

シートを用いた三倍体マガキ採苗技術の開発

若 野 真・平 田 靖・高 山 恵 介・赤 繁 悟

The use of vinyl sheet in spat collection of triploid Pacific oyster

Makoto WAKANO, Yasushi HIRATA, Keisuke TAKAYAMA and Satoru AKASHIGE

広島県のかき生産量は約2万トン¹⁾で、全国の5～6割の生産を占める。日本をはじめ隣接する中国、韓国では世界の約9割のかき生産が行われている。特に韓国からは7～8千トンのむき身が輸入されるなど国内外の産地間競争が激しい。このため、広島県立水産海洋技術センター（以下当技術センターとする）では高品質化を目指して、人工種苗による独自のブランドかき開発を行っている。^{*1-4)}

当技術センターでは昭和60年（1985）から三倍体マガキの特性研究²⁻⁷⁾ および種苗生産技術開発に取り組む、^{*5-8)} 平成5年（1993）から社団法人広島県栽培漁業協会（広島県竹原市、以下協会とする）での量産を開始し、^{*9)} 人工採苗技術の改良⁸⁾ などの研究成果により安定した生産、採苗が可能となり、平成12年（2000）には成熟幼生数で年間約1億個、ホタテガイ殻（以後ホタテ殻とする）枚数にして約60万枚に至っている。^{*10,11)}

三倍体マガキの人工採苗は、垂下養殖用種苗の生産を目的としているため、ホタテ殻に付着させる必要があり、採苗水槽に成熟幼生とホタテ殻で作成した採苗連を収容して付着させる。この際、採苗連以外に水槽の内面、特に底面に稚貝が多数付着するが多い。これらの稚貝は、剥離が困難で、ほとんどが利用されることな

く廃棄されてきたが、三倍体マガキの稚貝としては問題なく、この稚貝を養殖用種苗として利用できれば回収率を向上させ効率的な種苗生産が可能になる。本研究では、これらの未利用稚貝を効率的に回収し、養殖用種苗とする方法として、水槽底面にシートを敷設して、これに付着させた稚貝を回収するシート採苗技術について検討した。

材料および方法

三倍体マガキの大量人工採苗

協会で作出、飼育した付着期の三倍体マガキ成熟幼生は回収した後、水切りした状態でネットに包み、これを保冷剤で冷却した発泡スチロール製箱に入れて、当技術センターへ運んだ。この幼生のうち1水槽あたり約50万個を、予めカートリッジフィルター（1μm、アドバンテック製）により濾過した海水（以下、濾過海水とする）1.8klを満した2kl容のFRP製角形水槽（1×2×1m、以下採苗水槽とする）へ収容し、培養した珪藻 *Chaetoceros calcitrans*（以下、珪藻とする）を餌料として飼育水へ3万 cells/mlの密度で添加した（採苗1日目）。翌日、すでに幼生と珪藻が収容された水槽にホタテ殻70枚で作成した採苗連（図1）32本を水槽内に

*1 広島県水産試験場：カキ新品種育成開発事業。昭和60年度広島県水産試験場事業報告、28（1986）。

*2 広島県水産試験場：カキ新品種育成開発事業。昭和61年度広島県水産試験場事業報告、pp34-35（1987）。

*3 広島県水産試験場：カキ新品種育成開発事業。昭和62年度広島県水産試験場事業報告、29（1988）。

*4 広島県水産試験場：カキ新品種育成開発事業。昭和63年度広島県水産試験場事業報告、pp23-24（1989）。

*5 広島県水産試験場：「特選広島かき」量産技術開発事業。平成元年度広島県水産試験場事業報告、pp20-28（1990）。

*6 広島県水産試験場：「特選広島かき」量産技術開発事業。平成2年度広島県水産試験場事業報告、pp19-27（1991）。

*7 広島県水産試験場：「特選広島かき」量産技術開発事業。平成3年度広島県水産試験場事業報告、pp16-32（1992）。

*8 広島県水産試験場：「特選広島かき」量産技術開発事業。平成4年度広島県水産試験場事業報告、pp17-35（1993）。

*9 広島県栽培漁業協会：「特選広島かき」種苗生産。平成5年度広島県栽培漁業協会事業報告書、pp59-65（1994）。

*10 広島県栽培漁業協会：「特選広島かき」種苗生産（幼生飼育）。平成12年度広島県栽培漁業協会事業報告書、pp24-28（2001）。

*11 広島県水産試験場：「特選広島かき定着化」付着稚貝低コスト技術開発事業。平成12年度広島県水産試験場事業報告、pp23-25（2001）。

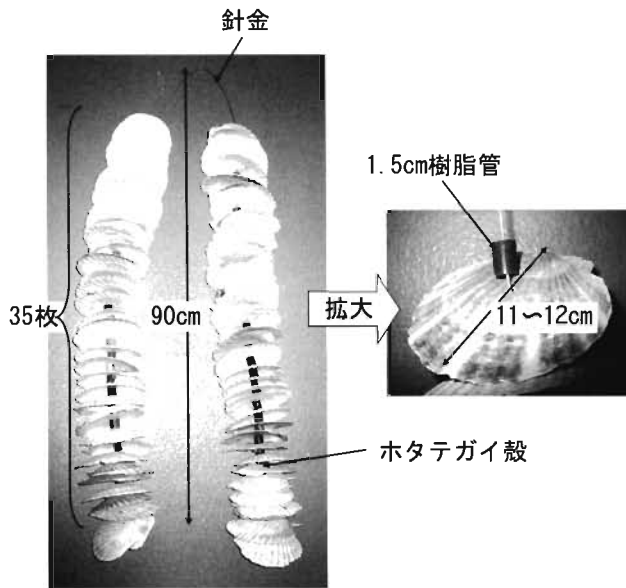


図1 ホタテガイ殻を用いた採苗連

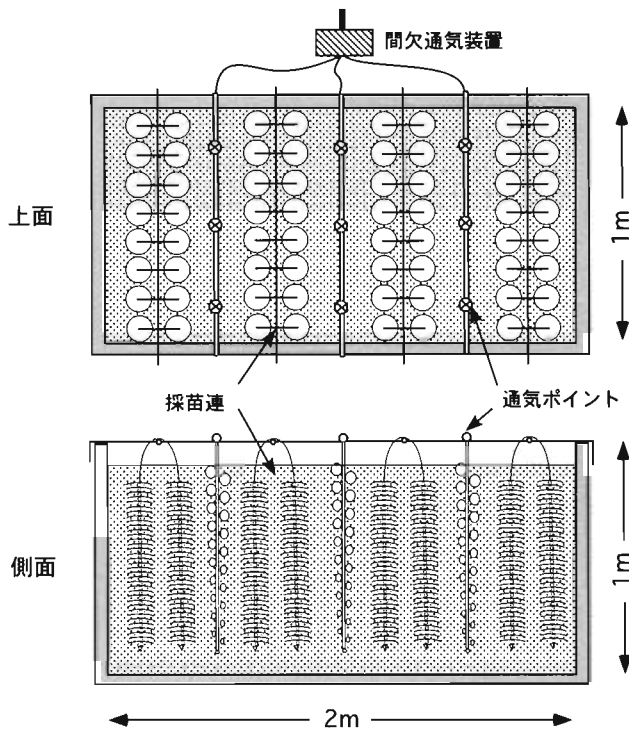


図2 三倍体マガキ人工採苗水槽

垂下した（図2）。ホタテ殻1枚当たりの平均付着稚貝数が50個に達した時点（以下、採苗終了時とする）で採苗連を採苗水槽から取上げて別の稚貝育成水槽へ移した（採苗2日目）。通常の採苗は数時間で終了する。採苗期間中は、遮光し、水槽内の9箇所より1時間間隔で通気と無通気を繰り返した（図2）。飼育水温は室温の調整により25～27℃に保った。

シートによる採苗試験

今回の実験には、協会において、2001年4または5月に人工採卵して種苗生産された付着期の三倍体マガキ幼

生を用いた。供試シートは、前述の採苗連での工程において採苗2日目に採苗連を垂下する直前に採苗水槽底へ敷設し、採苗終了時に水槽から取上げた。シートへ付着した稚貝数は、ヘッドルーペを用いて直接計数するか、約1ヶ月間、稚貝育成水槽で珪藻を給餌して成長させ、シートから剥離した稚貝を計数することによって求めた。

シート素材の検討 水槽底面に設置するシートとして、比較的入手しやすいビニルシート（厚さ0.1、0.3、0.8mmの3種、以下 $V_{0.1}$ 、 $V_{0.3}$ 、 $V_{0.8}$ とする）、シリコンゴムシート（厚さ0.5mm、以下 $S_{0.5}$ とする）、および黒ゴムシート（厚さ1mm、以下 $G_{1.0}$ とする）の3素材、5種のシートを用いて採苗を行い稚貝の付着数を比較した。これらのシートを一片5cmの正方形（25cm²）に裁断し、5種のシート各5枚計25枚を、一片25cmの $V_{0.8}$ シートの上に、ランダムに配置して、接着剤（セメダイン）により張り合わせた（以下、テストシートとする）ものを4組作成した（図3）。採苗水槽2面を用意し、それぞれの水槽底に入れ歯安定剤（ポリデント）でテストシート2組を固定した。テストシートは、接着剤からの溶出物質による付着への影響を避けるため濾過海水中（流水）に予め3日間浸漬した。なお、この付着試験は異なる飼育経過の幼生を用いて2回実施し、供試した成熟幼生の収容個体数（万個）、平均殻高（ μm ）、眼点出現率（%）、三倍体化率（%）は、1回目は53万個、334 μm 、71%、93%で、2回目は53万個、337 μm 、74%、92%であった。

採苗終了時には、飼育水排水を口径224 μm のプランクtonネットに濾して、飼育水中の未付着幼生を回収して幼生数を計数した。飼育水の排水終了後に、水槽底面のテストシートを剥がし、直ちに各シートへの付着稚貝

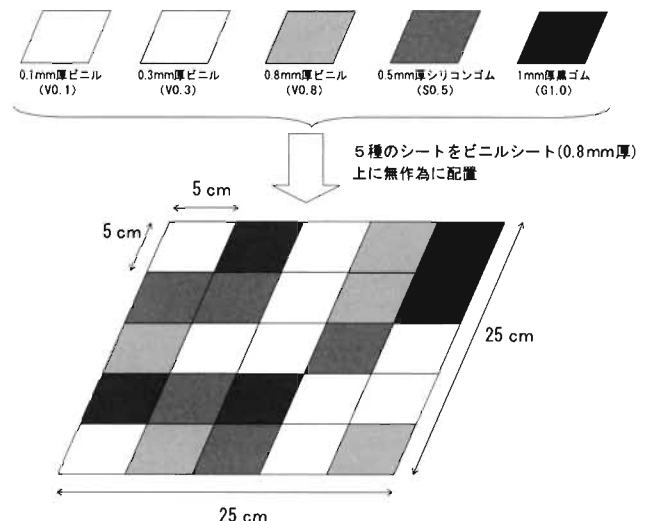


図3 シート素材検討のためのテストシートの構造

数をヘッドルーペを用いて計数した。また、取上げた採苗連は地先海面に垂下し、付着稚貝の殻高が約3mmに達した時点で、採苗連の5%の板数のホタテ殻に付着した稚貝を目視にて計数した。これによりホタテ殻1枚当りの稚貝付着数および水槽に収容した幼生のうち採苗連へ付着した個体数を推定した。

量産規模でのシート採苗 採苗水槽底面へのシートの敷設、回収を容易にするため次のような枠にシートを固定した。ポリカーボネイトパイプ（内径8mm、外径10mm）に海砂（和光純薬製）を詰め、これにより1片80cmの正方形の枠を作成した。これにそれぞれ素材の異なるシートを張ったもの（以下シート枠と呼ぶ）で付着試験をおこなった（図4）。

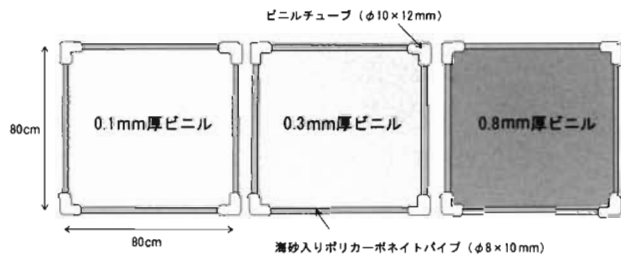


図4 シート枠の構造

シートの素材としては $V_{0.1}$ 、 $V_{0.3}$ 、 $V_{0.8}$ の3種を用い、それぞれ4枚、5枚、3枚の試験シート枠を作成した。全てのシート枠は採苗に供する前に、予めマガキ成貝による前処理⁸⁾を施した。すなわち、ポケット籠に入れたマガキ成貝120個体を収容した飼育水槽内に、シート枠を数日間同居させる方法で行った。

シート枠は採苗連が垂下される前の採苗水槽12基それぞれの底面に1枚ずつ敷設した。採苗終了時に、採苗連と未付着幼生は前記試験と同様に回収し、未付着幼生数と付着稚貝数を計数した。量産シートは、付着水槽から取り出し、別の稚貝育成水槽で1ヶ月間珪藻を給餌して成育した後、それぞれのシートから稚貝を剥離して稚貝数を計数した。なお、この付着試験に供試した成熟幼生の1水槽あたりの収容個体数（万個）、平均殻高（ μm ）、眼点出現率（%）、三倍体化率（%）は、57万個、337 μm 、65%、76%であった。

統計処理 シートあたりの付着個体数の分散は平均値に比例して増加する傾向を示すことから、分散分析には付着個体数を平方根変換した値を用い、bartlett検定によって分布の正規性を確認した。シート素材の検討においては、供試幼生2種類、2水槽、シート素材5種類の3要因で3元配置の分散分析を、量産規模でのシート採苗

ではシート3種類の1要因について1元配置の分散分析を行った。分散分析で群内に有意の差がみとめられた要因について、ボンフェローニの方法で補正した pairwise-t検定によって多群間の平均値の差を検定した。解析には R Version 2.2.0⁹⁾を使用した。

結果及び考察

シートによる採苗試験

シート素材の検討 採苗水槽に採苗連を収容して採苗を終了するまでの時間は、1回目は1.5時間、2回目は3時間であった。収容した幼生のうち採苗連への付着率とホタテ殻1枚当り付着数は、1回目11%、26個/枚、2回目21%、49個/枚で、2回目のほうの付着数が多かった。採苗終了後に飼育水から回収した未付着の幼生に斃死個体は認められなかった。

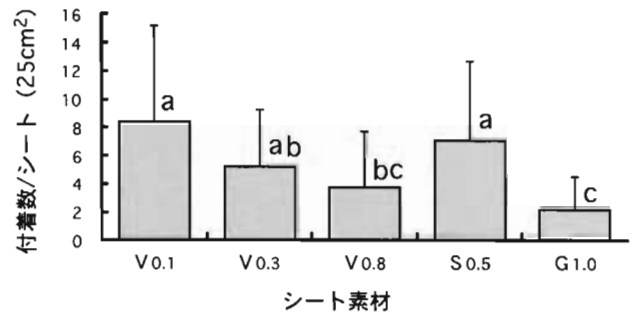


図5 各素材のシート25cm²への幼生付着数。エラーバーは標準偏差を示す。同じ文字をバーに付した2群間は $p > 0.05$ で有意差がないことを示す。

表1 5×5cmのシートへの付着試験分散分析表

要因	自由度	平方和	平均平方	F値	p値
供試幼生 (A)	1	67.095	67.095	109.543	<0.01
水槽 (B)	1	9.964	9.964	16.267	<0.01
シート素材 (C)	4	57.665	14.416	23.537	<0.01
A×B	1	8.644	8.644	14.114	<0.01
A×C	4	4.316	1.079	1.762	0.138
B×C	4	2.403	0.601	0.981	0.419
残差	184	112.699	0.612		

図5に各素材の25cm²のシート10枚の付着数の平均値と標準偏差を示した。 $V_{0.1}$ の付着数が最も多く平均8.4、次いで $S_{0.5}$ が平均7.1であった。最低は $G_{1.0}$ が2.2であった。表1に分散分析表を示した。供試幼生つまり実験回次、水槽、シート素材および供試幼生と水槽の交互作用それぞれの要因において有意の差がみとめられた ($p < 0.01$)。表1のF値は各要因の影響の大きさを示しており、最も大きく影響したのは供試幼生であった。すなわち1回次と2回次では、採苗連の付着数と同様に各シートへの稚貝の付着数は1回目のほぼ2倍であった。次

いでシート素材による影響が大きく、素材間で明らかに付着数が異なることがわかった。次いで水槽および供試幼生と水槽の交互作用の影響が大きいことがわかった。このことは、シートへのマガキ幼生の付着は、採苗に供する幼生の状態や採苗条件によって大きく変動することを示している。

今回調査したシート素材の中では、V_{0.1}とS_{0.5}が優れていた。現状では価格と入手しやすさの面から0.1mm厚のビニルシートが最も適していると判断された。この素材による付着数の差は、付着基質としての素材の柔軟性、表面の微細構造、あるいは素材から溶出する物質の影響などさまざまな原因が考えられるが、今回の実験からは判明しなかった。シートによる採苗の効率化をさらに図るには基質の物理化学的性状と幼生の付着、変態の関係を検討する必要がある。

量産規模でのシート採苗 本試験では、量産シートへの採苗時間は24時間であった。収容した幼生のうち採苗連へ付着した幼生の割合は26%、ホタテ殻1枚当りの平均付着数は66.5個/枚であった。飼育水から回収した未付着の幼生には斃死個体は認められなかった。量産シート6400cm²当りの平均付着数を図6に示した。付着数は0.1mm厚で4,900個と最も多く ($p < 0.01$)、次いで0.3mm厚と0.8mm厚ではそれぞれ1,700個、1,500個と少なかった。前記のシート素材による付着数の比較と同様に、0.1mm厚ビニルシートへの幼生の付着数が多かった。

ホタテ殻に付着した稚貝の場合、殻高数mm以上に成長すると、ホタテ殻から剥離しようとするほとんどの稚貝が破損してしまうのに対して、今回用いたような薄くて柔軟なビニルシートに付着した稚貝は、シートから容易に剥離することができる。今回の結果から、1水槽あたり0.1mm厚のビニルシート枠を2個敷設する

と、約1万個の稚貝を回収できると推定され、これは1水槽あたりの収容幼生の回収率でみると、採苗連が26%であるのに対して、シートは1.7%である。これらの稚貝は稚貝期から一粒かきとして養殖できるため、従来の、成長してからホタテ殻から取り外し、形の良い物だけを選別して殻付きかきとして出荷する方法に比較して、形状の揃ったかきを従来の方法に比べて、効率的に生産できる。

天然採苗で確保された種苗に較べて、生産コストが非常に高い三倍体マガキ等の人工種苗は、その生産コストに見合った高付加価値化によるブランド化が必要であり、今回開発したシート採苗法は、これまで廃棄されていた成熟幼生を有効利用できるという面はもとより、形状の揃ったかきの生産という面からも量産化への応用が期待される。

文 献

- 1) 中国四国農政局広島統計情報事務所編：広島県漁業の累年統計（昭和27年～平成9年），pp92-93（1999）。
- 2) Akashige S. Growth and reproduction of triploid Japanese oyster in Hiroshima Bay. In: Hoshi M, Yamashita O (eds) *Advances in Invertebrate Reproduction* 5. Elsevier Science Publisher B. V., Amsterdam, 1990; 461-468.
- 3) 赤繁 悟. マガキを中心とした貝類三倍体の作出と特性. 水産育種 1991; 17: 5-18.
- 4) 赤繁 悟, 伏見 徹. 広島県海域における三倍体マガキの成長, 生残とグリコーゲン含量. 日水誌 1992; 58: 1063-1071.
- 5) 赤繁 悟, 村上恭祥. 三倍体マガキにおける性成熟の特徴. 水産育種 1992; 18: 41-51.
- 6) 赤繁 悟, 楠木 豊. 人為三倍体マガキの作出条件および三倍体幼生の生残. 広島水試研報 1996; 19: 1-20.
- 7) 赤繁 悟. 人為三倍体マガキの遺伝的特性に関する研究. 広島水試研 2002; 21: 5-56.
- 8) 平田 靖; 成貝の付着誘引効果を用いたマガキ人工採苗技術の改良. 日水誌, 64(4), 610-617 (1998).
- 9) R Development Core Team (2005). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

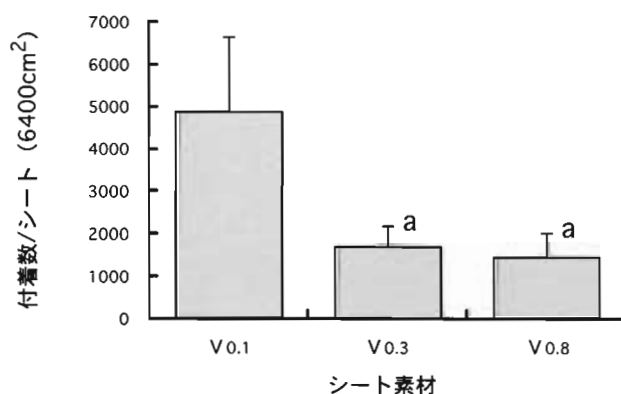


図6 各素材のシート6400cm²への幼生付着数。エラーバーは標準偏差を示す。同じ文字をバーに付した2群間は $p > 0.05$ で有意差がないことを示す。