

原著論文

## 各種の基質で垂下飼育したリシケタイラギ稚貝の成長, 生残および潜行

鈴木健吾<sup>\*1</sup>・塚本達也<sup>\*2</sup>・清本節夫<sup>\*1</sup>・伏屋玲子<sup>\*3</sup>・前野幸男<sup>\*2</sup>

### Growth, Survival and Burrowing of Pen Shell *Atrina lischkeana* Spats in Various Kinds of Substrate in Hanging Culture

Kengo SUZUKI, Tatsuya YURIMOTO, Setuo KIYOMOTO, Reiko FUSEYA and Yukio MAENO

To evaluate substrates suitable for the pen shell, *Atrina lischkeana* spat was performed during the intermediate nursery in hanging culture. Four substrates, namely anthracite, coral sand, silica sand and sea sand were used for the experiments. The survival rate of pen shell spats during the study period was 92-100% for each substrate. The growth of shell length in anthracite and sea sand groups was higher than that in silica sand and coral sand groups. Although the spats were buried naturally in the anthracite and sea sand group substrates, some in silica sand and coral sand groups protruded above the substrates. These results suggest that both anthracite and sea sand are suitable as substrates for the growth of spats of pen shell, and that the growth of pen shells is closely related to the properties and conditions of the substrate.

2011年11月17日受付, 2012年2月13日受理

リシケタイラギ *Atrina lischkeana* は、タイラギ *A. pectinata* とともに有明海における主要漁獲対象の二枚貝である。リシケタイラギには殻の表面に棘があり、タイラギには無いことで区別される<sup>1)</sup>が、この両種には分類上の混乱があり両者を区別せずタイラギとする場合もある。伊藤<sup>2)</sup>は、有明海のタイラギには有鱗片型 *Atrina pectinata lischkeana* と無鱗片型 *Atrina pectinata japonica* の2つのタイプがあるとした上で両者の生息域の違いを議論しており、タイプにより生態が異なる可能性を示唆している。そこで、本稿では両者を区別し、両者が混在、もしくはどちらかに特定出来ない場合はタイラギ類と表記した。なお、伊藤<sup>2)</sup>は、有明海のタイラギ類について1995～1996年には有鱗片型しか見られなくなったと指摘しており、現在の有明海で漁獲されるタイラギ類の多くは有鱗片型のリシケタイラギであると考えられる。

有明海におけるタイラギ類の漁獲量は、1960年に3万数千トンあったものが2000年には十数トンにまで減少している<sup>3)</sup>。このため、タイラギ類の生産量を回復するための方策が求められている。有明海においてはタイラギ類の資源回復のために、覆砂等による漁場環境の保全、殻長および漁期の制限による資源管理が行われている。これらの資源回復方策に加えタイラギ類の生産量を増加させる方法として養殖が考えられる。有明海におけるタイラギ類の養殖は大正時代より行われていたとされており<sup>4)</sup>、その形態は豊富に発生する天然稚貝を種苗とした干潟漁場への移植であった。しかし、近年では種苗として利用できるほど多くの稚貝の発生がみられず、このような形態の養殖は行われていない。

二枚貝養殖を成立させる技術要素として、親貝育成、種苗生産、養殖の各段階が考えられる<sup>5,6)</sup>。タイラギ類

\*1 独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所  
〒851-2213 長崎県長崎市多以良町1551-8

Fisheries Research Agency, Seikai National Fisheries Research Institute, 1551-8 Taira, Nagasaki, Nagasaki 851-2213, Japan  
skengo@fra.affrc.go.jp

\*2 独立行政法人国際農林水産業研究センター

\*3 独立行政法人水産総合研究センター水産工学研究所

を対象とした技術開発では、これまで親貝育成および種苗生産について取り組まれてきた<sup>7-10)</sup>が、種苗の量産には至っていなかった。また、天然採苗の試みも行われた<sup>11,12)</sup>が、同様に養殖用の種苗を得るには至っていなかった。近年、大橋ら<sup>13)</sup>は人工採苗により1千個以上の着底稚貝を生産し、KITAHARA *et al.*<sup>\*</sup>はこれらの一部を成貝(貝柱重量約15 g)まで育成することに成功した。これにより種苗量産の可能性が示されたため、次の段階として養殖技術を確立する必要がある。

タイラギの稚貝は、殻が非常に薄く物理的に脆弱な貝であるため取り扱いが難しい<sup>9)</sup>。そこで、タイラギ類養殖の初期には取り扱いが容易になる殻長約10 cmになるまで育成する中間育成技術が必要となる。規模の小さい二枚貝の中間育成では、天然の餌料を利用できる海面での中間育成方法がコスト的に有利と考えられる<sup>6)</sup>。しかし、近年の有明海では夏季に貧酸素水塊が発生し、アサリ、サルボウに被害を及ぼす<sup>14,15)</sup>ことが問題となっており、タイラギ類への影響も懸念される。有明海における貧酸素水塊の形成について、速水<sup>16)</sup>は高塩分水の貫入もしくは、淡水の流入により密度成層が形成されると、大きな酸素消費によって速やかに貧酸素化が進むと指摘している。また、徳永ら<sup>17)</sup>は干潟縁辺部で酸素消費ポテンシャルが高いことを指摘している。したがって、有明海では比較的浅い海域でも海底付近に貧酸素水塊が形成され底生生物に影響を及ぼす恐れがある。このため貧酸素水塊を避ける方法としてタイラギ類を海底から遠ざけ、中層に吊り下げた状態で養殖する垂下養殖技術の開発が望まれる。

そこで、本研究ではリシケタイラギの稚貝を用いた垂下飼育試験を行い、稚貝の成長について調べた。特に、本来海底に潜行しているリシケタイラギを垂下養殖する場合に適した基質について検討するため、各種の材料を基質とした試験を行い、稚貝の成長、生残および潜行を比較した。

## 材料と方法

**実験供試個体** 試験には、2007年8月22日に、有明海において潜水により採集したリシケタイラギ稚貝を用いた。稚貝は、試験開始の9月3日まで室内のアップウェリング容器(田中三次郎商店)で蓄養した。この間、市販のキートセロス・グラシリス((株)WDB環境バイオ研究所)を給餌した。試験開始時のリシケタイラギ稚貝の殻長は、26~47 mm(平均37 mm)であった。

**基質および稚貝収容器** 試験に用いる基質は、トリガイの垂下養殖に有効とされるアンスラサイト<sup>18)</sup>((株)ト

ケミ)、サンゴ砂((株)田中三次郎商店)、珪砂((株)熊本珪砂鉱業)および海砂(長崎県南島原市加津佐海岸で採取したもの)の4種類とした。このうち、海砂を除く3種は、ふるいを用いて粒径を1 mmから2 mmの間に調整した。海砂は粒径500~600  $\mu$ mであった。これらの基質について密度を算定するために、乾燥重量および容積を測定した。乾燥重量は、試料を100°Cで6時間乾燥した後に電子天秤を用いてmg単位で測定した。水道水を入れた250 mlのメスシリンダーに乾燥重量を測定した試料15~30 gを投入し、気泡を取り除いた後の水位の増分をml単位で読みとり試料の容積とした。密度は、乾燥重量を容積で除した値とした。また、基質の粒子沈降速度を求めるために、以下の方法で淡水中における粒子の落下時間を測定した。直径9 cm、高さ24 cmのガラス製シリンダーに水道水を満たし、シリンダーの底面から15 cmの高さに目印を付けた。基質の粒子をピンセットでつまみ、シリンダーに満たした水道水の中に浸して、底面からおよそ20 cmの高さで離した。粒子が沈降して、底面から15 cmの目印を通過してから底面に達するまでの時間をストップウォッチで計測した。計測は各基質で10回行い、その平均値を落下時間とした。基質の粒子沈降速度は、底面から目印までの距離(15 cm)を落下時間で除した値とした。

稚貝の収容器としてポリプロピレン製の500 mlディスプレイカップ(直径10 cm、深さ12 cm)を用いた。稚貝の収容数は、カップ1個あたり4個体とした。基質1種類あたりに稚貝を収容したカップを3個準備し、計12個体を1試験区とした。波浪等による基質の散逸を防止する目的で、カップの中に目合い2.1 mmのトリカルネット(タキロン株式会社)を用いた仕切り板を入れ、仕切り板の間に1個体ずつ稚貝を植え付けた。稚貝を収容した12個のカップを、モノフィラメント網地の丸カゴ((有)馬瀬商店)1個に入れて筏に垂下した(図1)。

**垂下飼育試験** 波浪による稚貝の流失が危惧されたため、移植直後の2007年9月3日から10月15日までは波浪条件の穏やかな長崎県総合水産試験場の試験筏で垂下飼育した。その後、2007年10月16日から2008年2月13日まで長崎県諫早市小長井町地先の竹筏で垂下飼育した。垂下水深はいずれも約2 mとした。試験期間中、各基質の2個のカップを経過測定グループとして約1ヵ月おきに稚貝を取り出して殻長および殻高を測定した。残りの1個のカップに収容した稚貝は試験終了時のみ測定を行い、これを終了時測定グループとした。経過測定グループと終了時測定グループの間で試験個体の殻長を比較し、測定作業が成長におよぼす影響について検討した。自記式水温計(COMPACT-CT: JFEアレック)

\* KITAHARA, K., H. ONIKI, K. SUZUKI, and Y. MAENO (2008) A New Suspension Culture Method for Infaunal Bivalve the Pen Shell *Atrina pectinata* in Ariake Bay, Kyushu Island, Japan. 5<sup>th</sup> World Fisheries Congress Abstracts, 36p.

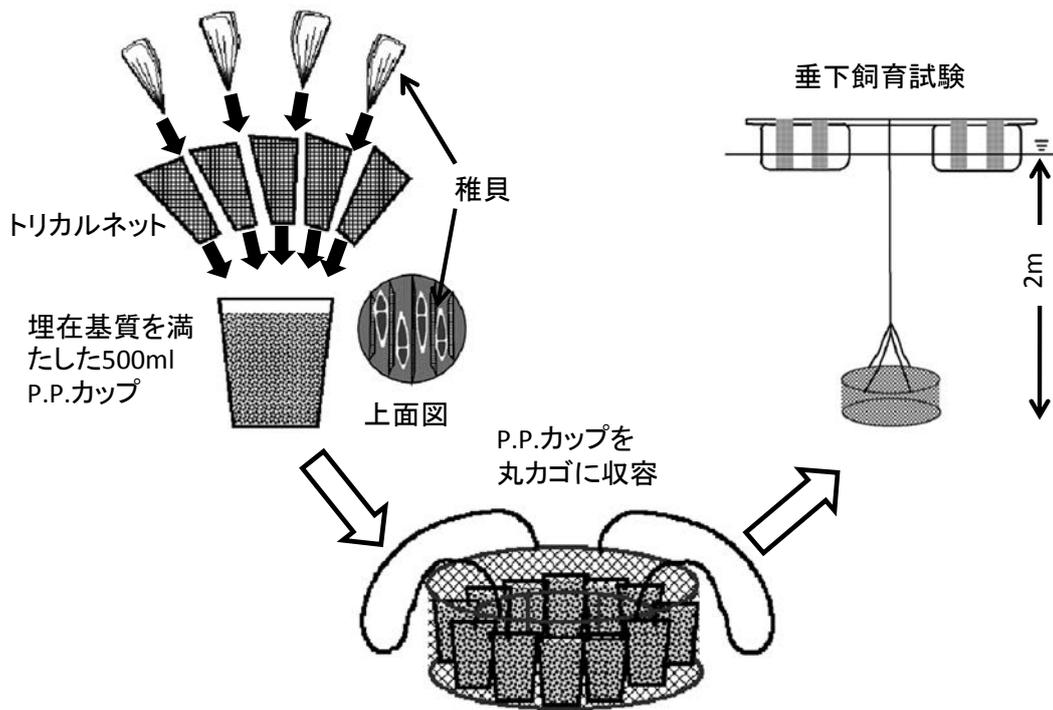


図1. リシケタイラギ垂下飼育試験の概要。埋在基質を満したポリプロピレン (P.P.) カップにリシケタイラギ稚貝を4個体ずつ移植した。リシケタイラギ稚貝は、波浪による散逸を防ぐためにトリカルネット製の仕切りの間に植え付けた。リシケタイラギ稚貝を收容したカップを丸カゴに收容して、養殖筏から水深2mに垂下した。

表1. リシケタイラギ飼育試験に用いた各基質の密度 ( $\text{g/cm}^3$ )、粒径 (mm) および淡水中における粒子沈降速度 (cm/sec)

基質	密度 ( $\text{g/cm}^3$ )	粒径 (mm)	粒子沈降速度 (cm/sec)
アンスラサイト	1.58	1~2	6.1
海砂	2.65	0.5~0.6	6.9
サンゴ砂	2.65	1~2	18.7
珪砂	2.48	1~2	26.4

あるいは多項目水質計 (AAQ1183: JFE アレック) により垂下飼育試験中の水温を測定した。

**統計分析** 経過測定グループと終了時測定グループの間で試験個体の殻長を比較するため、 $t$ 検定を行った。基質の間で試験個体の殻長を比較するため、一元配置の分散分析および Tukey-HSD 検定による多重比較を行った。計算には R (Version 2.1.0)<sup>19)</sup> を使用した。

## 結 果

各基質の密度および淡水中の粒子沈降速度を、粒径とともに表1に示す。各基質の密度 ( $\text{g/cm}^3$ ) はアンスラサイト、海砂、サンゴ砂、珪砂でそれぞれ 1.58, 2.65, 2.65, 2.48 であった。粒子沈降速度 (cm/sec) はアンスラサイト、海砂、サンゴ砂、珪砂でそれぞれ 6.1, 6.9, 18.7, 26.4 であった。

試験期間を通して試験個体の生残率は高く、2007年12月18日から2008年1月16日の間に珪砂区で1個体

が死亡したのみであった。経過測定グループと終了時測定グループの平均殻長および標準偏差を基質別に表2に示す。いずれの基質においても、繰り返し測定した経過測定グループと飼育試験途中に測定をしなかった終了時測定グループの間で、試験終了時の平均殻長に有意な差は見られなかった ( $t$ 検定:  $p > 0.05$ )。このため、試験終了時の殻長については、両グループを合わせたデータを用いて解析した。

基質別の平均殻長および標準偏差の推移をみると、殻長の成長はアンスラサイト区が最も良く、次いで海砂区であった (図2)。サンゴ砂区と珪砂区はいずれもアンスラサイト区および海砂区に比して成長が悪く、試験開始の1~3ヵ月後までは、アンスラサイト区と比較して両区とも殻長の伸長が有意に低かった (ANOVA, Tukey-HSD 検定:  $p < 0.05$ )。最も成長の良かったアンスラサイト区では、2008年2月に平均殻長 96.4 mm (最大 110 mm) に成長した。

平均殻長から算定した日間の成長量と水温の関係を見ると、9月3日~11月16日の間は水温が 30~18℃

表2. 経過測定グループと終了時グループの各基質区における試験終了時のリシケタイラギの平均殻長 (mm) および標準偏差

基質	経過測定グループ	終了時測定グループ
アンスラサイト	93.8 ± 8.9 (n=8)	101.8 ± 13.4 (n=4)
海砂	88.4 ± 13.3 (n=8)	83.5 ± 24.7 (n=4)
サンゴ砂	81.0 ± 11.4 (n=8)	83.5 ± 3.4 (n=4)
珪砂	82.3 ± 9.0 (n=7)	78.0 ± 2.0 (n=4)

かつこ内は測定個体数, いずれの基質においても経過測定グループと終了時測定グループの間に有意差はない ( $t$  検定:  $p > 0.05$ )

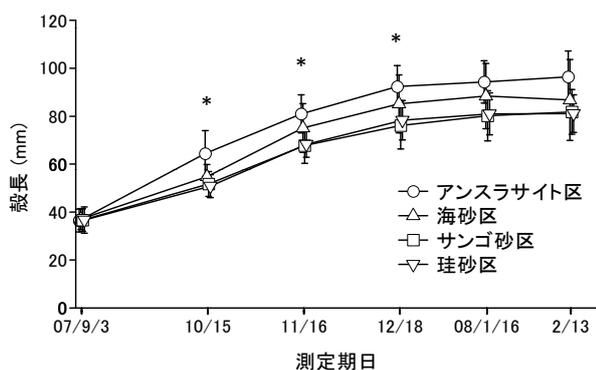


図2. 試験期間中の各基質区におけるリシケタイラギ稚貝の殻長の推移。各シンボルは、平均殻長とその標準偏差を示す。アンスラサイトおよび海砂区の成長が早く、珪砂とサンゴ砂区では成長が遅かった。アスタリスク (\*) で示した測定期日では、アンスラサイト区とサンゴ砂区および珪砂区との間で平均殻長の差が有意となった (ANOVA, Tukey-HSD 検定:  $p < 0.05$ )。

まで変化しているが、基質別の日間成長量は 0.33 ~ 0.66 mm/day と高い値を示した (図3)。その後、水温の低下とともに日間成長量は減少した。水温が 12℃ を下回った 12月18日以降は日間成長量が 0.1 mm/day 以下となり、基質ごとの日間成長量の差は小さくなった。

試験個体の潜行状況を比較すると、アンスラサイト区および海砂区では、試験個体が基質中に定位していたが、サンゴ砂区、珪砂区では基質より上部に露出している個体が見られた (図4)。

殻高に対する殻長の比率 (殻長/殻高比) の推移をみると、いずれの基質でも成長に伴い殻長/殻高比は低下する傾向が見られるが、アンスラサイト区および海砂区では、殻長が 90 mm を超えるまでは殻長/殻高比が 2.5 ~ 2.8 程度で推移していた。一方、サンゴ砂区と珪砂区では飼育開始 1 ヶ月後から殻長/殻高比が 2.2 程度となった (図5)。

## 考 察

秋本ら<sup>20)</sup>の報告によれば有明海の造洲漁場に8月に着底した天然のタイラギ稚貝は、翌年の3月に殻長 70 mm 程度に成長する。本研究においてリシケタイラギの稚貝はいずれの基質でも2月中旬に平均殻長 80 mm

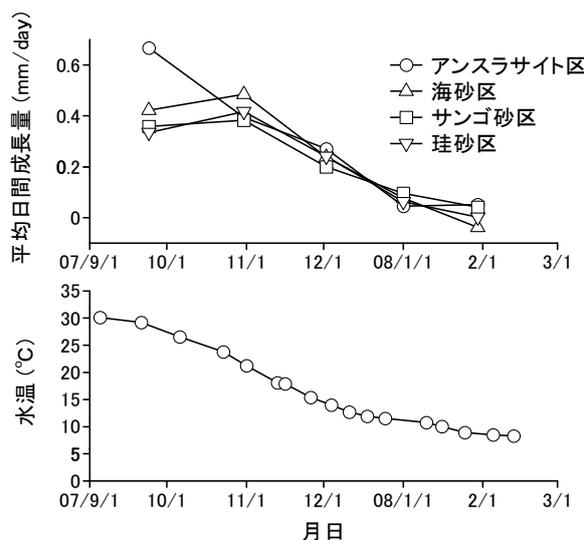


図3. 各基質区におけるリシケタイラギの平均日間成長量 (殻長) と水温の推移。日間成長量は、試験開始時点で大きく、水温の低下と共に減少した。水温が 10℃ 程度になった 12月以降は、いずれの埋入基質でもほとんど成長がみられなかった。

以上に成長しており、天然のタイラギ稚貝との比較においても良好な成長を示した。

今回の試験でリシケタイラギ稚貝の成長が特に良好であった基質は、アンスラサイトおよび海砂であった。これらの区では、供試個体が基質中に深く埋入していた。一方、成長の劣ったサンゴ砂区および珪砂区では、基質上に貝殻の一部が露出した個体が見られた。この結果から、良好な成長のためには稚貝が基質中に潜行することの重要性が示唆された。リシケタイラギは潜砂行動中に殻の開閉を行うことにより、基質と殻の間に隙間を作ると同時に、殻の間から海水を噴射して潜行するための空隙を作ると考えられる<sup>21)</sup>。その際、殻の間から噴射した海水によって基質が吹き上げられなければ潜行するための空隙ができない。今回試験した基質の密度を比較すると、アンスラサイトは密度が 1.58 であり、サンゴ砂 (2.65)、珪砂 (2.48) に比べて軽い。このため同じ粒径であっても、淡水中の沈降速度はアンスラサイトが 6.1 (cm/sec) であるのに対し、サンゴ砂および珪砂ではそれぞれ 18.7 および 26.4 (cm/sec) と 3 倍以上の差がある。したがって、アンスラサイトはリシケタイラギの噴射し

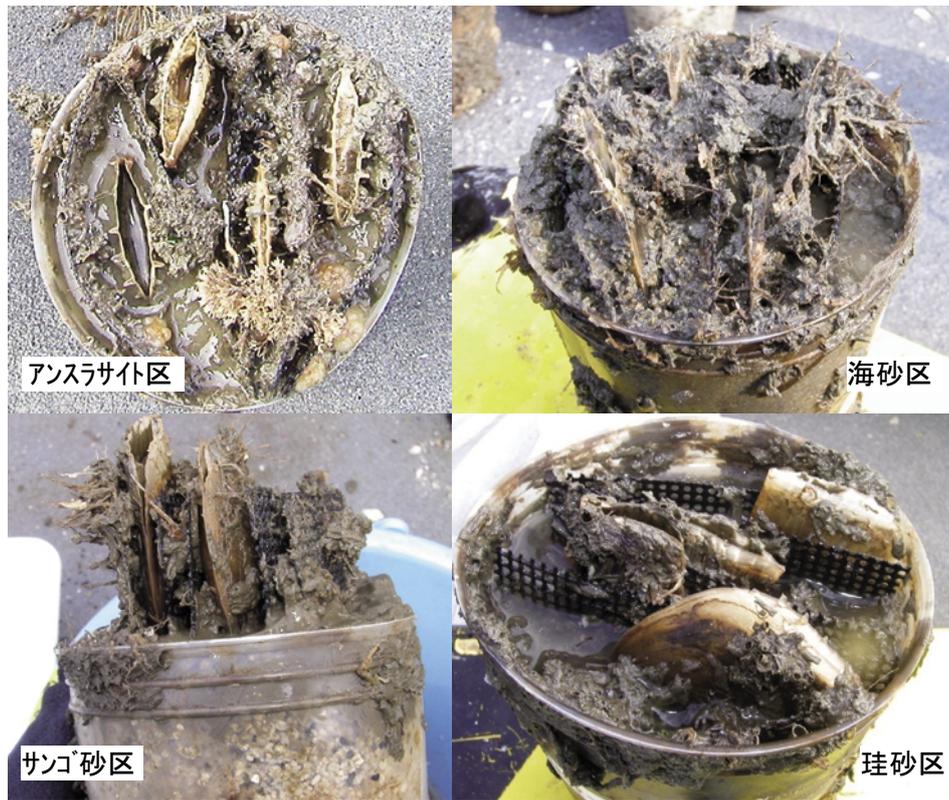


図4. 試験終了時に撮影した4種の基質区におけるリシケタイラギ稚貝の潜砂状況。アンスラサイト区と海砂区のリシケタイラギ稚貝は殻の上端近くまで潜砂しているが、サンゴ砂区および珪砂区では基質から大きく露出した個体が見られる。

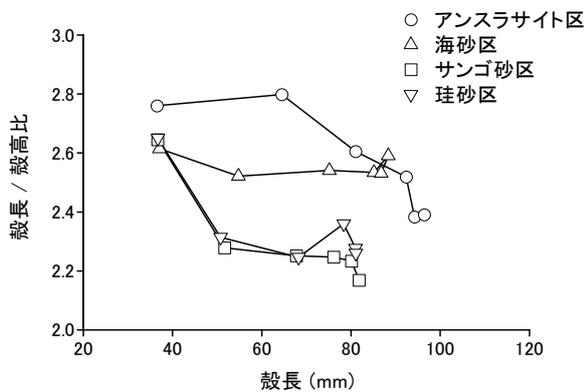


図5. 各基質区におけるリシケタイラギの成長に伴う殻長/殻高比の平均値の推移。殻長/殻高比は成長に伴い減少したが、埋在基質により変化傾向が異なった。アンスラサイト区、海砂区では殻長/殻高比が大きい（細長い）形状で成長したが、サンゴ砂区、珪砂区では早い段階から殻長/殻高比が小さい（幅広い）形状となった。

た海水によって動きやすいが、サンゴ砂、珪砂は動きにくいものと考えられる。海砂は珪砂およびサンゴ砂と密度は大きく変わらないが、沈降速度はアンスラサイトに近い6.9 (cm/sec) となった。この違いは、粒径が小さいため単位重量あたりの表面積が大きくなり水の抵抗を受けやすいことにより生じると考えられ、やはりリシケタイラギの噴射した海水によって動きやすい基質であると考えられる。以上の点から、潜砂行動時に海水を噴射するという行動生態を持つリシケタイラギにとって、ア

ンスラサイトと海砂はその潜行しやすさ故に稚貝の垂下飼育に適した基質であると考えられる。

また、本研究の結果から、基質の違いが殻の大きさだけでなく、殻の形状にも影響をおよぼす可能性が示唆された。タイラギの形態と底質の関連について、平松・多胡<sup>22)</sup>は関門海域における調査から、中砂に棲息するのが最も細長い形態になると報告した。また、濱本・高木<sup>23)</sup>は、備讃瀬戸産のタイラギの形態について底質環境の影響を指摘し、底質粒径が小さいほど殻高が大きいとしている。ただし、これらの報告ではタイラギとリシケタイラギの種間差を区別せずに論じられており、貝殻の形態については両種を区別した議論が必要である。本研究では餌料環境や水温変化などの条件はいずれの試験区でも差はないと思われるため、リシケタイラギでは基質の潜行のしやすさが殻の形状を決めるひとつの要因であると考えられる。すなわち、潜行しやすい基質（アンスラサイト、海砂）では殻長方向の成長が大きく細長い形状となり、潜行しにくい基質（珪砂、サンゴ砂）では殻長方向の成長が相対的に小さく幅広い形状になると考えられる。また、アンスラサイト区では平均殻長が100 mm 近くになると殻長/殻高比が急激に小さくなった。これはカップの深さ（12 cm）の制約により、成長したリシケタイラギが十分潜行できなくなったためではないかと考えられる。

本研究では基質としてアンスラサイトを用いることにより、約5ヶ月間の垂下飼育でリシケタイラギの稚貝を

平均殻長 96 mm まで高い生残率で育成することができた。漁場ではリシケタイラギは殻の上端が海底面とほぼ同じ高さになるまで潜行して生息していることから、殻を順調に成長させるためには基質の潜行しやすさだけでなく、潜行できる十分な深さが必要であると考えられる。このため、リシケタイラギの垂下養殖技術の開発には使用する基質の性質に加え、潜行するのに十分な深さを持った収容器の形状を検討する必要がある。

## 謝 辞

本研究に用いたリシケタイラギ稚貝の入手に際して、佐賀県有明水産振興センター主査藤崎 博氏のご協力を頂いた。長崎県総合水産試験場専門研究員大橋智志博士には、試験筏の利用に際しご高配を賜った。本研究は、平成 19 年度先端技術を活用した農林水産研究高度化事業により行った。記して関係各位に感謝します。

## 文 献

- 黒住耐二 (2000) ハボウキガイ科. 日本近海産貝類図鑑 (奥谷喬司編), 東海大学出版会, 東京, 886-889 pp.
- 伊藤史郎 (2004) 有明海における水産資源の現状と再生. 佐賀有水研報, **22**, 69-80.
- YURIMOTO T., Y. WATANABE, H. NASU, N. TOBASE, S. MATSUI, and N. YOSHIOKA (2003) Relationship between environmental food and glycogen contents in pen shells. Proceeding 32<sup>nd</sup> U.S.-Japan Symposium on Aquaculture, California, USA, 120-129.
- 渡邊 一 (1938) 有明海に於けるタイラギの養殖に就て. 養殖會誌, **8**, 39-47.
- SPENCER B. E. (2002) Molluscan Shellfish Farming. Blackwell. Oxford. 274 pp.
- HELM M. M., N. BOURNE, and A. LOVATELLI (2004) Hatchery culture of bivalves. A practical manual. FAO Fisheries Technical Paper 471, FAO, Rome, 177 pp.
- 龜山展志・前川兼佑 (1963) タイラギ *Atrina pectinata japonica* (REEVE) その他二枚貝の人工採苗に関する予察的研究. 山口県内海水試調研業績, **13**, 81-92.
- 濱本俊策・大林萬鋪 (1984) タイラギの人工採卵と幼生飼育に関する問題点. 栽培漁業技術開発研究, **13**, 13-27.
- 明楽晴子 (1998) タイラギの種苗生産の技術開発. うみうし通信, **18**, 8-9.
- 川原逸郎・山口忠則・大隈 齊・伊藤史郎 (2004) タイラギ浮遊幼生の飼育と着底・変態. 佐賀県有明水産振興センター研報, **22**, 41-46.
- 古賀秀昭・山下康夫 (1986) 有明海産タイラギに関する研究-IV タイラギの天然採苗に関する試み (1). 佐賀有明水試報, **10**, 1-8.
- 古賀秀昭・中武敬一 (1991) 有明海産タイラギに関する研究-V タイラギの天然採苗に関する試み (2). 佐賀有明水試報, **13**, 11-19.
- 大橋智志・藤井明彦・鬼木 浩・大迫一史・前野幸男・吉越一馬 (2008) タイラギ浮遊幼生および着底稚貝の飼育 (予報). 水産増殖, **56**, 181-191.
- 平野慶二・日向野純也・中田英昭・品川 明・藤田孝康・徳岡誠人・向後恵一 (2010) 諫早湾のアサリ養殖場における夏季大量へい死対策 - 底層溶存酸素の改善試験 -. 水産工学, **47**, 53-62.
- 岡村和磨・田中勝久・木元克則・藤田孝康・森勇一郎・清本容子 (2010) 有明海北西部における貧酸素水塊と底質がサルボウの大量死に与える影響. 水産海洋研究, **74**, 197-207.
- 速水裕一 (2009) 有明海奥部の貧酸素水塊 - 形成機構と長期変動 -. 月刊海洋, **39**, 22-28.
- 徳永貴久・児玉真史・木元克則・柴原芳一 (2009) 有明海湾奥西部海域における貧酸素水塊の形成特性. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), **B2-65**, 1011-1015.
- 岩尾敦志・西広富夫・藤原正夢 (1995) トリガイ養殖に関する研究-II - トリガイ養殖容器内に敷く基質について -. 京都府立海洋センター研報, **18**, 57-61.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2008) 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>.
- 秋本恒基・林 宗徳・相島 昇・佐野二郎・二島賢二・渡辺祐介 (1995) 造洲漁場におけるタイラギの着底と成長. 福岡県水産技術センター研報, **4**, 45-52.
- 鈴木健吾・塚本達也・興石裕一 (2011) リシケタイラギの殻体運動と潜砂行動およびはい出し行動との関係. 水産工学, **48**, 19-24.
- 平松達男・多胡信良 (1961) 関門海域におけるタイラギ *Atrina (Servatrina) pectinata japonica* (Reeve) の棲息分布及び貝殻外部形態について, 昭和 35 年度福岡県豊前水産試験場研究業務報告, 31-40.
- 濱本俊策・高木俊祐 (1985) 備讃瀬戸海域に生息するタイラギ *Atrina (Servatrina) pectinata* (LINNAEUS) およびミルクガイ *Tresus keenae* (KURODA et HABE) の形態的特徴. 香川県水産試験場研報, **1**, 25-36.