

(3) 人工種苗生産技術の開発

① タイラギ人工種苗生産技術の開発

瀬戸内海区水産研究所 海産無脊椎動物研究センター

伊藤 篤

【目的】

タイラギの浮遊幼生を飼育するために、瀬戸内海区水産研究所において開発した連結式飼育装置などを用いて、飼育水槽内の水流が浮遊幼生の成長や生残に与える影響を調べて、人工種苗生産技術の安定化を検討する。

【方法】

瀬戸内海由来のタイラギ（香川県産タイラギを親貝として生産した人工種苗）と有明海由来のタイラギ（佐賀県産天然貝）を親貝として、「(1) 親貝の養成と採卵技術の開発」における「①タイラギ親貝の養成と採卵技術の開発」課題において得られたふ化幼生を用いて、人工種苗生産試験を実施した。

浮遊幼生飼育には、瀬戸内海区水産研究所で開発した連結式飼育装置（総水量 1kL、以下水槽）を用いた（図 1）。瀬戸内海由来のタイラギと有明海由来のタイラギにおいて、それぞれ 5 セットの水槽で浮遊幼生の飼育を開始した。各水槽には、83 万から 135 万個体のふ化幼生を収容した。水槽内で樹脂製ローターを回転させて、飼育水を攪拌した。水流が浮遊幼生の成長や生残に与える影響を調べるために、水槽内で回転させているローターの回転数を、毎分 30、60、90 回転とした水槽を設けた。水面への浮遊幼生の張り付きを防止するため、飼育水槽の上部から海水を間欠噴射した（20～30 分間隔で 20～30 秒間の噴射）。また、一部の水槽を除いて、飼育水温が 24℃以上になるように、ウォーターバスで飼育水槽を加温した。市販の濃縮餌料 *Chaetoceros calcitrans*（商品名：Kくん、二枚貝養殖研究所）、*Nannochloropsis oculata*（商品名：冷蔵ナンノ ヤンマリン K-1、クロレラ工業）と、自家培養した *Pavlova lutheri* や *Isochrysis sp.* (Tahiti) を飼育水中に 4000～14000 細胞/ml の濃度となるように、1 日に 2 回給餌した。3 日に一度、浮遊幼生が連結式飼育装置の片側に寄ったときに、浮遊幼生がいないほうの水槽を全排水して換水した。また、換水時に浮遊幼生がいるほうの水槽から、内径 4mm のアクリル管を用いて柱状採水（20～50ml）を行い、幼生数の計数と幼生サイズの測定を行った。いくつかの水槽では、幼生飼育の途中で分槽を行って、飼育密度を調整した。飼育海水を排水する際に、300μm のメッシュを通して、着底個体を回収した。水槽底面に張り付いている着底稚貝は、水流で稚貝を剥ぎ取るように洗い流して回収した。着底稚貝は、箱形プランクトン分割器を用いて計数した。回収した着底稚貝は、中間育成課題などに供試するまで、ダウンウェリング容器に収容して、*Isochrysis sp.* (Tahiti) などを給餌して飼育した。

【成果概要】

瀬戸内海由来のタイラギ（5月23日採卵群）ではふ化幼生収容から13日齢まで、有明海由来のタイラギ（6月13日採卵群）ではふ化幼生収容から11日齢まで、水流（ローターの回転数）が浮遊幼生の成長と生残に与える影響を調べた。瀬戸内海由来のタイラギでは、毎分30回転と60回転の水槽において成長が良かったが（図2-左上）、有明海由来のタイラギでは、毎分60回転と90回転の水槽において成長が良かった（図2-右上）。また、浮遊幼生の生残率を見ると、瀬戸内海由来のタイラギでは毎分30回転と60回転の水槽で低く（図2-左下）、有明海由来のタイラギでは毎分60回転の水槽で低かった（図2-右下）。タイラギの由来によって、タイラギ浮遊幼生の成長や生残に及ぼす流速の影響が一致しなかった理由は不明であるが、いずれの由来でも、生残率が低い水槽で成長が良かったことから、浮遊幼生の成長には、飼育密度が影響を与えている可能性が示唆された。

瀬戸内海由来のタイラギの種苗生産における、各水槽の浮遊幼生数（前後3回の測定の移動平均値）、着底個体数、累積着底個体数を図3に示す。着底がもっとも早かったのは、28日齢で、もっとも遅かったものは80日齢であった。着底期間にはばらつきがあり、短期間で着底が完了する水槽と長期間にわたって着底が続く水槽があった。各水槽の浮遊幼生の平均サイズと水温、着底開始日を図4に示す。平均幼生サイズは水槽によって大きく異なり、成長が早い水槽ほど、着底開始日が早い傾向があった。

有明海由来のタイラギの幼生飼育では、5セットの水槽のうち、2セットの水槽で飼育途中に大量減耗が起こったため、飼育を中止した（14日齢と23日齢）。14日齢で飼育を中止した水槽は、5セットの飼育水槽の中でもっとも良い成長と生残を示していた水槽であった。各水槽の浮遊幼生数（前後3回の測定の移動平均値）、着底個体数、累積着底個体数を図5に示す。着底がもっとも早かったのは29日齢で、もっとも遅かったものは74日齢であった。各水槽の浮遊幼生の平均サイズと水温、着底開始日を図6に示す。平均幼生サイズは水槽によって大きく異なり、瀬戸内海由来のタイラギと同様、成長が早い水槽ほど、着底開始日が早い傾向があった。

今年度のタイラギ人工種苗生産の結果を表1に示す。瀬戸内海由来のタイラギの着底稚貝数は1,376,606個体、有明海由来のタイラギの着底稚貝数は827,747個体で、合計2,204,353個体であった。着底率（収容幼生数に対する着底稚貝数の割合）は、瀬戸内海由来のタイラギでは4～73%、有明海由来のタイラギでは0～59%、全体では21%であった。

本課題で生産した瀬戸内海由来のタイラギ人工種苗は、「(3)人工種苗から成貝までの育成技術の開発」の「①瀬戸内海東部海域におけるタイラギ育成技術の開発」と「②瀬戸内海西部海域におけるタイラギ育成技術の開発」課題に供試した。また、有明海由来のタイラギ人工種苗75.8万個体を福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県が実施する有明海漁業振興技術開発事業に供試した。

【次年度に向けた提言】

数年前に比べて、タイラギの人工種苗生産技術は格段に進歩しているが、未だに浮遊幼生期の大量減耗などが起こることがある。現在、種苗生産に用いている連結式飼育装置は総水量が 1kL もあることから、水槽を設置する広いスペースと維持管理の労力が必要となり、一度に多数の水槽を設けることが難しい。今年度実施した流速が浮遊幼生の成長や生残に与える影響を調べる飼育試験は、瀬戸内海と有明海由来のタイラギで、各 1 条件 1 水槽ずつの繰り返しのない試験であったことから、その結果の再現性には疑いが残った。今後、タイラギ浮遊幼生の飼育条件を検討するためには、繰り返しのある飼育試験ができるような小型の飼育装置の開発が必要であると考えます。

【図表】

表 1 令和元年度のタイラギ人工種苗生産結果

母貝	水槽	収容幼生数	分槽	稚貝数	着底率 (%)	着底 日齢	飼育 日数
瀬戸内	WB2	953,272	なし	104,600	11	34	79
	WB3	911,825	2	289,359	32	28	52
	WB4	828,932	なし	33,269	4	37	79
	拡 A	969,850	なし	711,518	73	34	80
	拡 B	961,561	なし	237,860	25	37	79
有明	WB1	1,251,687	なし	0	0	—	—
	WB5	1,301,423	4	767,322	59	34	56
	WB6	1,110,769	なし	0	0	—	—
	拡 C	1,351,159	なし	49,305	4	35	74
	拡 D	920,115	なし	11,120	1	29	50
計		10,560,594		2,204,353	21		

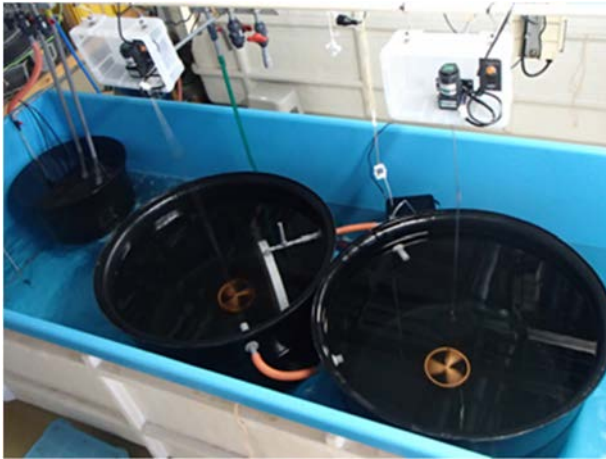


図1 ウォーターバス内の連結式飼育装置

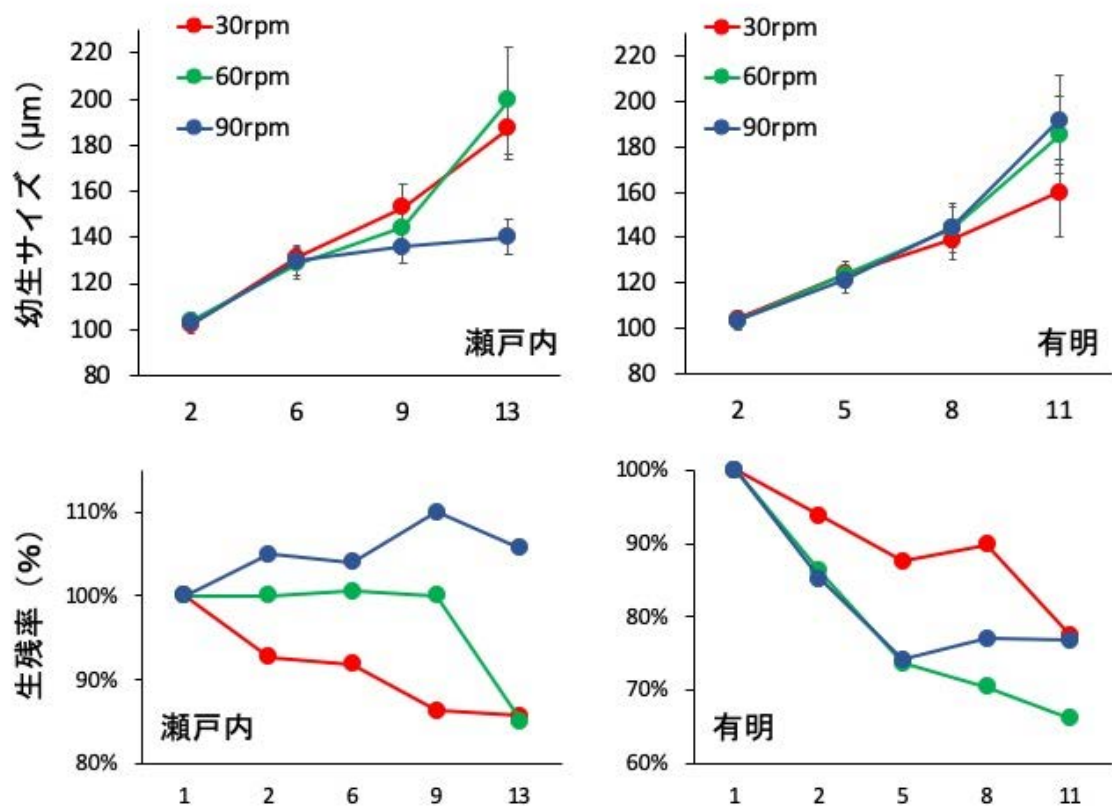


図2 異なる流速の水槽における浮遊幼生の成長と生残

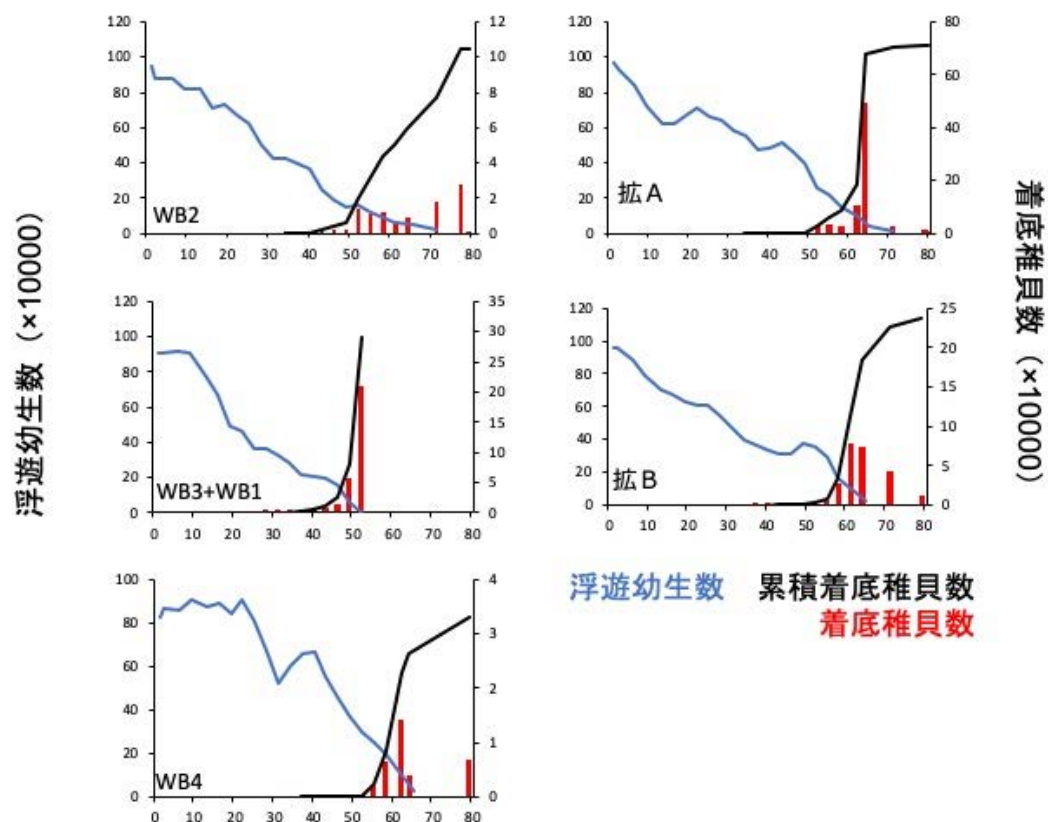


図3 瀬戸内海由来のタイラギ種苗生産における浮遊幼生数、着底個体数、累積着底個体数

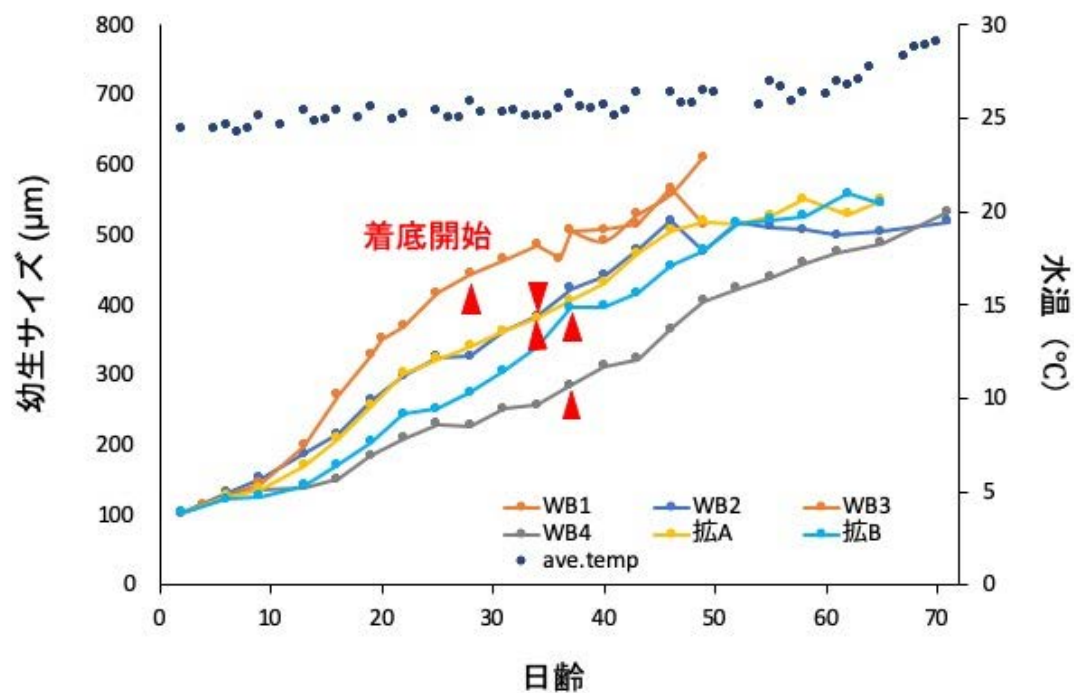


図4 瀬戸内海由来のタイラギの幼生サイズと飼育水温

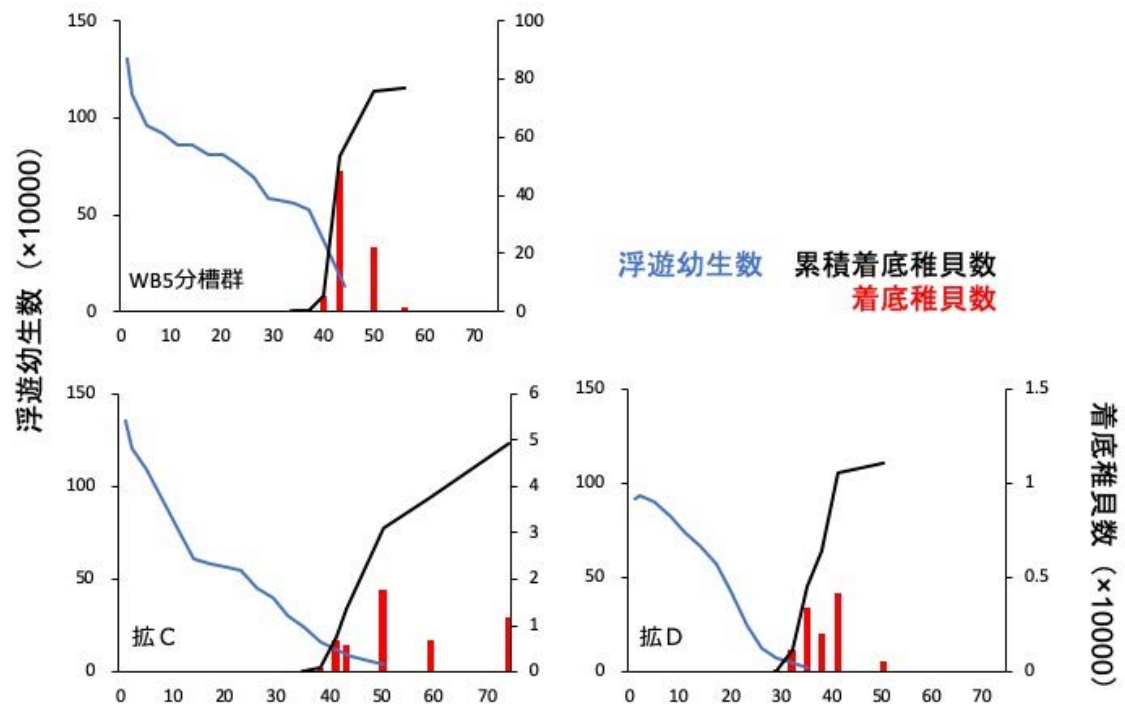


図5 有明海由来のタイラギ種苗生産における浮遊幼生数、着底個体数、累積着底個体数

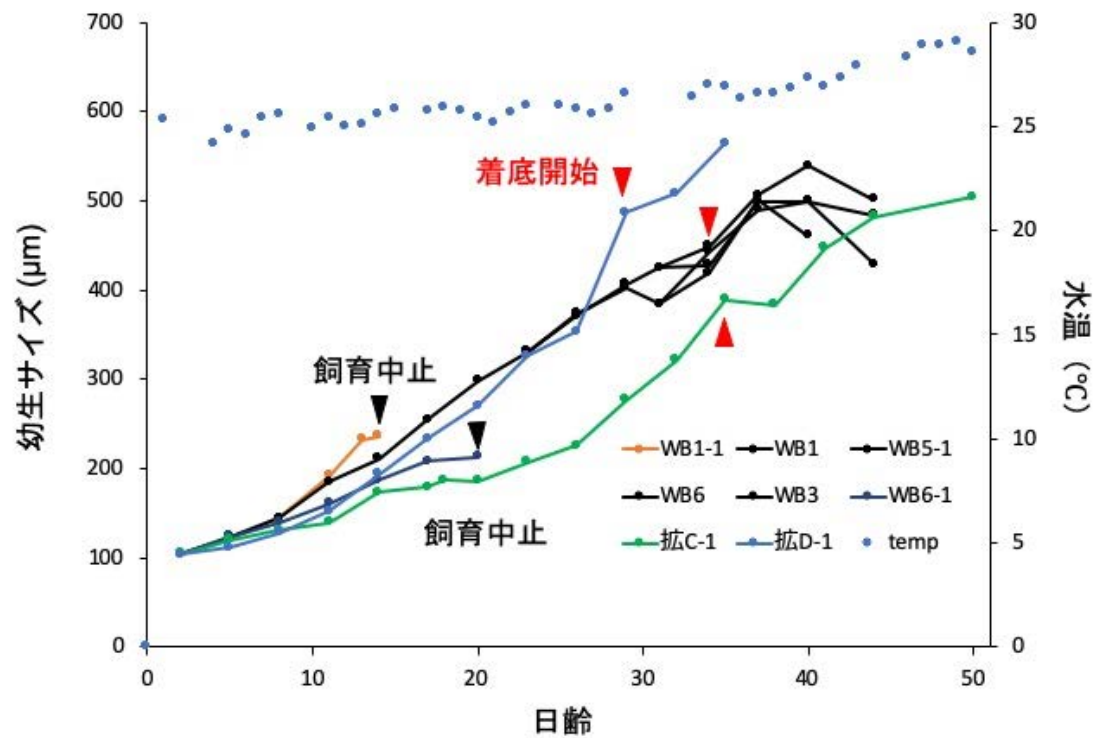


図6 有明海由来のタイラギの幼生サイズと飼育水温

(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の開発

千葉県水産総合研究センター 東京湾漁業研究所

小林 豊

【目的】

東京湾のアサリ漁獲量は、長期的な資源の減少やカイヤドリウミグモ（以降ウミグモと呼ぶ）による寄生被害などにより著しく減少している。業界では、アサリの代替種の一つとして、ウミグモが寄生しにくいハマグリに対する要望が強い。そのため、千葉県では平成 24 年度からハマグリ種苗生産技術の開発に取り組んでいる。浮遊幼生から殻長 1 mm 程度の稚貝育成については、水温 33℃、60%希釈海水（塩分濃度 19~20）、餌料はパブロバ ルテリ（以降パブロバと呼ぶ）で育成できることが分かっている。しかし、着底期から着底初期に大量死亡が発生することがあり、種苗生産ではこの時期の大量死亡を軽減させる必要がある。他の二枚貝種苗生産では、複数の餌料を使用していること、チョウセンハマグリの場合では、珪藻との複合餌料にして以降、着底期から着底初期の大量死亡がほとんどみられなくなった。そこで、着底期から殻長 1 mm 程度の育成について、パブロバを主体に珪藻であるキートセロス ネオグラシーレ（以降ネオグラシーレと呼ぶ）の混合割合を変えた試験区を設定し、生残率と成長を比較することで、適正な給餌割合を判定する。

【研究方法】

4) 着底期から殻長 1 mm 稚貝までの複合餌料試験

着底期から着底初期の大量死亡を軽減するため、パブロバ及びネオグラシーレによる複合餌料試験を 6~8 月（1 回次）および 10~12 月（2 回次）の 2 回実施した。試験区は、1 回次はパブロバ 100%区、パブロバ 60%：ネオグラシーレ 40%区、パブロバ 70%：ネオグラシーレ 30%区、パブロバ 80%：ネオグラシーレ 20%区の 4 試験区としたが、2 回次は 9 月上旬の台風被害により約 3 日間停電し、十分な卵数を確保できず、1 回次と同じ着底期幼生数が得られなかったため、パブロバ 60%：ネオグラシーレ 40%区を除いた 3 試験区とした。

飼育装置は多段式循環水槽を使用した。飼育架台は木製で、最下段に循環水槽（内寸 753×903×200mm：RX-130 L、ダイライト（株））を配置し、その上に飼育水槽（内寸 903×1343×200mm：RX-240 L、ダイライト（株））を 3 段配置し、循環水槽から水中ポンプ（CSL-100L、寺田ポンプ製作所（株））で各水槽へ注水し、再び循環水槽へ排水する仕組みとなっている。飼育海水を 33℃に保つため、下段の循環水槽に 1kw チタンヒーターを設置した。飼育容器は塩化ビニール製の円筒型容器（直径 600mm、高さ 150mm）で、底面に 85 または 125μm 角目のナイロンネットを貼ったものであり、各水槽に 2 器設置し、1 水槽当たり最大 6 器設置可能となっている。飼育容器への注水は容器上方から散水するダウンウェリング方式で、容器への注水量は 0.5~1 L/分程度とした。

飼育海水は砂ろ過海水を、使用する前日に円形の 1 t 水槽に収容し、水道水で 60%に希釈し、通気しながら 1kw チタンヒーターで 33℃に加温し、小型の紫外線殺菌装置（UV バズーカ、ゼンスイ（株））を設置して海水を循環させ、殺菌処理を行った。飼育管理については、収容個数は 1 回次が 1 水槽に 60 万個/器×6 器、2 回次が 35 万個/器×4 器を収容した。また、飼育容器内には貝化石約 50 g を敷設した。

飼育管理は着底期から着底までは水槽内の飼育水を毎日換水、着底後は隔日換水とした。飼育容器内の稚貝および貝化石は、海水でシャワー洗浄した。洗浄の間隔は、1 回次は毎日、2 回次は着底まで毎日、着底後は隔日とした。

給餌は、着底までは 1 日 1 回、着底後は 1 日 3 回（午前、午後、夜）とし、1 回次は 25,000～132,000 細胞/ml/回、2 回次は 24,000～76,000 細胞/ml/回与えた。着底後の給餌目安は、午前中の給餌前に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、1,000 細胞/ml を下回らないよう増やした。

【研究成果の概要】

1) 着底期から殻長 1 mm 稚貝までの複合餌料試験

1 回次試験の結果を表 1 に示す。生残率はパブロバ 100%区、パブロバ 60%：ネオグラシーレ 40%区、パブロバ 70%：ネオグラシーレ 30%区、パブロバ 80%：ネオグラシーレ 20%区それぞれ、63.0%、58.7%、60.4%、61.7%で、全ての試験で 60%前後と良好であった。成長（平均殻長）はそれぞれ、0.92 mm、0.94 mm、0.94 mm、1.00 mmで、生残率および成長ともに有意な差は見られなかった（分散分析：P>0.05）。なお、稚貝は 500 μm のふるいで留まったものを計数した。

2 回次試験の結果を表 2 に示す。生残率はパブロバ 100%区、パブロバ 70%：ネオグラシーレ 30%区、パブロバ 80%：ネオグラシーレ 20%区それぞれ、50.6%、53.3%、43.0%で、全ての試験区で 50%前後と良好で、成長（平均殻長）は、0.98 mm、1.00 mm、0.99 mmで、生残率および成長ともに有意な差は見られなかった（分散分析：P>0.05）。なお、稚貝は、1 回次同様、500 μm のふるいで留まったものを計数した。

本年度の 2 回の試験では、全ての試験区で育成が順調で、生残率、成長ともに有意な差は見られなかった。今年度は、昨年度の育成との改善点として「幼生から着底までの水替えと洗浄は隔日ではなく毎日実施」、「パブロバは一貫して濃縮した冷蔵保存した餌料ではなく、培養した餌料を給餌」、「UV 装置のメンテナンスへの気配り（防水のためのガラス管清掃、ランプ及びパッキン類の交換）」、「着底期幼生を飼育容器に収容する直前に、先に貝化石を飼育容器に入れ、水道水で十分に散水洗浄した後、着底期幼生を収容（微細粒子除去）」を実施したことであり、これにより順調に育成することができたと考えられた。

【次年度に向けた提言】

今年度は、1、2 回次ともに着底期から着底初期に大量死亡が発生せず、順調に育成する

ことができた。ただし、1水槽に60万個/器×6器収容し、4試験区で行ったのは1回のみであることから、今年度の改善点も加味して、次年度に再現性を確認する必要がある。

参考文献

牧野直・深山義文・小林豊（2017）：ハマグリ種苗生産における着底期以後の稚貝の飼育条件。千葉水総研報，11，23-29.

牧野直・深山義文・小林豊（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.

表 1. 1 回次試験結果（飼育期間：6 月 18 日～8 月 26 日、69 日間）

試験区	容器収容 個数	1水槽収容 個数	開始時平均 殻長（mm）	平均生残率 （％）	標準偏差	平均殻長 （mm）	標準偏差
P100%	60万/容器	360万	0.18	63.0	6.78	0.92	0.21
P60%：N40%	60万/容器	360万	0.18	60.4	13.4	0.94	0.22
P70%：N30%	60万/容器	360万	0.18	58.7	11.2	0.94	0.23
P80%：N20%	60万/容器	360万	0.18	61.7	15.5	1.00	0.26

表 2. 2 回次試験結果（飼育期間：10 月 8 日～12 月 4 日、64 日間）

試験区	容器収容 個数	1水槽収容 個数	開始時平均 殻長（mm）	平均生残率 （％）	標準偏差	平均殻長 （mm）	標準偏差
P100%	35万/容器	140万	0.19	50.6	13.7	0.98	0.06
P70%：N30%	35万/容器	140万	0.19	53.3	7.6	1.00	0.01
P80%：N20%	35万/容器	140万	0.19	43.0	6.9	0.99	0.07

(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の開発

愛知県水産試験場 漁業生産研究所

服部 宏勇

【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、着底期前後の減耗が問題となっているため、この時期の飼育条件の適正化が課題である。

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等を検討した。

【研究方法】

5) 採卵

採卵に使用した親貝は、令和元年6月～9月に、伊勢湾東岸の常滑地先、小鈴谷地先、三河湾沿岸の蒲郡地先において、徒手または小型底びき網で採取した。採取した親貝は18℃に設定した恒温室内に設置した砂ろ過海水を入れたコンテナ（横47cm×縦37cm×深さ15cm）に収容し、適宜、通気・換水を行い採卵当日まで静置した。宮里ら¹⁾の方法に準じて、恒温室内のコンテナから取り出した親貝を直射日光下に30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1℃/10分速度で水温を30℃まで昇温する温度刺激法により、産卵・放精を誘発し、採卵した。十分な産卵・放精が確認された場合は、サイフォンにより産卵後の海水を目合い59μmのプランクトンネットですろ過して、受精卵を回収した。回収した受精卵は、30℃に調温した精密ろ過海水で洗卵した後、30℃の精密ろ過海水を入れ、止水・微通気とした100L黒色ポリカーボネイト水槽に30個/mL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、サイフォンにより海水を目合い59μmのプランクトンネットですろ過して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℃の海水中に親貝を静置し、翌日に採卵を実施した。また、一部の親貝は採卵後、砂を敷いたカゴに収容して地先の港に垂下し、次回の採卵に使用するまで畜養した。また、一部の親貝については採卵後に殻長(mm)、殻高(mm)、殻幅(mm)、軟体部湿重量(g)を計測し、肥満度を算出した。

6) 浮遊幼生飼育試験

浮遊幼生の好適飼育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、6月から8月にかけて表1に示した飼育条件で複数回試験を実施した。パンライト止水飼育では、塩分を調節した精密ろ過海水を入れた100L円形パンライト水槽に3個体/mLの密度となるように幼生を収容し、微通気で飼育を開始した。ダウンウェリング法²⁾では、塩分を調節した精密ろ過海水を入れた100L円形パンライト水槽の中に入れた、底面

を 125 μm 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（直径 35cm）に幼生を収容し、エアリーフトにより飼育水を上方から水面へ散水させる方式で試験を開始した。

飼育水の加温は、パンライト止水飼育では水槽内にヒーターを入れて加温し、ダウンウェリング法では幼生収容水槽とパンライト水槽との間隙にヒーターを入れて加温した。飼育水の塩分は精密ろ過海水を、爆気して脱塩素した水道水で希釈して調節した。

餌料は純粋培養した *Pavlova* spp.（以下パブロバ）を使用し、餌料密度 10,000cells/mL 以上になるよう 1 日 1 回、午前中に給餌した。換水は、飼育水と同じ塩分・水温の精密ろ過海水を用いて、パンライト止水飼育では飼育水の 30～50% 量を、ダウンウェリング法では飼育水の 100% 量を給餌前に 1 日 1 回行った。試験期間中は、パンライト止水飼育では内径 4.5mm のガラス管を用いて飼育水を数回柱状サンプリングすることで、ダウンウェリング飼育では 10ml 駒込ピペットでピペッティング後、飼育水を 2～3 回サンプリングすることで、幼生を採取して顕微鏡下で変態状況等を確認した。幼生の着底が確認され次第、サイフォンを用いて海水を目合い 95 μm のプランクトンネットでろ過し、着底稚貝を回収した。

7) 着底稚貝飼育試験

着底期以降の好適塩分濃度を検討するため、飼育水の塩分を 20、10、5 に設定した 3 試験区（S20、S10、S5）で飼育試験を開始した。飼育水槽は、プラスチックコンテナ（縦 48cm × 横 73cm × 深さ 20cm）内に底面を 125 μm 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（直径 25cm）を 2～3 個設置して使用した。飼育容器の底面には基質として貝化石（粒径 125～250 μm ）を散布し、エアリーフトにより飼育水を各飼育水槽の上方から水面へ散水させるダウンウェリング法で飼育した。飼育水は、精密ろ過海水を、爆気して脱塩素した水道水で希釈して塩分を調節し、ヒーターで 33℃ に加温して使用し、毎日、給餌前に全量換水した。餌料には純粋培養したパブロバを使用し、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 20,000～100,000cells/mL を 1 日 1 回、午前中に給餌した。試験終了時に、目合い 355 μm のフルイを用いて、基質と稚貝を分離し、顕微鏡下で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た。

【研究成果の概要】

1) 採卵

採卵結果を表 2 に示した。採卵は令和元年 6 月から 9 月にかけて合計 17 回実施した。17 回中 7 回で産卵が確認でき、合計約 2,100 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後、合計約 1,100 万個体の D 型幼生を回収した。採卵に使用した親貝の産地別の肥満度を確認すると、三河湾で採取した親貝は伊勢湾で採取した親貝に比べて肥満度が高い傾向であった（表 3）。一度の採卵で得られた受精卵数は、三河湾で採取した親

貝を使用した採卵回次において多い傾向であったことから、採卵には肥満度が高い親貝の確保が重要と考えられた。

2) 浮遊幼生飼育試験

浮遊幼生飼育の結果を表4及び表5に示した。パンライト止水飼育、ダウンウェリング飼育ともに飼育開始から7～8日目に稚貝の着底が確認された。生残率は、パンライト止水飼育では0～7.7%、ダウンウェリング飼育では0～54.3%であり、全体的にダウンウェリング飼育の方がパンライト止水飼育よりも高い傾向であった。また、ダウンウェリング飼育において、自然水温の飼育条件では着底稚貝が得られなかったが、33℃に加温した飼育条件では飼育回次によって生残率には差があるものの、いずれの回次においても着底稚貝が得られた。特に、ダウンウェリング飼育・33℃加温条件において、飼育水の塩分をアンボ期に15へ、フルグロウン期に10へ段階的に下げた条件で生残率が最も高くなった。

今年度の飼育試験では、飼育条件ごとに飼育開始時期や供試個体の由来が異なる場合があったため、同一条件での飼育成績を比較することはできなかったが、浮遊幼生飼育の飼育条件として、ダウンウェリング法において水温を33℃に加温し、塩分を幼生の変態時期に応じて段階的に20から10に調整する方法が適している事が示唆された。

3) 着底稚貝飼育試験

試験は7月27日～9月18日と8月15日～10月23日の2回実施し、それぞれの試験結果を表6に示した。1回目の試験では、飼育開始から54日目に稚貝を回収し、S20区、S10区、S5区の生残率はそれぞれ26.1%、38.9%、0%であった。1回目の試験のS5区では試験開始10日目で供試個体が全滅したため、2回目の試験はS20区、S10区の2区で試験を行い、試験開始から70日目の生残率はそれぞれ2.2%、15.6%であった。2回の試験のいずれにおいても、生残率はS10区の方がS20区より高く、稚貝の平均殻長はS20区の方がS10区よりも大きかった。以上のことから、着底稚貝飼育の塩分条件は、生残率の面では塩分10が適している可能性が示唆された。成長では塩分20が良かったが、飼育密度の影響を考慮する必要がある。

【次年度に向けた提言】

採卵については、合計17回実施したが、そのうち多量(100万のオーダー)の受精卵が得られたのは5回であった。肥満度が高い親貝を用いても産卵が誘発されない回次があった一方、肥満度が低くても多量の受精卵が得られる回次もあった。産卵には肥満度や成熟度、親貝の殻長とも関連があると思われるため、それらの要素と産卵量や産卵誘発の効果などの関連を検討していく必要があると考えられる。また、今年度実施した産卵誘発は1℃/10分の昇温刺激であったが、千葉県や熊本県では1～2℃/時間の昇温刺激により多量の受精卵が得られているため、次年度以降は、1～2℃/時間の昇温刺激による産卵誘発を試みて、採卵技術の安定化を図る。

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℃に加温し、塩分を幼

生の変態時期に応じて段階的に 20 から 10 に調整する方法で生残率が最も高くなった。次年度以降は今年度結果の検証を行うと共に塩分を低下させるタイミング等について、より細かな試験区を設定し、比較検討を進める必要がある。

着底稚貝飼育については、ダウンウェリング法（水温 33℃）において、稚貝の生残率は塩分 10 で飼育した方が塩分 20 の条件よりも高くなった。一方で、殻長の成長については、塩分 20 で飼育した方が塩分 10 の条件よりも大きくなった。着底稚貝の飼育条件については、牧野ら²⁾が 60%海水（塩分 19.2psu）と 40%海水で比較した結果、生残率と平均殻長の間で両者にほとんど差がみられておらず、今回の試験結果とは異なる結果が得られている。次年度は、今年度結果の検証を行い、より好適な飼育条件を検討する。また、今年度試験では、同一試験区の飼育水槽によって生残率にバラツキがあったが、これは水槽上方からの散水をエアリフトで行っていたため、散水量にバラツキが生じて餌料供給量等に影響を及ぼしたためと考えられた。次年度は、水中ポンプ等を使用し、流量調整が容易な散水方法を採用して、水槽毎の条件を統一して結果を検証する必要がある。

参考文献

- 1) 宮里幸司・宇都康行・高草木将人・目黒清美・牧野直（2011）ハマグリ¹⁾の粗放的量産基礎技術の開発．平成 22 年度種苗生産研究所富津生産開発室業務報告，23-27.
- 2) 牧野 直・小林 豊・深山義文（2017）ハマグリ種苗生産における着底期以後の稚貝の飼育条件，千葉水総研報，11，23-29.

表 1 浮遊幼生飼育試験の飼育条件

飼育法	水温	塩分	給餌	換水
パンライト止水飼育	自然水温	20	10,000cells/ml以上を維持するように毎朝給餌	30～50%/日
	30℃加温	20		
	33℃加温	20		
ダウンウェリング法	自然水温	20	10,000cells/ml以上の密度で毎朝給餌	100%/日
	33℃加温	20		
		20→10*		

*アンボ期に15、フルグロウン期に10に調整

表 2 採卵結果

回次	採卵実施月日	親貝採取日・産地	親貝使用数 (個)	収容受精卵数 (万粒)	回収D型幼生数 (万個)	D型回収率 (%)
1	6/5	6/4・三谷	29	0	—	—
2	6/6	6/4・三谷	26	0	—	—
3	6/6	6/5・常滑	30	35.0	19.0	54.2
4	6/7	6/4・三谷	26	0	—	—
5	6/7	6/5・常滑	29	0	—	—
6	6/10	6/5・常滑	24	0	—	—
7	6/18	6/17・常滑	75	24.0	20.2	84.0
8	6/19	6/17・常滑	70	365.5	202.6	55.4
9	7/3	7/1・三谷	110	408.0	149.2	36.6
10	7/11	7/1・三谷	70	0	—	—
11	7/17	7/1・三谷	65	0	—	—
12	7/18	7/1・三谷	63	306.0	402.0	131.4
13	7/19	7/18・小鈴谷	80	302.0	16.0	5.3
14	8/6	7/1・三谷	51	654.0	298.7	45.7
15	9/3	9/2・常滑	55	0	—	—
16	9/4	9/2・常滑	52	0	—	—
17	9/5	9/2・常滑	49	0	—	—

表 3 採卵に使用した親貝の肥満度

海域	採取日・産地	採卵使用日	測定個数	肥満度			
				平均	最大	最小	標準偏差
三河湾	6/4・三谷	6/5～7	26	17.2	20.7	14.2	1.6
	7/1・三谷	7/3	34	15.3	19.5	12.8	1.7
	7/1・三谷	7/11	2	16.4	16.5	16.4	—
	7/1・三谷	7/17	4	17.4	19.3	15.3	1.9
	7/1・三谷	7/18	2	17.9	—	—	—
	7/1・三谷	8/6	2	15.8	—	—	—
伊勢湾	6/5・常滑	6/6～10	29	10.9	13.5	8.1	1.1
	6/17・常滑	6/18～19	26	11.1	13.7	9.8	1.0
	7/18・小鈴谷	7/19	30	10.6	13.4	8.6	1.2
	9/2・常滑	9/3～5	27	10.1	13.2	7.3	1.5

表 4 パンライト止水飼育による浮遊幼生飼育結果

飼育開始	水温	塩分	使用水槽数	D型幼生収容数 (万個・A)	着底稚貝回収数 (万個・B)	生残率 (%・B/A)
6月7日	自然	20	1	19.0	0	0
6月19日	自然	20	1	20.2	0	0
6月20日	自然	20	3	92.1	2.46	2.7
7月4日	自然	20	4	124.2	1.07	0.9
7月19日	自然	20	1	40.0	2.6	6.5
7月19日	自然	20	1	242.0	18.7	7.7
8月6日	自然	20	2	90.0	2.7	3.0
6月20日	30℃	20	3	105.9	0	0
7月19日	33℃	20	1	40.0	0.23	0.6

表 5 ダウンウェリング法による浮遊幼生飼育結果

飼育開始	水温	塩分	使用水槽数	D型幼生収容数 (万個・A)	着底稚貝回収数 (万個・B)	生残率 (%・B/A)
7月4日	自然	20	1	24.8	0	0
7月19日	33℃	20	2	80.0	7.1	8.8
7月20日	33℃	20	1	16	2.6	16.3
8月7日	33℃	20	2	79.1	23.3	29.5
8月7日	33℃	20→10	2	78.6	42.7	54.3

表 6 着底稚貝飼育試験結果

試験1回目 (7/27～9/18)

試験区	水槽数 (個)	収容着底稚貝数 (万個/全水槽・A)	回収稚貝数 (万個/全水槽・B)	平均生残率 (%・B/A)	平均殻長 (mm)
S20	3	10	2.6	26.1	1.37
S10	3	10	3.9	38.9	0.92
S5	3	10	0	0	—

試験2回目 (8/15～10/23)

試験区	水槽数 (個)	収容着底稚貝数 (万個/全水槽・A)	回収稚貝数 (万個/全水槽・B)	平均生残率 (%・B/A)	平均殻長 (mm)
S20	2	23.3	0.5	2.2	1.70
S10	3	36	5.6	15.6	1.24

(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の開発

熊本県水産研究センター

徳留 剛彦

【目的】

ハマグリは、二枚貝の中でもアサリと並び、重要な水産資源として利用されてきたが、熊本県では、2006年には漁獲が106トンとピーク時の50分の1にまで減少している。

ハマグリ資源の回復のためには、人工種苗を用いた母貝団地造成が必要とされており、安定的な人工種苗生産から、人工種苗を用いた母貝団地造成までの技術開発が不可欠となっている。

本研究では、母貝団地造成に必要な人工種苗確保のため、初期着底稚貝を安定的に大量確保する技術開発を目的とした。

【研究方法】

③ 採卵

緩慢昇温刺激と生殖腺（精子）添加による誘発刺激により採卵を行った。

※「(1) 親貝の養成と採卵技術の開発②ハマグリ親貝の養成と採卵技術の開発」にて報告済

④ 種苗生産試験

1) 飼育水槽（図1）

浮遊幼生及び初期着底稚貝の飼育は、80L プラブネと 200L プラブネの2段水槽を使用した。80L プラブネには 500W 棒状ヒーターと水中ポンプを設置し、200L プラブネには底面にメッシュネットを張った直径 50 cm、高さ 20 cm の幼生収容カラムを設置し、カラム上面から穴をあけた塩ビ管でダウンウェリング注水し、二つの水槽の飼育水を循環させた。幼生収容カラムのメッシュの目合いは、幼生の成長に合わせ 48 μ m、80 μ m、着底後は 125 μ m の目合いで飼育を行った。

また、水槽上面には保温と遮光のために保温材を設置した。

2) 飼育環境および餌料

飼育水は、ろ過 UV 殺菌した海水を 60%（塩分 19）に希釈して、33℃に加温したものを使用し、飼育期間中は原則毎日全換水した。

餌料は、培養したパブロバ・ルテリ（千葉県より分与）及び濃縮キートセロス・グラシリス（ヤンマーマリンファーム製）または濃縮キートセロス・カルシトランス（ヤンマーマリンファーム製）の単独もしくは混合給餌を行った。

浮遊幼生の匍匐運動が頻繁に観察され始めたなら、粒径が 125-250 μ m の着底基質（海砂）を投入し、着底を促した。

【研究成果の概要】

① 採卵

採卵を6月10日から7月29日の期間に4回行い、6月18日、7月2日、7月29日の採卵で得られた浮遊幼生を用いて3回幼生飼育試験を行った。

※採卵結果の詳細については、「(1) 親貝の養成と採卵技術の開発②ハマグリ親貝の養成と採卵技術の開発」にて報告済み。

② 種苗生産試験

6月18日、7月2日、7月29日採卵群の飼育試験結果を表1に示した。

1) 1回次 (6月18日採卵)

213万個の浮遊幼生を2個のカラムで飼育し、6月28日(飼育期間10日間)に着底基質投入、1個のカラムに集約し、7月30日(飼育期間42日間)に平均殻長 $674.5\mu\text{m}$ 、22.1万個(生残率10.4%)の初期着底稚貝を取り上げた。

1回次飼育では、浮遊幼生(D型)飼育時から、奇形やD型幼生に変態しきれないトロコフォア幼生(図2)が多く、生残率が低い結果となった。奇形やトロコフォア幼生が多くなった原因については、卵質によるものとも考えられたが、詳細は不明であった。

また、餌料は飼育期間をとおして培養パブロバを単独給餌した。

2) 2回次 (7月2日採卵)

95.3万個の浮遊幼生を1個のカラムで飼育し、7月14日(飼育期間12日間)に着底基質投入(カラム1個)、8月13日(飼育期間42日間)に平均殻長 $686.8\mu\text{m}$ 、31.5万個(生残率33.1%)の初期着底稚貝を取り上げた。

餌料は、浮遊幼生期に培養パブロバと濃縮キートセロス・カルシトランスの給餌量を1:1から3:1に徐々に割合を変更し、着底後は3:1の割合で給餌を行った。

3) 3回次 (7月29日採卵)

73.2万個の浮遊幼生を1個のカラムで飼育し、8月6日(飼育期間8日間)に着底基質投入(カラム1個)、9月5日(飼育期間38日間)に平均殻長 $775.9\mu\text{m}$ 、29.2万個(生残率39.9%)の初期着底稚貝を取り上げた。

餌料は、浮遊幼生期に培養パブロバと濃縮キートセロス・カルシトランスを1:1で給餌し、着底後から培養パブロバと濃縮キートセロス・カルシトランス、濃縮キートセロス・グラシリスを2:1:1の割合に給餌量を変更した。飼育15日目からは、培養パブロバと濃縮キートセロス・グラシリスの1:1での混合給餌とした。

浮遊幼生飼育結果は非常に良好であったが、着底後の稚貝の生残率が、ほかの2回に比べて低かった。これは、浮遊幼生期の生残率が高く、初期着底稚貝の収容密度が2倍程度高くなり、過密になったことが原因であると考えられた。

【次年度に向けた提言】

本県では初めてダウンウェリング飼育によるハマグリ種苗生産を試みたが、採卵から初期着底稚貝の飼育までを順調に行うことができた。次年度も安定した飼育が行えるかどうか、今年度実施した飼育環境（ダウンウェリング）で再度試験を行う必要がある。

またアサリでは、初回の産卵では未熟卵や過熟卵が混じりやすく奇形が多くなることが経験的に知られている。1回次に使用した親貝が今年度の初回産卵の個体を含んでいたことにより卵質が低下し、奇形等が多くなった可能性があることから、1回次生産で奇形や変態しきれない幼生が多かったことについて、次年度以降、初回採卵の発生状況をより注意深く観察していく必要がある。

また、今年度実施した3回の飼育では、3回次の飼育結果が最も成長が早く生残率も高かった。3回の飼育環境の違いは餌料のみであったが、各飼育回次で餌料に関する対照区を設けていなかったため、3回の結果を一概に比較することができなかった。そのため、次年度以降は異なる餌料で成長や生残率に差が出るか検証する必要がある。

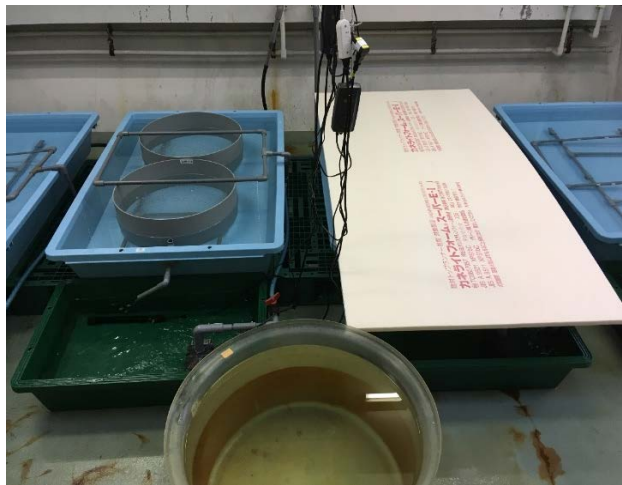


図 1. 飼育水槽の外観

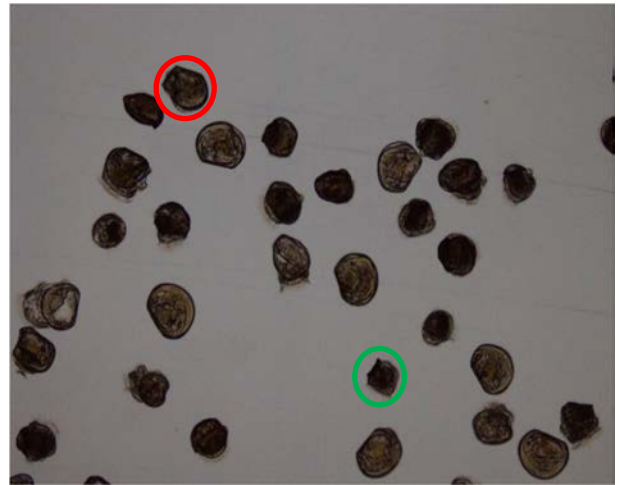


図 2. 奇形 D 型幼生（赤）とトロコフォア幼生

表 1. 飼育試験の結果概要（6/19～9/5）

回次	採卵日	飼育幼生数 (万個) ①	着底時幼生数 (万個) ②	着底時平均殻長 (μm)	飼育期間	生残率 (②/① *100)	着底稚貝数 (万個) ③	取上時平均殻長 (μm)	生残率 (③/② *100)	生残率 (③/① *100)	飼育期間
1回次	6月18日	213.0	33.3	187.9	10	15.6%	22.1	674.5	66.4%	10.4%	42
2回次	7月2日	95.3	33.4	188.9	12	35.0%	31.5	686.8	94.3%	33.1%	42
3回次	7月29日	73.2	66.0	203.4	8	90.2%	29.2	775.9	44.2%	39.9%	38
	合計	381.5	132.7	195.8	—	34.8%	82.8	715.0	62.4%	21.7%	—

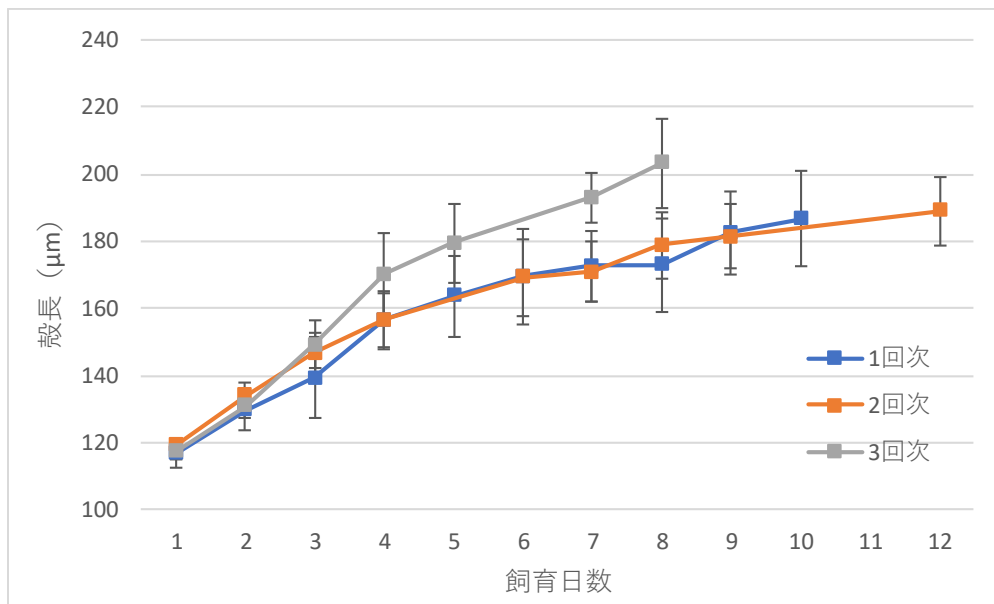


図 3. 各回次の浮遊幼生期の成長推移 (バーは標準偏差)

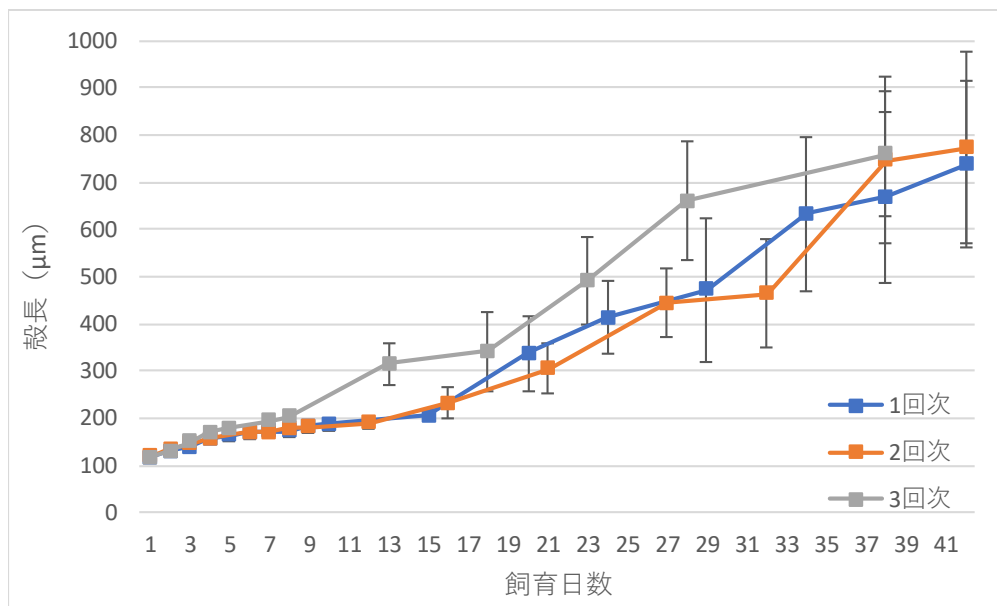


図 4. 各回次の殻長の推移 (バーは標準偏差)

(4) 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

澤田晋吾・山本昌幸・向井龍男

【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、本県では中讃地域（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。

タイラギの稚貝は着底直後、殻が脆弱なため、主に陸上水槽で中間育成されているが、陸上水槽では餌である微細藻類の培養、ポンプ使用などのコスト面や飼育可能個体数の限界などの課題がある。また、人工培養した微細藻類を用いて長期飼育すると、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、本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、垂下式中間育成の開発を行い、一定の成果を得ている。

本研究では、垂下式中間育成で得られた知見を活かし、より高生残、高成長の中間育成手法の一つとして、干潟での中間育成の開発を目的とした。

【研究方法】

1) 中間育成試験（干潟式中間育成と垂下式中間育成）

2019 年 8 月 16 日～10 月 18 日（飼育期間：63 日間）に、瀬戸内海備讃瀬戸に位置する香川水試地先の屋島湾内の干潟及び小割筏にて試験を実施した。干潟（大潮時最干潮線より 1m 程度下の極浅海域）での中間育成については、飼育容器であるカゴ（直径 27×高さ 23cm、8L；アロン化成）への収容密度を 3 条件設定し（密度：4,000、8,000、12,000 個/m²）、殻長が 3～5cm になるまで中間育成を行い、生残率と成長率を調べた（試験 A1）。また、同様な条件で小割筏において垂下式試験を行った（試験 A2）。

中間育成に供試したタイラギ稚貝については、瀬戸内海区水産研究所海産無脊椎動物研究センターが採卵、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、稚貝の食害防止とアンスラサイトの流出を防ぐため、収穫ネット袋（35×60cm；日本マタイ、通称、玉ねぎ袋）にアンスラサイトを約 6L 入れた後、飼育容器に入れた。飼育の途中にネットを開いて、稚貝の観察を行うが、

収穫ネットのビニールひもが劣化して作業し難いことがあるので、中間育成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 (干潟式中間育成) には平均殻長 9.5mm の稚貝を使用した。飼育密度は、飼育容器 1 個あたり 120 個 (密度 4,000 個/m² : 低密度)、240 個 (密度 8,000 個/m² : 中密度)、360 個 (密度 12,000 個/m² : 高密度) 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、香川水試地先の干潟に各密度 2 個ずつ飼育容器を設置した。飼育容器は、干潟の表面に飼育容器の高さの半分程度の深さの穴を掘り、そこに埋設した。また、潮流等により飼育容器が流出することを防止するため、干潟にパイプを 2 本設置し、その間にロープを渡して、飼育容器を固定した。

試験 A2 (垂下式中間育成) には、A1 と同じ由来の平均殻長 9.5mm の稚貝を使用した。飼育密度は、飼育容器 1 個あたり 240 個 (密度 8,000 個/m² : 中密度) 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 (水深約 4m) の水深約 1.5m の場所に飼育容器を 2 個垂下した。干潟式中間育成との比較については、同様の密度条件である試験 A1 の中密度区と比較した。

中間育成した稚貝の取り上げは、10 月 18 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、死殻の数をそれぞれの条件ごとに計数した。また、生残していた稚貝については、すべての個体の殻長を測定した。

【研究成果の概要】

試験 A1 の結果概要を表 1 に示した。120 個収容の低密度区では、2 カゴとも生残個体は見られなかった。240 個収容の中密度区においても、生残個体数が 2 個 (0.8%) と 1 個 (0.4%) であり、著しく生残が低い結果となった。また、360 個収容の高密度区においても、生残個体数が 4 個と 37 個であり、干潟での中間育成では 0~10.3% と生残率が著しく低くなった。これは、飼育容器中に、イシガニやガザミなどの小型甲殻類が散見され (写真 1)、収穫ネット袋が破られ、穴が多数開いていたことから (写真 2)、原因の一つとして、小型甲殻類による食害が考えられた。また、飼育期間中に台風等による大雨により、一時的に中間育成海域の塩分が低下していたものと考えられ、これも低生残率の一つの要因と推測される。生残していた個体については、最終殻長 43.8mm~82.8mm、月間成長率 1.63cm~3.49cm/月となり、成長に関しては期待どおりの結果となった。

試験 A2 の結果概要を表 2 に示した。小割垂下での中間育成では、生残個体数が 72 個、103 個、生残率が 30.0%、42.9% となった。また、日間成長率は 0.64mm/日、0.62mm/日、月間成長率は 1.91cm/月、1.87cm/月となった。(写真 3)

両方法の結果を比較すると、生残率については、密度や飼育容器等が同条件であれば、垂下式での中間育成の方が高かった。干潟式中間育成については、小型甲殻類等による食

害や低塩分による減耗が生じやすいため、今年度については生残率が著しく低下したことが考えられる。

また、小割垂下での中間育成についても、生残率が 50%を下回っていたが、これは低塩分による減耗が一因であったと考えられる。

【次年度に向けた提言】

今年度は、干潟式中間育成の可能性を検討するべく、垂下式中間育成と同様の条件で干潟において中間育成を実施したが、予想以上に食害等による減耗が激しく、現状の飼育装置では干潟での中間育成は困難であることが示された。一方、数少ない生残個体は小割垂下と同程度の成長率となったことから、しっかりとした食害対策等を取れば、干潟での中間育成も可能であるものと考えられる。また、垂下式中間育成の生残率についても、低塩分の影響で低くなったと考えられることから、塩分のモニタリングも水温と同様に環境条件として重要であろう。

そのため、次年度については、小型甲殻類の侵入を防ぐために、飼育容器の改良（一例として、隙間が小さく通水性がある容器を使用、収穫ネット袋を 2 重にする等）に取り組むとともに、飼育環境中の塩分による影響を把握するため、塩分計を設置してモニタリングを行いたい。

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

表 1. 試験 A1 干潟での中間育成結果

設置場所	基質	収容 個体数	密度 (個体/m ²)	最終殻長 (mm)	生残 個体数	死殻 数	生残率 (%)	日間成長率 (mm/日)	月間成長率 (cm/月)
試験A1	香川水試地先 干潟	120	4,000	—	0	0	0.0	—	—
				—	0	0	0.0	—	—
		240	8,000	43.8	2	2	0.8	0.54	1.63
				82.8	1	0	0.4	1.16	3.49
		360	12,000	52	4	0	1.1	0.67	2.02
				52.7	37	28	10.3	0.69	2.06

※干潟での試験区すべてで、基質を入れた収穫ネット袋に破られた跡があった。

表 2. 試験 A2 小割垂下と干潟（試験 A1 中密度区）での中間育成結果

設置場所	基質	収容 個体数	密度 (個体/m ²)	最終殻長 (mm)	生残 個体数	死殻 数	生残率 (%)	日間成長率 (mm/日)	月間成長率 (cm/月)
試験A2	小割垂下	240	8,000	49.6	72	2	30.0	0.64	1.91
				48.8	103	0	42.9	0.62	1.87
	干潟設置	240	8,000	43.8	2	2	0.8	0.54	1.63
				82.8	1	0	0.4	1.16	3.49



写真1. 飼育容器から出てきた小型甲殻類

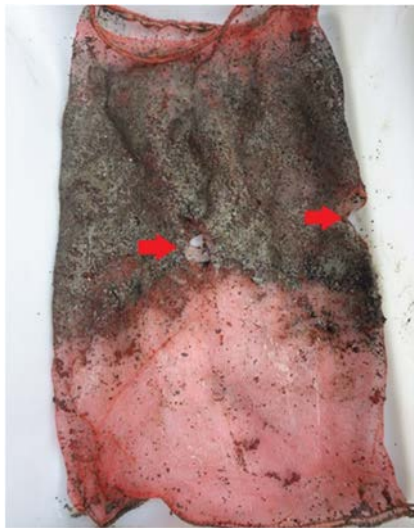


写真2. 穴が開いた収穫ネット袋

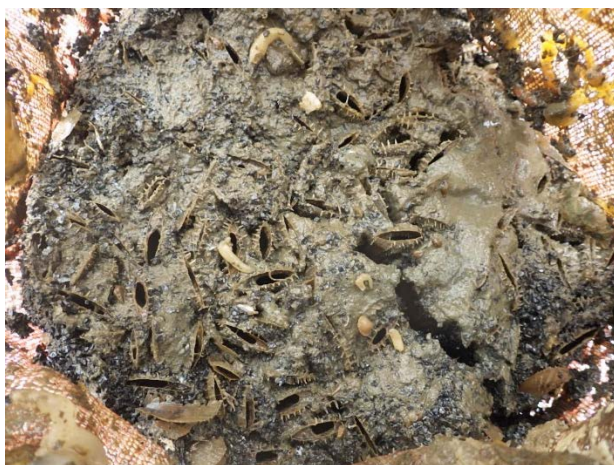


写真3. 基質に埋在したタイラギ稚貝（垂下式）

(4) 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

安部 謙

【目的】

ふ化したタイラギ幼生は水温25℃程度では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、高成長が示されている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1種である水路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。

【研究方法】

8) カゴ垂下式

①試験海域と飼育資材

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プ筏で行った（図 1）。タイラギの飼育には、容器として、従来から使われている丸型収穫カゴ小（以下、丸カゴ、直径 27×高さ 23cm、0.057m²、8L）、カゴ数の削減による作業の効率化を図るため、より面積の大きいサンテナーカゴ（幅 35×長さ 52×高さ 27cm、0.182m²、44.6L）を用いた（図 2）。基質にはバンカー砂（3mm 以下の山砂）、種苗は 6 月に早期採卵され、瀬戸内海区水産研究所海産無脊椎動物研究センターで生産された殻長 5.0mm の稚貝を用いた。稚貝の食害を防ぐため、丸カゴではバンカー砂を 6L 程度入れたネット袋（目合：1mm）内に稚貝を収容し、サンテナーカゴでは、カゴの蓋とカゴの穴をネット（目合 1mm）で塞ぎ、バンカー砂を砂厚 10 cm程度入れた後に稚貝を収容した。

②カゴの種類と稚貝の収容密度の違いによる生残・成長

丸カゴに稚貝を 250 個（密度：4,386 個/m²）、サンテナーカゴに稚貝を 500（密度：2,747 個/m²）、1,000（密度：5,495 個/m²）及び 2,000 個（密度：10,989 個/m²）ずつ収容して、生残率と成長の比較を行った。

③サンテナーカゴの垂下水深

サンテナーカゴに稚貝を 1,000 個収容し、水深 1.5、3.0 及び 5.0m（底）にそれぞれ垂下して、生残率と成長を比較した。

④食害防止試験

海面におけるカゴ垂下による育成では、カニによる食害が大きいことが知られて

おり（山本 2017）、その対策として、飼育期間中に食害生物の除去を目的としたカゴの管理を行って、その効果を生残率で比較した。

④稚貝の胃内容物の分析

海面に垂下して育成された稚貝がどのような植物プランクトンを食べたのか調べるため、サンテナーカゴで水深 1.5、3.0、5.0m に垂下されて育成された稚貝をそれぞれ 2 個体ずつ採取した。それらの軟体部を取り出して冷凍保存したものを株式会社 生物技研に送付し、psbA（光合成生物）を解析遺伝子としたアプリコンシーケンス解析を依頼した。

9) 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ゴムシートを張った 1 列が長さ 5×幅 0.5×高さ 0.4m の陸上水路を設置し、一方から毎時 1 トンで生海水の注水を行って流れをつくり、水路内の流速を調整した（図 3）。陸上水路の砂床にはバンカー砂を水深が 5 cm 程度になるように敷設した。餌料は、15 トン容量のコンクリート水槽でケイ酸栄養資材（ゲルカルチャー）とアサリ施肥育成用配合肥料（フィッシャリー MF）を投与して粗放的にプランクトンの培養を行った。その培養水を水路内のクロロフィル濃度が $10 \mu\text{g/L}$ 程度となるように生海水の注水量と調整して給餌した。種苗は 6 月の早期採卵によって瀬戸内海区水産研究所海産無脊椎動物研究センターで生産された殻長 5.6mm の稚貝を用いた。

②稚貝収容密度、種苗の取り上げ方法の検討

育成後の種苗の取り上げを容易にするため、砂床下 5 cm 程度にトリカルネット（目合 7.5mm、長さ 55×幅 62cm）を 9 枚/列敷設した後、稚貝を水路に 7,000 個/列の密度で収容して育成を行った。

③稚貝の胃内容物の分析

陸上水槽で粗放的に培養されたプランクトンを給餌された稚貝がどのような植物プランクトンを食べたのか調べるため、生産した稚貝のうち 2 個体の軟体部を取り出して冷凍保存し、それらを株式会社 生物技研に送付して psbA（光合成生物）を解析遺伝子としたアプリコンシーケンス解析を依頼した。

【研究成果の概要】

1) カゴ垂下式

①カゴの種類と稚貝の収容密度の違いによる生残・成長

2019 年 8 月 8 日から 9 月 10 日にかけて容器に収容する稚貝の密度を変えて育成した結果、生残率（平均値）は丸カゴ 250 個では 15.5%、サンテナーカゴでは 500 個で 20.6%、1,000 個で 24.2%、2,000 個で 27.9%であった。月間成長量（平均値）は丸カゴ 250 個で 44.8mm/月、サンテナーカゴ 500 個で 46.6mm/月、1,000 個で 47.5mm/月、2,000 個で 37.1mm/月となり、以上の結果からサンテナーカゴに 1,000 個収容する方法

が最適と考えられた（表1）。サンテナーカゴを用いることで従来の丸カゴ 250 個の 4 倍の稚貝を 1 カゴ当たり収容できることから、カゴ数を減らすことができ、作業の効率化を図れることが明らかとなった。

②サンテナーカゴの垂下水深

2019 年 8 月 8 日から 9 月 10 日にかけてサンテナーカゴに稚貝を 1,000 個収容し、カゴの垂下水深を変えて育成した結果、生残率（平均値）は 1.5m で 38.3%、3.0m で 26.7%、5.0m（底）で 2.4%、月間成長量（平均値）は 1.5m で 47.6mm/月、3.0m で 47.4mm/月、5.0m で 51.4mm/月となった。5.0m では稚貝の成長は最もよかったものの、カゴの中に浮泥が 10 cm 以上堆積しており（図 4）、大型の死殻は見られなかったことから試験初期の段階で浮泥の堆積により稚貝は死亡したと推定され、山口湾では 5.0m（底）設置は不適と考えられた。

③食害防止試験

2019 年 8 月 8 日から 9 月 10 日の試験期間（33 日間）のうち、8 月 26 日（15 日目）にサンテナーカゴを引き上げてカゴの内部を確認したところ、タイラギの死殻は見られなかったが、1cm 程度のイシガニが数個体見られたため除去を行った。試験終了時にも食害を受けたようなタイラギの死殻は見られず、管理しなかったカゴの生残率（平均値）が 28.3% に対し、管理したカゴでは 36.8% と差がみられたことから、管理の効果はあったと考えられた。

④カゴ垂下式による減耗要因の推定

食害対策を行っても稚貝の生残率が 40% 未満と低かったことから、その他の減耗要因について推定した。カゴの育成を行っている山口湾は、一級河川の榎野川が流入しており、その影響で塩分濃度が低下することがある。タイラギ稚貝の室内試験では、塩分濃度 20ppt 以下が 1 日以上続くと死亡することが報告されている（Kurihara et al., 2018）。試験海域の山口湾では 2019 年 8 月 15 日に台風 10 号の接近があり、設置していたロガーの塩分濃度のデータをみると、8 月 15～16 日にかけて塩分濃度は 20ppt 未満となり 12.4ppt まで低下したこと（図 5）、8 月 26 日の食害防止試験の際にカゴの中を確認した時は目視で確認できるタイラギの死殻が見られなかったことから、試験開始 7 日目の 8 月 15 日の台風接近に伴う塩分濃度の低下で稚貝の斃死が起こったと推定された。

⑤稚貝の胃内容物の分析

水深 1.5、3.0、5.0m に垂下されて育成された稚貝からは、垂下水深に関わらず葉緑体を持った数種類の海洋生物が検出されたが、今回のゲノム解析の結果からは種の特定までできなかった。

2) 陸上水路式

①稚貝収容密度、種苗の取り上げ方法の検討

2019 年 8 月 8 日から 11 月 22 日にかけて、7,000 個/水路（2,800 個/m²）の高密度で

稚貝を収容し、粗放プランクトンを給餌して育成した結果、開始時の殻長 5.6mm から 81.6mm まで成長し（図 6）、月間成長量は 18~30mm、生残率は 73.3%と高かった。種苗の取り上げに際して、トリカルネットの敷設により容易に取り上げることができたが、予測以上に稚貝が成長して大きくなったため、稚貝の多くがトリカルネットに達し、足糸をトリカルネットに絡ませていた（図 7）。

②稚貝の胃内容物の分析

ゲノム解析の結果、陸上水路で育成された稚貝からは、真正眼点藻 *Nannochloropsis oceanica*、*Nannochloropsis oceanica*、プラシノ藻 *Tetraselmis marina* などの植物プランクトンが検出されたが、種が特定できず不明（海洋生物）なものが多かった。

【次年度に向けた提言】

カゴ垂下式では、従来から使用されている丸カゴ（0.057m²）とより面積の大きいサンテナーカゴ（0.182m²）を用いて稚貝の収容密度について検討し、稚貝の生残率と成長の結果から、サンテナーカゴに 1,000 個収容することで、従来の丸カゴ 250 個よりもカゴの数を減らすことができ、作業の効率化が図れることを明らかにした。また、稚貝の減耗要因として、カニなどの食害の他にカゴの底設置では浮泥の堆積による斃死があること、飼育場所の塩分濃度の低下に伴う斃死があることを示した。陸上水路式では、粗放的に培養されたプランクトンを給餌し、7,000 個/列の高密度で稚貝を収容しても、垂下式のように気象の影響を受けずに高い生残率で安定した生産ができること、砂床中にトリカルネットを敷設することで種苗の取り上げが容易になることを示した。

次年度は、カゴ垂下式では、減耗要因の一つと考えられた垂下場所の塩分濃度などの環境データをリアルタイムに送受信できる装置の開発、陸上水路式では、経験的に日中よりも日暮れの方が殻を開けている稚貝が多く見られることから、遮光ネットを使って日光がタイラギの接餌と成長・生残に及ぼす影響などを検討し、より効率的な育成方法を開発したい。

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.

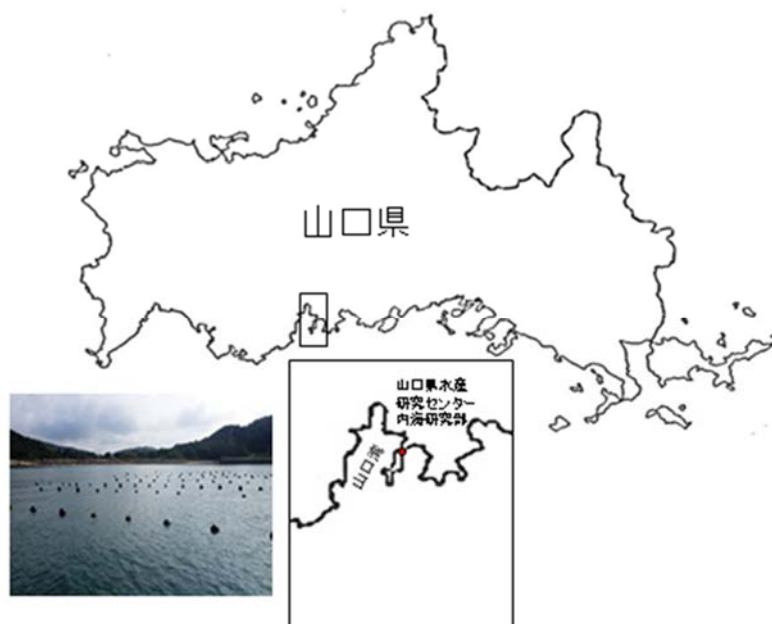


図 1. カゴ垂下式育成を実施している山口湾と陸上水路式育成を実施している山口県水産研究センター内海研究部。写真はロープ筏。



図 2. カゴ垂下式育成に用いた丸カゴ (左) とサンテナーカゴ (右)

表 1. カゴの種類と収容個数の違いによる稚貝の成長と生残

容器	収容個数	密度 (個/m ²)	開始殻長 (mm)	最終殻長 (mm)	生残率 (%)	月間成長量 (mm/月)
丸カゴ	250	4,386	5.0	54.3	15.5	44.8
	500	2,747	5.0	56.3	20.6	46.6
サンテナーカゴ	1,000	5,495	5.0	57.2	24.2	47.5
	2,000	10,989	5.0	45.8	27.9	37.1



図 3. 陸上水路式装置の外観

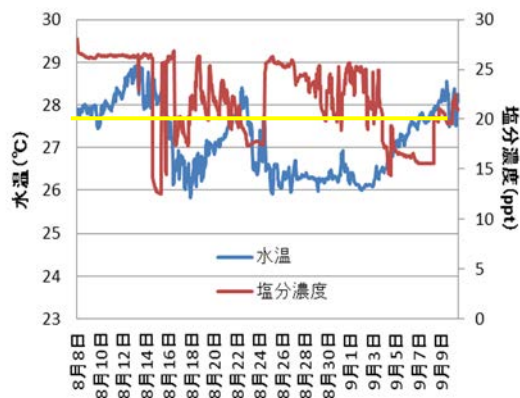


図 5. 山口湾のカゴ垂下式育成時における水温と塩分濃度の変化



図 4. 水深 5m (底) に設置されたサンテナーカゴ内の状況

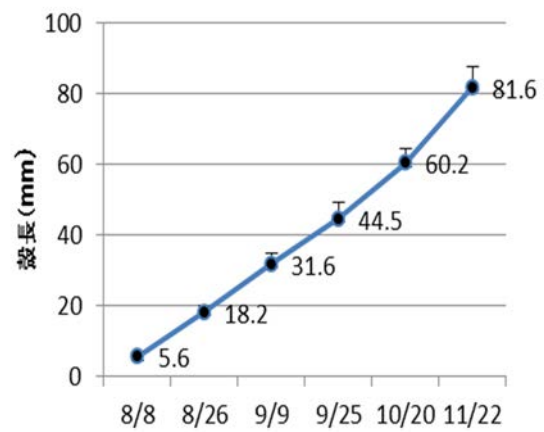


図 6. 陸上水路式で育成された稚貝の平均殻長の推移



図 7. 陸上水路式で育成されトリカルネットに取り上げられた稚貝

(4) 人工種苗から成貝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

小林 豊

【目的】

東京湾のアサリ漁獲量は、長期的な資源の減少やカイヤドリウミグモ（以降ウミグモと呼ぶ）による寄生被害などにより著しく減少している。業界では、アサリの代替種の一つとして、ウミグモが寄生しにくいハマグリに対する要望が強い。そのため、千葉県では平成 24 年度からハマグリ種苗生産技術の開発に取り組んでいる。殻長 1 mm までの育成については、「ハマグリ人工種苗生産技術の開発」で述べた通りである。殻長 1 mm 以降の稚貝育成は、殻長 1 mm までの稚貝を育成する多段式循環水槽を使用して越冬させ、春季に殻長 3 mm 程度の稚貝を干潟へ放流し、縁辺部を埋設した被覆網により夏季まで残留率 50% で保護育成できることが分かっている。ただし、被覆網の縁辺部を埋設する作業負担が大きいと、作業負担を軽減して被覆網を設置できる方法が必要となっている。そこで、より作業負担の少ない被覆網の設置方法について検討し、縁辺部を埋設した被覆網を対照区として残留率を比較した。

【研究方法】

10) 被覆網による干潟育成試験

試験は平成 31 年 4 月 24 日から実施した。育成場所は千葉県木更津市盤洲干潟の小櫃川河口北側干潟域の岸側（地盤高 +0.9m 程度）とした。ハマグリ稚貝は、平成 30 年度の初夏～秋に採卵し、室内で越冬させた平均殻長 2.3mm を使用した。なお、平成 30 年度の種苗生産は着底期から着底初期に大量死亡が発生したため、予定の 3 mm 稚貝より若干小型となった。

被覆網は「縁辺部埋設」（写真 1）および設置作業負担の少ない「被覆網の四方に沈子ロープ（80g/m）を装着し、要所を杭固定したもの」（写真 2、以降沈子ロープ+杭固定と呼ぶ）の 2 種類とした。被覆網の区画は 3×3m、育成密度は 8,000 個/m²、目合は 2 mm 角目とした。追跡調査は月 1 回実施し、内径 65mm のコアサンプラーで網内の 6 か所を採取し、推定残留率及び成長（殻長）を把握した。なお、被覆網については、月 1 回網替えを実施した。

【研究成果の概要】

2) 被覆網による干潟育成試験

推定残留率の推移を図 1 に示す。5 月下旬の推定残留率は縁辺部埋設がほぼ 100% であったのに対し、沈子ロープ+杭固定は 10% に低下した。その後縁辺部埋設の推定残留率は低下し、8 月上旬には 50% 台となり、9 月下旬には約 20% に低下した。一方、沈子ロープ+杭固定は 6 月中旬以降、10% を下回り、9 月以降は 1% 以下に低下した。

成長（平均殻長）を図 2 に示す。8 月上旬まで成長は緩やかで、縁辺部埋設は 6 mm、沈子ロープ+杭固定は 4 mm であった。しかし、9 月以降大幅に成長し、9 月上旬には 10 mm 以上に達した。

沈子ロープ+杭固定で 1 か月後に推定残留率が大幅に低下した要因は、杭固定をするため、網の縁辺部の要所にハトメ加工を施して杭固定をしたが、このハトメ加工部位から隙間が生じ、この隙間から稚貝が網外へ散逸したものとされた。また、8 月上旬まで成長は緩やかであったが、令和元年は梅雨が長かったことによる水温の低下が影響したと思われる。なお、残留している縁辺部埋設については、9 月下旬以降、ハトメ加工をせず、沈子ロープを四方に装着した被覆網を設置し、四方の要所を直接杭固定して育成を継続しており、2 月現在で稚貝の生息を確認している。

【次年度に向けた提言】

今年度は、沈子ロープと杭固定を使用した被覆網でハトメ加工部位付近に隙間が生じ、稚貝が網外へ散逸したため、初期に残留率が大幅に低下したと思われる。そこで、網の四方に隙間ができないための改善策として、「沈子ロープを 2 重にする」、「網の四隅にハトメ加工を施さず、網の四方を直接杭固定する」ことが考えられ、次年度以降に当該方法として育成する試験を実施する。併せて、育成した稚貝を秋季以降も被覆網を主体に検討する。

また、春季に放流する人工稚貝は、室内でダウンウェリング方式により越冬育成させることができるが、室内ではスペースが限られていることから、屋外でも効率的にダウンウェリング方式で越冬させる試験をする必要がある。



写真 1. 縁辺部埋設
(ショベルを使用して埋設)



写真 2. 沈子ロープ+杭固定
(青色のハトメ部位からロープを出して杭固定)

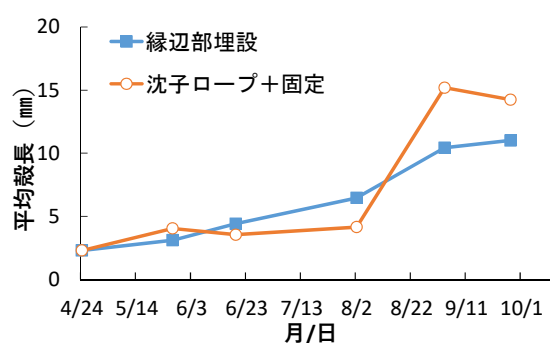
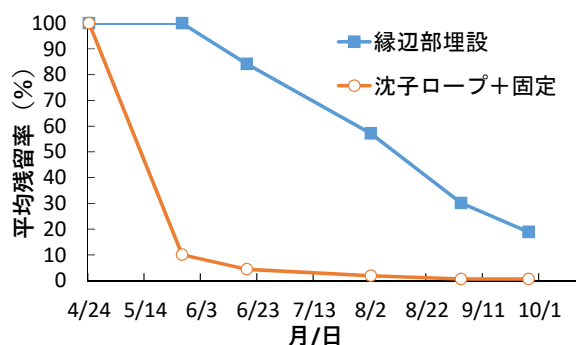


図 2. 成長（平均殻長）の推移

(4) 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

辻 将治

【目的】

伊勢湾（三重県側）のハマグリは、主に北部の桑名地区（赤須賀漁協）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、平成に入ると水揚量は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年頃からハマグリ稚貝（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て平成30年の水揚量は約100トンとなっている。また、平成28年頃から伊勢湾中・南部の香良洲、松阪、伊勢地区などでもハマグリが増加し、資源が激減したアサリに代わりハマグリが主要漁獲対象種となっているが、近年はこれらの地区においても水揚量が減少傾向にある。

伊勢湾内のハマグリ資源は、いち早く桑名地区で回復した後に他地区でも増加したことから、桑名地区が伊勢湾のハマグリ母貝場である可能性が高いと考えられる。そのため、伊勢湾のハマグリ資源の増加、安定には、桑名地区におけるハマグリ加入量および資源の底上げが急務である。

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、同地区で天然ハマグリ分布調査を行い、ハマグリ稚貝を屋外で中間育成する適地・環境条件を把握する。また、赤須賀漁協が生産したハマグリ稚貝を用いて、干潟、黒ノリ養殖漁場などの屋外適地におけるハマグリ稚貝の中間育成技術を開発する。

【研究方法】

1. 天然ハマグリ分布調査【R1～5年度】

天然ハマグリ主産地の桑名地区で天然ハマグリ分布調査を行い、ハマグリ稚貝を屋外で中間育成する適地・環境条件を把握する。なお、本課題については、本事業の「4. 母貝団地造成技術の開発 ④伊勢湾におけるハマグリ母貝団地造成技術の開発」を参照されたい。

2. ハマグリ稚貝の中間育成試験【R1～5年度】

ハマグリ稚貝の適正な中間育成条件を把握するため、桑名地区の木曾三川（木曾川、揖斐川、長良川）河口域に位置する長島・城南沖干潟、黒ノリ養殖漁場および三重県南部の内湾などの飼育条件が異なる海域で稚貝入りのカゴを設置して中間育成試験を行い、稚貝の成長、生残を把握する。

1) 試験場所

城南干潟沖（図1）および五ヶ所湾（（国研）増養殖研究所、図2）

2) 試験時期

- ・城南干潟沖（令和元年 10 月 30 日から試験を開始）
- ・五ヶ所湾（令和元年 10 月 31 日から試験を開始）

3) 試験方法

令和元年に赤須賀漁協が生産したハマグリ稚貝（人工種苗）を 10 月下旬から育成カゴ（図 3）に收容し、試験場所（城南干潟沖、五ヶ所湾）の柵、養殖イカダの水深約 1m 層に垂下設置した（図 4、5）。

城南干潟沖の試験区を表 1 に示す。稚貝の育成に用いる基質（アンスラサイト）の粒径および試験開始時の稚貝のサイズが稚貝の成長、生残に及ぼす影響を把握するため、育成カゴ内に粒径が異なる 3 種類（1.2mm、2.5mm、3.0mm）のアンスラサイトを深さ約 10cm で敷き詰めるとともに、サイズの異なる 2 種類（大サイズ：平均殻長 $2.97 \pm 0.57\text{mm}$ 、小サイズ：平均殻長 $1.67 \pm 0.32\text{mm}$ ）の稚貝を 1,000 個体ずつ收容して比較試験をおこなった。

五ヶ所湾の試験区を表 2 に示す。試験開始時の稚貝のサイズが稚貝の成長、生残に及ぼす影響を把握するため、城南干潟沖と同様にサイズの異なる 2 種類（大・小サイズ）の稚貝を 1,000 個体ずつ收容した。なお、育成カゴ内に敷き詰めたアンスラサイトは全て粒径 2.5mm とした。

稚貝の成長、生残確認および育成カゴの清掃は、城南干潟沖では令和元年 11 月 22 日と令和 2 年 1 月 24 日、五ヶ所湾では令和元年 12 月 18 日と令和 2 年 2 月 6 日におこなった。なお、稚貝の生残状況は、1 月 24 日に育成カゴの破損で試験を中止した城南干潟沖の 4 カゴのみを研究室に持ち帰り、実体顕微鏡下で死亡個体と生残個体を選別して確認し、殻長を測定した。その他の育成カゴでは、多くの稚貝がアンスラサイトの隙間に落下しており、特に城南干潟沖では荒天・波浪により稚貝の採取、計数および殻長測定が困難であったため、五ヶ所湾でのみ殻長測定をおこなった。

【研究成果の概要】

2. ハマグリ稚貝の中間育成試験【R1～5 年度】

城南干潟沖の中間育成試験結果を表 1 に示す。1 月 24 日の調査では、柵に垂下した 10 カゴのうち 4 カゴで育成カゴの破損がみられたため、これら 4 カゴの試験を中止した。破損した 4 カゴのうち、2 カゴはフタが流失して一部のアンスラサイトが流出し、残り 2 カゴはフタが破損して泥が堆積した。1 月 24 日時点の稚貝の生残率は、フタが流失してアンスラサイトが流出した育成カゴで 0.1% と 0%、フタが破損して泥が堆積した育成カゴで 2.8% と 4.5% であった。11 月 22 日の調査では、フタの流失といった大きな破損は確認されなかったことから、育成カゴが破損した主な原因として、1 月 8 日に三重県に接近した爆弾低気圧による波浪の影響が考えられた。死亡個体の殻長は、4 カゴともに試験開始時と同程度であったことから、すでに試験開始直後から波浪の影響を受けて育成カゴ内のアンスラサイトが擾乱し、稚貝が死亡した可能性が考えられた。破損した 4 カゴの

垂下位置に規則性はなかったが、いずれも波浪の影響を受けやすい環境にあったと考えられる。

五ヶ所湾の中間育成試験結果を表 2 に示す。五ヶ所湾では、育成カゴの破損、泥の堆積はほとんどみられなかった。12 月 18 日の調査では、小サイズ区で平均殻長 2.33～2.75mm、大サイズ区で平均殻長 3.48～3.87mm であり、2 月 6 日の調査では、小サイズ区で平均殻長 3.82～3.86mm、大サイズ区で平均殻長 4.25～5.51mm に成長していることが確認された。五ヶ所湾においても、稚貝がアンスラサイトの隙間に落下しており、稚貝の確認が困難であった。

【次年度に向けた提言】

今年度の結果から、干潟沖は波浪の影響が強いため、ハマグリ稚貝を集約的に中間育成する場として不適切である可能性が考えられた。また、干潟沖での中間育成は、船を用いて日常の観察、飼育管理をおこなう必要があるが、天候によりその機会が限られるため、これらが限定的となる問題がある。令和 2 年度は、波浪の影響が少なく、飼育管理が容易な桑名港内（赤須賀船溜まり）での中間育成を検討する。

また、基質に大粒径のアンスラサイト（粒径 2.5～3.0mm）を用いた場合、稚貝がアンスラサイトの隙間に落下するため、稚貝の確認が難しいだけでなく、稚貝の摂餌が困難になり、成長、生残に悪影響を及ぼす可能性が考えられた。次年度以降は、小粒径の基質（アンスラサイト、干潟の砂）を用いた中間育成を検討したい。

そのほか、日常の飼育管理を簡素化するため、付着生物が付きにくい EVA（エチレン・ビニル・アセテート）製の育成カゴを使用した中間育成や、予備試験として、小型の天然ハマグリ（殻長 1～3cm 程度）を用いた中間育成試験の実施を検討する。

【図表】



図 1. 城南干潟沖



図 2. 五ヶ所湾（（国研）増養殖研究所）

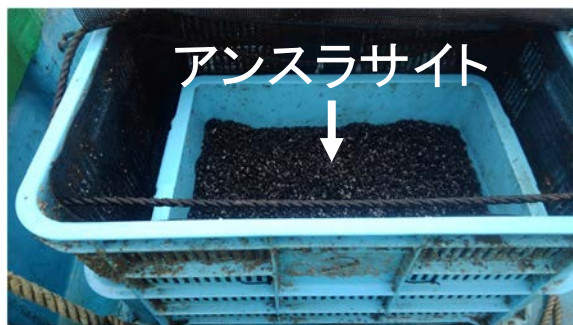


図 3. 育成カゴ



図 4. 城南干潟沖の柵



図 5. 五ヶ所湾（増養殖研究所）養殖イカダ

表 1. ハマグリ稚貝の中間育成試験区と試験結果（城南干潟沖）

NO.	アンスラサイト 粒径 (mm)	ハマグリ殻長 小・大	ハマグリ 収容個数	殻長 (平均±標準偏差, mm)		
				R1年10月30日 (試験開始時)	R1年11月22日 (24日目)	R2年1月24日 (87日目)
④	1.2	小	1,000	1.67±0.32 (n=50)	—※	—※
⑤	〃	大	〃	2.97±0.56 (n=50)	—※	生残: 3.39±1.07 (n=28) 死亡: 2.97±0.56 (n=20) (フタ破損・泥堆積)
①	2.5	小	〃	1.67±0.32 (n=50)	—※	生残: 2.4 (n=1) 死亡: 1.67±0.21 (n=136) (フタ流失・基質流出)
②	〃	〃	〃		—※	—※
⑨	〃	〃	〃		—※	—※
③	2.5	大	〃	2.97±0.56 (n=50)	—※	—※
⑥	〃	〃	〃		—※	生残: 3.01±0.55 (n=45) 死亡: 2.71±0.53 (n=87) (フタ破損・泥堆積)
⑩	〃	〃	〃		—※	—※
⑦	3.0	小	〃	1.67±0.32 (n=50)	—※	生残: — (n=0) 死亡: 1.76±0.38 (n=102) (フタ流失・基質流出)
⑧	〃	大	〃	2.97±0.56 (n=50)	—※	—※
					※清掃のみ実施。殻長測定せず。	

表 2. ハマグリ稚貝の中間育成試験区と試験結果（五ヶ所湾）

NO.	アンスラサイト 粒径 (mm)	ハマグリ殻長 小・大	ハマグリ 収容個数	殻長 (平均±標準偏差, mm)		
				R1年10月31日 (試験開始時)	R1年12月18日 (49日目)	R2年2月6日 (99日目)
⑪	2.5	小	1,000	1.67±0.32 (n=50)	2.75±0.77 (n=10)	3.86±0.14 (n=10)
⑫	2.5	小	〃		2.33±0.24 (n=10)	3.82±0.13 (n=10)
⑬	2.5	大	〃	2.97±0.56 (n=50)	3.87±0.83 (n=12)	4.51±0.22 (n=10)
⑭	2.5	大	〃		3.48±0.93 (n=16)	4.25±0.40 (n=10)
⑮	2.5	大	〃		3.85±0.76 (n=12)	5.51±0.73 (n=12)