

【原著論文】

## 人工飼育種苗稚貝を用いた佐敷干潟における アサリの個体群再生実験

堤 裕昭<sup>1)\*</sup>・西岡祐玖<sup>2)</sup>・北川 昇<sup>2)</sup>・藤芳義裕<sup>3)</sup>・小崎盛行<sup>4)</sup>・  
山元光晴<sup>4)</sup>・一宮睦雄<sup>1)</sup>・小森田智大<sup>1)</sup>

- 1 熊本県立大学環境共生学部環境資源学科 〒 862-8502 熊本市東区月出 3-1-100  
2 熊本県立大学大学院環境共生学研究科 〒 862-8502 熊本市東区月出 3-1-100  
3 合同会社 FU バイオカルチャー 〒 869-3600 熊本県上天草市大矢野町維和 1400  
(有)丸山水産 車海老養殖センター内  
4 芦北町漁業協同組合 〒 869-5453 熊本県葦北郡芦北町計石 2963-5  
\*e-mail: hiro@pu-kumamoto.ac.jp

### 概 要

八代海に面する熊本県葦北郡芦北町の佐敷干潟に、2015年11月27日に人工飼育して製作したアサリの種苗稚貝合計約2万個体を6つの実験区(各面積1 m<sup>2</sup>)に散布し、個体群を再生する実験を行った。3つの実験区には塩化ビニール製の枠にネットを張った捕食防止柵を設置し、残りの3つの実験区では塩化ビニール製の枠のみを設置した。この実験では、捕食防止柵を設置した実験区で稚貝散布から約3カ月後の生残率が33～44%に達したが、枠のみを設置した実験区では1カ月後に生残個体がほとんどみられなくなった。設置した捕食防止柵は魚類による捕食を防止する機能を果たすとともに、干潟では魚類による強い捕食圧下にあることが確認された。散布された稚貝は、成長が停止する日平均水温10°C以下の日が冬季でもほとんどないことから、2016年2月までの殻成長率が約2.0 mm/monthに達した。

キーワード：アサリ、佐敷干潟、人工飼育種苗稚貝、捕食防止柵、八代海  
(受付：2017年5月5日、受理：2017年8月24日)

### I はじめに

マルスダレガイ科(Veneridae)のアサリ(*Ruditapes philippinarum*)は、日本各地の砂質の潮間帯および10 m以浅の潮下帯に生息する代表的な二枚貝である。食用にも広く用いられ、国内の総漁獲量は1960年代～1980年代前半には120,000～160,000 tを安定して推移していた。

しかしながら、1980年代以降に漁獲量が急激に減少し<sup>1-3)</sup>、2015年には1/10以下の13,810 tまで減少した<sup>4)</sup>。その原因としては、高水温および低水温、低塩分など<sup>5)</sup>、埋め立てなどによる大規模開発の影響、青潮や河川出水による海域の淡水化および泥土の堆積、冬季の餌料プランクトン量不足など<sup>6)</sup>、干潟の消失<sup>7)</sup>、*Perkinsus* 原虫の感染<sup>8)</sup>、大量の土砂の堆積<sup>9, 10)</sup>、ナルトビエ

イ (*Aetobatus flagellum*), ツメタガイ (*Glossaulax didyma*) などの捕食者による食害<sup>11)</sup>, 河川から干潟に流入し, 堆積する砂の量の激減<sup>2)</sup>, ホトトギスガイの増殖に伴う底質の泥化<sup>12)</sup> など, 様々な要因が挙げられている<sup>5, 13)</sup>. いずれにしても, 近年, 日本沿岸の砂質の干潟の生態系において代表的な二枚貝類であるアサリでさえ, その生息が危うくなるような事態が生じている.

このように日本各地の沿岸でアサリの個体群が極度に衰退し漁獲量が激減した状態が続く中で, 個体群を回復させて以前のような高密度な状態を再現し, 漁獲量を回復するための様々な試みが行われている. その多くは, 干潟の底質の覆砂や作滞による生息場の造成と維持, 食害や貧酸素水発生に対する大量死亡対策, 資源管理の厳密化, 種苗稚貝の移植などが挙げられる<sup>3, 14)</sup>. 筆者らは, これらの対策の中でアサリの稚貝の人工飼育技術を独自に開発するとともに, 作製した種苗稚貝をアサリ漁場として利用されてきた砂質干潟に散布し, アサリの高密度個体群が存在する底生生物群集を再生し, 漁場を再興させることをめざして研究を進めている.

アサリの稚貝の人工飼育技術についてはすでに多くの試験研究機関で取り組まれてきた<sup>15-19)</sup>. しかしながら, 生産量やコストなどの問題で, 大量に生産して各地の漁場に供給するまでには至っていない. 2014年に放流用に生産されたアサリの人工種苗稚貝は, 全国で約160万個体にとどまっている<sup>20)</sup>. そこで, 筆者らはアサリの稚貝の人工飼育による生産に関して, 高価な素材や装置の使用を控えて可能なかぎり簡便な方法を採用し, 生産コストを削減した技術の開発を進めている. また, 製作したアサリの稚貝は干潟に散布し, 底生生物群集の定量調査手法を用いてその後の成長および生残過程を追跡し,

収穫可能なサイズ(殻長30 mm以上)に達することができるかを検証するとともに, 稚貝散布後の生残率を高める技術の開発をすすめている.

本研究では, 後者の人工飼育によって製作したアサリの種苗稚貝を干潟に散布し, その後の動態を追跡し, 散布後の生残率を高める技術の開発を研究課題として取り扱う. 調査および現場実験地としては, 八代海に面する熊本県葦北郡芦北町の佐敷干潟を選定した. この干潟はアサリ漁場として利用されてきたが, 近年, アサリの棲息量が激減したので, 資源保護のために禁漁とされている. しかしながら, 繁殖期に着底したアサリの稚貝が成貝に成長するまでにほとんどの個体何らかの原因で消滅することが報告されている<sup>21)</sup>. そこで, 筆者らは2014年~2015年に同干潟においてアサリの個体群動態に関する調査を実施し, 秋季の繁殖期に生産されて底着した稚貝集団が翌年の春季にアカエイなどによって捕食され, ほぼ消滅してしまうことを見出した<sup>22)</sup>. 本研究の予備実験として, 2015年7月30日に上述のアサリの個体群動態に関する調査を行った場所の付近において, 人工飼育で作製したアサリの種苗稚貝の散布実験を実施した. 種苗稚貝を干潟上に直接散布した実験区では, 魚類による捕食を受けて1カ月以内にはほぼ消滅した. また, その捕食を防ぐために種苗稚貝を散布した場所をネットで覆った実験区においても, そのネットを突き抜けて稚貝が捕食された.

本研究では, 以上の佐敷干潟における研究で分かったことを踏まえて, 魚類からの捕食を防ぐ対策として実験場所にネットを張った捕食防護柵を設置し, 2015年11月27日に, その中に人工飼育で作製した種苗稚貝を再度散布して, アサリの個体群を再生する実験を行った. その稚貝を散布した日より毎月1回, 水質ならびに実験場所

の底質の環境条件の調査および底生生物群集の定量調査を実施し、散布した稚貝集団の成長および生残過程を追跡した。この実験は2016年4月14日および16日に発生した熊本地震によって干潟の地盤沈下が発生し、捕食防止柵全体が浮き上がって機能しなくなったため、中断することとなった。しかしながら、それまでに得られた調査および実験結果をもとに、捕食防護柵の効果を検証し、佐敷干潟において、人工飼育して製作したアサリの種苗稚貝を散布して収穫サイズに達する集団を形成させることが可能かどうか、さらに効率良く集団を形成させるために必要な対策について考察する。

## II 材料と方法

### 実験地

熊本県葦北郡芦北町の佐敷干潟は八代海に面し、佐敷川および湯浦川の河口干潟河口干潟（11 ha）である。この干潟の中央部にアサリの種苗稚貝を散布する実験地 Stn A ( $32^{\circ}17'51.9''$  N,  $130^{\circ}28'58.3''$  E) を設置した（図1）。

### 実験方法

本研究においては、Stn A に1 m 四方の6つの実験区を設定した（図2）。そのうち3つの実験区（A～C）には、塩化ビニール製の枠に目合い1.6 cmのネットを張ってアサリの種苗稚貝を捕食から守るための防護柵を作成し、その防護柵で各実験区の四方を囲み、天井部分を同じネットで覆った（図3）。3つの実験区（AC～CC）には、塩化ビニール製の枠のみを設置して、捕食に対する対策を施さなかった。実験区BおよびBCには、ホームセンターで販売されている砂を、実験区CおよびCCには株式会社ガイアテックから提供を

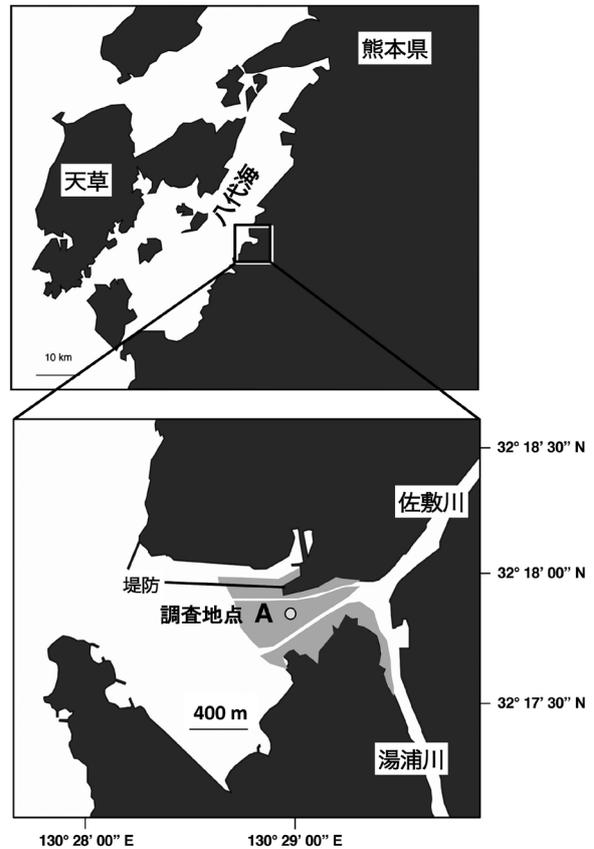


図1 調査および実験を行った八代海に面する熊本県葦北郡芦北町の佐敷干潟とその地点 (Stn A)。

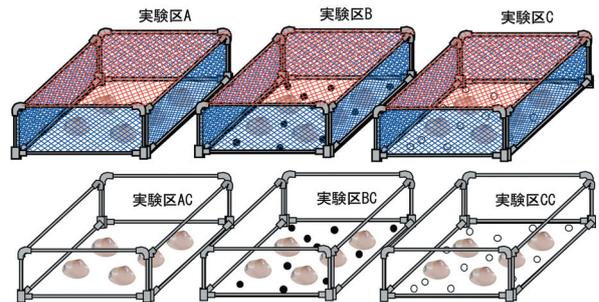


図2 アサリ人工飼育種苗稚貝を散布した実験区の設定。上段：捕食防護柵を設置した実験区、下段：塩ビパイプのみを設置した実験区。実験区AおよびAC：稚貝のみを散布した。実験区BおよびBC：砂を散布して底質表面を覆い、稚貝を散布した。実験区CおよびCC：貝化石砂を散布して底質表面を覆い、稚貝を散布した。

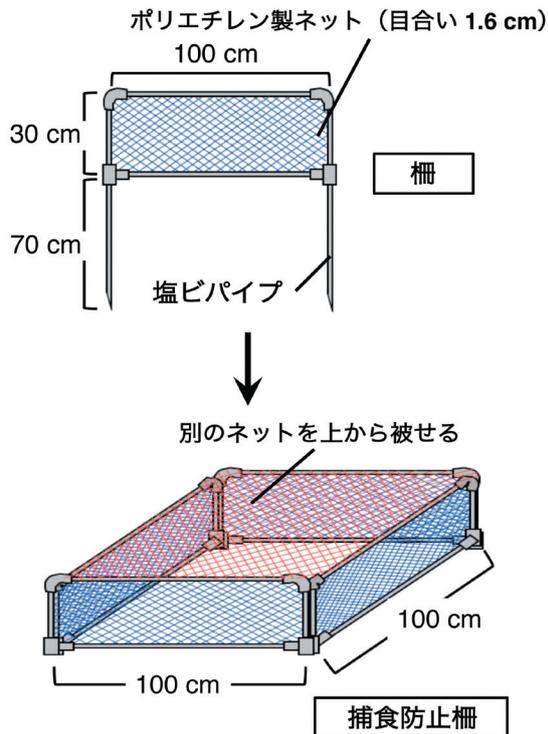


図3 アサリの人工飼育種苗稚貝の撒布実験に使用した捕食防護柵

受けた貝化石砂を、それぞれ 40 kg ずつ散布して、底質表面を被覆した。各実験区には、FU バイオカルチャー社で人工飼育したアサリの種苗稚貝を 2015 年 11 月 27 日に約 3,300 個体散布し、初期密度約 3,300 ind. m<sup>2</sup> を設定した。これらの 6 つの実験区のほかに、その外側に 1 つの実験区 (CD) を設定し、そこには何も設置せず、砂やアサリの稚貝も散布することなく、干潟のそのままの状態を保った対照実験区とした。

上述の Stn A の実験区に隣接した場所に杭を打ち込んで水質計 (Model 600LS, YSI/nanotech Inc.) を括り付け、2015 年 12 月から 2016 年 3 月まで、底質直上の水温、塩分および水深を 10 分間隔で連続観測した。各実験区および実験対照区においては、毎月 1 回 (2015 年 12 月 16 日、2016 年 1 月 17 日、2 月 24 日)、底質環境の調

査とアサリ稚貝集団の成長・生残過程を追跡するための底生生物の定量調査を実施した。底質環境の調査では、方形コア (5×5 cm) を用いて深さ約 5 cm までの底質を採取し、粒度分析用サンプルとした。先端を切り落としたプラスチック製のシリンジ (直径 29 mm) を用いて、深さ約 1 cm までの底質表層を 10 回採取し、底質の化学分析用サンプルとした。底生生物の定量調査では、5 × 5 × 5 cm のコアサンプラーを用いて 4 回または 8 回底質を採取し、1 mm 目の篩を用いてふるい、篩上の残渣物をサンプルとした。

#### 分析方法

底質の粒度組成用サンプルは、ウェットシービング法により粒度組成を分析した。底質の化学分析用サンプルでは、Chl-a 現存量を分析した。各サンプルを約 0.3 g 分取し、90% アセトン 10 ml を入れたねじ付き試験管に入れ、12 ~ 24 時間冷暗所に保管して底質に含まれるクロロフィルを抽出した。その後、蛍光光度計 (Turner Designs 10-AU) を用いて抽出液の Chl-a 蛍光値を測定した。また、化学分析用サンプル約 3 g 分取してアルミ製のカップに入れ、湿重量を測定した後、55°C に設定した乾燥器に数日間放置し、乾燥重量を測定して、底質の含水率を求めた。各サンプルの蛍光値と含水率より Chl-a 現存量を求めた。

干潟上に散布したアサリの人工飼育種苗稚貝については、散布直前に約 300 個体を無作為抽出して、各個体の殻長をデジタルキャリパーで計測し、散布する稚貝の平均殻長を推定した。底生生物群集の定量調査用サンプルは、ローズベンガルを溶かしたホルマリン溶液 10% を用いて固定し、後日、再度 1 mm 目の篩を用いてふるいながら水洗した。篩上の残渣物より底生生物を選り出し、種を同定し、種別に計数し、湿重量を計量

した。アサリの標本は、殻長約5 mm以上の個体は殻長をデジタルキャリパーで計測し、それより小型の個体は実体顕微鏡に搭載したHDビデオカメラ (PMW-10MDC, SONY) を通して画像をパーソナルコンピューター (Mac Pro, Apple) の画面に表示し、画像解析ソフトウェア (ImageJ, Ver.10.2 23)) を用いて殻長を計測した。得られた殻長データより、各試験区に散布したアサリの種苗稚貝の殻長頻度分布図を作成した。

### 統計解析

各試験区における調査時ごとのアサリの殻長頻度分布図を作成し、統計解析ソフト R (version 3.3.0) を用いて世代解析を行い、集団の殻長頻度分布をコホート (同時出生集団) ごとに分離し、各コホートの平均殻長を求めた。各コホートの調査時ごとの平均殻長の変化より、コホート別の成長率を算出し、各コホートを構成する個体数の変化より生残率を算出した。また、2016年2月の各実験区の生残率に関しては、統計解析ソフト StatView J-4.5 (Abacus Concepts Inc.) を用いて、底質の設定が同じ実験区 (AとAC, BとBC, CとCC)間でマン・ホイットニ検定を行った。

## III 結果

### 水温・塩分

2015年12月～2016年2月の実験地における底質直上水の水質 (水温, 塩分) の日平均値の変化を図4に示す。冬季の実験であるため、水温低下が散布したアサリの人工飼育種苗稚貝の成長を鈍化させる可能性が考えられた。しかしながら、実験期間中の水温日平均値は9.6～18.7℃を変動し、年間でもっとも水温が低下する2月の日平均水温が12.5 ± 1.2℃ (平均値 ±

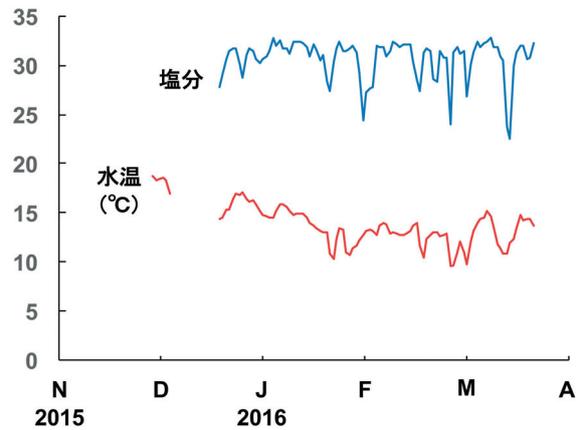


図4 佐敷干潟 Stn A 付近で観測した底質直上水の水温および塩分。

標準偏差) で、10℃を下回ったのはわずか3日間しかなかった。塩分の日平均値は23.7～32.8を変動し、降水に伴う河川水の一時的な増加に対応した塩分の低下が認められたが、ほとんどの時間は28～32の範囲にあった。

### 底質の粒度組成

2015年12月～2016年2月における各実験区の底質の粒度組成を図5に示す。砂および貝化石を散布して底質表面を覆った実験区BおよびBCでは、その影響を受けて2015年12月の底質の粒度組成は、粒径2 mm以上の礫の割合が実験区AおよびACの20.2%および17.7%に対して、実験区BおよびBCでは3.8%および3.4%、実験区CおよびCCでは10.9%および9.9%にそれぞれ減少していた。極粗砂 (粒径1,000～2,000 μm) の割合は、実験区AおよびACの10.1%および10.0%に対して、実験区BおよびBCでは16.5%および16.7%、実験区CおよびCCでは15.3%および17.5%に増加していた。

2016年1月および2月には、これらの新たな基質を散布した4つの実験区 (B, BC, C, CC) において礫分の増加が見られて、各実験区の底質

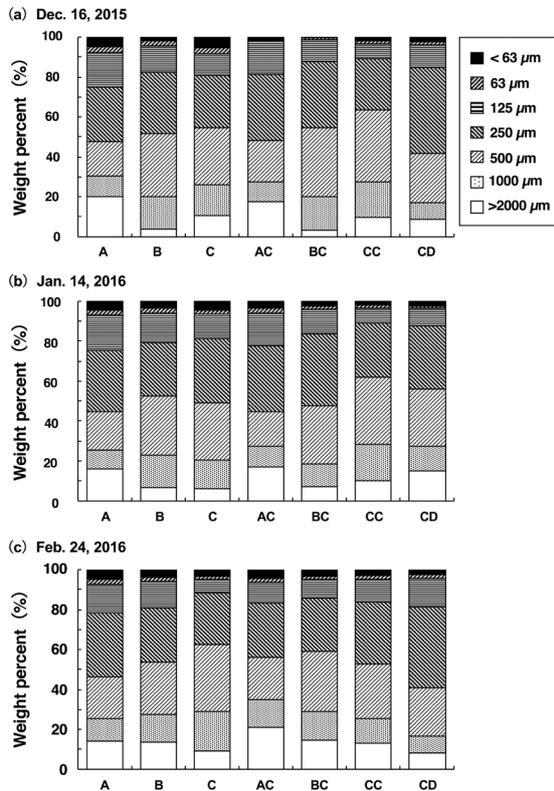


図5 6つの実験区の底質の粒度組成の変化。

の粒度組成に特筆すべき差は見られなくなり、すべての実験区において泥分が0.6～5.5%の砂質の底質となった。

### 底質表層の Chlorophyll a 現存量

2015年12月～2016年2月における各実験区の底質表層のChl-a現存量の変化を図6に示

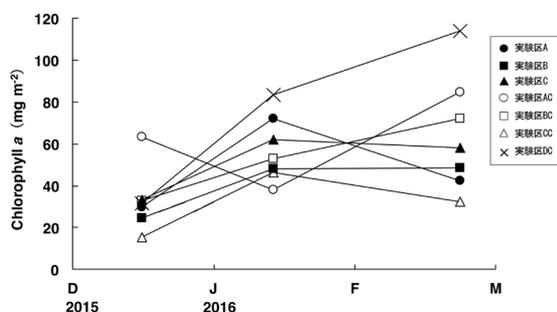


図6 6つの実験区およびコントロール区（実験区DC）における底質表層のChl-a現存量の変化。

す。2015年12月の底質表層のChl-a現存量は、すべての実験区において15.2～63.3 mg m<sup>-2</sup>の範囲にあった。干潟のそのままの底質の状態を保った実験区CDでは、底質表層のChl-a現存量が増加し続け、2016年2月には114 mg m<sup>-2</sup>に達した。枠をネットで覆った実験区A～Cの底質表層においては、このようなChl-a現存量の増加が見られず、2016年2月には42.5～58.3 mg m<sup>-2</sup>にとどまった。これに対して、枠にネットを張らなかった3つの実験区のうち2つ（実験区ACおよびBC）では、それぞれ84.8 mg m<sup>-2</sup>および72.0 mg m<sup>-2</sup>に増加し、実験区CDに次ぐ値が記録された。

### 底生生物群集の群集組成

2015年12月～2016年2月における各実験区の底生生物群集の密度および湿重量の変化をそれぞれ図7および図8に示す。底生生物群集の密度では、捕食防護柵を設置した3つの実験

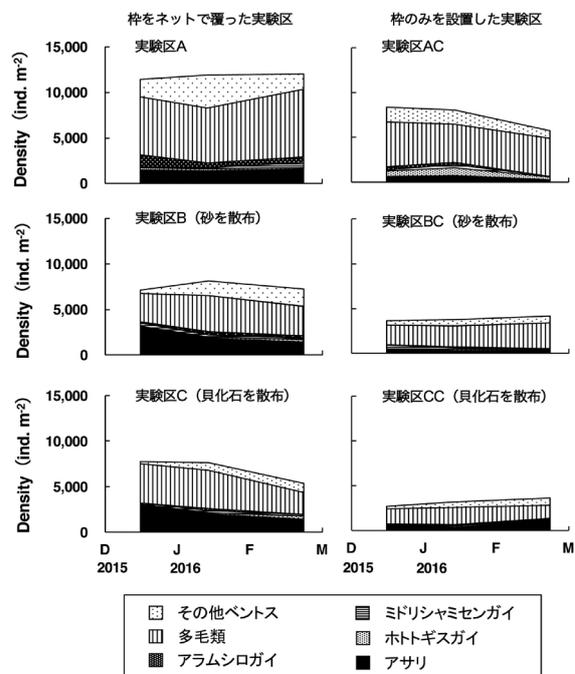


図7 6つの実験区における底生生物群集の密度変化。

区 (A, B, C) において2015年12月16日に7,141～11,466 ind. m<sup>2</sup>を記録した。これに対して、枠のみを設置した3つの実験区 (AC, BC, CC) では、密度は2,724～8,376 ind. m<sup>2</sup>と低く、捕食防護柵を設置した3つの実験区 (A, B, C) との密度の差は3,090～5,020 ind. m<sup>2</sup>に達していた。捕食防護柵を設置した3つの実験区では、その後も密度は安定していて、2016年2月24日には5,406～12,020 ind. m<sup>2</sup>を記録した。一方、枠のみを設置した3つの実験区では、密度が減少した状態 (3,634～5,741 ind. m<sup>2</sup>) が続いた。

湿重量では、上述の実験区間の差がさらに明瞭になった。捕食防護柵を設置した3つの実験区 (A, B, C) では、2015年12月16日に949～1,910 gWW m<sup>2</sup>に達し、そのうち876～1,285 gWW m<sup>2</sup>が散布したアサリの稚貝に由来するものであった。ところが、枠のみを設置した3つの実験

区 (AC, BC, CC) では116～509 gWW m<sup>2</sup>にとどまり、アサリの稚貝も64～500 gWW m<sup>2</sup>しか記録されなかった。捕食防護柵を設置した3つの実験区では、2016年1月および2月においても、アサリの湿重量がほぼ同じレベルを保つか、実験区Aでは2月に1,820 gWW m<sup>2</sup>に増加して、群集全体としても2,220 gWW m<sup>2</sup>に達した。一方、枠のみを設置した3つの実験区では、さらに減少するか、低い値が継続し、2016年2月には底生生物群集全体で44.4～231.6 gWW m<sup>2</sup>を記録するにとどまった。アサリの湿重量は28.3～41.4 gWW m<sup>2</sup>に減少した。

#### 散布したアサリの人工飼育種苗稚貝の生残率

前述のように枠をネットで覆った3つの実験区 (A, B, C) と枠のみを設置した3つの実験区 (AC, BC, CC) の間では、散布したアサリの人工飼育種苗稚貝の密度および湿重量の変化に大きな違いが見られた (図7, 図8)。そこで、設定した底質別に散布したアサリの種苗稚貝の生残率を比較する (図9)。実験区に新たな基質を散布しなかった実験区Aおよび実験区ACでは、2016年2月の生残率が実験区Aで44.1%に達していたのに対して、実験区ACでは0%で、生残個体は見つからなかった。この結果に対しては、統計学的な有意差が認められた (1要因分散分析, p<0.05)。この実験区では2016年2月にアサリが密度263 ind. m<sup>2</sup>, 湿重量28.3 gWW m<sup>2</sup>で生息していたが、これらの個体はいずれも散布した人工飼育種苗稚貝よりもさらに小型の殻長2～3 mmの自然発生した底着稚貝で、前年の秋季に繁殖した個体が底着したものと見られる。この点については、アサリの個体群の殻長頻度分布図においても言及する (図11)。実験区ACでは、稚貝の散布から19日後の2015年

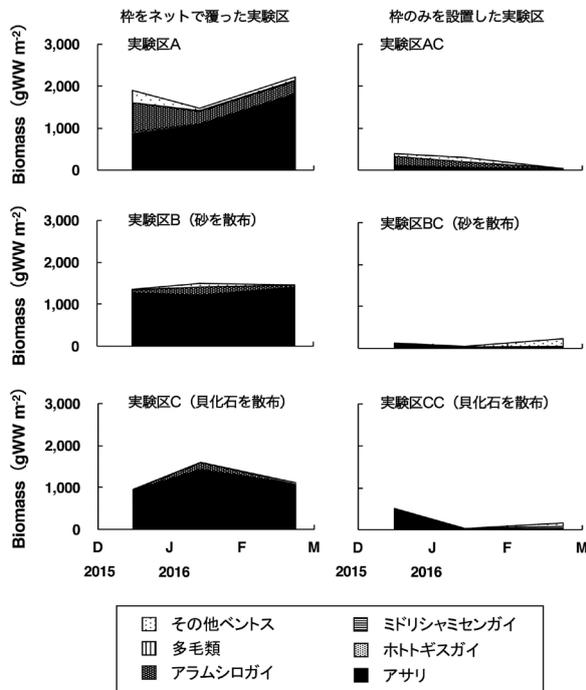


図8 6つの実験区における底生生物群集の湿重量変化。

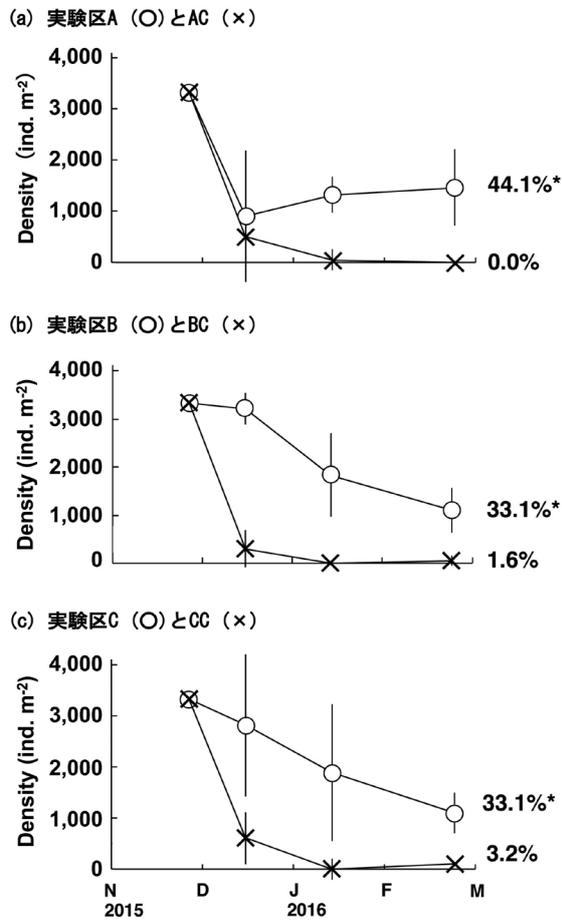


図9 6つの実験区に散布したアサリの人工飼育種苗稚貝の生残率の変化。\*1 要因分散分析,  $p < 0.05$

12月16日に、すでに生残率が14.4%に減少していた。この間に強い捕食圧を受けていたと考えられる。2月24日には実験区Aに $1,470 \pm 747$  ind. m<sup>-2</sup> (平均値 ± 標準偏差) が生残し、生残率は44.1%に達したのに対して、実験区ACではまったく生息が確認されなかった。

底質表面に砂を散布した実験区Bおよび実験区BCにおいても同様に、2016年2月の生残個体数は実験区Bの $1,102 \pm 466$  ind. m<sup>-2</sup> (生残率33.1%) に対して、実験区BCではわずか $53 \pm 105$  ind. m<sup>-2</sup> (生残率1.6%)にとどまった。底質表面に貝化石を散布した実験区Cおよび実

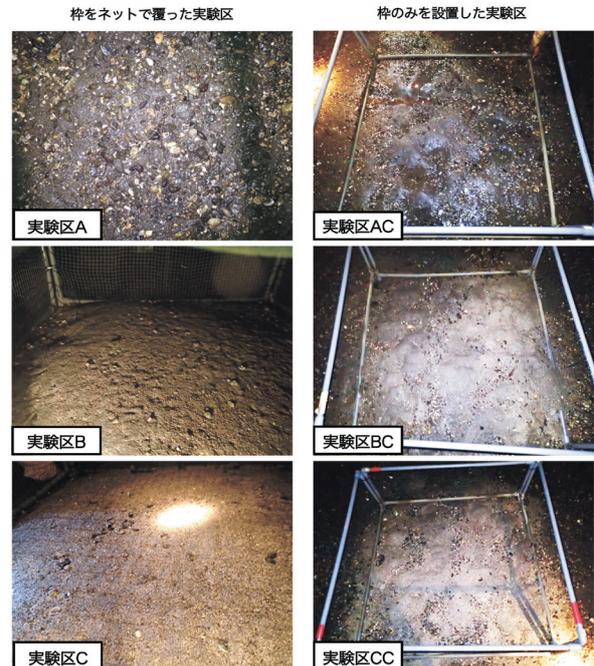


図10 6つの実験区の底質表面の写真 (2015年12月16日撮影)

験区CCでも、2016年2月の生残個体数は実験区Cの $1,102 \pm 397$  ind. m<sup>-2</sup> (生残率33.1%) に対して、実験区CCではわずか $105 \pm 121$  ind. m<sup>-2</sup> (生残率3.2%) にすぎなかった。これらの実験の最終的な生残個体数の結果に対して、分散分析による統計学的な検定を行うと、いずれの場合も実験区と対照実験区間に有意差が認められた (1 要因分散分析,  $p < 0.05$ )。

以上のように、これらの実験より、もとのままの底質表面でも、砂や貝化石を散布して底質表面を粗い粒子が覆った状態でも、散布した稚貝の生残率はほとんど変化しないこと、捕食防護柵を設置しない場合はアサリの稚貝散布から1カ月も経過しない段階でほとんどの個体が死滅することがわかった。一方、捕食防護柵設置した3つの実験区内に散布した稚貝は3カ月後の生残率が約3~4割に達した。

図10には、2015年12月16日に撮影した6

つの実験区の底質の表面の写真を示す。枠をネットで覆った3つの実験区 (A, B, C) 内の底質表面はいずれも平坦で、11月27日に実験区を設定した時の状態が保たれていた。一方、枠のみを設置した3つの実験区 (AC, BC, CC) 内の底質表面には小さな凹凸が多数認められ、前述のように散布したアサリの稚貝の生残率が極端に低いこと (図9)、捕食性の巻貝類は底生生物群集の定量調査では見られなかったことから (図7, 図8)、魚類の摂食活動によって底質表層を乱され、その中に生息していたアサリの稚貝が捕食された痕跡であると推断された。

#### 散布したアサリの人工飼育種苗稚貝の成長

実験に使用したアサリの人工飼育種苗稚貝およびその稚貝の散布後に採集した個体の殻長頻度分布を図11に示す。2015年11月27日に6つの実験区に散布したアサリの人工飼育種苗稚貝は、散布直前にその全体からランダムに採集して殻長を計測した。その後の2015年12月～2016年2月の3回の調査では、異なる実験区間における個体の成長速度の差は無視できるという前提条件のもとに、捕食防護柵を設置した3つの実験区 (A, B, C) から採集した全個体を用いて、生残個体の殻長頻度分布図を作成した。実験に用いたアサリの人工飼育種苗稚貝は、 $18.7 \pm 2.4$  mm および  $10.1 \pm 1.1$  mm (平均値  $\pm$  標準偏差,  $n = 297$ ) の2つの異なる殻長の集団で構成されていた。これらの集団をそれぞれコホート1 (Cohort 1) およびコホート2 (Cohort 2) と呼ぶ。これらのコホートの成長を殻長頻度分布の平均値で代表して、その成長を追跡した (図12)。2016年2月には、それぞれ  $25.2 \pm 1.7$  mm および  $16.2 \pm 2.6$  mm に成長した。この約3カ月間の成長率は、それぞれ 2.2 mm/month

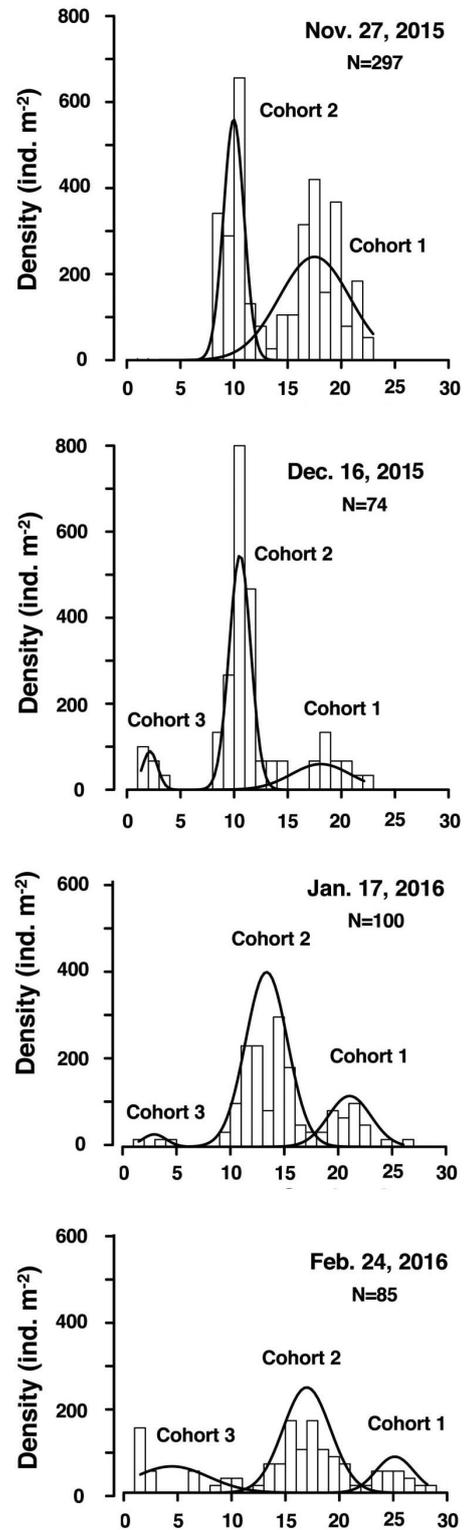


図11 6つの実験区に散布したアサリの人工飼育種苗稚貝の生残個体の殻長頻度分布図。

および 2.0 mm/month となる。

図 11 の殻長頻度分布図においては、散布した人工飼育種苗稚貝ではない殻長 5 mm に満たない個体の頻度分布が認められる。これらの個体は、2015 年秋季の繁殖期に佐敷干潟外の場所で生産された浮遊幼生が底着して生じた稚貝と見られる。この集団をコホート 3 (Cohort 3) と呼ぶ。この集団の個体が成長して目合い 1 mm の篩に残るようになり、殻長頻度分布図でも 2016 年 12 月には明確にその存在が認められた。

#### IV 考 察

本研究におけるアサリの人工飼育種苗稚貝の散布による干潟に生息するアサリ個体群を再構築する実験では、実験で用いた捕食防護柵 (図 2, 図 3) が機能して、この柵の内側に散布された稚貝は、散布から約 3 カ月後においても約 3 ~ 4 割の個体が生残していた (図 9)。これに対して、ネットを張らない枠だけを設置した実験区 (AC, BC, CC) では、散布した稚貝が 1 カ月も経たないうちに生残率が 1 割前後に、約 3 カ月後には生残率が 3% 以下に低下したことから、この干潟ではアサリが強烈な捕食圧を受けていることがわかる (図 9)。

アサリを捕食する生物としては、本研究の対象とする八代海沿岸域に隣接する有明海沿岸の干潟域のアサリ漁場ではナルトビエイ、ツメタガイ、カモ類が挙げられている<sup>11)</sup>。佐敷干潟では、前年の秋季の繁殖期に自然に発生して底着した稚貝が (本研究でもその底着が確認されている, 図 11), 5 月 ~ 6 月にアカエイによって一気に捕食されて、残存個体がほとんどない状態になっていることが報告されている<sup>22)</sup>。本研究で散布した人工飼育種苗稚貝に関しては、散布時期が 11

月末で水温が低下していたこと、ネットを張らない枠だけを設置した実験区 (AC, BC, CC) の底質表面に残された食痕が、アカエイが捕食する際に残す痕と比較してはるかに小さい凹凸からなること (図 10)、ツメタガイのような捕食性巻貝が侵入した形跡を認められないことから、これらの実験区における稚貝散布後の密度の急速な減少は (図 9)、エイ類よりも小型の魚類の捕食を受けた結果であると推測される。そのようなアサリを捕食する魚類としては、クロダイ<sup>24,26)</sup>がこれまでの研究例で指摘されていて、この魚種は佐敷湾にも普通に生息している。

アサリの人工飼育種苗稚貝の散布後における成長に関しては、稚貝散布を 11 月末に行ったため、その後の 3 カ月間は水温がもっとも低下する冬季を迎えたが、散布した 2 つのコホートの稚貝の殻長 ( $18.7 \pm 2.4$  mm および  $10.1 \pm 1.1$  mm, 平均値  $\pm$  標準偏差) が、それぞれ  $25.2 \pm 1.7$  mm および  $16.2 \pm 2.6$  mm に成長し、殻の月間成長率は 2.0 ~ 2.2 mm/month に達した (図 12)。この成長速度が冬季に生じることを前提とすると、このようなサイズの稚貝を秋季に佐敷干潟へ散布すれば、捕食防止柵の中で漁獲サイズ (殻長

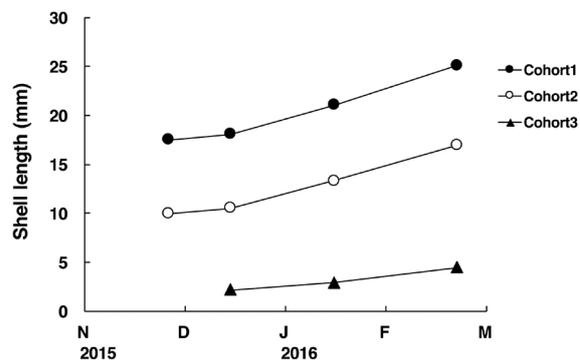


図 12 6 つの実験区に生息するアサリ集団の殻長頻度分布に対する世代解析から検出された 3 つのコホート (Cohort 1 ~ 3) の平均殻長の成長。

30 mm 以上) に達した成貝を得るために、1 年間程度の期間があれば十分であると推定される。

この冬季における成長速度は、アサリが成長を停止する水温とされる 10°C<sup>27)</sup> を日平均水温で下回る日がほとんどないこと (図 4) に起因すると考えられる。本研究の対象とする八代海沿岸域に隣接する有明海沿岸の干潟の 1 つである熊本市の緑川河口干潟や、豊後水道に面する大分県佐伯市の番匠川河口に生息するアサリに関する研究でも、同様に冬季でも水温が 10°C を下回る条件がほとんど発生しておらず、冬季でも成長が停止していない<sup>28-30)</sup>。冬季でも散布した種苗稚貝が生理的には成長可能な水温条件に置かれていることは、佐敷干潟はアサリの個体群を再生する上で成果を短期間で得やすい環境条件下にあるといえる。

アサリの成長に影響を及ぼし、さらに生息可能な量を決定する重要な要因の 1 つに利用可能な餌量が挙げられる。アサリの餌は干潟の基質の表面に繁茂している底生微細藻類および水中に懸濁する植物プランクトンをはじめとする懸濁有機物と考えられ、砂質干潟に生息する個体群では

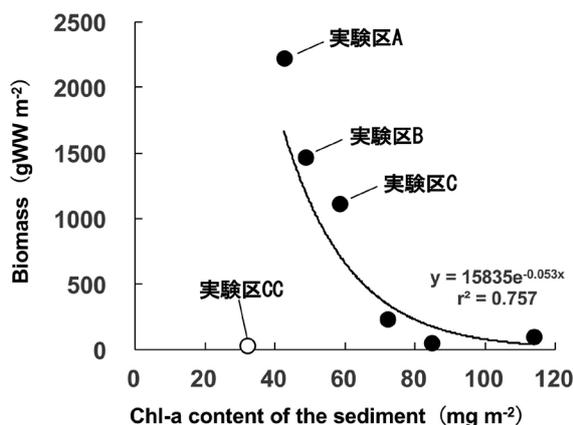


図 13 6 つの実験区およびコントロール区における底質表層の Chl-a 量と底生生物群集の湿重量の関係。

底生微細藻類の生産量に大きく依存する例も報告されているが<sup>31-33)</sup>、その比率は場所の環境条件によって大きく変化することも知られている<sup>34)</sup>。筆者らによるアサリの体組織の炭素および窒素の安定同位体比の分析結果によれば、佐敷干潟ではアサリの餌資源の 80% 程度を底生微細藻類に依存しているという結果を得ている (未発表データ)。

そこで、本研究で 2016 年 2 月に得られた 7 つの実験区における底質表層の Chl-a 現存量とその底質に生息する底生生物の現存量の関係を解析した (図 13)。実験区 CC を除き、両者の間に指数関数の回帰曲線で示される関係が認められる。底生生物の乏しい 3 つの実験区 (AC, BC, DC, 44.4 ~ 231.6 g WW m<sup>-2</sup>) では Chl-a の現存量が 72.0 ~ 114 mg m<sup>-2</sup> に達していたのに対して、捕食防止柵で囲った 3 つの実験区 (A, B, C) ではいずれも底生生物の現存量では 1 kg m<sup>-2</sup> を超え (1,108 ~ 2,220 g WW m<sup>-2</sup>)、Chl-a 現存量は 42.5 ~ 58.3 mg m<sup>-2</sup> の範囲に大きく減少していた。これらの結果は、底生生物が底質表層に繁茂する微細藻類を餌資源として利用し、その摂食活動がその Chl-a 現存量に影響を及ぼしていることを示唆している。しかしながら、前述の緑川河口干潟では底質表層の Chl-a 現存量が 30 mg m<sup>-2</sup> 前後の場所に 2,200 ~ 3,800 g WW m<sup>-2</sup> の現存量の底生生物が生息していること<sup>31)</sup>、佐敷干潟も河口干潟であるので水平方向からの餌の流れ込みも期待できることから、潜在的にはさらに利用可能な餌資源としての底生微細藻類が底質表層に残されていることを示唆している。

本研究によって、佐敷干潟では捕食防止柵を設置しなければ、種苗稚貝を大量に散布しても短期間に魚類によって捕食されることが明らかとなった (図 9)。2016 年 4 月に発生した熊本

地震のために捕食防止柵が破損し、実験結果を3カ月分しか得ることができなかったが、その期間中に捕食防護柵を設置した3つの実験区に散布した人工飼育種苗稚貝の平均生残率は36.8%を記録した(図9)。同様なアサリの種苗稚貝を捕食防止柵の中に散布した過去の実験例でも、散布から2カ月後の生残率でほぼ同等の値が得られている<sup>24, 35)</sup>。緑川河口干潟に生息するアサリ個体群の場合、稚貝の初期死亡を乗り越えて殻長5mmを超えた個体は殻長30mm程度の漁獲サイズに成長する間の生残率が50%程度に達することが報告されていて<sup>29)</sup>、前述のようにこの干潟における稚貝の成長速度は冬季でも速い(図12)。これらのことから、本研究で設置したような捕食防護柵を設置してその中に殻長5mmを上回るサイズの種苗稚貝を散布すれば、その稚貝の散布量に見合った量の漁獲サイズ(殻長30mm)に達した個体を回収できることが期待される。今後、さらに実験を繰り返して、その実現性および実用性を検証する。

## 謝辞

本研究は、公益財団法人水俣・芦北地域振興財団より平成26～28年度に研究助成を受けて進められた。また、株式会社ガイアテックより研究奨励寄附金ならびに実験に使用した貝化石(アラゴナイト)の提供を受けた。未筆ながら、関係者の方々に深くお礼を申し上げる。

## V 引用文献

- 1) 伊藤 博 2002. アサリとはどんな生き物か: アサリの生態, および漁業生産の推移. 日本ベントス学会誌 57: 134-138.
- 2) 堤 裕昭 2005. 有明海に面する熊本県の干潟で起きたアサリ漁業の衰退とその原因

となる環境変化. 応用生態工学会誌 8: 83-102.

- 3) 町口裕二 2006. 日本のアサリを増やすために: アサリ資源全国協議会の提言. 日本水産学会誌 72: 766-771.
- 4) 農林水産省 2015. 平成27年漁業・養殖業生産統計, 海面漁業の部2-2, 大海区都道府県振興局別統計 魚種別漁獲量. (<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001167223>, accessed on 4 May 2017)
- 5) 柿野 純 2000. アサリの生息条件と大量発生. 海洋と生物 127: 143-154.
- 6) 鳥羽光晴 2002. 千葉県のアサリ漁業の現状. 日本ベントス学会誌 57: 145-150.
- 7) 佐々木克之 1998. 内湾及び干潟における物質循環と生物生産(27) 干潟と漁業生物 1. 東京湾のアサリ. 海洋と生物 117: 305-309.
- 8) 浜口昌巳・佐々木美穂・薄 浩則 2002. 日本国内におけるアサリ *Ruditapes philippinarum* の *Perkinsus* 原虫の感染状況. 日本ベントス学会誌 57: 168-176.
- 9) 梶山 実・藤森常生・野尻節郎 1983. 畠口地先アサリへい死調査(その1). 昭和57年度熊本県のり研究所事業報告書, pp. 197-200.
- 10) 藤森常生・堤 泰博・岩村征三郎 1983. 畠口地先アサリへい死調査(その2). 昭和57年度熊本県のり研究所事業報告書, pp. 201-205.
- 11) 中原康智・那須博史 2002. 主要アサリ産地からの報告-有明海熊本県沿岸. 日本ベントス学会誌 57: 139-144.
- 12) 堤 裕昭・野村龍之介・田上貴文・小森田

- 智大・岩崎敏治・藤森 隆 2013. 砂質干潟におけるホトトギスガイの泥状のマット形成と基質攪拌によるマット破壊が底生生物群集の季節変動に及ぼす影響. 日本ベントス学会誌 67: 47-55.
- 13) 松川康夫・張 成年・片山知史・神尾光一郎 2008. 我が国のアサリ漁獲量激減の要因について. *Nippon Suisan Gakkaishi* 74: 137-143.
- 14) アサリ資源全国協議会企画会議・水産庁増殖推進部・独立行政法人水産総合研究センター 2009. 提言 国産アサリの復活に向けて (平成 21 年 3 月改訂), 19 pp. (<http://www.jfa.maff.go.jp/j/koho/pr/pamph/pdf/asari.pdf>, accessed on 23 April 2017)
- 15) 上妻智行 1994. アサリ種苗生産における採卵および幼生飼育技術. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2: 67-77.
- 16) 立石 健・井手尾 寛・岸岡正伸 1997. 山口県におけるアサリの人工種苗生産と中間育成. *水産工学* 33: 219-224.
- 17) 中野平二 2012. アサリ人工稚貝育てています. 熊本県水産研究センターニュース, ゆうすい 22, 3 pp. ([http://www.suiken.pref.kumamoto.jp/nyusu/22/02\\_asari.pdf](http://www.suiken.pref.kumamoto.jp/nyusu/22/02_asari.pdf), accessed on 23 April 2017)
- 18) 霜村胤日人 2013. 浜名湖のアサリ資源の回復に向けて. *はまな* 543: 1-3. ([http://fish-exp.pref.shizuoka.jp/hamanako/6\\_pro/pdf\\_hamana/hamana543.pdf](http://fish-exp.pref.shizuoka.jp/hamanako/6_pro/pdf_hamana/hamana543.pdf), accessed on 23 April 2017)
- 19) 兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センターホームページ. アサリ人工種苗を低コストで生産するための垂下ネットカゴ中間育成技術の開発 (海域環境改善型資源増大事業) ([http://www.hyogo-suigi.jp/suisan/seika/asari/asari\\_kago\\_suika.htm](http://www.hyogo-suigi.jp/suisan/seika/asari/asari_kago_suika.htm), accessed on 23 April 2017)
- 20) 全国豊かな海づくり推進協会 2016. 栽培漁業について. 平成 26 年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績. ([http://www.yutakanaumi.jp/saibai/saibai\\_01.html](http://www.yutakanaumi.jp/saibai/saibai_01.html), accessed on 23 April 2017)
- 21) 徳永吉宏・原口浩一・八里政夫・堤 裕昭・一宮睦雄 2015. 八代海佐敷干潟におけるアサリ個体群の季節変動. 不知火海・球磨川流域圏学会誌 9: 21-35.
- 22) 堤 裕昭・西岡祐玖・北川 昇・藤芳義裕・小崎盛行・八里政夫・一宮睦雄・小森田智大 投稿中. 佐敷干潟におけるアサリ (*Ruditapes philippinarum*) の個体群動態と大型魚類による捕食圧の影響. 日本ベントス学会誌.
- 23) Rasband WS 2014. ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. (<http://imagej.nih.gov/ij/>)
- 24) 斉藤英俊・池浦智史・河合幸一郎・今林博道 2010. 広島県三津湾における放流アサリの生残に及ぼす被覆網の効果. *水産増殖* 58: 525-527.
- 25) 重田利拓・薄 浩則 2012. 魚類によるアサリ食害-野外標本に基づく食害魚種リスト-. *水産技術* 5: 1-19.
- 26) 高橋宏司・澤田英樹・益田玲爾 2016. 日本海の舞鶴湾におけるアサリ資源の再生産および減耗要因の検討. *Nippon Suisan Gakkaishi* 82: 699-705.
- 27) 水産庁ホームページ. 二枚貝漁場における問題点と 環境改善技術. (<http://www.jfa.maff.go.jp/j/kenkyu/pdf/pdf/3-1.pdf>,

- accessed on 1 May 2017)
- 28) Ishii R, Sekiguchi H, Nakahara Y, Jinnai Y 2001. Larval recruitment of the manila clam *Ruditapes philippinarum* in Ariake Sound, southern Japan. *Fisheries Science* 67: 579-591.
- 29) 堤 裕昭・石澤紅子・冨重美穂・森山みどり・坂本香織・門谷 茂 2002. 緑川河口干潟における盛砂後のアサリ (*Ruditapes philippinarum*) の個体群動態. *日本ベントス学会誌* 57: 177-187.
- 30) 工藤勝宏・荒巻重則・時任勝宏・池田健太郎 2006. 佐伯湾番匠川河口域におけるアサリ *Ruditapes philippinarum* の漁場環境と成熟・加入・成長. *水産工学* 42: 259-266.
- 31) Yamaguchi H, Tsutsumi H, Tsukuda M, Nagata S, Kimura C, Yoshioka M, Shibamura S, Montani S 2004. Utilization of photosynthetically produced organic particles by dense patches of suspension feeding bivalves on the sand flat of Midori River estuary, Kyushu, Japan. *Benthos Research* 59: 67-77.
- 32) 山口一岩・堤 裕昭・佃 政則・柴沼成一郎・山田俊郎・門谷 茂 2006. 沿岸浅海底に生息する懸濁物食性二枚貝類の食物資源の利用率. *日本ベントス学会誌* 61: 59-65.
- 33) Komorita T, Kajihara R, Tsutsumi H, Shibamura S, Yamada T, Montani S 2014. Food sources for *Ruditapes philippinarum* in a coastal lagoon determined by mass balance and stable isotope approaches. *Plos One*, e86732, 11pp.
- 34) Kanaya G, Takagi S, Nobata E, Kikuchi E 2007. Spatial dietary shift of macrozoobenthos in a brackish lagoon revealed by carbon and nitrogen stable isotope ratios. *Marine Ecology Progress Series* 345: 117-127.
- 35) 伊藤龍星・小川 浩 1999. ネット被覆によるアサリ人工種苗の育成試験. *大分県海洋水産研究センター調査研究報告* 2: 23-30.

## Re-establishment of Short-neck Clam on Sashiki Tidal Flats with Artificially Cultured Young Spats

Hiroaki Tsutsumi<sup>1)</sup>\*, Tasuku Nishioka<sup>2)</sup>, Noboru Kitagawa<sup>2)</sup>, Yoshihiro Fujiyoshi<sup>3)</sup>,  
Moriyuki Kozaki<sup>4)</sup>, Mitsuharu Yamamoto<sup>4)</sup>, Mutsuo Ichinomiya<sup>1)</sup>, Tomohiro Komorita<sup>1)</sup>

1 Department of Environmental Resources, Faculty of Environmental and Symbiotic Sciences,  
Prefectural University of Kumamoto, Kumamoto 862-8502, Japan

2 Graduate School of Environmental and Symbiotic Sciences, Prefectural University of  
Kumamoto, Kumamoto 862-8502, Japan

3 FU Bioculture, 1400 Iwa, Ohyano-machi, Uemakusa, Kumamoto 869-3600, Japan

4 Ashikita-machi Fishermen's Cooperative, 2963-5 Hakariishi, Ashikita-machi, Ashikita-gun,  
Kumamoto Prefecture 869-5453, Japan.

\*e-mail: hiro@pu-kumamoto.ac.jp

### Abstract

Approximately 3,300 ind. of artificially cultured young spats of short-neck clam, *Ruditapes philippinarum*, were dispersed to re-establish the clam patches at each of the six different experimental sites with the area of 1 m<sup>2</sup> on Sashiki Tidal Flats, which face Yatsushiro Sea, and were located in Ashikita-machi, Ashikita-gun, Kumamoto Prefecture, on 27 November, 2015. Three ones of the six experimental sites were covered with protective fences from the predation by fish, which consisted of vinyl chloride resin frames and nets. Approximately three months later from dispersing the young spats, 33 to 44% of the young spats survived at the three experimental sites with the protective fences, while almost none of them were found at the remaining three sites without the protective fences even after one month later from the start. The results of the experiment indicated that the experimental sites were under a strong predation pressure by fish, and the protective defences could reduce the chances of the predation by fish significantly. The young spats dispersed on the experimental sites with the protective defences continued to grow their shells at the rate of 2.0 mm month<sup>-1</sup> during the winter, since the daily mean water temperature was kept above 10°C until February 2016.

Keywords: artificially cultured young spats, protective fences for predation, Sashiki Tidal Flats, short-neck clam, Yatsushiro Bay

\* Corresponding author: Hiroaki Tsutsumi, e-mail: hiro@pu-kumamoto.ac.jp

