積0.182m²、容量44.6L）を用いた（図1、2）。育成容器内に基質として砂（粒径3mm未満以上）を約6cmの厚さに敷きつめ、内部にタイラギ稚貝を収容した。台風接近時の陸上避難用として当所屋外にFRP角型3t水槽（幅140×長さ500×高さ50cm）を準備した（図3）。台風接近時に陸上水槽に避難を行う試験区1、海上垂下継続を行う試験区mを設定した。また、陸上避難における密度効果を検証するため500個/カゴ、1000個/カゴを設定する予定としていた。しかし、今年度は、準備できるタイラギ稚貝に限りがあり、密度効果について検証するための稚貝数を準備することができなかった。そのため、台風接近時における陸上避難（試験区1：n=2）と海上垂下継続（試験区m：n=1）のみの試験を行った。各区には、水産技術研究所百島庁舎で採卵、生産された殻長6.2mmの稚貝800個（密度4,396個/m²）を収容した。これらの容器を2022年9月28日に

水深1.5mに垂下し、育成試験を開始した。なお、稚貝の逸散を防ぐため、サンテナーカゴの蓋とカゴの穴をネット(目合1mm)で塞いだ。育成開始後は毎週1回、カゴ内部の目視観察を行い、食害生物の駆除を行った。

2) 陸上水路式

①陸上水路の基本構成

山口県水産研究センター内海研究部の敷地内に外壁をコンクリートブロックで組み、内側に水漏れ防止用のブルーシートを張った、1列が長さ4m×幅0.25m×深さ0.4mの陸上水路を設置し、一方から毎時900Lで生海水を給水し、もう一方から排水することで流れをつくり、水路内の流速を調整した。水路内の砂床には砂(粒径3mm未満以上)を水面から砂床表面までの水深が3cm程度になるように敷設し、砂床表面層1cmだけは粒径0.25mmの砂を用いた。また、水路砂床内には、トリカルネット(目合7.5mm)で作成した升(0.5m×0.25m×h0.2m)を埋設しておき、種苗取り上げ時には升ごとフルイがけすることで種苗への物理的負担を軽減した。餌料用に、キャンバス水槽(16t×2基、50t×1基)でケイ酸栄養資材(ゲルカルチャー)と農業用肥料(硫安及び過リン酸石灰)やアサリ施肥育成用配合肥料(フィッシャリーMF)を投与してプランクトンを粗放的に培養した。その培養水を毎時45Lで生海水の給水と同時に給餌した。供試タイラギは前述のカゴ垂下式と同じ稚貝を用いた。水槽の遮光は農業資材である50%遮光ネットを用いた。

②餌料添加手法改良試験

昨年度の密度試験では、最も成績の良かったのが800個/m²で生残率94.0%、平均殻長58.7mmであった。2400個/m²では生残率が71.0%、平均殻長50.2mmと低くなったが、1600個/m²の密度では生残率92.3%、平均殻長52.6mmとなり800個/m²と遜色なかった。しかし、移植等の作業性が向上する殻長50mm以上に限った生産数及び生産効率(殻長50mm以上個数/収容密度)では800個/m²で614個及び76.8%、1600個/m²で731個及び45.7%となり、1600個/m²では生産効率が50%を下回った。一方で、殻長50mm以上の中には殻長70mm以上の大型個体が多数含まれており成長に偏りがある。この偏りは給餌が水槽の1カ所のみで行われていることに起因すると推察された。そこで、殻長50mm以上の生産数及び生産効率を上げるため、密度試験と併せて給餌箇所を増設する育成試験を行った。収容密度を、800個/m²(区)、1600個/m²(区)で設定し、1600個/m²(区)には試験区として育成途中から給餌箇所を水路中央部にも増設し2カ所とし、その他の区では従来どおり給餌は1カ所とする計画であったが、今年度は前述のカゴ垂下式と同様に、準備できるタイラギ稚貝に限りがあり、密度効果を検証するための稚貝を準備できなかった。そのため、1600個/m²で給餌を1カ所及び途中増設で2カ所にする試験のみを行った。育成タイラギの平均殻長が40mmまで成長した時点で給餌を2カ所(2カ所目は水路中央部)にする試験区oと、給餌カ所を1カ所のままにする試験区pを設定し、試験区毎に4つの水路(n=4)を準備した(図4)。また、各試験区の水路中央より上流(給水側)をi、下流(排水側)をiiとした(以下、試験区毎の上流及び下流は試験区o-i及びo-ii等とする)。

2022年9月28日に殻長6.2mmの稚貝を各試験区に収容し試験を開始した。殻長及び生残の確認は3回行い、生残は目視による全数計数を行った。前述の試験も含め、統計値の計算にはエクセル統計を用いた。

【研究成果の概要】

1) カゴ垂下式

台風接近時における陸上避難

2022年9月28日から11月28日(61日間)にかけて殻長6.2mmの稚貝を収容して育成試験を行った結果、生残率及び殻長は試験区1で57.5%及び50.8mm、試験区mで67.5%及び48.3mmであった(図5)。育成期間中に警戒すべき台風の接近は確認されず、大雨による塩分低下も観察されなかったことから、カゴの陸上避難は行っていない。水温は、育成開始直後に25℃を下回り、10月下旬には20℃以下となった。Chl-a量は10月中旬まで3µg/L以上が多く観測されたが、10月下旬以降は2µg/L台が多かった(図6)。試験期間中はカゴ内の目視観察を毎週行ったが、食害生物は確認できなかった。

2) 陸上水路式

①餌料添加手法改良試験

2022年9月28日から11月28日(61日間)にかけて殻長6.2mmの稚貝を収容して育成試験をおこなった結果、試験区の生残率及び殻長は、試験区o-iで49.9%±3.2及び40.3mm±1.2、試験区o-iiで49.5%±2.0及び40.5mm±2.2、試験区p-iで50.8%±1.3及び40.8mm±0.6、試験区p-iiで49.6%±4.4及び40.6mm±1.2であった(図7)。各試験区の生残率と殻長には、ともに有意差が認められなかった(ANOVA, $P>0.05$)。育成期間中の水温・塩分・クロロフィルa量の推移を見ると、水温は10月上旬早々に25℃を下回り、10月下旬には20℃を下回った。塩分は31前後で安定して推移し、クロロフィルa量は、育成期間を平均すると3.5µg/L(最少1.8µg/L、最大5.6µg/L)前後で保たれていたが、例年の10µg/L以上を大きく下回った(図8)。

【次年度に向けた提言】

今年度は、カゴ垂下式及び陸上水路式の両方式で生残率や殻長の成長が思わしくなかった。要因として、育成開始時期が例年よりも1ヶ月遅くなり、水温下降期での育成となったため育成開始直後に水温25℃を下回り、育成終盤では水温が20℃以下となったことが挙げられる。また、十分な数のタイラギ稚貝を準備することができなかったため、活力の高い(外套膜が明瞭、匍匐が活発等)稚貝を選別して育成することができなかったことも理由の1つとして考えられる。また、陸上水路式では粗放培養餌料の培養が不調となり、例年であれば自然海水に肥料を添加することで飼育海水中のクロロフィルa量を10µg/L以上に保つことができたが、今年度は半分以下であった。

次年度も引き続き、カゴ垂下式では天候と生残及び成長の関係性を把握し、台風接近等の悪天候時に、育成カゴを垂下継続または陸上退避させるための判断材料を蓄積していく必要がある。また、陸上水路式では、給餌カ所を分散することによる成長の偏りを防ぎ、効率的に中間育成するための技術開発が必要である。

参考文献

山本昌幸、伊藤 篤、山崎 英樹、兼松正衛. 異なる基質・密度で中間育成したリシケタイラギ稚貝の生残率と成長率. 水産増殖 2017; 65: 263-269.

Kurihara T, Nakano S, Matsuyama Y, Hashimoto K, Yamada K, Ito A, Kanematsu M. Survival time of juvenile pen shell *Atrina pectinata* (Bivalvia:Pinnidae) in hyposaline water. *International Aquatic Research* 2018; 10: 1-11.

【図表】

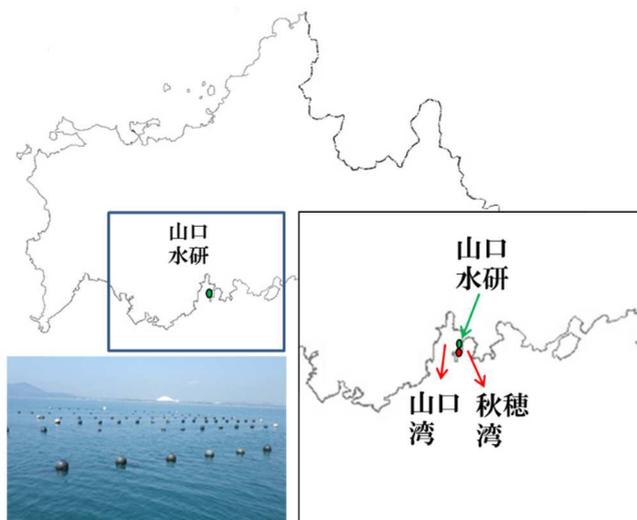


図1 カゴ垂下式及び陸上水路式育成を実施している山口湾及び山口県水産研究センター



図2 サンテナーカゴ



図3 台風接近時の避難水槽

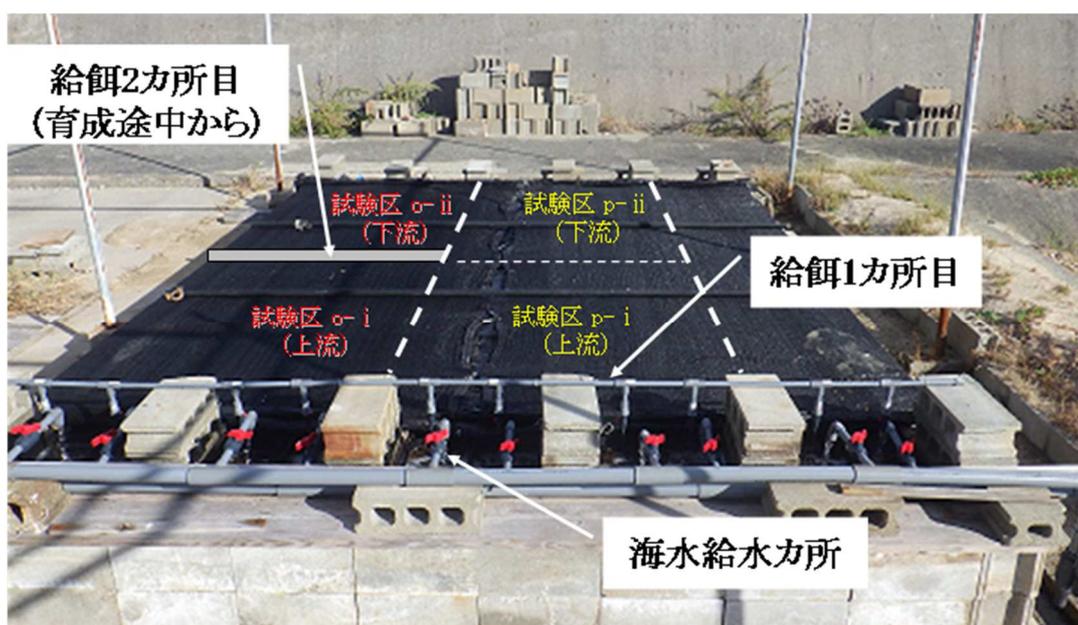


図4 陸上水路式育成装置

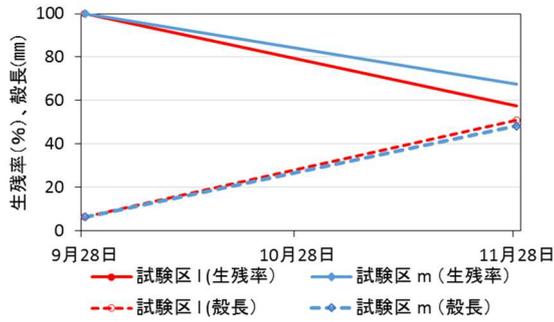


図5 生残率と殻長の推移 (カゴ垂下式)

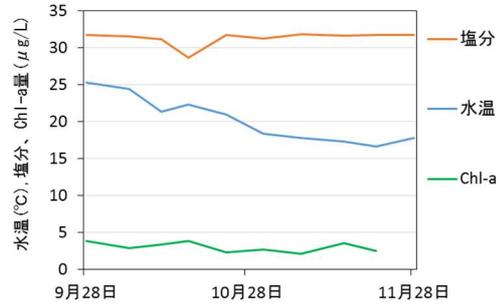


図6 環境項目の推移 (カゴ垂下式)

式)

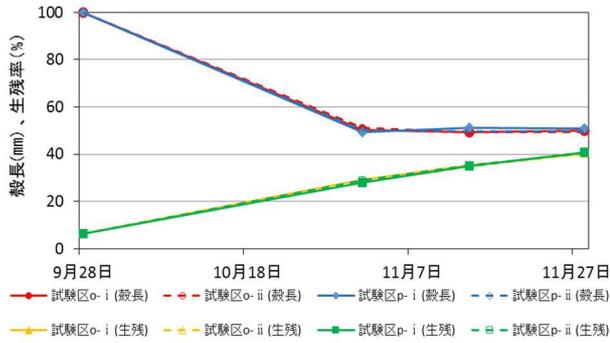


図7 生残率と殻長の推移 (陸上水路式)

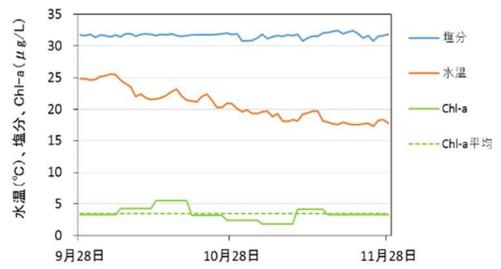


図8 環境項目の推移 (陸上水路式)

ウ. 人工種苗から成員までの育成技術の開発

③ 東京湾におけるハマグリ育成技術開発

千葉県水産総合研究センター 東京湾漁業研究所

林俊裕

【目的】

殻長 1 mm 以降のハマグリ稚貝の育成方法として、3 段式循環水槽（直径 60cm の飼育容器を用いたダウンウェリング方式）で飼育することにより、越冬させることが可能となった。今年度は、殻長 1 mm 稚貝を循環水槽で室内育成する際の適正な育成密度を検討するために、翌春までに殻長 3mm 程度に育成させることを目標とした育成密度比較試験を行った。また、殻長 3mm 程度に達した稚貝は春季に干潟で被覆網による育成を開始することで、秋季までに 10mm 程度、成長することが明らかになっている。更に秋冬季以降の好適な育成条件を明らかにするため、令和 2 年 11 月から平均殻長 14mm の稚貝を用いて干潟で被覆網による育成密度試験（400、800、1,200 個/ m² の 3 試験区）を実施した結果、令和 3 年 3 月までの残留率は全ての試験区で 90%以上と順調な育成が可能であることを確認した。今年度は、春季から干潟域で被覆網を活用した保護育成試験を実施するとともに、令和 2 年 11 月開始育成密度試験区で成貝サイズ（40mm）までの育成を目指して試験を継続する。

【研究方法】

1) 3 段式循環水槽を使用した殻長 1 mm 以降の育成密度比較試験

ダウンウェリング方式の多段式循環水槽（詳細は、「(3) 人工種苗生産技術の開発、② ハマグリ人工種苗生産技術」参照）を使用した。散水量は 1.2~1.5 L/分とし、基質（貝化石）は使用しなかった。飼育海水は、砂ろ過海水を使用する前日に円形の 1 kL 水槽に収容し、通気しながら、小型の紫外線殺菌装置（UV バズーカ、ゼンスイ（株））に循環させて殺菌処理を行った。飼育期間中の水槽内の飼育水は隔日で換水し、飼育容器内の稚貝は毎日水道水シャワー洗浄した。餌料はパブロバ・ルテリを与えた。給餌目安は、1 日 1 回以上コールターカウンター（ベックマン・コールター社製 Z2）で残餌密度を測定し、飼育水槽内の餌料密度が 1,000 細胞/ml を下回らないよう調整した。試験は令和 3 年 12 月 10 日~令和 4 年 5 月 9 日および令和 4 年 10 月 21 日~12 月 5 日の 2 回実施した。

2) 干潟での被覆網による育成試験

千葉県水更津市盤洲干潟の小櫃川河口北側干潟域の岸側（地盤高+0.9 m 程度）で、令和 3 年 8 月に採卵し、3 段式循環水槽で育成したハマグリ稚貝（平均殻長 2.3 mm、72,000 個）を用いて、令和 4 年 6 月 8 日から干潟域での 3×3 m 被覆網（目合 2mm）による育成試験を開始した。調査は定期的実施し、内径 65 mm のコアサンプラーで底質とともにハマグリ稚貝を採取し、殻長を測定して成長を追跡した。また、同じ場所で令和 2 年の春夏

季に干潟で育成した平均殻長 14 mm のハマグリ稚貝を使用して、令和 2 年 11 月 30 日から 400、800、1,200 個体/ m² の 3 段階の育成密度の試験区 (3×3 m 被覆網) での追跡調査を継続した。調査は原則として月 1 回実施し、内径 65 mm のコアサンプラーで網内の 6 か所を各 3 回採取し、残留率及び成長 (殻長) を把握した。また調査時にはブラシでの網清掃とともに網をふるうことで、付着した藻類や泥を除去した。

【研究成果の概要】

1) 3 段階循環水槽を使用した殻長 1mm 以降の育成密度比較試験

第 1 回試験. 直径 60 cm の飼育容器に平均殻長 1.5 mm の稚貝を 2 段階の密度 (低密度区:

25 個体/cm²、高密度区:53 個体/cm²) で收容した。飼育水温は 26℃、塩分は 25 とし、生残率と成長を調べた。その結果、低密度区では生残率 58.5%、平均殻長 2.33mm、高密度区では生残率 56.3%、平均殻長 2.28mm で、育成密度の違いによる生残率、殻長に有意な差は見られず、さらに高密度での効率的な飼育の可能性が示唆された (表 1)。

第 2 回試験. 平均殻長 2.0 mm の稚貝を 2 段階の密度 (中密度区:35 個体/cm²、高密度区:70 個体/cm²) で飼育容器に收容した。飼育時の水温は 33℃、塩分は 20 とし、生残率と成長を調べた。その結果、中密度区では生残率 86.5%、平均殻長 2.81mm、高密度区では生残率 80.7%、平均殻長 2.51mm で、高密度区の平均殻長は中密度区より有意に小さかったが、生残率には有意な差は見られなかった。

2) 干潟での被覆網による育成試験

令和 4 年 6 月 8 日に開始した被覆網での保護試験では、平均殻長は開始時の 2.3 mm から令和 4 年 12 月 21 日には 4.6 mm に成長したが (図 1)、育成開始時の殻長が小さく、例年と比較して成長速度が遅かったため、2 mm 目合の被覆網での保護育成を継続している。

令和 2 年 11 月に開始した干潟での密度別育成試験の残留率 (開始時の生息密度から逸散やへい死による減耗を除いた率) は令和 3 年 8 月までは 8 割前後の高い値を示した。令和 3 年 9 月以降は 5 割前後に低下したが、試験区間の差が縮小して、大きな残留率の低下は見られず、令和 5 年 2 月まで 2~5 割の値を維持し、育成密度による残留率の差は小さかった (図 2)。

殻長は令和 3 年春~秋にかけて良好な成長を示し、試験開始 1 年後の令和 3 年 11 月には開始時 (14.1mm) の 2 倍を超える 30mm 前後まで成長した。しかし、令和 4 年の春~秋は成長速度が鈍化し、令和 5 年 2 月の平均殻長は 400 個/m²区で 39.6mm、800 個/m²区で 37.1mm、1,200 個/m²区で 39.1mm となった。試験間の平均殻長の差は小さく、目標とした平均殻長 40mm には到達しなかった (図 3)。

【次年度に向けた提言】

1) 3 段式循環水槽を使用した殻長 1 mm 以降の育成密度比較試験

高密度で効率的に育成するための密度試験の結果、25 個体/cm²と 53 個体/cm²では有意な成長差は見られなかったが、53 個体/cm²と 70 個体/cm²では 70 個体/cm²の成長が停滞し、高成長を目指して育成する場合には、50 個体/cm²程度が最大密度であることが明らかとなった。今後は 50 個体/cm²を目安に殻長 3mm までの稚貝育成に取り組む予定である。

2) 干潟での被覆網による育成試験

殻長 30mm 以降の成長速度が低下し、春夏期にも成長が停滞していることや、餌料源分析の結果（詳細はウ-⑤参照）から、今回設定した育成場所は成貝サイズの生育に適していない可能性が示唆された。そこで、沖側にも育成場所を設けて、成貝サイズ（40mm）までの成長速度を比較し効率的な育成手法の確立を目指していく。

【図表】

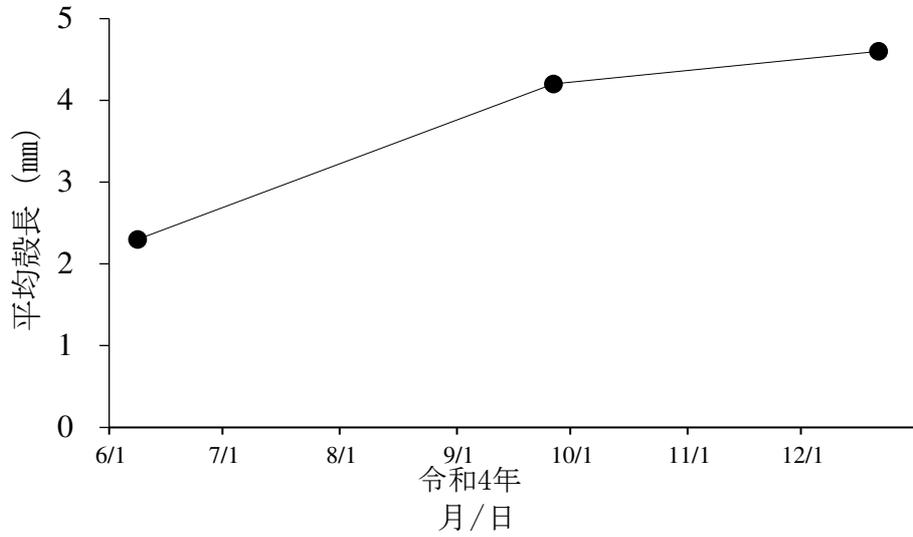


図1 令和4年開始干潟での育成試験における平均殻長の推移

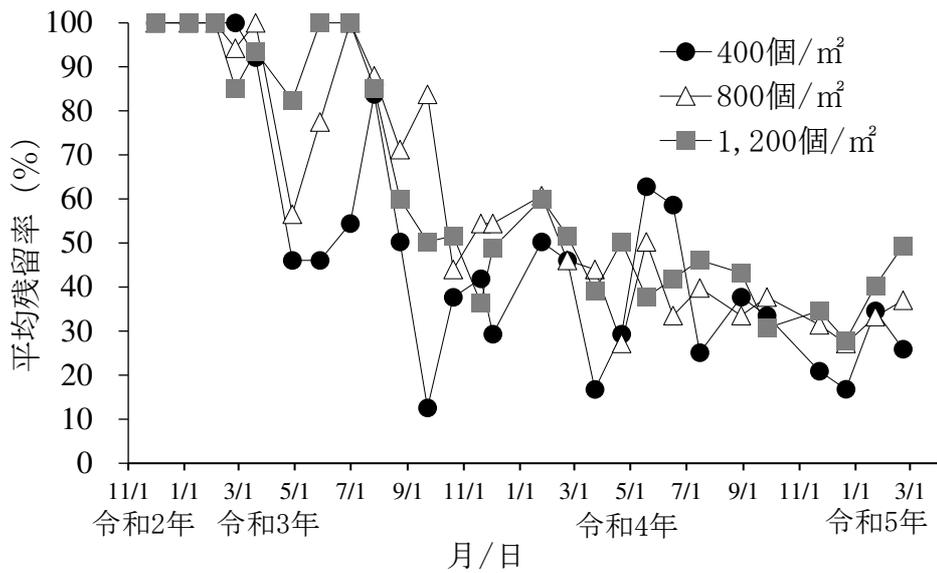


図2 令和2年開始干潟での育成試験における平均残留率の推移

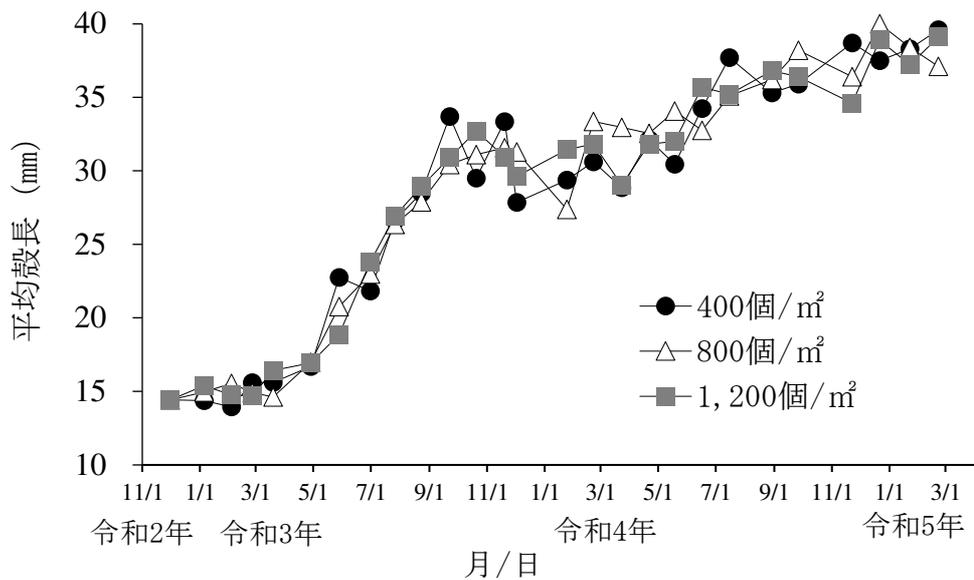


図3 令和2年開始干潟での育成試験における平均殻長の推移

表1 育成密度比較試験（第1回：令和3年12月10日～令和4年5月9日）

試験区	開始時殻長	終了時殻長	生残率
低密度区 (25 個体/cm ²)	1.50mm	2.33mm	58.5%
高密度区 (53 個体/cm ²)		2.28mm	56.3%

表2 育成密度比較試験（第2回：令和4年10月21日～令和4年12月5日）

試験区	開始時殻長	終了時殻長	生残率
中密度区 (35 個体/cm ²)	2.0mm	2.81mm	86.5%
高密度区 (70 個体/cm ²)		2.51mm	80.7%

ウ. 人工種苗から成貝までの育成技術の開発

④ 伊勢湾におけるハマグリ育成技術開発

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 トンまで回復したが、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、桑名地区におけるハマグリ稚貝の放流効果を高めるため、飼育排水（ブラウンウォーター）給餌等による飼育や、天然海域における垂下飼育等により、放流サイズまで効率的に中間育成する技術を開発する。

【研究方法】

前年度に放流用クルマエビ種苗の陸上中間育成施設において、飼育排水を活用した中間育成試験を実施したところ、ハマグリ稚貝の順調な生育が確認された。このことから、今年度は、陸上水槽における詳細な飼育条件について検討した。

また、クルマエビ種苗の中間育成が終了し、陸上施設が利用できなくなる 11 月以降は、冬季でも生育が期待できる温暖な県南部の天然海域で垂下飼育試験を実施した。

1) 陸上水槽での中間育成

鈴鹿市にある北部中間育成施設において、放流用クルマエビ種苗の中間飼育が行われる 6～11 月に、飼育排水を活用したハマグリ稚貝の中間育成試験を実施した。クルマエビの中間育成を行っている円型コンクリート水槽下に、2 t FRP 水槽を 4 基設置（水槽 No. 3～6）し、円形コンクリート水槽から飼育水を引き込んで、FRP 水槽の上部に穴をあけた塩ビ管を設置して、ダウンウェリング注水した（図 1）。飼育期間中は、FRP 水槽の上部を遮光ネットで覆い、毎日 1 回、全排水を行って水槽内をブラシ清掃した。また、毎日 2 回、水道水のシャワー散水により、飼育容器と稚貝を洗浄した。飼育期間中は、1 週間に 1 回程度、飼育稚貝の殻長を測定するとともに、飼育水の水温・塩分・溶存酸素濃度を多項目水質計（YSI 社製：Pro2030）で、クロロフィル濃度をクロロフィル計（笠原理化工業：CHL-30）で測定した。試験には、浜島栽培漁業センターで生産された人工種苗を用い、飼育容器は昨年度と同様の円筒容器（φ 39cm、目合 500μm）を用いた（図 1）。試験は 3 回に分けて行い、飼育水濃度、および飼育密度などの飼育条件について検討した（表 1）。

2) 天然海域での中間育成

陸上施設が利用できなくなる 11 月以降に、県南部の尾鷲栽培漁業センター前の天然海域で垂下飼育試験を実施した (図 2)。飼育カゴは、これまでの検討により、飼育中の破損がほとんどなく、害敵生物の侵入がみられなかったアコヤ稚貝用の沖出し袋 (PE 製、目合 1.2mm、図 2) を用いることとし、1~2 回/月、殻長測定を行い、生育状況を把握した。また、昨年度は飼育容器にコケムシなどが付着し、海水交換の悪化がみられたことから、測定ごとに網交換を実施した。飼育条件の検討として、砂基質の有無や飼育水深 (1.5m、3m) について検討を行うとともに、母貝団地造成技術開発で検討している赤須賀漁港での垂下飼育試験と結果を比較した (表 2)。

【研究成果の概要】

1) 陸上水槽での中間育成

北部中間育成施設において、クルマエビ種苗の飼育排水を 1/4 に希釈して飼育水とした水槽③と、1/2 に希釈して飼育水とした水槽④における水温、塩分を図 4 に、クロロフィル-a の推移を図 5 に示した。水温は 18~29℃ (平均 25.6℃) で、塩分は 12~23 (平均 17.1) で推移し、水槽間で差はほとんど見られなかった。クロロフィル-a は、6 月 10 日から飼育を開始した水槽③④において、水槽③ (1/4 希釈) は 0~42µg/L (平均 7.8µg/L)、水槽④ (1/2 希釈) は 0~41µg/L (平均 12.4µg/L) で推移した。また、7 月 14 日から飼育を開始した水槽⑤⑥においては、水槽⑤ (1/4 希釈) は 0~15µg/L (平均 4.5µg/L)、水槽⑥ (1/2 希釈) は 0~27µg/L (平均 9.0µg/L) で推移した。

水槽③④では、飼育を開始した 6 月 10 日から 7 月中旬まで、クルマエビ飼育水槽での植物プランクトンの発生が少なく、両水槽とも極めて低いクロロフィル値で推移した。また、両水槽とも 9 月中~下旬にクロロフィル値の低下が見られた。昨年度は 1/2 希釈水槽の平均クロロフィル値は 27µg/L であったが、今年度の平均値はその半分以下の低い値となった。

陸上水槽における中間育成試験は、6 月 10 日から 10 月 27 日にかけて 3 回実施した。各試験における平均殻長の推移を図 6~8 に、試験結果を表 3~5 に示した。6 月 10 日から実施した第 1 回目試験では、飼育開始当初から、ほとんど殻長の増加は見られず、生育は停滞したままで推移した (図 6)。飼育開始からクロロフィル値がほぼゼロに近い状態で推移しており、エサ不足状態となっていたと考えられた。7 月中旬以降にクロロフィル値は増加したものの、殻長の増加は見られず、試験終了時に計測した生残率は 5.7~26.0%で、多くの個体がへい死した (表 3)。

7 月 14 日から実施した 2 回目試験では、開始当初からクロロフィル値は上昇しており、飼育開始から 7 週目まで順調に殻長の増加が見られた (図 7)。7 週前後から飼育密度によって成長差が現れるようになり、飼育数 3 万個に比較し、6 万個以上では生育が停滞した。この頃には、飼育容器内は稚貝が重なっており、水流などの刺激により大量の粘液を出す

ような状況が見られた。試験期間を通じて飼育密度が3、6、9万個の試験区は、ほぼへい死は見られなかったが、12万個の試験区では9割をやや下回る生残率となった(表4)。

9月1日から実施した3回目試験では、2回目試験に比べて、全体的に緩やかであるものの、ほぼ停滞なく殻長の増加が見られた(図8)。1/4希釈の高密度区(10.5万個)では、他区と比べて、生育が劣る傾向が見られた。9月中旬から10月初旬にかけてクロロフィル値が低下したことにより、生育が緩やかになったと考えられたが、試験終了時の生残率は高く、へい死個体は少なかった。

今年度の飼育試験では、クロロフィル値が継続してかなり低い期間があり、この間、生育停滞やへい死などが見られた。安定的な中間育成のためには、クロロフィル値の継続的な観測と、低下した場合の対処法をあらかじめ検討し、稚貝にとって安定的な餌料環境を確保することが重要と考えられた。また、飼育器あたりの飼育数では、今回の結果からは、9万個以下であれば、大量へい死のリスクは少ないと考えられた。ただし、生育に伴い、過密状態となって生育が停滞することが観察されたことから、飼育密度を3万個程度にするか、あるいは、6~9万個で飼育を開始し、生育停滞がみられたら、フルイで殻長の大きなハマグリを選び分けて、より目合いの大きな網袋などに移し替えるなどの飼育方法が考えられた。

2) 天然海域での中間育成

令和3年11月30日から実施している、尾鷲栽培漁業センター前栈橋での垂下飼育試験結果を図9に示した。袋あたりの収容数が3200個、および6400個では6月ごろまで順調な生育が見られ、平均殻長5mmの種苗が、約半年間の垂下飼育で11mm程度まで生育したが、その後、生育は停滞した。収容数6400個の試験終了時(飼育1年間)の生残率は55%であった(収容数3200個は台風により消失したため、未計数)。収容数26000個では、飼育開始から3か月以降は生育が停滞し、生残率も35%と低かった。

また、令和4年10月から尾鷲栽培漁業センター前栈橋と赤須賀漁港で開始した中間育成試験における水温・塩分の推移を図10に示した。尾鷲における水温は伊勢湾北部の鈴鹿白子に比べ、平均で7.6℃高く、特に伊勢湾北部で水温の下がる12月以降は10℃程度も高く推移した。塩分は、尾鷲では24~26で安定していたのに対し、河川沿いに位置する赤須賀漁港では、1~22(平均15.4)と大きく変動した。なお、尾鷲では水深1.5mと3mで水温、塩分とも大きな差は見られなかった。尾鷲栽培漁業センター前栈橋の垂下飼育における殻長の推移と、2/16時点の概算の生残率を図11に示した。飼育初期には、わずかながら殻長の増加が見られたが、6週目ごろから生育は停滞し、死殻も多くみられるようになった。飼育開始16週目(2/16時点)に、飼育貝の一部をサンプリングして、生貝と死殻の割合から概算の生残率を求めたところ、全飼育カゴの平均生残率は41%で、昨年度(1年後の生残率55%)より低くなった。今回の試験では、付着物対策として、1~2回/月の網替えを実施しており、海水交換を妨げるような顕著な付着は見られていない。ま

た、外敵生物の侵入も観察されておらず、生残率の低下は、海水交換の悪化や食害による影響は考えにくい。一方、昨年より水温が高く推移しており、栄養塩濃度の低い黒潮系暖水の波及により、植物プランクトンの増殖が少ない状態が続いた可能性が考えられた。また、図 11 右図に示したとおり、生残率は基質なしより、砂あり区で高かった。基質なし区では、貝殻に卵塊状の付着物が覆ってへい死している事例がみられており、へい死の一要因になっているものと考えられた。また、今回の試験では、試験開始時の稚貝サイズが昨年と比べて大きいことが何らかの影響を与えている可能性もある。昨年度の試験でも、ある程度の大きさになると生育が停滞する傾向が見られたことから、稚貝サイズに応じた飼育方法の検討が必要である。

【次年度に向けた提言】

クルマエビ種苗中間育成の飼育排水を活用した陸上水槽での飼育では、昨年度の実績を大きく上回り、120 万個程度の中間育成（殻長 3～8mm）を行うことができたが、飼育開始当初には、飼育水の植物プランクトン濃度が低い状態が続き、稚貝のへい死がみられた。今後は植物プランクトン濃度の管理方法を検討し、より安定的な生産体制の構築を目指す。また、天然海域での垂下飼育による中間育成試験では、尾鷲のような温暖な海域で飼育することにより、冬季においても生育が期待できる一方で、台風などのよる飼育カゴの消失や、飼育環境の悪化によりへい死のリスクもある。今後は、ハマグリ漁場周辺での中間育成方法について検討を行う。

【図表】



図1. 飼育排水を活用したダウンウェリング飼育



図2. 天然海域での中間育成実施地点



図3. 沖出し袋（上）と垂下飼育風景（下）

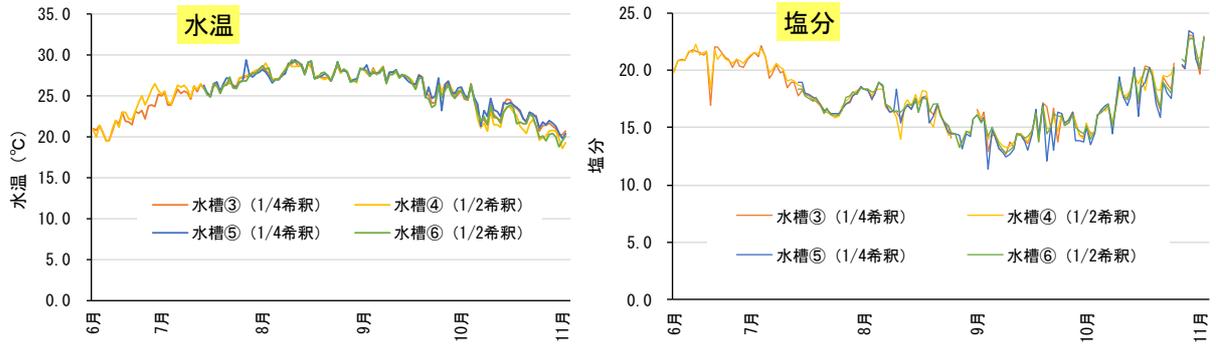


図4. 陸上水槽における水温（左図）・塩分（右図）の推移

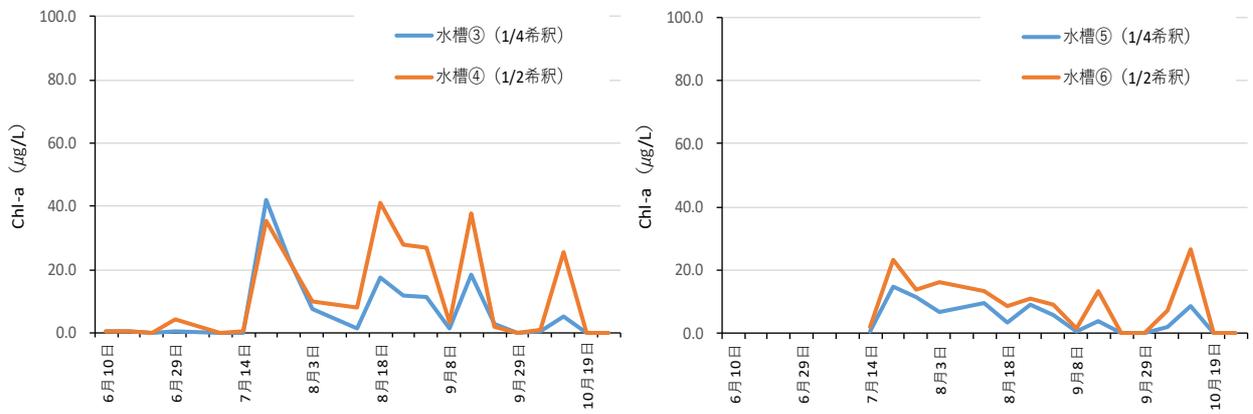


図5. 陸上水槽におけるクロロフィル-a（左図：水槽③④、右図：水槽⑤⑥）の推移

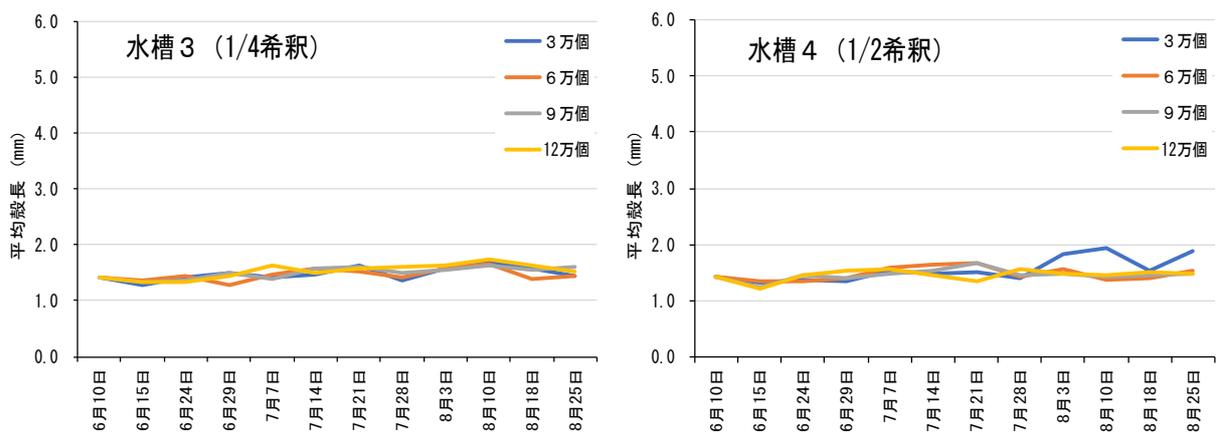


図6. 第1回目飼育試験（左図：1/4希釈、右図：1/2希釈）の殻長推移

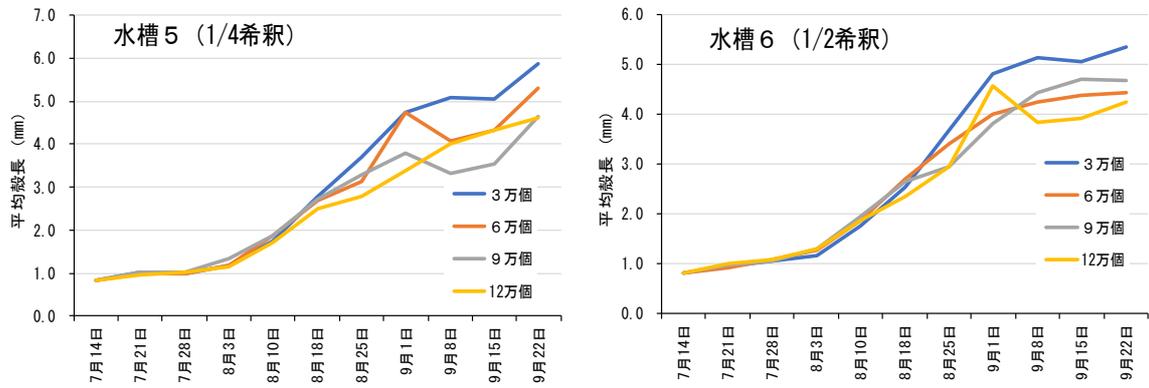


図7. 第2回目飼育試験（左図：1/4希釈、右図：1/2希釈）の殻長推移

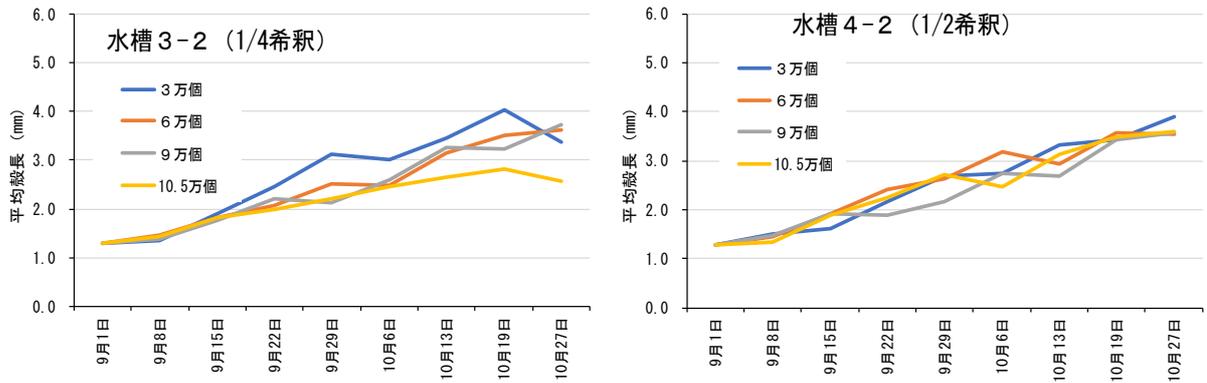


図8. 第3回目飼育試験（左図：1/4希釈、右図：1/2希釈）の殻長推移

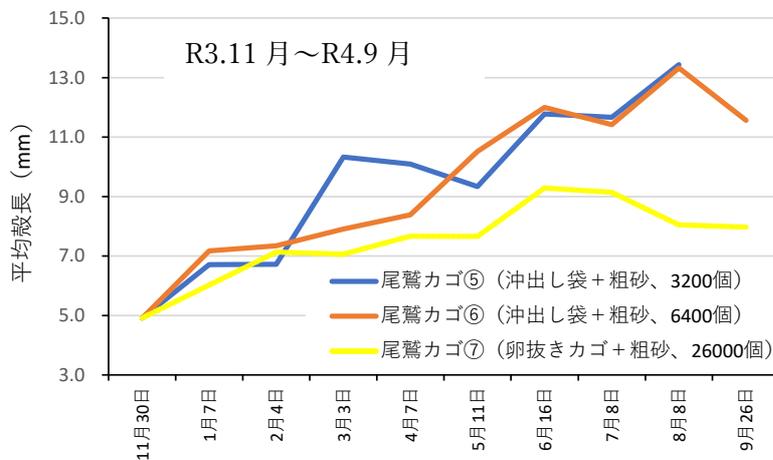


図9. 尾鷲栽培漁業センター前棧橋垂下飼育における殻長の推移
（令和3年11月から開始）

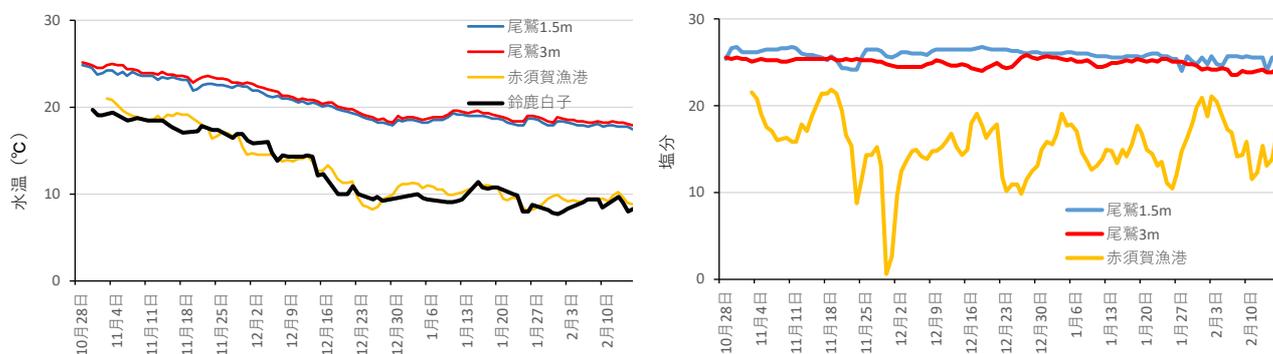


図 10. 尾鷲栽培漁業センター前（水深 1.5m、3m）と赤須賀漁港の水温と塩分の推移
（鈴鹿白子は表層水温、赤須賀漁港は母貝場で検討）

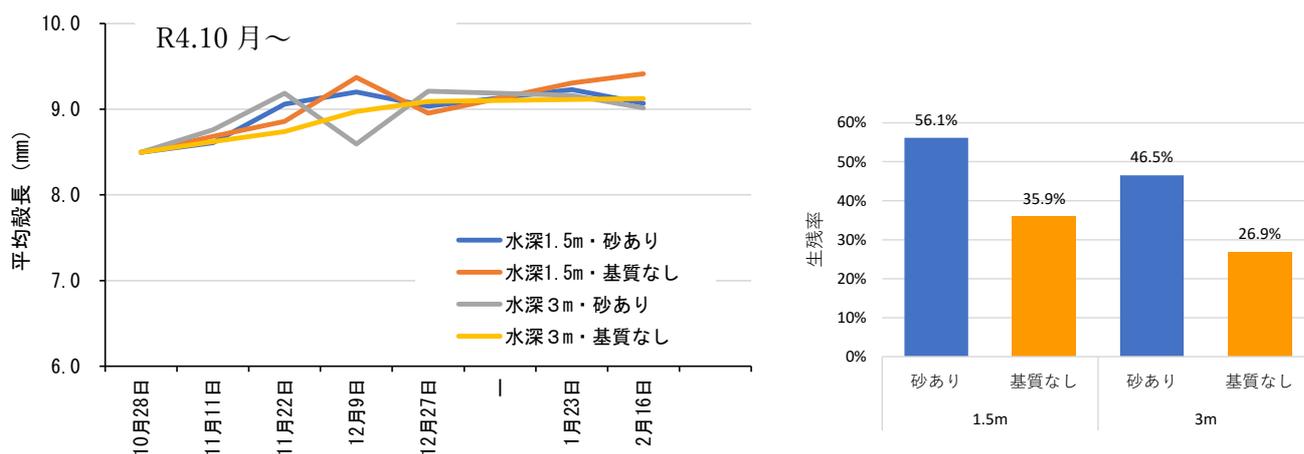


図 11. 尾鷲の垂下飼育における殻長の推移（左図）と 2/16 時点の概算の生残率（右図）

表 1. 陸上水槽による中間育成試験の飼育条件

試験 No.	水槽 No.	試験条件	開始日	稚貝数 (千個/カラム)	開始時の平均殻長(mm)
1	3	1/4希釈	6月10日	30、60、90、120	1.39
2	4	1/2希釈	6月10日	30、60、90、120	1.39
3	5	1/4希釈	7月14日	30、60、90、120	0.82
4	6	1/2希釈	7月14日	30、60、90、120	0.82
5	3	1/4希釈	9月1日	30、60、90、105	1.29
6	4	1/2希釈	9月1日	30、60、90、105	1.29

表 2. 天然海域における中間育成試験の飼育条件（赤須賀漁港は母貝場で検討）

実施地	開始日	試験条件	沖出し袋目合(mm)	垂下水深(m)	稚貝数(千個/飼育容器)	開始時の平均殻長(mm)
尾鷲栽培漁業センター	10月28日	砂あり	1.2	1.5	6.0	8.50
		基質なし	3	1.5	6.0	8.50
		砂あり	1.2	3	6.0	8.50
		基質なし	3	3	6.0	8.50
赤須賀漁港 (参考)	10月31日	砂あり	1.2	B-1	3.0	9.27
			1.2	B-1	6.0	9.27
		基質なし	1.2	B-1	6.0	9.27
			1.2	B-1	2.0	9.27

表 3. 第 1 回目飼育試験結果（飼育期間：6/10～8/25）

試験No.	水槽No.	飼育水	稚貝数(千個)	飼育密度(個/cm ²)	飼育開始時の平均殻長(mm)	飼育終了時の平均殻長(mm)	生残率(%)	日間成長量(mm/日)
1	③	1/4希釈	30	25.1	1.39	1.45	26.0%	0.001
2	③	1/4希釈	60	50.3	1.39	1.44	7.2%	0.001
3	③	1/4希釈	90	75.4	1.39	1.60	11.2%	0.003
4	③	1/4希釈	120	100.5	1.39	1.53	23.4%	0.002
5	④	1/2希釈	30	25.1	1.39	1.89	22.9%	0.007
6	④	1/2希釈	60	50.3	1.39	1.53	17.7%	0.002
7	④	1/2希釈	90	75.4	1.39	1.47	10.6%	0.001
8	④	1/2希釈	120	100.5	1.39	1.49	5.7%	0.001

表 4. 第 2 回目飼育試験結果（飼育期間：7/14～10/27）

試験No.	水槽No.	飼育水	稚貝数(千個)	飼育密度(個/cm ²)	飼育開始時の平均殻長(mm)	飼育終了時の平均殻長(mm)	生残率(%)	日間成長量(mm/日)
9	⑤	1/4希釈	30	25.1	0.82	6.40	101.3%	0.053
10	⑤	1/4希釈	60	50.3	0.82	5.16	105.3%	0.041
11	⑤	1/4希釈	90	75.4	0.82	4.27	114.6%	0.033
12	⑤	1/4希釈	120	100.5	0.82	4.38	88.8%	0.034
13	⑥	1/2希釈	30	25.1	0.82	6.34	105.9%	0.053
14	⑥	1/2希釈	60	50.3	0.82	4.93	100.8%	0.039
15	⑥	1/2希釈	90	75.4	0.82	5.24	97.8%	0.042
16	⑥	1/2希釈	120	100.5	0.82	4.43	88.6%	0.034

ウ. 人工種苗から成貝までの育成技術の開発

⑤ 餌料源分析を通じたハマグリ育成技術の開発

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。本研究では、千葉県水産総合研究センターが実施する干潟域での被覆網を活用した稚貝保護育成試験において、餌料源や肥満度等の生体情報を調べることで、干潟域での適正な保護育成条件、特に収容密度条件を検討することを目的とする。

【研究方法】

1) 被覆網を用いた干潟での育成試験

本課題に用いる試料は、課題ウ ③にて、千葉県水産総合研究センターが令和2年11月から実施している密度試験区（収容密度 400 個体/m²、800 個体/m²、1,200 個体/m²）から提供頂くこととし、令和3年4月から令和4年9月まで、月1回の頻度でサンプリングを行った。令和4年9月以降は、サンプリングの頻度を2ヵ月に1度とした。報告書作成時点で、令和5年1月のサンプリングまで終了している。試験区の詳細については、課題ウ ③を参照されたい。

令和4年1月から、潜砂深度別（表出、浅、深）のサンプルを確実に入手するため、コアサンプラーを用いたサンプリングをやめ、徒手によるサンプリングに切り替えた。また、潜砂深度 10 cm を境として定義していた【浅】と【深】について定義を改め、底質表面を軽く搔いて見付けられる個体を【浅】とし、【浅】個体を取り除いた後に残っている個体を【深】と定義し直した。

採取したハマグリ試料は、殻長、殻高、殻幅、湿重量を測定したのち、殻を開けて、軟体部の湿重量（キムワイプで軽く水分を除去）、前・後閉殻筋の湿重量、殻重量を測定し、肥満度を算出した。なお、前・後閉殻筋については、後述する炭素・窒素安定同位体比分析（以下、それぞれ $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ ）に供した。

2) カゴを用いた干潟での収容密度試験

被覆網を用いた密度試験区において、ハマグリは肥満度や同位体比に統計的に有意な差違いが検出されていなかった（令和3年度末時点）。そのため、収容密度の影響を検証するためには、更なる高密度試験区の設定が必要と考えられた。また、3×3 m の被覆網試験区では、同じ被覆網下であってもハマグリは分布に偏りが出てしまうため、必ずしも収容密度を反映した生息状況となっていなかった。実験条件を反映させるためには、より小さなスケールの試験区が必要と考えられた。

そこで、令和4年5月から、盤洲干潟の岸および中間サイト（図1）にて、高密度のカゴ試験区（収容密度 3,333 個体/m²、1,667 個体/m²、556 個体/m²）を設置した。なお、試験には殻長 17.9±3.1 mm のハマグリを用いた。設置後、3 ヶ月に1度の頻度でサンプリングを行い、令和4年8月、11月、令和5年2月の合計3回のサンプリングおよび形態測定を終えている（令和5年2月末時点）。

3) 炭素・窒素安定同位体比分析

切り出した前・後閉殻を真空凍結乾燥機にて乾燥させ、クロロフォルム・メタノール混合溶液およびメタノールを用いて脱脂処理した。オープン（60℃）で再び乾燥させた後、0.8mg を目安に錫箔に詰め、 $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 分析に供した。 $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 分析には、元素分析計 vario MICRO cube (Elementar Analysensysteme, Lagensfeld, Germany) と質量分析計 IsoPrime 100 (Elementar UK Ltd., Cheshire, UK) の連結システムを用いた。

なお、装置のキャリアガスとして使用するヘリウムガスの供給不足から、課題エ⑤の分析を優先して進めた。本課題の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 分析については、被覆網試験区の2022年2月分（高密度区の【深】を除く）まで終えており、今後、高密度カゴ試験区についての分析を進める予定である（令和5年2月末時点）。

【研究成果の概要】

1) 被覆網を用いた干潟での育成試験

いずれの収容密度においても、春先の肥満度が最も高く、秋季にかけて肥満度が低下し、冬季まで低い値のまま推移した（令和3年度報告書）（図2）。令和4年においても、春先にかけて肥満度が上昇してくるものと予想していたが、いずれの密度区においても、令和3年のような春先の高い肥満度は確認されなかった。令和4年では、7月に最も高い値を取った（小：12.3±1.6、中：11.1±0.7、高：10.0±1.4）が、令和3年に比べて明らかに低かった。

収容密度区間で肥満度を比べると、令和4年2月と7月だけ、統計的に有意な違いが検出された（one-way ANOVA, $p < 0.05$ ）。前者では低密度区（10.25±1.01）が中密度区（8.86±1.17）および高密度区（8.51±0.77）に比べて（Tukey-Kramer, $p < 0.05$ ）、後者では低密度区（12.32±1.60）が高密度区（10.04±1.41）に比べて（Tukey-Kramer, $p < 0.05$ ）、統計的に有意に異なり、いずれの月においても、低密度区で高い肥満度を取った。これらの事実は、低密度区において、ハマグリ の 摂 餌 条 件 が 良 い 可 能 性 を 示 唆 す る も の の、こ の 傾 向 が 確 認 さ れ た の は 実 験 期 間 中 を 通 じ て 2 ヶ 月 の み で あ る こ と か ら、次 年 度 も 調 査 を 継 続 し て 検 証 を 行 う 必 要 が あ る。

元素分析計を用いて測定した CN 比（本報告書では、重量ベースの CN 比を用いる）（図3）を見ると、実験期間中を通じて、CN 比が継続して低下していることが確認できた。これは、閉殻筋に含まれるグリコーゲン含量が低下していることによるものと推定される。

これらの結果に加え肥満度の傾向も踏まえると、現在実施している被覆網を用いた干潟での中間育成手法ではハマグリ個体群を1年以上養成するだけの餌料を供給できていない可能性が示唆された。次年度も調査を継続し、詳細なデータを蓄積することで干潟域での適正な保護育成条件の解明につなげたい。

2) 高密度カゴ試験区

令和4年5月に設置したハマグリ（殻長：17.9±3.1 mm）は、9カ月の令和5年2月時点で、カゴを岸に設置した区で29.4±3.5 mm、中間区で31.6±3.1 mmに成長した。種苗サイズのハマグリを使用したカゴ試験区では、岸寄りで成長が良い旨を報告したが（令和3年度報告書の課題エ⑤）、殻長20 mm前後になると、養成カゴを少し沖に設置した方が、ハマグリ成長が良いように見える。

なお、収容密度間で育成状況を比べると、高密度区にてハマグリ殻形状に若干のゆがみが見られるものの、成長の頭打ちといった、高密度区での成長停滞は見られていない（令和5年2月時点）。今後、ハマグリ成長に応じて収容密度区間に違いがみられる可能性もあり、収容密度間の比較を継続していく必要があるだろう。

また、令和5年2月のサンプリングにおいて、波浪によるものと思われる表出（収容ハマグリの内、約3割の個体が表出）が確認された。潜砂深度別（【表出】、【浅】、【深】）に殻長および肥満度を比較すると、特に、中間サイトにおいて、表出している個体の殻長が小さく、肥満度も低い傾向がみられた。つまり、深く潜れない小型個体は、冬季の波浪によって洗掘され、表出してしまうことで肥満度が低下する可能性がある。沖出しするタイミングの検討に際して、殻長を考慮すべきことが示唆される。詳細なデータについては、次年度、データが蓄積した時点で、改めて報告する。

3) 炭素・窒素安定同位体比分析

$\delta^{13}\text{C}$ は、いずれの月においても収容密度区間で統計的に有意な違いは検出されなかった（one-way ANOVA, $p > 0.05$ ）（図4）。一方、 $\delta^{15}\text{N}$ は、令和4年1月においてのみ、密度区間で統計的に有意な違いが検出され（one-way ANOVA, $p < 0.05$ ）、低密度区（15.2±0.2‰）が高密度区（15.5±0.1‰）と比べて統計的に有意に異なり（Tukey-Kramer, $p < 0.05$ ）、低い値を取った（図5）。但し、僅か1月においてのみ確認された事象であり、今後のデータの蓄積が待たれる。

また、ここまで収容密度区間での比較を行ってきたが、今後、潜砂深度別に採取したハマグリ同位体データについても蓄積していくことが期待され、潜砂深度と同位体やCN比との関係についても、精査して行く必要がある。

【次年度に向けた提言】

次年度は、取得済みの試料について、炭素・窒素安定同位体比分析を進め、収容密度区

間および潜砂深度間の比較を進めて行く必要がある。また、被覆網試験区において、CN比の連続的な低下が見られていることもあり、干潟上における適切な中間育成方法について、更なる検討を進めて行く必要があるだろう。そのためにも、成長（殻長や肥満度を含む）に関する基礎的な情報についても、引き続きモニタリングして行く必要がある。

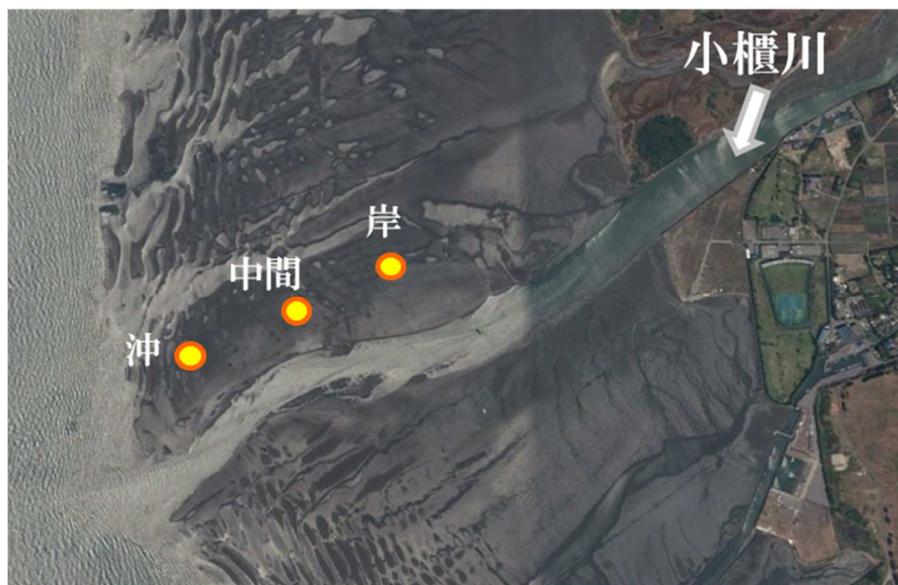


図1 研究サイト

盤洲干潟上に、岸、中間、沖の3サイトを設置。各サイトは約300m離れている。

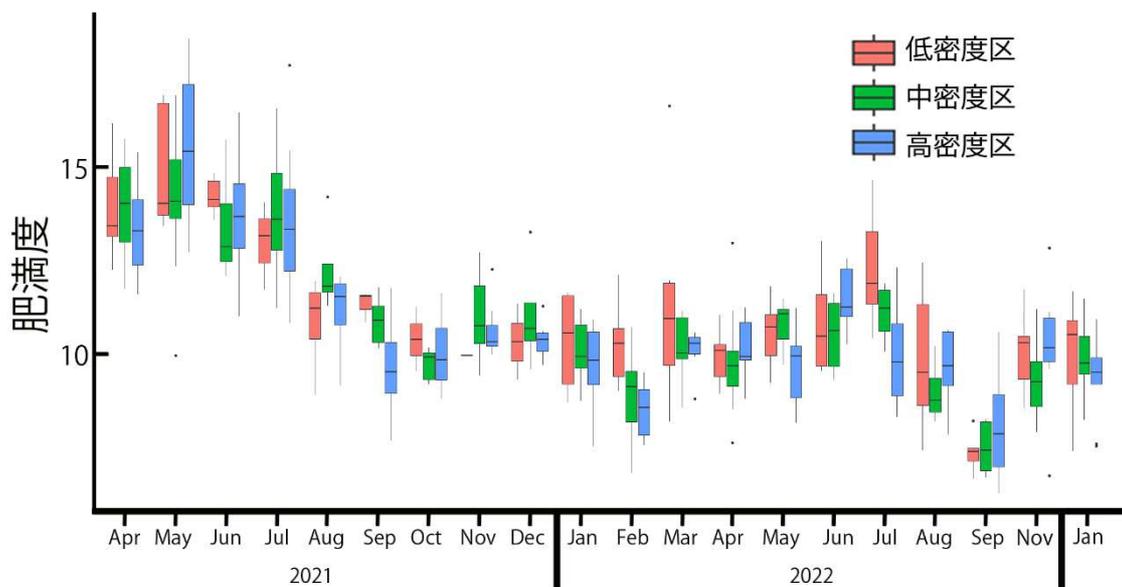


図2 被覆網試験区におけるハマグリ肥満度の推移

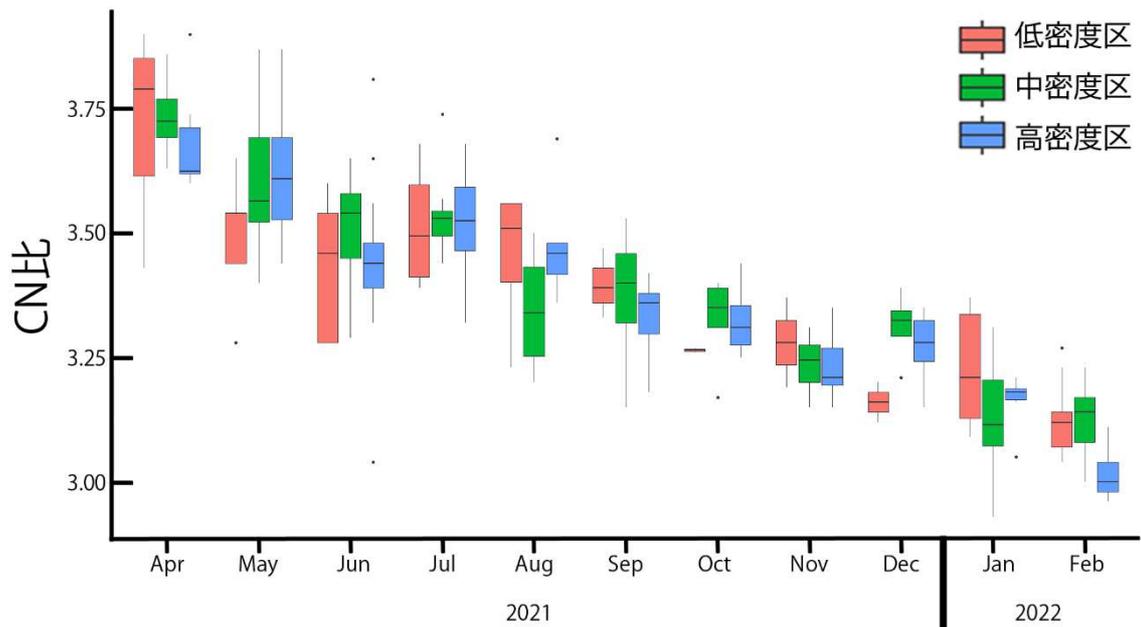


図3 被覆網試験区におけるハマグリ の CN 比 (重量) の推移

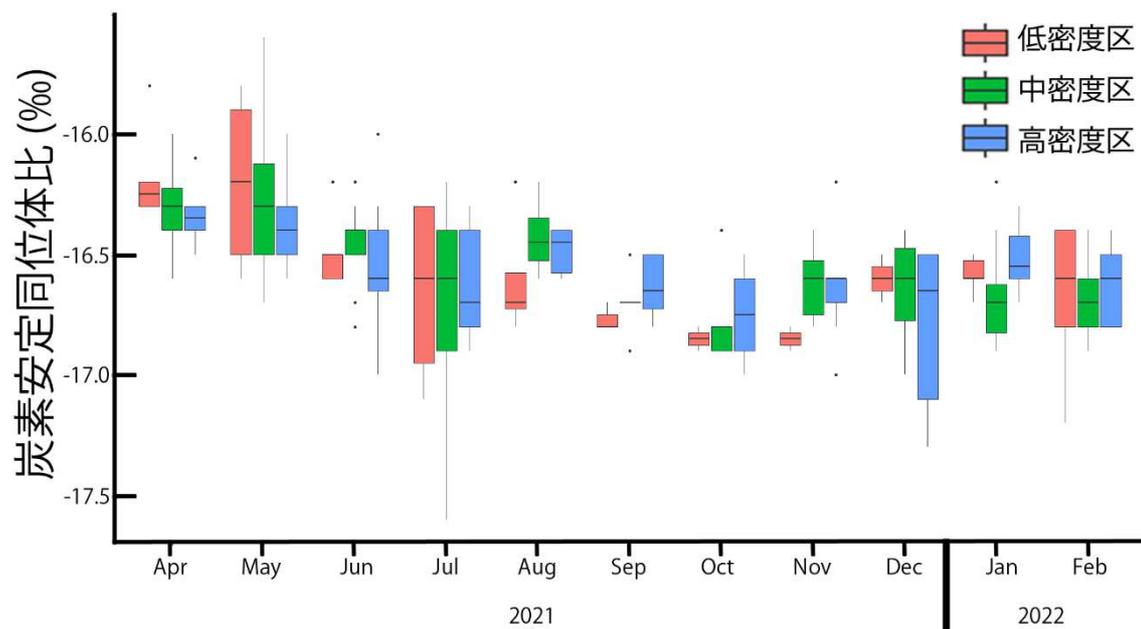


図4 被覆網試験区における収容密度区別のハマグリ の炭素安定同位体比の推移

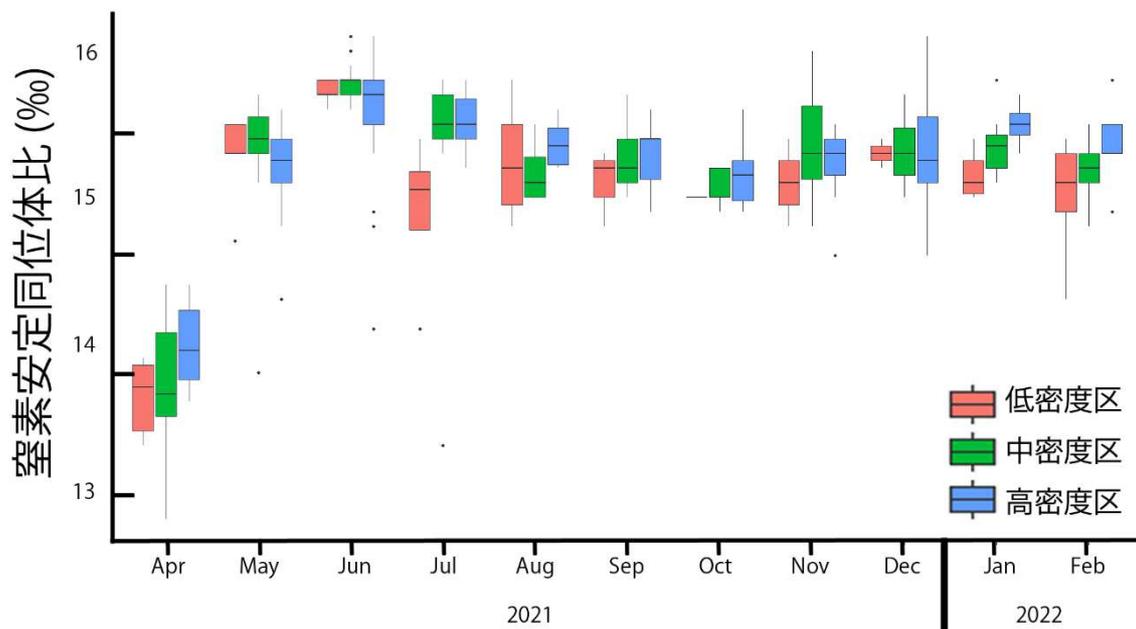


図5 被覆網試験区における収容密度別のハマグリの高窒素安定同位体比の推移