

在来種イガイの養殖技術開発について

他力 将*1・田邊 徹*2

Technological development of hard-shelled mussel, *Mytilus coruscus*

Masaru TARIKI*1, Toru TANABE*2

キーワード：イガイ，養殖

イガイ *Mytilus coruscus* は東アジア沿岸の潮間帯から水深20 m程度までに広く生息する付着性の二枚貝である

¹⁾。本種は、外来種であるムラサキイガイと混同されることが多いが、在来の種類で瀬戸貝やシウリガイなどの地方名を持ち、古くから食用とされている。本県の潮間帯の岩礁域には、ムラサキイガイやムラサキインコガイが優先しており、本種はこれらのイガイ類の群落中に点在して確認される。

本県では古くからマガキやホタテガイなどの二枚貝類の養殖が盛んであるが、国内消費の低迷や貝毒による出荷規制の長期化等が問題となっており、これらの生産を補完する新たな養殖種の開発が求められている。本県では平成20年度から本種の養殖技術開発に取り組んでおり、浮遊幼生期については水温17℃～20℃で成長が良好となること、平均殻長180 μm以降で斃死が多くみられるが、海水濃度を75%よりも低く調整することで一部斃死の減少がみられたことが報告されているほか²⁾、本県中部海域における養殖環境下の年齢*t*における殻高*Lt*が、 $Lt=149.3(1-e^{-0.45(t+0.0013)})$ の成長式で表されることを報告している³⁾。本報では、浮遊幼生期の好適飼育環境の詳細な検討と、平均殻長180 μm以降における斃死の改善策の探索によって着底稚貝を安定的に生産することを目的として、平成30年から気仙沼水産試験場において行った浮遊幼生飼育試験の結果について報告する。更に、本県北部海域でも中部海域と同様の成長速度が得られるかを明らかにするため、稚貝の垂下養殖試験を実施したので、結果について併せて報告する。

材料と方法

イガイの母貝には、宮城県気仙沼市波路土地先の潮間帯から採取したイガイを用いた。採取後は養殖用丸カゴに収容し、気仙沼市波路土地先に設置した気仙沼水産試験場試験筏に垂下し、使用するまで蓄養した。現場水温が概ね10℃前後となった時期に試験筏から回収し、当該試験場において産卵誘発を行うまで、水温15℃を維持して管理した。

1回の産卵誘発には10個体～15個体を用い、温度刺激法と干出刺激法を組み合わせで行った。PP製の60 l平型水槽に、気仙沼水産試験場の砂濾過海水を3種類のPP製フィルター（孔径10 μm, 5 μm, 1 μm, 全て環境テクノス）で段階的に濾過した海水（以下、精密濾過海水）を60 l入れ、1 kwのチタンヒーターを投入した。母貝は日陰で12時間干出後に水槽へ収容し、環境水温から5℃昇温することで産卵を誘発して受精卵を得た。受精卵は、精密濾過海水を入れたPP製200 l平型水槽へ収容した。

受精後48時間が経過し、D型幼生へ完全に変態して殻の形成が確認できた幼生について、精密濾過海水を入れた別のPP製200 l平型水槽へ分槽し、水温20℃、12時間明暗で微通気のもと止水で飼育を行った。浮遊幼生期の好適飼育環境の詳細な検討と、平均殻長180 μm以降の斃死の新たな改善策の探索をするため、以下の試験1～試験3を実施した。また、北部海域でも中部海域と同様の成長速度が得られるかを明らかにするため、試験4を

*1気仙沼水産試験場, *2水産技術総合センター

実施した。

なお、平均値の差の検定については有意水準を5%と設定し、Tukey法による多重比較を行い、試験1～試験3における各試験区の繰り返し数を n 、試験4の個体数を N として記載している。

試験1 餌料の比較飼育試験

6穴マイクロプレートに1ウェルあたり10 mlの精密濾過海水（75%海水、脱塩水で調整）を入れ、受精から48時間経過後のD型幼生（平均殻長：120 μ m）を3個体/mlの密度で収容し、20 $^{\circ}$ C、12時間明暗で餌料を変えて7日間飼育した。餌料藻類株は国のジーンバンク事業により国立研究開発法人水産研究・教育機構、水産技術研究所が保管している株を譲り受け、液体培地で保存培養したものを用いた。使用した種類は真正眼点藻類*Nannochloropsis oculata*、ハプト藻類*Pavlova lutheri*および珪藻類*Chaetoceros neogracile*の3種類で、単独給餌区では10,000 cells/ml、2種類の混合給餌区ではそれぞれ5,000 cells/mlの細胞密度となるように2日に1回給餌した（計6試験区、 $n=3$ ）。飼育期間終了後、幼生を10%ホルマリンで固定し、直ちに万能投影機（V-12B、ニコンソリューションズ）を用いて殻長を測定した。

試験2 生残率向上のための抗生剤使用飼育試験

PP製200 l平型水槽で飼育した浮遊幼生を平均殻長160 μ mの段階で回収し、1ウェルあたり10 mlの精密濾過海水（100%海水と70%海水、70%海水は脱塩水で調整）を入れた6穴マイクロプレートに3個体/mlとなるよう収容し、20 $^{\circ}$ C、12時間明暗で7日間飼育した。餌料として*N. oculata*を2日に1回5,000 cells/mlの細胞密度となるように給餌した。試験区には抗生剤としてオキシテトラサイクリン塩酸塩（東京化成工業、以下OTC）、クロラムフェニコール（東京化成工業、以下CP）、ストレプトマイシン硫酸塩（東京化成工業、以下SM）を用い、濃度はいずれも初期10 μ Mとし、試験4日目にさらに10 μ M追加した（計8試験区、 $n=3$ ）。飼育期間終了後、幼生を10%ホルマリンで固定し、直ちに万能投影機を用いて殻長を測定し、収容時の個体数と生残個体数から生残率を算出した。

試験3 飼育水量の比較飼育試験

受精から48時間経過後のD型幼生を1個体/mlの密度で容量の異なるPP製平型水槽に収容し、20 $^{\circ}$ C、12時間明

暗で11日間飼育した。試験区は30 l、100 l、200 lの3区で、全て精密濾過海水を使用した（計3試験区、 $n=4$ ）。飼育期間中に全換水を1回実施したほか、飼育期間中は水槽底面の沈積の有無を毎日確認し、斃死個体の沈積が認められた場合はサイフォンで取り除いた。餌料は*N. oculata*と*P. lutheri*の混合給餌で、初回給餌の細胞密度を2種合計で5,000 cells/mlとし、以後の給餌量は浮遊幼生の摂餌状況を確認しながら調整した。1日～3日おきに水槽の通気部付近から5 mlの採水を3回行い、10%ホルマリンで固定した後、直ちに万能投影機を用いて殻長を測定し、5 mlに含まれる幼生数の平均値から幼生密度を推定した。推定した幼生密度から幼生数を算出し、収容時の幼生数と算出した幼生数をもとに生残率を求めた。

試験4 イガイ稚貝の垂下養殖試験

2019年10月に、採苗から半年程度経過したイガイ稚貝（平均殻高：1 cm）を用いて垂下養殖試験を行った。稚貝が付着したカキ殻を長さ5 mのクロスロープへ挟み込み、目合い5 mmのコットンネットで覆った状態で気仙沼市波路土地先にある気仙沼水産試験場試験筏へ垂下した。2年後の2021年10月に垂下ロープから一部の個体を回収し、殻高と重量を測定した（ $N=66$ ）。殻高と重量の相関関係について、ピアソンの積率相関係数により解析を行った。

結果

試験1

試験開始から1週間後の平均殻長を図1に示した。単独給餌区の1週間後の平均殻長（平均殻長 \pm SE）は、*N. oculata*（162.1 \pm 1.59 μ m）、*P. lutheri*（146.9 \pm 1.33 μ m）、*C. neogracile*（126.6 \pm 0.49 μ m）の順で大きくなった。混合給餌区では*N. oculata*と*C. neogracile*との混合給餌区が最も平均殻長が大きく（165.6 \pm 2.28 μ m）、全試験区の中でも最大となった。*C. neogracile*単独給餌区とその他の5区の間、および*P. lutheri*単独給餌区と*N. oculata*を含む2種類の混合給餌区との間には、有意な差が認められた（ $p<0.05$ ）。

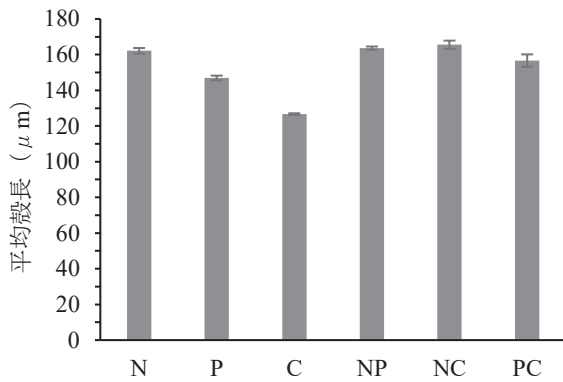


図 1 試験終了時の各給餌区における平均殻長
N = *N. oculata*, P = *P. lutheri*, C = *C. neogracile*を表す。NP, NC, PCは2種類の混合給餌区。
(Mean ± SE, n = 3)

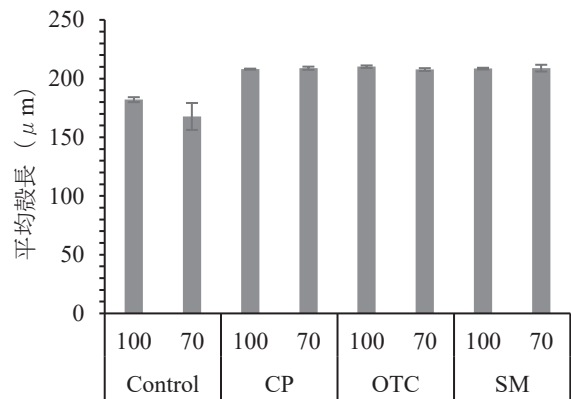


図 3 試験終了時の各試験区における平均殻長
(Mean ± SE, 各試験区名上部の数字は海水濃度を表す。n = 3)

試験2

試験開始から1週間後の生残率を図2に、平均殻長を図3に示した。抗生剤使用区では生残率が97.8%~100%であったのに対し、対照区では30%~37.7%と大きく落ち込んでおり、抗生剤使用区と対照区との間では有意な差が認められた ($p < 0.01$)。一方、使用する抗生剤の種類や海水濃度による生残率の差はみられなかった ($p > 0.05$)。平均殻長は、抗生剤使用区が207.7 μm~210.1 μmと全ての区で200 μmを上回っていたのに対し、対照区では167.7 μm~182 μmと200 μmを下回った。生残率と同様に、抗生剤使用区と対照区との間では有意な差が認められた ($p < 0.05$) が、抗生剤の種類や海水濃度による差は認められなかった ($p > 0.05$)。

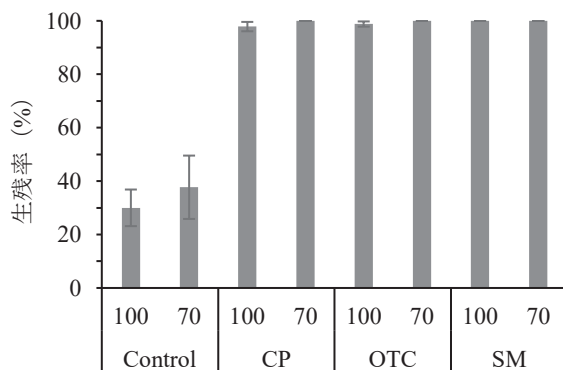


図 2 試験終了時の各試験区における生残率
(Mean ± SE, 各試験区名上部の数字は海水濃度を表す。n = 3)

試験3

試験開始から11日後の試験区ごとの平均生残率を図4に、平均殻長の推移を図5に示した。200 l水槽の生残率が86.5%と最も高く、次いで100 l水槽で78.9%, 30 l水槽で52.7%であった。200 l水槽と30 l水槽の生残率には有意な差が認められた ($p < 0.05$)。一方、試験開始から11日後の平均殻長は200 l水槽で199.0 μm, 100 l水槽で201.5 μm, 30 l水槽で189.5 μmとなり、飼育水量による差は認められなかった ($p > 0.05$)。

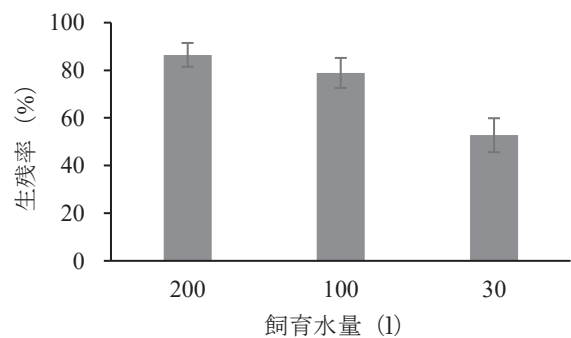


図 4 飼育水量による試験終了時の生残率の比較
(Mean ± SE, n = 4)

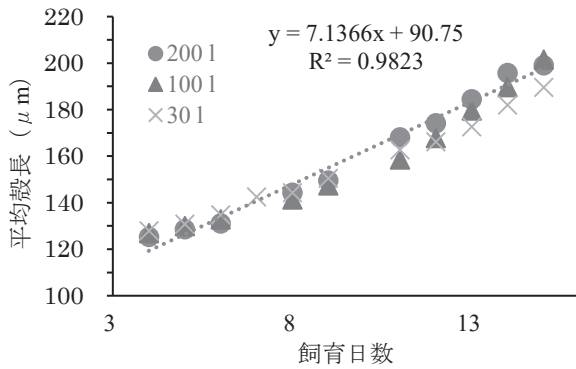


図 5 飼育水量による平均殻長の推移
(回帰直線は200 l試験区。n = 4)

試験4

2年間の垂下養殖を行ったイガイの殻高と重量の関係を表した散布図を図6に示した。計測時の平均殻高は95.3 mm，平均重量は65.3 gであり，殻高と重量には有意な正の相関がみられた ($r = 0.904$, $p < 0.01$)。

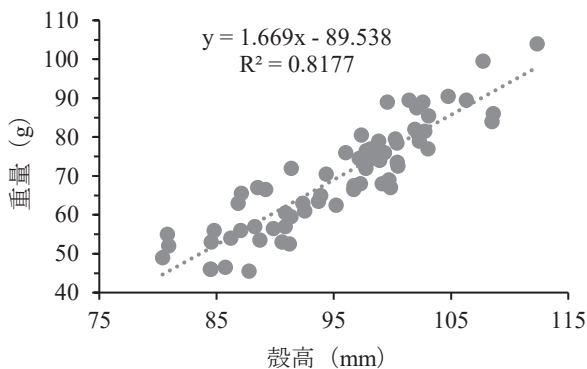


図 6 2年間の垂下養殖に供したイガイの殻高と重量の関係 (N = 66)

考 察

これまで，愛媛県においてイガイ（瀬戸貝）の種苗生産試験の報告があるが⁴⁾，浮遊幼生の飼育に用いられている餌料としては，ハプト藻類 *Isochrysis* sp.，珪藻類 *Chaetoceros* sp.であった。当試験場では *Isochrysis* sp.の株を保有していなかったため，同じハプト藻の *P. lutheri*を用いるとともに，これまでと異なる餌料の探索として，浮遊幼生の初期餌料について検討を行った。単独給餌区において *N. oculata*，*P. lutheri*，*C. neogracile*の順で浮遊

幼生の平均殻長が大きかったことから，*N. oculata*はイガイにおいて餌料効果が比較的高い種類であると考えられる。これは，*N. oculata*が二枚貝類幼生の補助的餌料として用いられることが多く，単独給餌では貝類への餌料効果が低いという岡内^{5,6)}の報告とは異なる結果であった。一方，ムラサキイガイ *Mytilus galloprovincialis*では *Nannochloropsis* sp.は比較的一般的な餌料として用いられており⁷⁾，本種においても *Nannochloropsis* sp.は餌料として期待できるものと考えられた。また，*C. neogracile*については，単独では初期餌料としては適さなかったものの，*N. oculata*との混合給餌では1週間後の平均殻長が最も大きかった。*C. neogracile*は使用した他の微細藻類よりも大きな粒径を持つことから，初期幼生の餌料には適さないものの，幼生が捕食可能な大きさに達した後は，餌料として期待できるものと考えられた。

以上より，本種幼生の餌料としては，初期は *P. lutheri*と *N. oculata*の混合餌料を与え，成長が進んだ段階で *C. neogracile*を追加する方法が最も成長を期待できると考えられた。

斃死の改善策の探索については，抗生剤を使用した試験区で有意な生残率の向上が確認された。また，抗生剤を使用した試験区では，生残している個体は何れも殻長200 μmを超えており，一方，対照区の平均殻長は概ね180 μmであったことから，殻長180 μm以降の斃死の要因として，細菌による影響が少なくとも一つの要因であることが示唆された。

一方，飼育水量の比較飼育試験では，飼育水量が多くなるほど生残率が高くなる傾向がみられたが，幼生の成長には差がみられなかった。このことから，浮遊幼生の飼育には100 l以上の水槽を用いることが適切であると考えられた。勢村らは，イタヤガイ幼生の飼育水中の細菌の属組成の安定性が幼生の生残および成長に大きな影響を与える要因の一つであることが示唆されたと報告している⁸⁾。一般的に種苗生産の現場では，飼育水槽の規模が大きくなることで生産が安定することが知られており，これは水質や細菌叢の安定によるものではないかと考えられている。本研究でも飼育水量が多くなるほど生残率が高くなる傾向がみられたことは，抗生剤使用飼育試験で生残率が向上したという結果も踏まえて考えると，おそらく飼育水量の増加により水質や細菌叢が安定したことで飼育環境の維持に繋がったものであろう。

二枚貝の幼生飼育におけるウイルス・細菌感染等の影響はトリガイ⁹⁾ やイタヤガイ¹⁰⁾ などでも報告されてお

り、本研究において抗生剤の使用により生残率の向上がみられたことから、イガイも同様に在来性の細菌等による影響を受けていると考えられる。また、イガイの種苗生産において水質の悪化により付着が不安定となることが報告されている⁴⁾。これらの対策としては飼育水の濾過処理や抗生剤のような悪影響を与える要因を除去する方法が考えられるが、抗生剤の使用については二枚貝で水産用医薬品の使用が認可されていないこと、薬剤耐性菌が出現するおそれがあること等から、対策については今後も検討を続けていく必要があるだろう。田邊は海水濃度を75%よりも低く調整することでイガイ幼生の殻長180 μm 以降の斃死が改善され、成長も良好であったことを報告している²⁾。海水濃度の低下は分布する細菌叢に影響を及ぼすと考えられ、細菌叢などに着目した海水濃度の操作は有望な方法となり得るかもしれない。

試験筏を使用した稚貝の2年間の垂下養殖試験では斃死がほとんどみられず、平均殻高95.3 mmという良好な成長が確認された。試験に供した稚貝は2019年の5月頃に採苗をしたことから、計測を実施した2021年10月時点ではおよそ2.5歳と考えられる。この年齢を田邊³⁾の養殖環境下におけるイガイの成長式にあてはめると、2.5歳時の殻高は100.9 mmとなり、北部海域でも中部海域と同様の成長速度が得られることが示唆された。また、本研究では稚貝が付着したカキ殻をクロスロープへ挟み込み、コットンネットでカバーすることで、垂下開始から2年間、ほとんどメンテナンスを実施することなく養殖することができた。カゴを用いた垂下養殖は、付着物の除去作業や1カゴあたりの収容量の調整が必要となるが、対して本研究で実施した養殖方法は、ほとんどメン

テナンスを実施することなく出荷サイズまでの養殖が十分可能であると考えられることから、本種の養殖に非常に適した手法であるといえるだろう。

人工種苗生産により得られた稚貝については2歳の時点で成熟が確認され、この貝を母貝として採苗も行っており、完全養殖も可能となっていることから、新規の養殖種として期待されるものである。

要 約

- 1) イガイ幼生の初期餌料には*P. lutheri*と*N. oculata*の混合餌料を与え、成長が進んだ段階で*C. neogracile*を追加する方法が最も成長を期待できると考えられた。
- 2) 殻長180 μm 以降の斃死の要因として、細菌による影響が少なくとも一つの要因であることが示唆され、抗生物質の使用や100 l以上の水量での飼育により斃死の改善がみられた。
- 3) 北部海域におけるイガイの垂下養殖試験により中部海域と同様の成長速度が得られることを確認した。
- 4) クロスロープとコットンネットを用いた垂下養殖方法が、イガイの養殖に非常に適した手法であることが示唆された。

謝 辞

イガイの母貝採集についてご協力いただきました宮城県漁業協同組合気仙沼地区支所に御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 奥谷喬司編 (2000) 日本近海産貝類図鑑. 東海大学出版会, 東京
- 2) 田邊徹 (2010) 在来種イガイの浮遊幼生期における好適飼育環境の検討. 平成22年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 115.
- 3) 田邊徹 (2012) 宮城県における養殖環境下でのイガイ*Mytilus coruscus*の成長と垂下養殖の可能性. 宮城県水産研報, **12**, 1-6.
- 4) 竹中彰一 (1997) 瀬戸貝の種苗生産について. 中予水試・栽培漁業センターだより, **8**, 4-5.
- 5) 岡内正典 (2008) 3章 微細藻類. 養殖の餌と水一陰の主役たち, 恒星社厚生閣, 東京, 40-58.
- 6) 岡内正典 (2011) 特集「微細藻類の可能性」微細藻類餌料の養殖種別の活用と培養方法. 養殖, 緑書房, 東京, **607**, 25-28.
- 7) Laudicella V.A., Beveridge C., Carboni S., Franco S.C., Doherty M.K., Long N., Mitchell E., Stanley M.S., Whitfield

- P.D., Hughes, A.D. (2020) Lipidomics analysis of juveniles' blue mussels (*Mytilus edulis* L. 1758), a key economic and ecological species. PLoS ONE, **15**, e0223031
- 8) 勢村均, 山本倫久, 佐藤利夫 (1999) イタヤガイ浮遊幼生に対する止水海水飼育系と流水海水飼育系における飼育水中の細菌叢の影響. 日本水産学会誌, **53**(4), 267-274.
- 9) 藤原正夢, 上野陽一郎, 岩尾淳志 (1993) トリガイ浮遊幼生の斃死因と考えられる *Vibrio* 属細菌について. 魚病研究, **28**(2), 83-89.
- 10) 勢村均 (1994) イタヤガイ幼生飼育において飼育水中に出現する細菌の数量的変動と幼生に及ぼす影響. 水産増殖, **42**(1), 157-164.