

原著論文

# アサリ増殖基質としてのカキ殻加工固形物 「ケアシェル」の利用

長谷川夏樹<sup>\*1,\*2</sup>・日向野純也<sup>\*1</sup>・井上誠章<sup>\*1</sup>・藤岡義三<sup>\*1</sup>  
小林節夫<sup>\*3</sup>・今井芳多賀<sup>\*3</sup>・山口 恵<sup>\*3</sup>

## Utilization of “Careshell” Made from Oyster Shell to the Fisheries of Short-neck Clam *Ruditapes philippinarum*

Natsuki HASEGAWA, Junya HIGANO, Nariaki INOUE, Yoshimi FUJIOKA,  
Setsuo KOBAYASHI, Hotaka IMAI and Megumu YAMAGUCHI

“Careshell” is solid gravel made from powdered oyster shells. Careshell packed in nylon nets was arrayed on a tidal flat in Toba, Mie Prefecture, Japan, and its effects on the abundance of the short-neck clam *Ruditapes philippinarum* were experimentally tested. Although the individual density of the clam (shell length > 3 mm) in the Careshell plots was comparable with that in controls, large clams (shell length > 10 mm) occurred only in the Careshell plots at 8 months after setting. Also, juvenile density (shell length < 3 mm) in the Careshell plots was temporarily higher than that in controls. At this site, an increase in oscillatory flow velocity was observed, which would be produced by fishing and pleasure boats. However, the shear stress of both the current and oscillatory flow velocity was always lower than the critical drag force of substrates as well as that of clams. It is necessary to clarify the positive effects of Careshell with nylon nets on the growth of the clam in this site.

2011年10月3日受付, 2012年3月1日受理

全国的に減産の続くアサリ *Ruditapes philippinarum* 資源の回復には、その各生活史段階と生息環境、そして漁業活動の特性に則した個別のそしてそれらを総合した取り組みが必要とされている<sup>1)</sup>。

アサリ生活史段階の一つである稚貝期の減耗とその要因については、従来からアサリ増殖に関連して最も注目されてきた。このうち、波や流れによる受動的な移動とその後の減耗は、食害などと並んで主要な要因の一つと想定され、様々な対策が提案・実施されてきた。しかしながら、理論的根拠に乏しく、今なお試行錯誤が続いている<sup>2)</sup>。

一方、柿野<sup>3)</sup>は、波による海底砂の流動を定量的に評価し、それらがアサリ資源に与える影響を検討した。また、桑原<sup>2)</sup>は、波や流れからアサリ稚貝が安定的にとどまるための必要条件を理論的に解明し、アサリの減耗要因としての波や流れの影響を定量的に評価する手法を提唱した。これらを適用することで、アサリの減耗要因としての物理環境の評価とその対応策の有効性を理論的な側面から実施することが可能となってきた。

三重県鳥羽市浦村では、アサリ漁業は存在しなかったものの湾内に点在する干潟にアサリが生息し地元住民による潮干狩りが行われていた<sup>4)</sup>。しかし、現在は資源が

\*1 独立行政法人水産総合研究センター増養殖研究所  
〒516-0193 三重県度会郡南伊勢町中津浜浦 422-1

National Research Institute of Aquaculture, Fisheries Research Agency, Minami-ise, Mie 516-0193, Japan  
hasena@fra.affrc.go.jp

\*2 独立行政法人水産総合研究センター北海道区水産研究所

\*3 株式会社ケアシェル

\*4 平賀大蔵 私信

減少し潮干狩りも消滅状態にあり、アサリ資源の再生に対する地元の期待は高い。一方、カキ養殖の盛んな鳥羽市では、排出されるカキ殻を有効活用するために(財)鳥羽市開発公社鳥羽カキ殻加工センターでカキ殻粉末を製造し、土壌改良材等として販売している。また、新たにカキ殻粉末を主原料としたカキ殻加工固形物「ケアシェル」が開発された。筆者らは、2008年より網袋に梱包したケアシェルを海岸に敷設して、稚貝の定着を促進することによってアサリの増殖を図る試みを行っている。本報では、試験によって明らかとなったアサリ増殖効果について、観測で得られた波・流れの条件下での稚貝の安定性の理論的な評価結果とあわせて報告する。

## 材料と方法

**敷設材** 敷設材に用いた「ケアシェル」(写真1)は、カキ殻粉末に、製塩過程の副産物として得られる水酸化マグネシウムと水を混合して練り合わせ、乾燥・固化させた物質である(養殖魚介類への栄養補給体及びその製造方法、特許第3999585号)。「ケアシェル」は自由に成型が可能であり、本試験では、長径10mm、短径8mm、厚さ6mmのラグビーボール型に成型された粒状物を用いた。この粒状の「ケアシェル」の密度は、乾燥状態で $2.20\text{ g cm}^{-3}$ 、水分飽和状態で $2.10\text{ g cm}^{-3}$ であり、一般的な砂の密度である $2.65\text{ g cm}^{-3}$ より小さいが、粒径が十分に大きければ砂粒よりも沈降速度が大きく、波・流れのなかでも動かされにくいと考えられる。「ケアシェル」を同重量の蒸留水と共に放置した際のpHは10.0であったが、10倍量の海水を加えた場合は6日後で8.6であった。このため、「ケアシェル」の敷設によって堆積物や間隙水の化学的な環境に影響を及ぼす可能性がある。

**試験場所** 試験は2008年5月8日から2009年1月10日にかけて三重県鳥羽市浦村町の小白浜と呼ばれる砂質干潟で行った(図1)。小白浜は太平洋に隣接するが、



写真1. 試験に使用したカキ殻加工固形物「ケアシェル」

大村島、麻倉島および半島状の陸域に囲まれ比較的静穏な波浪環境となっている。今回の試験では、DL ± 0.2 mの干潟上に30 m間隔で3ブロックを設定し、各ブロックに3 m × 3 mの2調査区を設定した。2008年5月8日に各ブロックの一方の調査区にカキ殻加工物「ケアシェル」を置いて敷設区とし、他方の調査区を対照区とした。敷設にあたっては、各敷設区の表土を5 cm除去し、「ケアシェル」5 kgを網目6 mm、40 cm × 80 cmのナイロン網袋(アサリ貝ネット)に詰め、1区あたり約70袋(1区につきケアシェル350 kg)を敷設した(写真2)。網袋につめたのは「ケアシェル」の散逸を防ぐためである。敷設から2ヶ月後の2010年7月4日には、「ケ

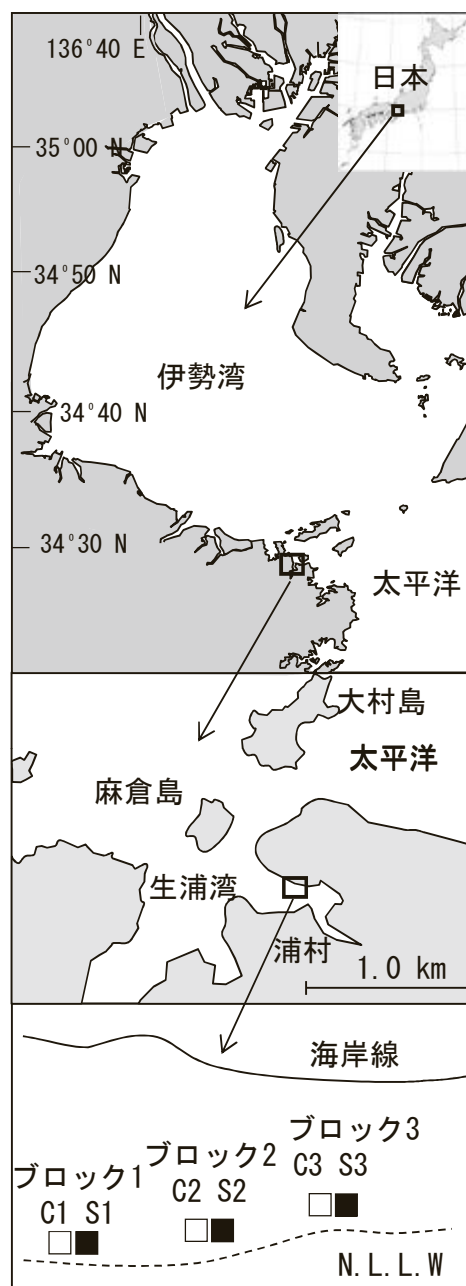


図1. 三重県鳥羽市浦村の試験地および試験デザイン  
C1～C3は対照区、S1～S3は「ケアシェル」敷設区



写真2. 2008年5月8日の「ケアシエル」敷設時および7月4日の敷設区の状況

「ケアシエル」や網袋の間に既に砂が堆積していた（写真2）。

**生物調査** アサリの個体密度を把握するために、「ケアシエル」を敷設する前の2008年5月8日に、対照区および敷設区に一致する場所から、方形枠を用いて縦20 cm × 横20 cm (400 cm<sup>2</sup>)、深さ10 cmまでの堆積物を採取し、目合い1 mmの篩でふるった残渣中のアサリを計数するとともに殻長の計測を行った。また、「ケアシエル」敷設から8ヶ月後の2009年1月10日に、対照区から同様に方形枠を用いて堆積物とアサリの採取を行い、敷設区では堆積物の枠取りの代わりにケアシエル入りの網袋(1225 cm<sup>2</sup>)を回収し、袋の中のアサリを持ち帰った。持ち帰ったアサリは枠取りと同様に計数および殻長の計測を行った。網袋の回収では「ケアシエル」と大量の植物片も篩の残渣となり、これらの残渣中から小型個体を回収する際に殻長1～2 mmのアサリを見落とすことが危惧されたことから、方形枠による採集および網袋の回収によって採集されたアサリについては、殻長3 mm以上のアサリを計数対象とした。方形枠による採集および網袋の回収は、各調査区で4回くり返して行った。また、殻長3 mm以下の稚貝を主とするアサリの個体密度を把握するため、2008年7月4日から2008年12月17日にかけて断続的に6回の調査を実施した。対照区の調査では、円筒形のステンレス製容器(内面積26.4 cm<sup>2</sup>、以下円形コアと称する)を用いて表面から深さ1 cmまでの堆積物を各調査区から無作為に4回くり返して採取し、冷凍保存後に底質中のアサリを計数した。また、敷設区

の調査では、「ケアシエル」の入った網袋の上や間隙にたまった堆積物を対照区と同様の手法で採取し、計数を行った。さらに、2008年11月14日に、各調査区の堆積物表面から最大体長が1 cm以上の底生動物を目視により徒手採集し、種別に計数を行った。

**流動環境** 試験期間中の2008年6月5日から同年10月26日にかけて断続的に、試験地の中央部に電磁流速計COMPACT-EM(アレック電子社)の球状のセンサー部の中心が底質表面上約10 cmの高さになるように設置した。計測にあたっては、120分または150分毎に5分間の作動を繰り返し、各作動時間中に0.5秒間隔で600回の流向および流速の計測を行った。また、2008年7月4日に試験地中央部の対照区から、円形コアを用いて表面から深さ1 cmまでの堆積物を採取し(計3試料)、レーザー回折式粒径分布測定装置SALD-3100(島津製作所)を用いて粒径分布を計測した結果、中央粒径は0.20 mmであった。

**データ解析** 「ケアシエル」の敷設区と対照区のアサリの個体密度の差を検討するため、データの解析では、方形枠、網袋または円形コア当たりのアサリ個体数を応答変数とする一般化線形混合モデルを用いた。その際、アサリの個体数は非負整数の計数データであることから、誤差構造はポアソン分布に従うと仮定し、リンク関数としてlog関数を使用した。コア採集によるアサリ稚貝の個体密度については、アサリの産卵盛期が年2回みられることを考慮し、2008年7～8月および10～11月の調査に際して、それぞれ最もアサリ稚貝の個体密度が高かった7月30日と10月17日を解析対象とした。処理(敷設)の有無(敷設区と対照区)と調査日、さらには、処理の効果が調査日で異なる可能性もあることから両者の交互作用を因子型説明変数として取り扱うとともに、同一処理に対して同時に繰り返し採集を行った各調査区をランダム要因としてモデルに組み込んだ。また、方形枠による採集および網袋回収による2008年5月8日と2009年1月10日のアサリ個体密度については、方形枠と網袋で採集面積が異なるのでこれを補正するため、採集面積をオフセット項として解析した。さらに、1月10日のアサリ個体密度の解析に際しては、アサリ捕食者を中心とする底生動物のアサリへの影響を検討するために、徒手採集によって得られた調査区あたりの底生動物個体数を数値型説明変数としてモデルに組み込んだ解析も行った。解析に当たっては、赤池情報量規準(AIC)に基づくモデル選択とワルド検定を行った。

流速データは、川俣茂氏作成のTS-Editor 4.14およびTS-Master6.15([http://cse.affrc.go.jp/matasan/home\\_page.html](http://cse.affrc.go.jp/matasan/home_page.html))を用いて調和解析による変動成分と移流成分の分離を行い、変動成分を主として波浪による流速、移流成分を潮流や海浜流、吹送流などによる流速とした。次

に、桑原<sup>2)</sup>の波・流れ共存場におけるアサリ稚貝の移動評価手法にもとづいて、各作動時間中の移流成分と1/3有義波による変動成分が砂面に対して作用するせん断応力を算出するとともに調査地の堆積物の中央粒径0.20 mm、一般的な土砂の密度2.65 g cm<sup>-3</sup>、さらにアサリ稚貝の殻長0.20 mm（着底直後を想定）をもとに堆積物粒子による遮蔽効果を考慮した着底稚貝の移動限界せん断応力を算出した。また、同様に「ケアシエル」の粒径10 mmと密度2.10g cm<sup>-3</sup>を用いて、「ケアシエル」による遮蔽効果を考慮した稚貝の移動限界せん断応力を算出した。なお、網袋の効果は、せん断応力の算出では考慮しなかった。作動時間ごとに実測された移流成分と変動成分によるせん断応力が堆積物や「ケアシエル」によって遮蔽された状態で存在する稚貝の限界せん断応力を超えていれば、稚貝は移動状態にあり、限界せん断応力以下であれば稚貝は安定状態にあるとし、「ケアシエル」敷設区と対照区における稚貝の移動させられやすさを判定した。なお、この評価方法では、稚貝による能動的な潜砂行動は考慮されておらず、稚貝は流体力によって受動的に輸送される粒子として仮定されていることから、稚貝の移動限界が実際よりも小さく見積られるモデルになっている。判定に際しては、流速の計測条件や一般的な海水密度および貝の密度をもとに表1のようにパラメーターを設定した。流速計測時の水深は、気象庁発表の三重県鳥羽市における毎時予測潮位 (<http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/db/tide/suisan/index.php>)を使用した。

## 結 果

**アサリ** 方形枠による採集および網袋の回収によるアサリ個体密度（殻長 > 3 mm）は、2008年5月8日の調査では対照区において56～75 個体 m<sup>-2</sup>（各調査区の平均値）、敷設区（敷設前）において44～63 個体 m<sup>-2</sup>であったが（図2a）、2009年1月10日には、対照区では425～1044 個体 m<sup>-2</sup>、敷設区では394～853 個体 m<sup>-2</sup>であった（図2b）。一般化線形混合モデルと赤池情報量規準（AIC）による解析では、説明変数とした対照区と敷設区、2回の調査日、およびそれらの交互作用のいずれも説明変数として選択され、AIC値は帰無仮説モデルの1586に対して200となった（表2）。交互作用が説明変数として選択されたことから、調査日別に、モデル選択を行った。敷設前の2008年5月8日の密度においては対照区と敷設区を変数に加えたモデルのAIC値（31.2）は、帰

表1. せん断応力算出に使用したパラメーター値

海水密度 g cm <sup>-3</sup>	堆積物（対照区）		「ケアシエル」		稚貝	
	中央粒径 mm	密度 g cm <sup>-3</sup>	粒径 mm	密度 g cm <sup>-3</sup>	殻長 mm	密度 g cm <sup>-3</sup>
1.025	0.20	2.65	10.00	2.10	0.20	1.63

無仮説モデルのAIC値（30.3）より大きかった。一方、敷設後の2009年1月10日の個体密度では、敷設の有無を変数としたモデルでAIC値が小さくなり、その変数の係数は-824.0で「ケアシエル」を敷設した場合に個体密度が低かった。また、ワルド検定の結果、2008年5月8日の個体密度は、処理区間で有意な差が検出されなかったが（ $p = 0.30$ ）、2009年1月10日の個体密度は、敷設区のほうが有意に低かった（ $p < 0.001$ 、表2）。方形枠および網袋回収で採集されたアサリの殻長を計測したところ、5月の対照区と敷設区（敷設前）の殻長組成は類似しており、殻長10 mm以下の個体が約90%をしめた（図3）。一方、2009年1月10日の対照区では殻長10 mm以上のアサリは出現しなかったのに対して、敷設区では10 mmを超えるアサリが35%を占めた。

円筒形の容器による採集によって得られた各調査区のアサリ稚貝（殻長 < 3 mm）の平均個体密度は、2008年に行った調査日順に0.85～2.94 × 10<sup>3</sup> 個体 m<sup>-2</sup>（7月14日）、1.80～5.59 × 10<sup>3</sup> 個体 m<sup>-2</sup>（7月30日）、0.66～3.69 × 10<sup>3</sup> 個体 m<sup>-2</sup>（8月28日）、1.33～6.44 × 10<sup>3</sup> 個体 m<sup>-2</sup>（10月17日）、0.38～3.41 × 10<sup>3</sup> 個体 m<sup>-2</sup>（11月14日）および0.66～5.02 × 10<sup>3</sup> 個体 m<sup>-2</sup>（12月17日）であった（図4）。このようなアサリ稚貝の出現および、関東以西における年2回のアサリの産卵盛期を考慮し、2008年7

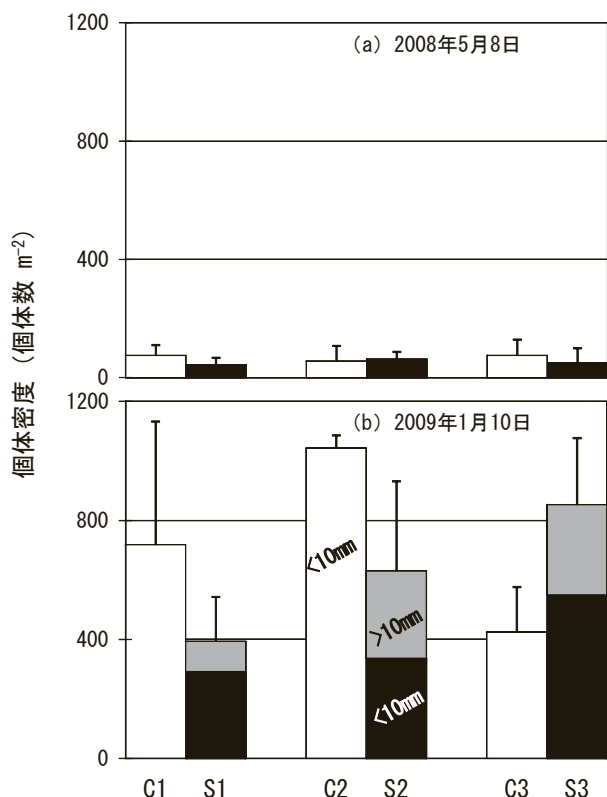


図2. 方形枠または網袋回収によって採集されたアサリの個体密度。縦棒およびバーはそれぞれ平均値および標準偏差（ $n = 4$ ）を示す。C1～C3は対照区、S1～S3はケアシエル敷設区。

表 2. 一般化線型混合モデルによるアサリ個体密度の説明変数のパラメーター推定値, ワールド検定による有意確率および各モデルの赤池情報量基準 (AIC)

応答変数	因子型説明変数						数値型説明変数				AIC (帰無仮説 モデル)
	切片		処理 (敷設)		調査日 (5月)		処理 (敷設) × 調査日 (5月)		底生動物 個体数		
	値	<i>p</i>	値	<i>p</i>	値	<i>p</i>	値	<i>p</i>	値	<i>p</i>	
アサリ個体密度 (殻長 > 3mm, 個体数 400 or 1225cm <sup>-2</sup> )											
2008年5月8日 ・2009年1月10日	-396.7	<0.001	-824.0	<0.001	-2.4	<0.001	823.8	<0.001	-	-	200 (1586)
2008年5月8日	1.01	<0.001	-0.28	0.30	-	-	-	-	-	-	31.2 (30.2)
2009年1月10日	-396.7	<0.001	-824.0	<0.001	-	-	-	-	-	-	165.6 (170.3)
	-396.7	<0.001	-822.8	<0.001	-	-	-	-	-0.065	<0.001	163.0
稚貝個体密度 (殻長 < 3mm, 個体数 26.4cm <sup>-2</sup> )											
2008年7月30日 ・2008年10月17日	1.76	<0.001	0.47	<0.05	0.60	<0.001	-0.65	<0.001	-	-	155.8 (166.0)
2008年7月30日	1.77	<0.001	0.49	<0.05	-	-	-	-	-	-	92.6 (93.9)
2008年10月17日	2.28	<0.001	-0.16	0.49	-	-	-	-	-	-	57.7 (56.1)

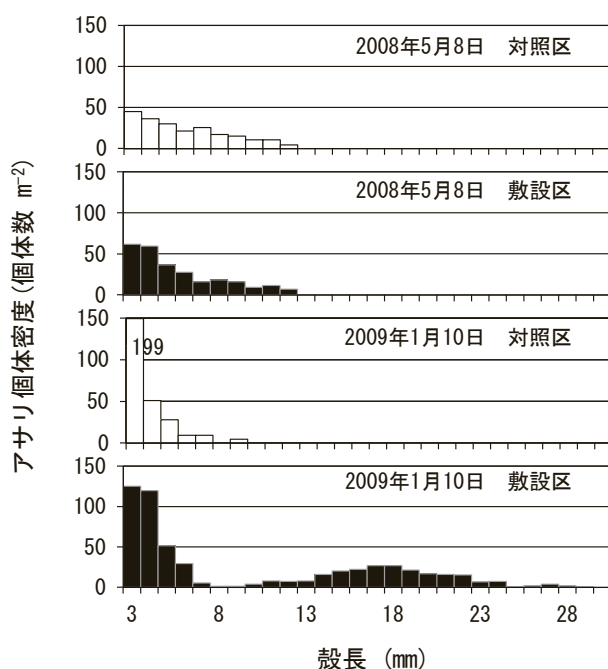


図 3. 方形枠または網袋回収によって採集されたアサリの殻長頻度分布  
全ブロックで採集されたアサリについて処理区別に集計し、1m<sup>2</sup>あたりの殻長別の個体数に換算

～8月および10～11月の調査に際して、それぞれ最もアサリ稚貝密度が高かった2008年7月30日(図5a)と2008年10月17日(図5b)を対象に、前述した方形枠での採集および網袋の回収によるアサリ個体密度と同様のモデル選択を行った。その結果、対照区と敷設区、

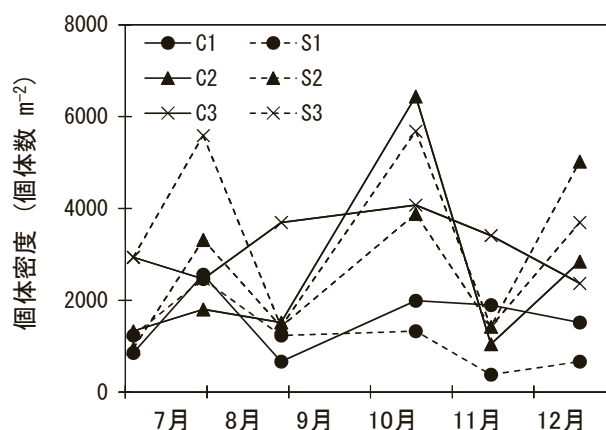


図 4. 円形コアで採集されたアサリ稚貝の個体密度  
各区の平均密度を示す (n = 4)  
C1～C3は対照区, S1～S3は「ケアシェル」敷設区

2回の調査日およびそれらの交互作用のいずれも説明変数として選択され、AIC値は帰無仮説モデルの166.0に対して155.8となった(表2)。交互作用が説明変数として選択されたことから、調査日別に、モデル選択を行ったところ、敷設処理は2008年7月30日の個体密度においては説明変数として選択されたが、2008年10月17日の稚貝の個体密度では敷設処理を加えたモデルのAIC値は57.7で帰無仮説モデルのAIC値56に比べ大きかった。ワールド検定の結果、2008年7月30日の稚貝の個体密度は敷設区で有意に高かったが( $p < 0.05$ ), 2008年10月17日には、敷設区と対照区の間で個体密度の有意な差が検出されなかった( $p = 0.49$ , 表2)。敷設区と

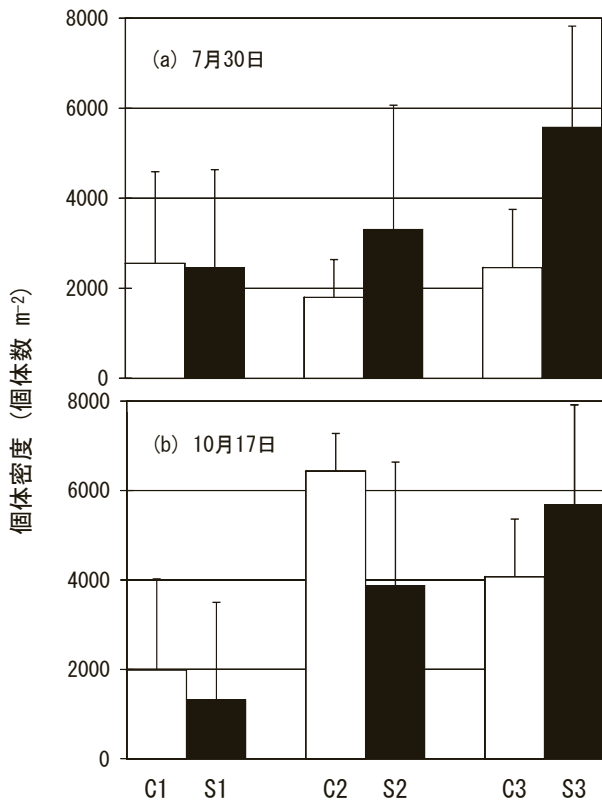


図5. 2008年7月30日と10月17日のアサリ稚貝の個体密度  
縦棒およびバーはそれぞれ平均値および標準偏差 (n = 4) を示す  
C1 ~ C3 は対照区, S1 ~ S3 は「ケアシエル」敷設区

対照区の稚貝の殻長組成は、調査日毎に類似しており、2008年7月30日および10月17日には殻長1 mm前後の小型の稚貝が優占していた(図6)。

**調査区表層の底生動物** 2008年11月14日に行った調査では、最大体長1 cm以上の底生動物が敷設区において調査区(9 m<sup>2</sup>)あたり9~27個体で出現したが、対照区では全く出現しなかった(図7)。出現した底生動物のうち60%がオウヨウラク *Ocenebra japonica* で、アカニシ *Rapana venosa* およびツメタガイ *Glossaulax didyma* がそれぞれ20%を占めた。また網袋にオウヨウラクの卵塊の付着が確認された(写真3)。これら3種はいずれも二枚貝などを捕食する肉食性巻貝である。一般化線形混合モデルと赤池情報量規準(AIC)による解析では、2009年1月10日のアサリ個体密度の説明変数として「ケアシエル」敷設の有無に加えて、底生動物の個体数も選択され、その係数は-0.065であった。このモデルのAIC値は、敷設の有無のみを説明変数としたモデルの165.6に対して163.0と小さかった(表2)。さらに、ワルド検定の結果も、底生動物の個体数は有意な説明変数であった ( $p < 0.001$ , 表2)。

**流動環境** 観測期間中、流速の移流成分は最大11.8 cm

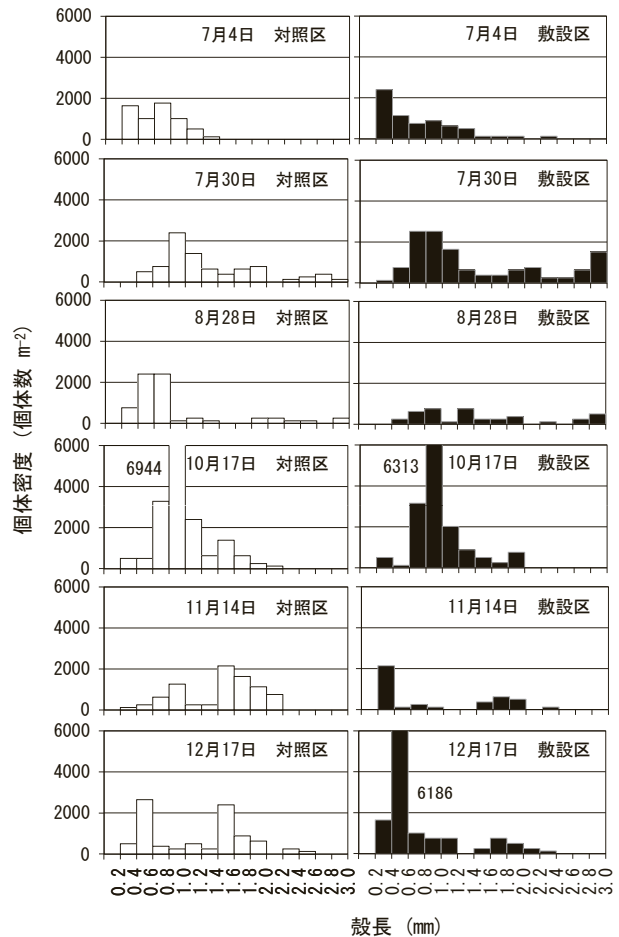


図6. 円形コアによって採集されたアサリ稚貝の殻長頻度分布  
全ブロックで採集されたアサリについて処理区別に集計し、1 m<sup>2</sup>あたりの殻長別の個体数に換算

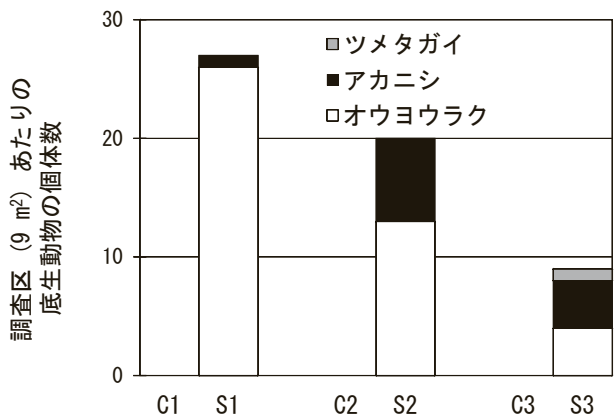


図7. 2008年11月14日の調査区表層の底生動物の個体数

s<sup>-1</sup>であったが、90%以上が4 cm s<sup>-1</sup>未満だった。一方、流速の変動成分が4 cm s<sup>-1</sup>を超えたのは、2008年6月5日14時00分~30日4時00分、7月7日14時30分~30日7時30分および9月1日1時00分~9月21日7時30分の観測期間中のそれぞれ14、17および8%だったが、10月1日1時00分~10月26日8時30分の観測では30%以上となり、観測期間中の最大流速12.9 cm



写真3. 2008年11月14日に「ケアシエル」敷設区で観察された卵塊

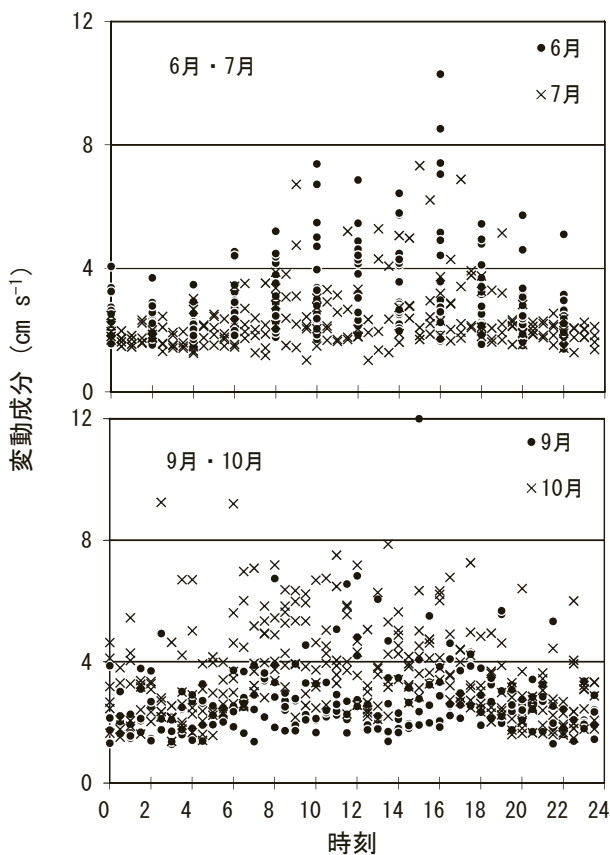


図8. 2008年6月、7月、9月および10月の観測時刻別の流速の変動成分

$s^{-1}$  が得られた (図8)。また、6月、7月および9月の流速の変動成分が夜間に比べ日中に大きかったが、10月には昼夜の差は明瞭ではなかった。なお、観測期間中を含め2008年には、大きな攪乱を起こす可能性のある台風の日本への上陸はなかった。

観測によって得られた移流成分と1/3有義波による変動成分が砂面に対して作用するせん断応力は、対照区に比べ敷設区で高かった (図9)。これは、変動成分のせん断応力  $\tau_w$  が、波に対する摩擦係数  $f_w$  と底面波浪流速

$U_m$  の2乗の積の1/2で求められるところ、海底が「ケアシエル」で覆われることによって、境界層外縁における海水の軌道振幅  $A$  に対する底面粗度  $r$  の比 ( $r/A$ ) が砂の場合よりも大きくなり、このことで  $f_w$  が大きくなるためである。詳細は桑原<sup>2)</sup>に記されているので参照されたい。アサリ稚貝の移動限界の判定として、観測値によるせん断応力とアサリ稚貝の限界せん断応力とを比較した結果、対照区では、堆積物および稚貝の移動限界を超えるせん断応力は、すべて変動成分 (1/3有義波) の上昇に付随して発生したが、その比率は調査期間中を通じて、それぞれ1%および3%以下であった。また、「ケアシエル」敷設区においては、変動成分によるせん断応力が対照区に比べ高かったが、堆積物よりもはるかに粒径の大きい「ケアシエル」およびそれに遮蔽された稚貝の移動限界せん断応力はそれ以上に高まったため、観測期間を通じて、稚貝の移動限界を超えるせん断応力は観測されなかった。

## 考 察

「ケアシエル」を敷設する試験を開始する前の2008年5月8日には、試験地のアサリの個体密度は100個体  $m^{-2}$  未満で、それらの大半は殻長10mm以下の小型個体であった。しかし、網袋とともに「ケアシエル」を敷設した8ヶ月後の2009年1月10日の調査では、対照区のアサリは殻長3mmを主体とする小型個体のみであったのに対して、敷設区では、これら小型個体に加え、殻長30mmに達する個体を含む殻長10mm以上の大型個体も多数出現した。これらの大型個体は、2008年5月8日に試験を開始する段階で確認された殻長10mm以下の小型個体あるいは、敷設してから新たに着底した稚貝の一部が成長したものと考えられる。一方で、2009年1月10日における個体密度は200~1100個体  $m^{-2}$  で、前年5月より大きく増加したものの、個体密度は敷設区よりも対照区で高かった。このため、「ケアシエル」敷設は1月の時点では個体密度の増加に寄与していなかったと判断される。

今回の試験を行った水域では、敷設区で稚貝がより高密度に出現した夏季には、日中の波による流速の変動成分の増加が確認されている。この水域は、対岸との距離が200mと狭く、入り組んだ海岸地形を示すとともに、漁港があることや観光地であるため、漁船やプレジャーボートなどの往来に伴う航跡波が観察されている。日中を中心にした流速の変動成分の増加の大半は、これらの船舶によるものと推察される。Bishop & Chapman<sup>4)</sup> や Bishop<sup>5)</sup> は、航跡波が閉鎖性の高い海域の干潟の底生生物群集構造に大きな影響を与えることを報告している。本研究でも、2008年7月30日の稚貝の個体密度は、対照区に比べて敷設区で高く、網袋に詰めた「ケアシエル」による航跡波からの保護と基質の安定化がこのような個

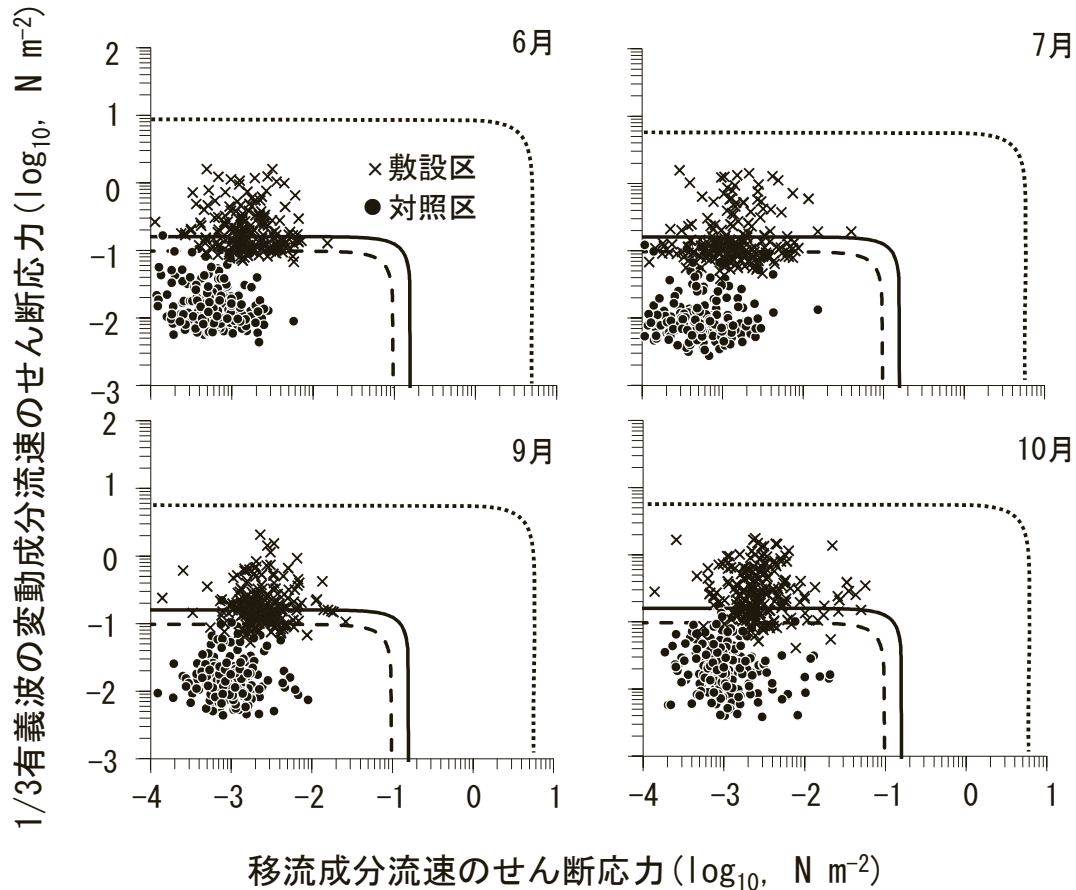


図9. 対照区および敷設区における移流成分と1/3有義波による変動成分のせん断応力と堆積物と「ケアシエル」およびアサリ稚貝（殻長0.20 mm）の移動限界せん断応力  
 実線および破線はそれぞれ対照区における堆積物および稚貝の移動限界せん断応力，点線は敷設区における「ケアシエル」および稚貝の移動限界せん断応力を示す

体密度の差をもたらした要因の一つと想定される。しかし、比較的大きな流速の変動成分が観測される頻度がより高く、それが日中に限定されなかった10月には、敷設区において稚貝の顕著な増加は確認されなかった。したがって、敷設にともなう夏季の一時的な稚貝密度の増加やその後の殻長10 mm以上のアサリの出現は、網袋に詰めた「ケアシエル」の敷設によって稚貝が安定的に留まったことによるものではないと推察される。また、移動限界判定による結果も、本試験地の流動環境下では、本来の干潟でも堆積物や稚貝は波や流れによって移動させられることは少ないことを示唆した。一方で、海底勾配が大きい本試験地では、流速の観測が不可能な低い潮位時に航跡波が入射し、堆積物や稚貝の移動を引き起こしていることや、そのような状況下では「ケアシエル」の敷設によって稚貝が安定的に留まることが可能となっていることも想定される。

本研究では、試験地のアサリの主要な減耗要因を波・流れによる物理的な攪乱と想定して敷設試験を実施したが、本来は、事前に波・流れの観測値をもとに移動限界判定を行い、波浪による攪乱を緩和する必要性を判断し、

その必要に応じて技術の適用を試みるべきであったと反省される。

本試験地では、網袋による「ケアシエル」の敷設の有無にかかわらず稚貝の発生が産卵盛期に呼応して確認され、殻長3 mm以下の稚貝の個体密度は、最大密度が $10^4$  個体  $m^{-2}$  を超える伊勢湾<sup>6,7)</sup> や他の海域<sup>3,8)</sup> の主要なアサリ漁場よりは低い水準にあるが、最大 $6.44 \times 10^3$  個体  $m^{-2}$  に達した。しかしながら、前述のように10 mm以上に成長した個体は確認されず、資源加入には繋がっていない。これに対し、網袋を用いた「ケアシエル」の敷設によって、殻長10 mmを超えるアサリが多数出現したことから、これらの稚貝を漁獲対象サイズまで育てられれば、アサリ資源増殖への寄与が期待される。今後は、対照区に対し敷設区において明らかに大型のアサリが多数出現したメカニズムを明らかにしていく必要がある。

本試験で「ケアシエル」の散逸を防ぐために使用した網袋は、捕食からの保護効果も期待される一方で、2008年11月14日の調査で、敷設区の表層に多数の肉食性巻貝とその卵塊が確認され、これらの巻貝が、敷設区でのアサリの個体密度を低下させた可能性も示唆された。こ



のような側面からも，増殖技術の適用にあたっては対象生物以外の意図しない生物や環境への影響の精査も不可欠である。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり，鳥羽磯部漁業協同組合浦村支所の村田孝雄理事ならびに漁業者の皆様には多大なる理解と協力を賜った。また，本研究の推進には，アサリ資源全国協議会を構成する道県及び独立行政法人水産総合研究センター等の関係各位の協力を賜った。流動環境の解析ならびに論文の執筆に際し，独立行政法人水産総合研究センター水産工学研究所の桑原久実氏と齊藤肇氏，株式会社東京久栄の田中良男氏に多くの助言をいただいた。本研究は，水産庁水産基盤整備調査事業「アサリ稚貝の定着を促進する海底境界層の物理環境の解明」（平成18～20年度）によって実施した。

## 文 献

- 1) 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～. 日水誌, **72**, 766-771.
- 2) 桑原久実（2009）底質の安定性からみた最適なアサリ生息場環境. 水産学シリーズ161 アサリと流域圏環境 伊勢湾・三河湾での事例を中心として伊勢（生田和正・日向野純也・桑原久実・辻本哲郎編），恒星社厚生閣，東京，61-70 pp.
- 3) 柿野純（2006）アサリの減耗に及ぼす物理化学的環境の影響に関する研究. 水産工学 **43**, 117-130 pp.
- 4) BISHOP, M. J. and CHAPMAN M. G. (2004) Managerial decisions as experiments: an opportunity to determine the ecological impact of boat-generated waves on macrobenthic infauna. *Estuari., Coast. Shelf Sci.* **61**, 613-622.
- 5) BISHOP, M. J. (2007) Impacts of boat-generated waves on macroinfauna: Towards a mechanistic understanding. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* **343**, 187-196.
- 6) MIYAWAKI, D. and H. SEKIGUCHI (1999) Interannual variation of bivalve populations on temperate tidal flats. *Fish. Sci.* **65**, 817-829.
- 7) 水野知巳・丸山拓也・廣岡慎介・日向野純也・藤岡義三（2009）干潟生産力改善モデル事業－（抄録）ノリ網を用いたアサリ稚貝の着底促進と主要漁場でのアサリ資源動向把握. 平成19年度三重県科学技術振興センター水産研究部事業報告, 94-95.
- 8) ISHII, R. H. SEKIGUCHI, Y. NAKAHARA, Y. JINNAI (2001) Larval recruitment of the Manila clam *Ruditapes philippinarum* in Ariake Sound, southern Japan. *Fish. Sci.*, **67**, 579-591.