

原著論文

## ホタテガイ貝殻を活用したアサリ増殖場造成試験

櫻井 泉<sup>\*1</sup>・福田裕毅<sup>\*2</sup>・前川公彦<sup>\*3</sup>・山田俊郎<sup>\*4</sup>・齊藤 肇<sup>\*5</sup>Field Experiment for Nursery Ground Creation of Short-neck Clam *Ruditapes philippinarum* Utilizing Scallop Shells as Substratum

Izumi SAKURAI, Hiroki FUKUDA, Kimihiko MAEKAWA, Toshiro YAMADA and Hajime SAITO

We examined the effect of capping treatment with crushed scallop shells on the abundance of juvenile short-neck clam *Ruditapes philippinarum*. The survey was conducted in an artificial clam nursery along the intertidal coastline of Lake Saroma, northeast Hokkaido. Experimental plots were covered with shells of the scallop *Mizuhopecten yessoensis* crushed into 2-5 mm, on July 2006 and June 2007, then the juvenile density, water flow and sediment characteristics were periodically investigated over 17 and 16 months, respectively. In the old plot, 1-year-old juveniles appeared in 3 months, and they increased significantly in 9 months. Their density reached 25.1 times that in the control plot in 17 months. In the new plot, the first recruitment of 1-year-old juveniles was observed after 1 year, and their density continued to increase until 16 months. Comparing the shear stress on the bottom with the critical threshold for juveniles, sediment and shells to start rolling, it was found that the juveniles being carried by flow were cumulatively caught in the small space between the shells. In addition, the sediment quality showed no harmful effect on the juveniles after the treatment.

2011年10月3日受付, 2012年2月13日受理

アサリ *Ruditapes philippinarum* は、本邦沿岸の潮間帯～水深 20m の砂泥底に広く生息する潜砂性二枚貝であり、重要な漁獲対象種となっている。しかし、アサリの国内生産量は、1980年代半ばまで年間 10 万～15 万トン を維持していたものの、2000 年以降は 3～4 万トン に低迷しており、本種の生産増大に向けた資源回復は全国的な課題となっている。一方、北海道では、道東地区を中心に年間 1,460～1,593 トン (1999～2008 年) のアサリが水揚げされている。この量は、国内生産量の約 4% を占めるに過ぎないが、安定的に推移しており、その背景として水産基盤整備事業で造成された人工増殖場が大きく寄与していると考えられる。

北海道におけるアサリの人工増殖場は、近接した天然漁場の地盤高に近付けるため、造成対象区域を砂留堤で囲った後、泥分含有率の少ない砕石砂を盛土する工法により造成されており、その後に発生した天然稚貝を育成・漁獲するケースが多く見受けられる。しかし、アサリの稚貝発生量は年変動が大きく、発生がほとんどみられない年も少なくない。また、アサリ稚貝は、波や流れに伴う底質の移動が著しい場所では大きく減耗することが指摘されており<sup>1,2)</sup>、物理的な攪乱による稚貝の減耗防止対策を確立することが人工増殖場における生産安定化に向けた課題となっている。

アサリ稚貝に対する物理的攪乱を緩和する方策として

\*1 地方独立行政法人北海道立総合研究機構中央水産試験場 技術士 (水産/総合技術監理部門)  
〒046-8555 北海道余市郡余市町浜中町 238  
Central Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan  
sakurai-izumi@hro.or.jp

\*2 地方独立行政法人北海道立総合研究機構中央水産試験場 技術士 (水産部門)

\*3 サロマ湖養殖漁業協同組合

\*4 株式会社西村組

\*5 独立行政法人水産総合研究センター水産工学研究所

は、底質の安定性を高める観点から、覆砂、網掛けおよび石原の造成などが行われている<sup>3)</sup>。また、カキ貝殻片と砂礫の混合物を漁場に散布することによりアサリの生残率と個体密度が増加した事例が報告されており<sup>4)</sup>、貝殻を用いた底質安定化の可能性も示唆されている。こうした中、北海道ではホタテガイ *Mizuhopecten yessoensis* の漁業・養殖業に伴って年間18万トンの廃貝殻が産出されている。このうち11万トンは建設資材や土壌改良材などに利用されているが、残りは漁港周辺に放置・山積みされている状況にあり、悪臭の発生や景観の悪化が問題視されている。また、近年は環境保全に対するニーズの高まりやバイオマス利活用の観点から、廃貝殻の有効活用は喫緊の課題となっている<sup>5)</sup>。

以上を踏まえ、本研究ではアサリ生産の安定化とホタ

テガイ貝殻の有効活用を両立させる新たな技術開発を目的として、ホタテガイ貝殻を漁場に散布することにより、アサリ稚貝の個体密度を増加させる効果がみられるか否かを明らかにするとともに、貝殻散布が稚貝の生息環境に及ぼす影響の有無を検討したので、その結果を報告する。

## 材料および方法

**試験場所の概要** 本研究は、1994～1996年にかけて北海道サロマ湖赤川地区に造成されたアサリ増殖場のうち、第4工区を対象に実施した(図1)。なお、本増殖場は、サンドチューブ工と盛砂工により造成された2.1haの人工干潟が汀線方向に4基並列する形で配置されている。

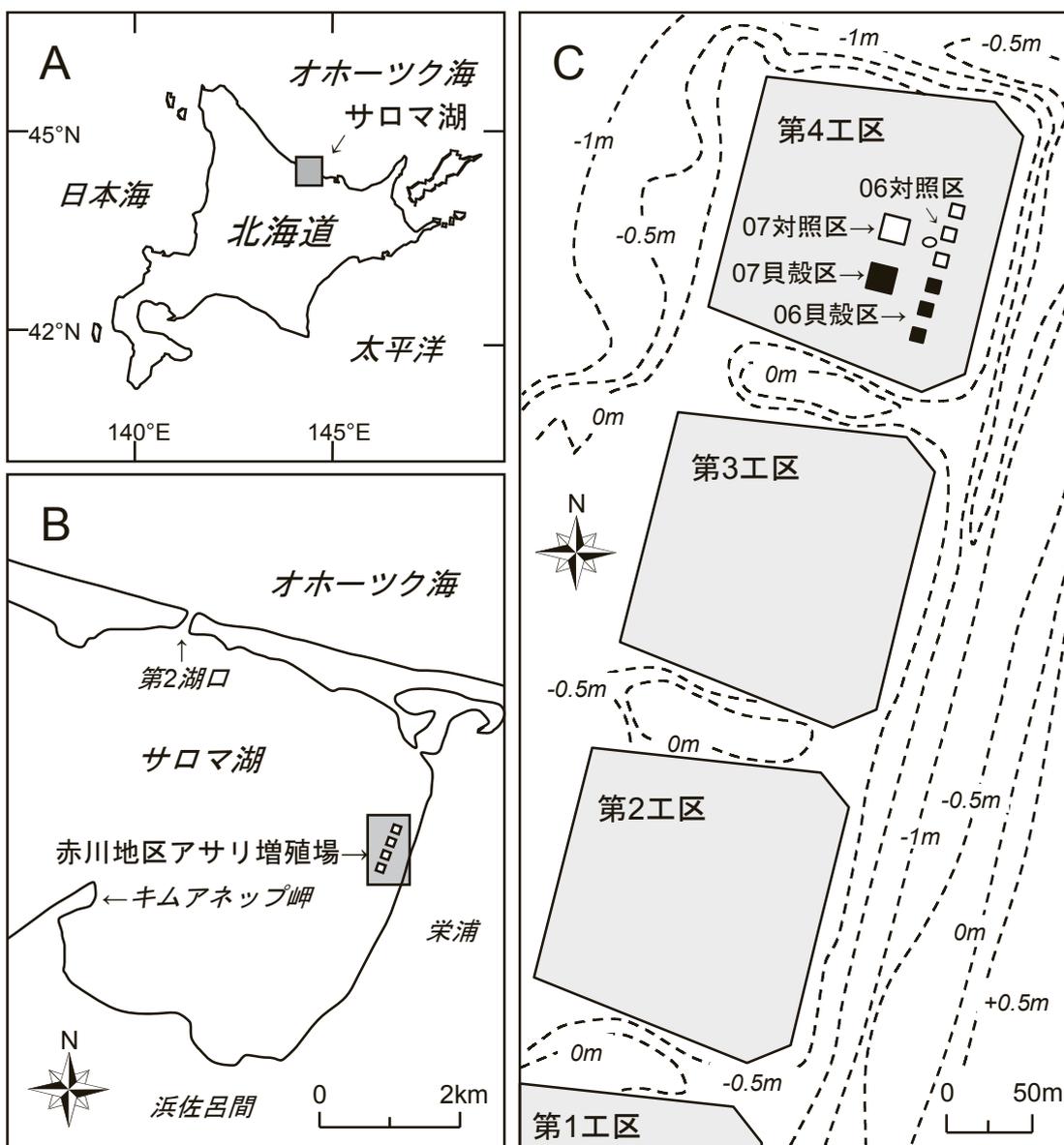


図1. 試験場所の概要  
A: サロマ湖の位置, B: 赤川地区アサリ増殖場の位置, C: 試験区の配置  
Cの○は、波高計の設置場所を表す

地盤高は D.L.+0.35m に調整されており、大潮平均高潮位は D.L.+1.10m である。

**試験区の設定** 2006年7月に、2006年試験区としてホタテガイ貝殻片を散布した貝殻区および無処理の対照区を工区岸寄りに3区画ずつ設定した(図1;以下、06貝殻区および06対照区と表記)。また、2007年6月には、2007年試験区として貝殻区および対照区を工区中央に1区画ずつ設けた(図1;以下、07貝殻区および07対照区と表記)。区画の大きさと間隔は、06貝殻区および06対照区では5m×5mで5m間隔、07貝殻区および07対照区では10m×10mで10m間隔とし、これらを地盤高がほぼ同じになるように配置した(写真1)。なお、06貝殻区および06対照区については、湖奥側の区画を後述の調査対象とした。

貝殻区の造成には2~5mm(中央粒径3.5mm)に粉砕した市販のホタテガイ貝殻片(常呂町産業振興公社製)を使用し、重機のバックホウで約10cmの深さに掘削した区画内に貝殻片を約12cmの厚さに散布した後、表面を平坦に整地した。

**調査方法** 各試験区において殻長20mm以下のアサリ稚貝を対象とした個体密度の調査を実施した。また、散布した貝殻片の状況を調査するとともに、後述する方法により試験区周辺の水温および流速を連続観測した。さらに、各試験区において堆積物の粒度組成、有機物量、嫌気化の程度および餌料環境を評価するための底質調査と地盤硬度の計測を行った。調査期間は、2006年に設置

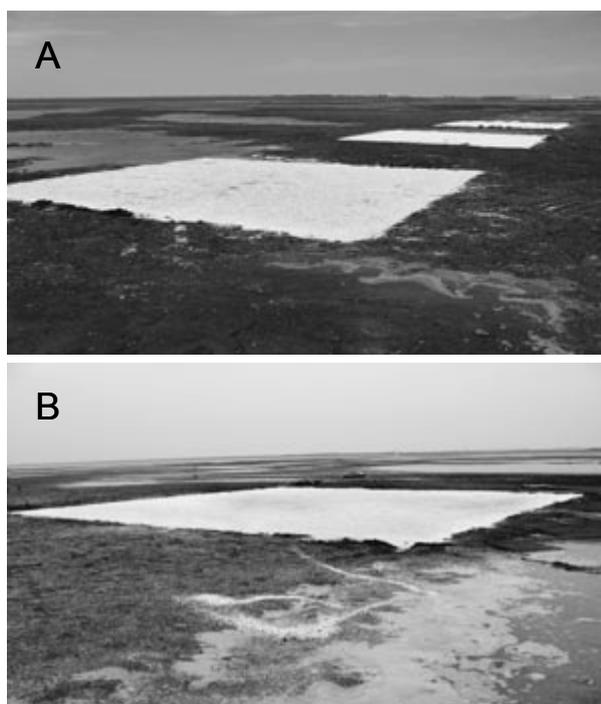


写真1. 造成時における貝殻区の外観  
A: 06貝殻区, B: 07貝殻区

した試験区については2006年7月~2007年11月までの17か月間、2007年に設置した試験区については2007年6月~2008年11月までの16か月間とし、これらの期間内にそれぞれ結氷期を除いてほぼ2か月に1回、計8回および7回の調査を実施した。

アサリ稚貝の個体密度の調査では、各試験区に設けた任意の4点において、干出時にステンレス製枠(縦20cm×横20cm×深さ10cm)を砂面に差し込んで枠内の底質(表層下10cm分)を採集し、5%海水ホルマリンで固定した。これらを実験室に持ち帰り、肉眼あるいは実体顕微鏡下で殻長1mm以上のアサリ稚貝を選別した後、個体数の計数と殻長の計測を行うとともに、得られた殻長組成の推移と貝殻表面に形成された障害輪<sup>6)</sup>に基づいて稚貝の齢を推定した。さらに、Mann-Whitney検定を用いて貝殻区と対照区との間にみられる個体密度の有意差を検定した。

散布した貝殻片の状況については、干出時に貝殻区全体を目視観察し、貝殻片の分散や貝殻区内への砂の堆積状況を記録した。

水温および流速の連続観測には容量式波高計(アイオーテック社製 Wave Hunter H201)を使用し、水温および流速センサーがそれぞれ干潟上3cmおよび20cmに位置するように、07対照区の近傍に埋設した。観測は、各年とも7月から湖内の結氷が始まる直前の11月下旬まで1時間間隔で行った。ただし、2007年9~11月および2008年7~9月は、計測機器の不調により連続データを取得することができなかった。得られた流向・流速データについては、フリーソフト TSMaster ver.6.6<sup>7)</sup>を用いて、方角を無視した絶対流速を流れによる移流成分と波による変動成分に分離した。さらに、これらの流速データを用いて移流成分と変動成分による海底面のせん断応力を求め、アサリ稚貝、貝殻片および砂の移動が始まる限界せん断応力(以下、移動限界と表記)と比較することによって、貝殻散布が稚貝定着に及ぼす効果を検討した。せん断応力とそれぞれの移動限界との比較については、桑原の方法<sup>3)</sup>に従って計算した。なお、桑原の原著では移動限界の評価に底面摩擦速度が用いられているが、ここでは底面摩擦速度の二乗に海水の密度を乗じて算出したせん断応力を使用した。

底質調査では、各試験区の中心部において干出時に表層下2cm分の底質を約200g採集した。これを実験室に持ち帰り、十分混合した試料の一部を篩分け法(湿式)<sup>8)</sup>により粒径8mm以上、4~8mm、2~4mm、1~2mm、0.5~1mm、0.25~0.5mm、0.125~0.25mm、0.063~0.125mmおよび0.063mm未満の9段階に区分した後、その重量組成から粒径分布累積曲線を作成することにより中央粒径と淘汰度を算出した。また、試料の一部を60℃の恒温器内で48時間乾燥させ、0.1mgの精度で秤量した後、有機物量の指標として強熱減量を計測した。強熱減量の計測には、電気式マッフル炉を使用し、550℃で6時

間の処理<sup>9)</sup>を行った。さらに、H<sub>2</sub>S 検知管 (GASTEC 社製 201L) を用いて底質の嫌気化の指標となる酸揮発性硫化物量を計測したほか、試料の一部に N,N-ジメチルホルムアミドを加えて植物性色素を抽出し、蛍光光度計 (Turner Designs 社製 10-AU Fluorometer) を用いて餌料の指標となるクロロフィル a およびフェオ色素量を計測した。

地盤硬度の計測には、貫入式土壌硬度計 (大起理化工業社製 DIK-5521; コーン高 3cm, コーン断面積 2.54cm<sup>2</sup>) を使用した。各試験区の中心部において、地盤硬度の指標となるコーン支持力を殻長 20mm 以下のアサリ稚貝が潜砂していると考えられる底質表面から 5cm の深さ<sup>10)</sup> まで計測し、記録紙から 2.5cm ごとに値を読み取った。

## 結 果

**稚貝の密度変化** 各試験区におけるアサリ稚貝の殻長組成の推移を図 2 に示した。2006 年に設置した試験区では、2004 年および 2005 年夏季に発生したと推定される 2 つの年級群が採集された。また、2007 年に設置した試験区では 2004 年、2005 年および 2007 年産まれの 3 つの年級群が採集された。このうち、2005 年および 2007 年の年級群は各試験区とも採集個体数が多く、調

査期間を通して連続したモードを持つ群として確認されたが、2004 年級群は各試験区とも採集個体数が少なく、出現期間も限られていた。このため、2006 年試験区については 2005 年級群 (1 歳ないしは 2 歳貝)、2007 年試験区については 2005 年級群 (2 歳ないしは 3 歳貝) および 2007 年級群 (1 歳貝) を対象に個体密度の変化を整理した。

各試験区におけるアサリ稚貝の個体密度の変化を図 3 に示した。2006 年に設置した試験区における 2005 年級群は、対照区では 2006 年 7 月～9 月にかけて個体密度が減少した後、2006 年 12 月～翌年 4 月の間に増加したが、その後再び減少した。貝殻区では散布から 3 か月後の 2006 年 10 月に 2005 年級群の移入が認められるとともに、対照区と同等の個体密度に達した後、12 月～翌年 4 月 (散布後 9 か月) の間に急増し、対照区の 23.5 倍になった。その後の貝殻区の個体密度は対照区と同様に減少したが、調査打ち切り時点において対照区の 25.1 倍の値を維持していた。また、2007 年に設置した試験区における 2005 年級群は、貝殻区では 2007 年 6 月～2008 年 4 月の間はほとんど採集されず、対照区においても個体密度は減少したが、貝殻区では散布から 1 年が経過した 2008 年 6 月、対照区では同年 6～9 月にかけて個体密度の増加が認められた。ただし、貝殻区におけ

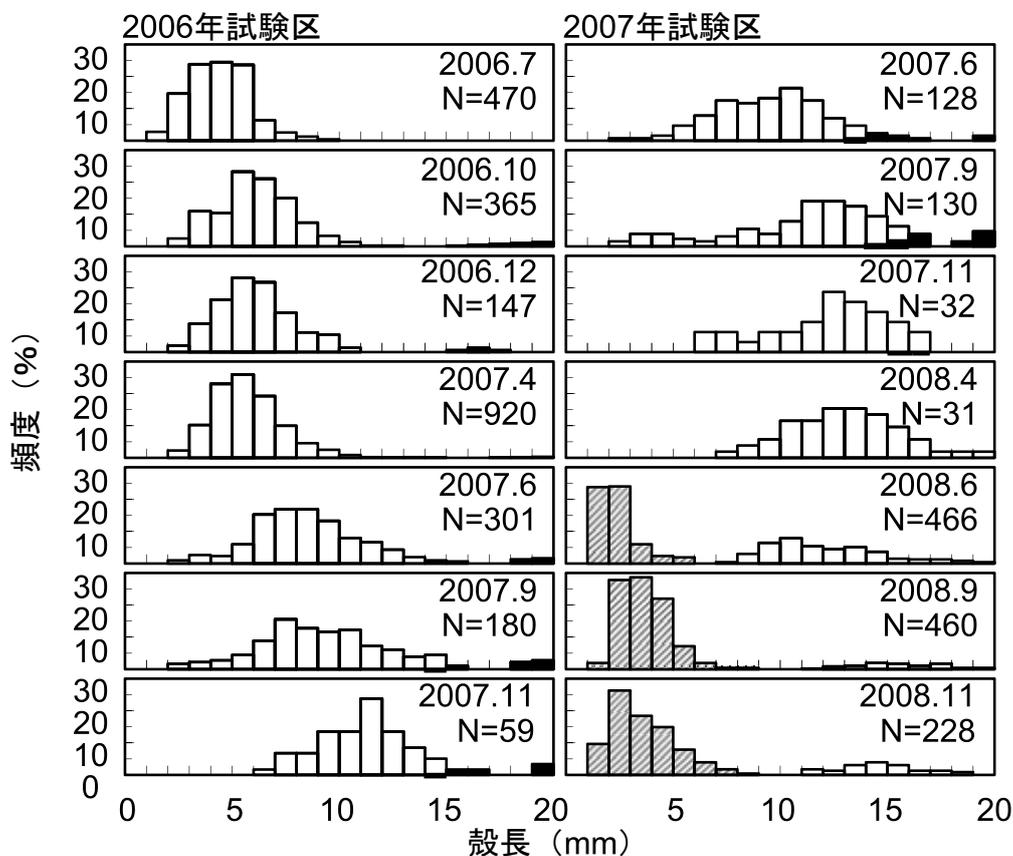
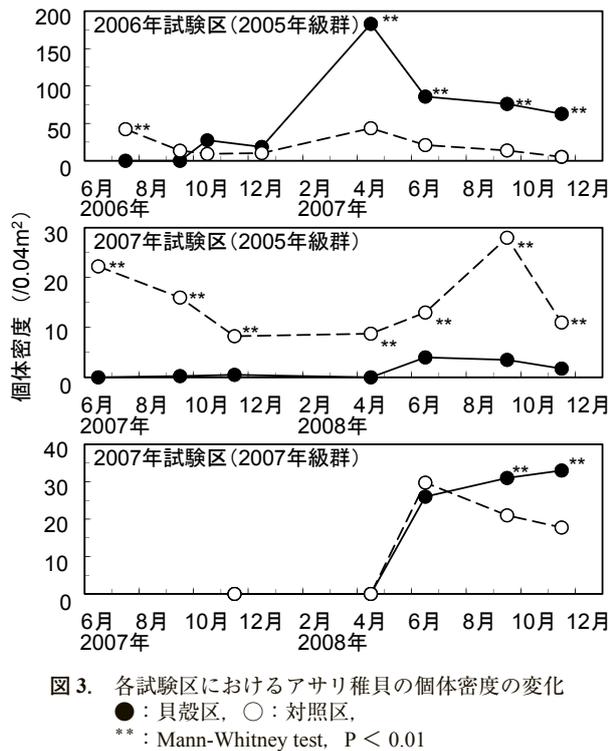


図 2. 2006 年試験区 (左) および 2007 年試験区 (右) におけるアサリ稚貝の殻長組成の推移  
各試験区とも貝殻区と対照区を合算して表示  
■: 2004 年級群, □: 2005 年級群, ▨: 2007 年級群



る 2005 年級群の個体密度は、調査期間を通して対照区よりも低く、調査打ち切り時点において対照区の約 1/5 に留まった。一方、2007 年に設置した試験区における 2007 年級群は、両区とも散布から 1 年後の 2008 年 6 月に初めて確認された。その後の個体密度は、対照区では減少したのに対して貝殻区では増加し、調査打ち切り時点において貝殻区での個体密度は対照区の 1.9 倍となった。

**貝殻区の状況** 06 貝殻区は、2006 年 9 月（散布後 2 か月）には貝殻表面への珪藻類の付着、10 月（散布後 3 か月）および 12 月（散布後 5 か月）には貝殻片の分散や砂の堆積が若干認められたものの、貝殻片は砂面に露出しており、貝殻区と周囲の砂面との識別は可能であった。しかし、その後に著しい砂の堆積を受け、翌年 4 月（散布後 9 か月）には周囲の砂面との識別は困難となった。一方、07 貝殻区は、06 貝殻区と同様、散布から 3 か月後の 2007 年 9 月に珪藻類の付着が認められたが、その後の貝殻片の分散や砂の堆積は比較的少なく、調査打ち切り時点においても貝殻区と周囲の砂面との識別は可能であった。

**水温・流動環境** 2006～2008 年までのそれぞれ 7～11 月に観測された水温は、水位変化や干出の影響により日間変動を伴いながら、2006 年は 0.4～38.6℃、2007 年は -1.3～36.4℃、2008 年は 0.6～38.3℃ の範囲を推移した。また、7～11 月の流速は、3 年とも波に起因した変動成分のほうが潮汐流に起因した移流成分より高い

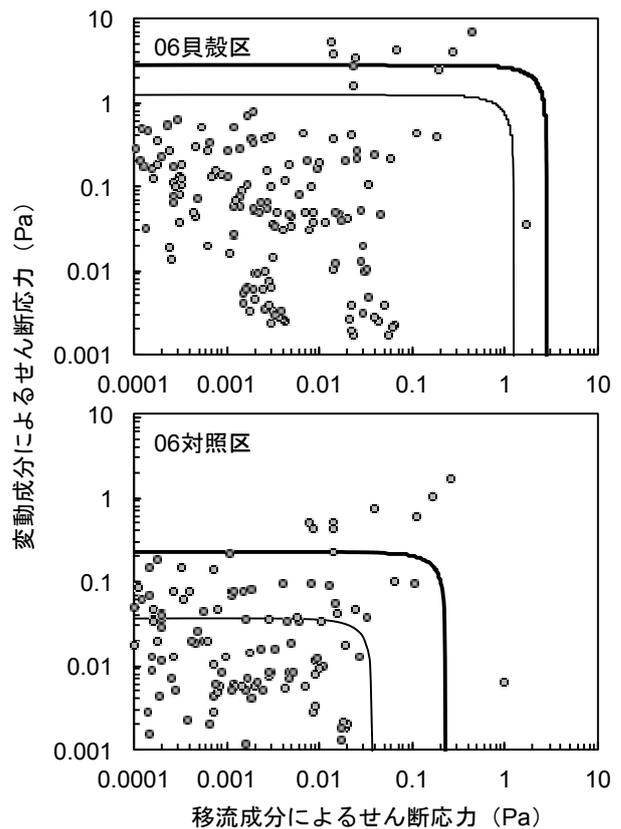


図 4. 2006 年試験区における海底面のせん断応力と貝殻片、砂およびアサリ稚貝の移動限界  
各せん断応力は 2006 年 9～10 月に観測された流速を用いて算出した  
実線はアサリ稚貝の移動限界、太線は貝殻片（貝殻区）および砂（対照区）の移動限界を表す

値で推移するとともに、両成分とも毎年 9 月下旬以降に値が増大した。すなわち、7～9 月中旬の変動成分は概ね 10cm/s 以下であったが、9 月下旬以降は 15cm/s を越える値がしばしば観測された。一方、7～9 月中旬の移流成分は概ね 5cm/s 以下であったが、9 月下旬以降は 10cm/s 程度の値が観測された。このような流動による攪乱の増大は、各貝殻区で 10 月以降に砂の堆積が確認されたこととも一致していた。

貝殻区が周囲の砂面と識別できた 2006 年試験区の 2006 年 9～10 月および 2007 年試験区の 2008 年 9～11 月を対象として、移流成分および変動成分による海底面のせん断応力を算出するとともに、貝殻片、砂およびアサリ稚貝の移動限界と比較した結果をそれぞれ図 4 および図 5 に示した。計算条件は、貝殻片の中央粒径および比重をそれぞれ 3.50mm および 2.77g/cm<sup>3</sup>、砂の中央粒径および比重をそれぞれ 0.45mm および 2.65 g/cm<sup>3</sup> とした（いずれも実測値）。また、稚貝の粒径（殻長で代用）は、2005 年級群については 5.0mm、2007 年級群については 3.0mm とした（図 2）。計算結果をみると、稚貝の移動限界は、各試験区とも貝殻区のほうが対照区よりも大きい値を示した。このうち、2006 年試験区については、

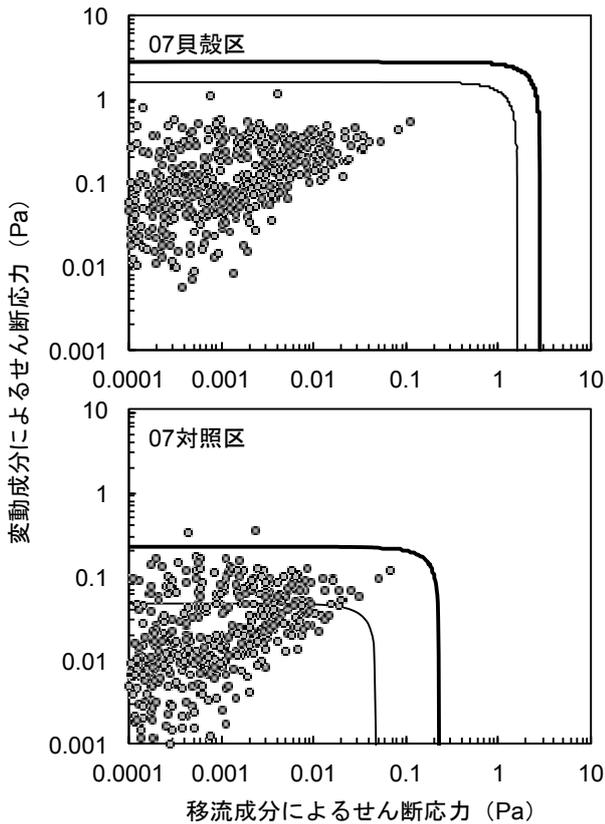


図5. 2007年試験区における海底面のせん断応力と貝殻片、砂およびアサリ稚貝の移動限界  
各せん断応力は2008年9～11月に観測された流速を用いて算出した  
実線はアサリ稚貝の移動限界、太線は貝殻片（貝殻区）および砂（対照区）の移動限界を表す

両区とも稚貝、砂および貝殻片の移動限界を超えるせん断応力が認められたが、その観測頻度は貝殻区のほうが対照区よりも少なかった。また、2007年試験区については、対照区で稚貝の移動限界を超えるせん断応力が複数回観測されるとともに、砂の移動限界を超えるせん断応力が2回認められたが、貝殻区では稚貝や貝殻片の移動限界を超えるせん断応力は一度も観測されなかった。

**底質環境** 各試験区における底質の中央粒径および淘汰度の変化を図6に示した。06対照区および07対照区では中央粒径に顕著な変化は認められず、それぞれ0.3～0.6mmおよび0.2～0.4mmの値を示した。また、淘汰度についても、中央粒径と同様、ほとんど変化はみられなかった。一方、06貝殻区および07貝殻区では散布直後から中央粒径の低下と淘汰度の上昇が認められた。すなわち、06貝殻区では、中央粒径が2006年7月～2007年4月にかけて3.1mmから0.4mmに低下するとともに、淘汰度が2006年7～12月にかけて0.7から2.0に上昇した。また、07貝殻区では、中央粒径が2007年6～11月にかけて3.5mmから0.6mmに低下するとともに、淘汰度が同期間内に0.7から2.2に上昇し、特に2007年9

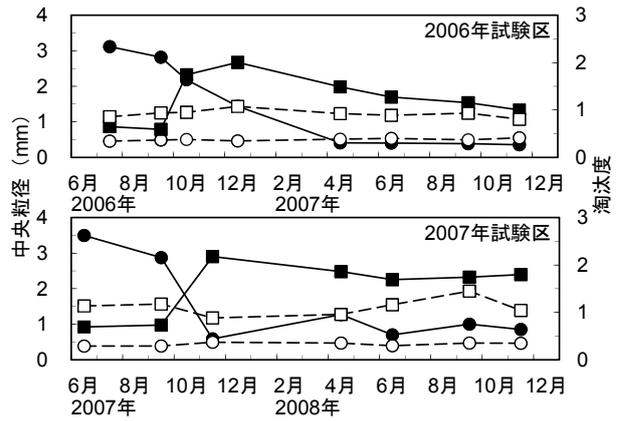


図6. 各試験区における底質の中央粒径および淘汰度の変化  
●：中央粒径（貝殻区），■：淘汰度（貝殻区）  
○：中央粒径（対照区），□：淘汰度（対照区）

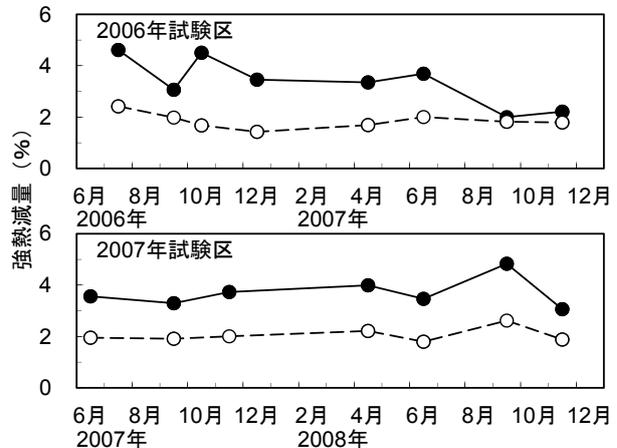


図7. 各試験区における底質の強熱減量の変化  
●：貝殻区，○：対照区

～11月の間の変化が顕著であった。なお、06貝殻区については、2007年4月以降の中央粒径に顕著な変化は認められなかったが、2006年12月以降の淘汰度は低下傾向を示した。

各試験区における底質の強熱減量の変化を図7に示した。06貝殻区および07貝殻区の強熱減量は、それぞれ06対照区および07対照区に比べて高い値を示した。また、06貝殻区を除く試験区については、調査期間中に大きな変化は認められず、06対照区および07対照区では2%前後、07貝殻区では3.3～3.7%の値の範囲を推移した。これに対して、06貝殻区の強熱減量は調査期間を通して減少傾向がみられ、散布時の4.6%から2007年9月には2.0%に低下した。

各試験区における底質の酸揮発性硫化物量の変化を図8に示した。硫化物量は、各試験区とも調査期間を通して0.04mg/g以下の値を示したほか、4月ないしは6月から9月にかけて増加し、その後は減少する周期的な季節変動が認められた。

各試験区における底質のクロロフィルaおよびフェオ

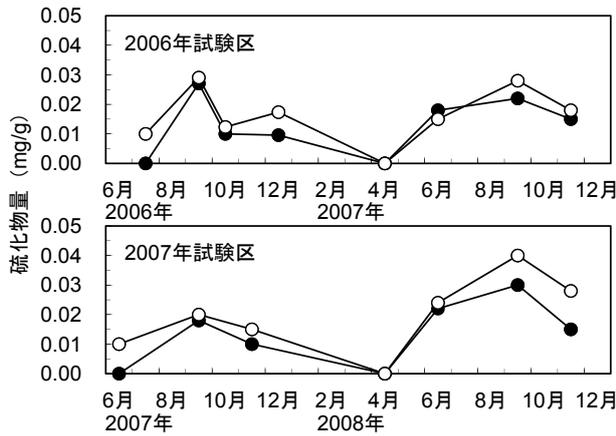


図8. 各試験区における底質の酸揮発性硫化物量の変化  
●: 貝殻区, ○: 対照区

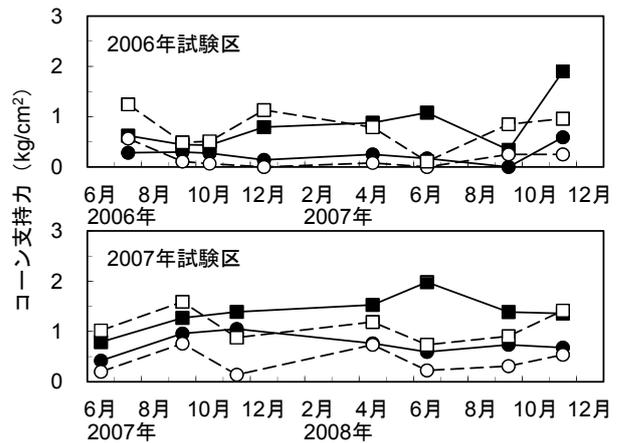


図10. 各試験区における地盤のコーン支持力の変化  
●: 深さ2.5cm (貝殻区), ■: 深さ5.0cm (貝殻区)  
○: 深さ2.5cm (対照区), □: 深さ5.0cm (対照区)

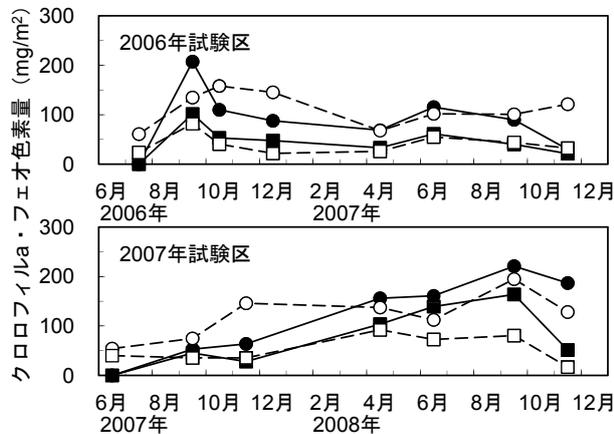


図9. 各試験区における底質のクロロフィルaおよびフェオ色素量の変化  
●: クロロフィルa (貝殻区), ■: フェオ色素 (貝殻区)  
○: クロロフィルa (対照区), □: フェオ色素 (対照区)

色素量の変化を図9に示した。クロロフィルaおよびフェオ色素量ともに試験区による明瞭な傾向はみられず、それぞれ貝殻区で0～220.8mg/m<sup>2</sup>および0～163.7mg/m<sup>2</sup>、対照区で54.2～194.7mg/m<sup>2</sup>および16.9～92.1mg/m<sup>2</sup>の範囲にあった。

各試験区における深さ2.5cmおよび5.0cmのコーン支持力の変化を図10に示した。コーン支持力は、各試験区とも調査期間を通して深さ2.5cmのほうが深さ5.0cmに比較して低い値を示したが、両深さとも試験区による明瞭な差はみられず、貝殻区では深さ2.5cmおよび5.0cmでそれぞれ0～1.1kg/cm<sup>2</sup>および0.3～1.9kg/cm<sup>2</sup>、対照区では深さ2.5cmおよび5.0cmでそれぞれ0～0.8kg/cm<sup>2</sup>および0.1～1.6kg/cm<sup>2</sup>の範囲にあった。

## 考 察

稚貝密度に対する貝殻散布の効果 底質の粒度組成は、

波や流れなどの流動環境の長期累積的な影響の現れとして捉えられ、アサリを含む砂泥底のマクロベントスの分布と相関することが知られている<sup>11)</sup>。また、底質の移動限界流速は粒径に依存しており<sup>12)</sup>、アサリは底質が物理的に安定し、そのことによって潜砂や摂餌といった生存のための活動が可能となる粒径分布を示す場所に生息するものと考えられる。

本研究の結果、貝殻区の中央粒径は0.4～3.6mm (淘汰度0.7～2.2)の範囲にあり、対照区の0.2～0.6mm (淘汰度0.6～1.2)に比べて高い値を示したが、北海道内に造成された他のアサリ増殖場での値 (中央粒径0.14～4.20mm, 淘汰度1.26～2.56)<sup>13)</sup>の範囲内にあった。このことから、本研究で造成した貝殻区の粒度組成は、アサリの生存可能な範囲内であったものと判断される。また、貝殻区では、散布直後から中央粒径の低下と淘汰度の上昇が認められるとともに、06貝殻区の中央粒径については、2007年4月に06対照区との差が認められなくなった。この結果は、貝殻区の粒度組成が波・流れに伴って周囲から入った砂の堆積によって変化し、貝殻片を含んだ底質に占める砂の混入割合が増加するとともに、2007年4月時点において06貝殻区が砂に埋没したことを示唆している。また、このことは貝殻片の状況観察の結果とも一致していた。

一方、アサリ稚貝の個体密度の変化をみると、06貝殻区では散布から3か月後の2006年10月に1歳貝が移入し、9か月後の2007年4月には顕著な稚貝の増加が認められた。また、07貝殻区では散布から1年後の2008年6月に1歳貝および3歳貝の移入が認められるとともに、特に1歳貝については散布から1年4か月後の2008年11月にも個体密度の増加が続いていた。これらのことから、2か年にわたって造成した貝殻区は、いずれもアサリ稚貝、とりわけ1歳貝の個体密度を増加させる効果があったことが確認された。

桑原<sup>3)</sup>は、干潟を含む波・流れの共存場において、海底面の摩擦速度とアサリ稚貝の限界摩擦速度および沈降速度の関係から停止、掃流および浮遊といった稚貝と底質の移動モードを評価する方法を提案し、その妥当性を検証している。そこで、本研究では貝殻区が周囲の砂面と明瞭に識別できた期間のうち、アサリ1歳貝の密度が貝殻区で増加し、対照区で減少した2006年9～10月(2006年試験区)および2008年9～11月(2007年試験区)を対象として、桑原の方法を適用することにより、稚貝の個体密度の増加に対する貝殻散布の効果を底質の物理的安定性の側面から検討した。その結果、稚貝の移動限界となる海底面のせん断応力は、各試験区とも貝殻区のほうが対照区よりも大きく、貝殻散布により稚貝が流されにくくなっていたことが示された。また、これらの期間における海底面のせん断応力は、各試験区とも貝殻区のほうが対照区に比べて稚貝と底質の移動限界を超える頻度が低く、前者では稚貝と貝殻片が物理的に安定していたのに対して、後者では稚貝と砂が波・流れによって動かされる場合が多くなっていたことが示唆された。以上のことから、2006年9～10月の06貝殻区および2008年9～11月の07貝殻区でみられた1歳貝の個体密度の増加は、波・流れによって周囲の砂面上から移入した稚貝が砂とともに貝殻片の間隙に捕捉され、次第に集積した結果によるものと推察される。

なお、07貝殻区では、2007年級群の個体密度の増加が2008年4月～11月にかけて認められたが、2005年級群は調査期間を通して07対照区より低い個体密度を示したほか、個体密度の増加は2008年6月に僅かにみられただけであった。この一因としては、大型化に伴う潜砂深度の増加により稚貝が物理的に安定したため、2歳ないしは3歳貝となる2005年級群では貝殻区への移入が低下したことが考えられる。このことから、貝殻散布による稚貝の集積効果は、当該海域では1歳貝にほぼ限定されるものと判断される。また、貝殻散布によって高密度に集積した稚貝については成長阻害が危惧されるため、今後は貝殻区の稚貝を回収するとともに、適正な個体密度の条件下で育成させるための技術開発が必要である。

一方、06貝殻区では、2006年12月～翌年4月にかけて1歳貝の著しい増加が認められた。この期間はサロマ湖内が結氷しているため、流速観測や貝殻区の状況観察は不可能であり、稚貝が増加した原因を明らかにできなかったが、解氷後の4月に貝殻区は周囲の砂面と識別できなくなるほどの砂の堆積を受けていたことから、結氷直前あるいは解氷直後に波・流れによって砂とともに移動させられた稚貝が貝殻区に集積したものと推察される。また、06貝殻区の中央粒径については、先述のように2007年4月に06対照区との差が認められなくなり、その後のアサリ稚貝の個体密度は減少に転じた。このことは、貝殻散布による稚貝の集積効果の持続性を中央粒

径によって評価できる可能性を示唆しているが、貝殻片が完全に砂に埋没した事例が06貝殻区のみであったため、今後の検討が必要である。

以上のことから、貝殻散布によりアサリ1歳貝の集積効果が現れるための条件として、貝殻片が砂に埋没せず、周囲の砂面と明瞭に識別できる状況が確保された上で、波・流れによる海底面のせん断応力が1歳貝の移動限界を砂面上では超えるとともに、貝殻片上では超えないことが挙げられる。また、砂の著しい堆積を受けた貝殻片において稚貝の集積効果を回復させるには、埋没した貝殻片を耕耘等により底質表面に掘り出す処置を行う必要があると考えられる。

**底質環境に及ぼす貝殻散布の影響** 一般に、干潟における過度の有機物負荷は、底質を還元化するとともに貧酸素化の原因となる<sup>14)</sup>。また、有機物の不足は、分解産物としての栄養塩類の減少に伴う基礎生産量の減少につながる<sup>14)</sup>。そこで、本研究では強熱減量を有機物量の指標として、貝殻散布による有機物負荷の影響を検討した。その結果、強熱減量は、貝殻区で高かったものの調査期間を通して顕著な増加はなく、後述のようにアサリの生存限界を超える硫化物量も検出されなかった。このことから、貝殻散布による有機物負荷がアサリに悪影響を与えることはないものと判断される。なお、貝殻区の強熱減量が他区に比べて高かったのは、貝殻に含まれる有機物が原因と考えられる。また、06貝殻区において2007年9月以降の強熱減量が06対照区および07対照区の値に近くなったのは、貝殻片の混入割合が少なくなったためと推察される。

還元状態の泥がアサリに及ぼす影響を調べた宮城県の実験結果<sup>15)</sup>によると、本種の生存限界は硫化物量が2mg/g以上とされている。本研究の結果、貝殻区の硫化物量は年間を通して0.04mg/g以下であったことから、貝殻散布により底質が還元化し、アサリの生存限界以上に硫化物量が増加する危険はないものと判断される。なお、各試験区において硫化物量の値が9月をピークに低下した原因の一つには、9月下旬以降に観測された流動環境の激化に伴う底質攪乱が考えられる。

アサリの主な餌料として、熊本県菊池川河口<sup>16)</sup>では底生微細藻類とデトリタス、千葉県盤洲干潟<sup>6)</sup>、熊本県緑川河口<sup>17)</sup>および宮城県蒲生干潟<sup>18)</sup>では浮遊性植物プランクトンとともに底生微細藻類が重要であることが報告されている。そこで、本研究では底質のクロロフィルaおよびフェオ色素量をそれぞれ底生微細藻類およびデトリタスの指標として、貝殻散布によるアサリの餌料環境への影響を検討した。その結果、クロロフィルaおよびフェオ色素量ともに貝殻区と対照区の間に明瞭な違いは検出されなかった。このことから、貝殻散布によりアサリの餌料環境が変化することはないものと考えられる。

北海道尾岱沼のアサリ増殖場において地盤硬度とアサリ稚貝との関係を調べた報告によると、稚貝の個体密度は地盤硬度の増大に伴って減少するとともに、コーン支持力  $2\text{kg}/\text{cm}^2$  の値が稚貝の個体密度の多寡を分ける境界となることが示されている<sup>19)</sup>。また、アサリの潜砂行動に影響を及ぼし始めるコーン支持力は、室内実験により  $2.4 \sim 4.2\text{kg}/\text{cm}^2$  と推定されている<sup>13)</sup>。本研究の結果、アサリが潜砂していると考えられる深さ  $2.5 \sim 5.0\text{cm}$  のコーン支持力は、06 貝殻区および 07 貝殻区とも  $2\text{kg}/\text{cm}^2$  以下の値を示した。このことから、貝殻散布を実施しても、アサリ稚貝の潜砂行動を制限するほどの地盤の硬化は起こらないものと判断される。

以上により、貝殻散布は稚貝の生息環境に負の影響を与えないことが確認された。現在、水産基盤整備事業ではアサリ稚貝の定着促進に向けた漁場機能改善策として覆砂などを実施している。今後、ホタテガイ貝殻片を覆砂材として活用することは、事業を効果的に進めるだけでなく、ホタテガイ漁業および養殖業を持続させる上でも有効と考える。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、有益なご助言を賜った水産総合研究センター水産工学研究所の桑原久実博士、同増養殖研究所の日向野純也博士ならびに千葉県水産総合研究センター東京湾漁業研究所の鳥羽光晴博士に厚くお礼申し上げます。また、本研究は、水産庁による平成 18～20 年度水産基盤整備調査委託事業「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」により実施されたことを記し、関係各位に謝意を表します。

## 文 献

- 1) 柿野 純・中田喜三郎・西沢 正・田口浩一 (1991) 東京湾盤洲干潟におけるアサリの生息と波浪の関係. 水産工学, **28**, 51-55.
- 2) 柿野 純・古畑和哉・長谷川健一 (1995) 東京湾盤洲干潟における冬季のアサリのへい死要因について. 水産工学, **32**, 23-32.
- 3) 桑原久実 (2009) 底質の安定性からみた好適アサリ生息場環境. 「アサリと流域環境 - 伊勢湾・三河湾での事例を中心として」(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.
- 4) THOMPSON, D. S. (1995) Substrate additive studies for the development of hard shell clam habitat in waters of Puget Sound in Washington State: an analysis of effects on recruitment, growth, and survival of the manila clam, *Tapes philippinarum*, and on the species diversity and abundance of existing benthic organisms. *Estuaries*, **18**, 91-107.
- 5) 伊藤 靖・吉野真史・酒向章哲・櫻井 泉・西田芳則・新山伸二 (2007) ホタテ貝殻を活用したホタテ地まき漁場造成について. 海洋開発論文集, **23**, 943-948.
- 6) 小池裕子・斉藤 徹・小杉正人・柿野 純 (1992) 東京湾小櫃川河口干潟におけるアサリの食性と貝殻成長. 水産工学, **29**, 105-112.
- 7) 川俣 茂 (2007) 時系列解析 TSMaster 6.6. <http://www.vector.co.jp/soft/dl/win95/business/se193021/html>.
- 8) 水産庁研究部漁場保全課 (1997) 漁場保全対策推進事業調査指針. 水産庁, 東京, 1-113 pp.
- 9) 佐藤善徳・長沢トシ子 (1993) 強熱温度が浅海堆積物の強熱減量に与える影響. 日水研報, **43**, 105-115.
- 10) 櫻井 泉・瀬戸雅文・中尾 繁 (1996) ウバガイ, バカガイおよびアサリの潜砂行動に及ぼす水温, 塩分および底質粒径の影響. 日水誌, **62**, 878-885.
- 11) SANDERS, H. L. (1958) Benthic studies in Buzzards Bay, I. Animal sediment relationships. *Limnol. Oceanogr.*, **3**, 245-258.
- 12) POSTOMA, H. (1967) Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment. *Estuaries, A.A.A.S.*, **83**, 158-179.
- 13) 中山威尉・福田裕毅・秦 安史・阿部英治・櫻井 泉 (2009) 底質の貫入抵抗がアサリの潜砂行動に及ぼす影響. 水産工学, **46**, 29-36.
- 14) 水産庁 (2008) 干潟生産力改善のためのガイドライン. 水産庁, 東京, 18-23 pp.
- 15) 宮城県 (1984) 松島湾地区大規模増殖場造成事業調査報告書. 宮城県, 64 pp.
- 16) 沼口勝之 (2001) アサリ漁場の餌料環境としてのセジメント. 水産工学, **37**, 209-215.
- 17) YAMAGUCHI, H., TSUTSUMI, H., TSUKUDA, M., NAGATA, S., KIMURA, C., YOSHIOKA, M., SHIBANUMA, S., and S. MONTANI (2004) Utilization of photosynthetically produced organic particles by dense patches of suspension feeding bivalves on the sand flat of Midori River Estuary, Kyushu, Japan. *Bent. Res.*, **59**, 64-77.
- 18) KANAYA, G., NOBATA, E., TOYA, T., and E. KIKUCHI (2005) Effects of different feeding habits of three bivalve species on sediment characteristics and benthic diatom abundance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **299**, 67-78.
- 19) 阿久津孝夫・山田俊郎・佐藤 仁・明田定満・谷野賢二 (1995) アサリの生息と底質の硬度, 粒度との関係について. 開土研月報, **503**, 22-30.