

吉富干潟における杭打ち・投石によるアサリ稚貝減耗防止効果

中川 浩一・長本 篤・江藤 拓也・佐藤 利幸
(豊前海研究所)

Effect of Wear Prevention of the Juvenile of Clam, *Ruditapes philippinarum*, by Piling and Throwing Stones in Yoshitomi Tidal Flat

Koichi NAKAGAWA Atsushi NAGAMOTO* Takuya ETOU and Toshiyuki SATO
(Buzenkai Laboratory)

瀬戸内海の西端に位置する豊前海では、流入する河川の河口域に吉富干潟を始めとする広大な干潟が数多く形成されている。そこでは、設備投資が少なく手軽なアサリ等を対象とした採貝漁業が盛んに行われており、漁業者の高齢化が進む当海区においては重要な漁業種類として位置づけられている。

しかしながら、豊前海におけるアサリ漁獲量は図1に示すとおり1988年(昭和63年)頃までは5,000トン前後と全国有数の水揚げがあったにもかかわらず、近年では100t以下にまで激減しており、アサリ資源の回復は喫緊の課題となっている。

このため、当研究所ではアサリ減少の原因究明^{1) 2)}に取り組んでおり、これまでの研究のなかで、近年の顕著な傾向として漁場に殻長5mm程度の微小稚貝が大量に発生しても、成貝(30mm以上)に成長するまでの過程で逸散・消失し、漁業生産に結びつかないことが明らかになっている。

微小稚貝の減耗については様々な要因が考えられるが、転石や障害物のある一部漁場においては減耗が軽減されていることから、底質の不安定性(波浪による砂の流動等)による稚貝の逸散・流失がその要因のひとつであると想定される。

そこで、本研究では波浪の影響を軽減し、底質の安定を確保するために杭打ちや投石を行い、それらのアサリ減耗防止効果について検証した。

方 法

試験は、図2に示す豊前海のアサリ主要漁場である築

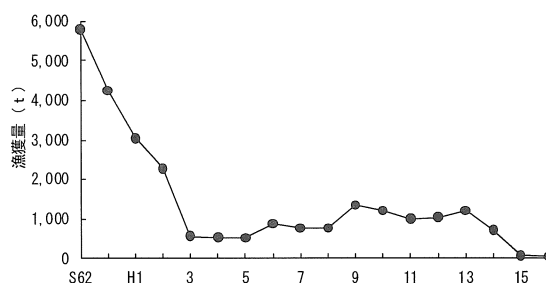


図1 豊前海におけるアサリ漁獲量の推移

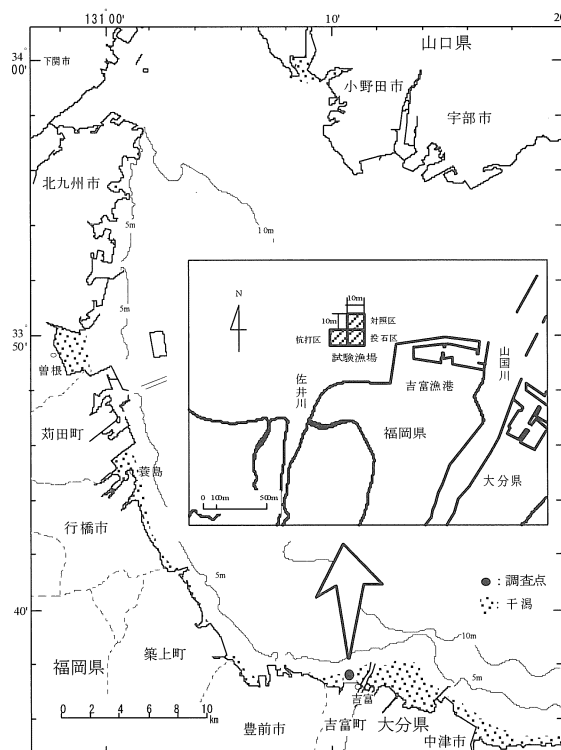


図2 調査実施場所

* 現水産林務部水産振興課

上郡吉富町地先の吉富干潟で実施した。吉富干潟は山国川を挟んで東側は大分県中津干潟へと続く広大な干潟域である。この干潟のアサリ稚貝の主な発生域である地盤高約1mの地点において、試験区として表1に示すとおり孟宗竹を打ち込んだ杭打区（写真1）、拳大の石を入れた投石区（写真2）及び対照区を設定した。なお、杭打区においては杭の間隔が異なる2区、投石区では石の種類や密度の異なる4区を設け、対照区を含めた計7試験区において下記の調査を実施し、結果についての比較・

表1 試験区の設定状況

試験区	構造			造成面積
	材料	間隔・密度		
杭打区				100㎡
杭打区1	材料：孟宗竹（直径60～80mm） 長さ：1.5m（50cm打ち込み）	間隔：50cm		9㎡
杭打区2	材料：孟宗竹（直径60～80mm） 長さ：1.5m（50cm打ち込み）	間隔：1m間隔		91㎡
投石区				100㎡
投石区1	材料：栗石 大きさ：拳大	密度：40個体/㎡		9㎡
投石区2	材料：①栗石②天然石 大きさ：①拳大②直径2cm	密度：①40個体/㎡ ②栗石の隙間に散布		9㎡
投石区3	材料：栗石 大きさ：拳大	密度：20個体/㎡		73㎡
投石区4	材料：①栗石②天然石 大きさ：①拳大②直径2cm	密度：①20個体/㎡ ②栗石の隙間に散布		9㎡
対照区				100㎡



写真1 杭打ちの実施状況



写真2 投石の実施状況

考察を行った。

1. 天然アサリの分布・成長調査

2005年4月から'06年1月まで毎月1～2回、表1に示す7試験区においてアサリの個体数及び殻長の測定を行った。各試験区の任意の10点から直径4cm、深さ5cmの範囲の土砂を採取し、目合1mmの篩でアサリを選別した。最終調査月となる平成18年1月には調査の精度を高めるため、採取範囲を各試験区の任意の2点において30×40cm、深さ5cmに拡大した。

2. 標識アサリの逸散状況調査

(1) 5mmサイズ稚貝の逸散状況

当研究所で種苗生産を行った平均殻長4.7mmのアサリを用いて、試験区を代表して表1に示す杭打区2、投石区3及び対照区に於いて放流試験を実施した。放流は、2004年11月24日に識別が容易となるように事前に試験区ごとにラッカーで色分けしたアサリを用い、各試験区の中央部分（50×50cm範囲）に各々1,500個ずつ散布した。放流後、1、2、4、7、16、30及び61日後に各試験区の任意の5点において直径10cm、深さ5cmの範囲の土砂を採取後、目合1mmの篩でアサリを選別し、個体数を計測した。なお、アサリは計測後、採取場所に再放流した。

また、アサリの逸散方向を把握するため、放流1、2、4及び7日後に各試験区の放流点から東西南北8方向の1、2、3m離れた地点での土砂を同様に採取・選別し、個体数を計数した。

(2) 7mmサイズ稚貝の逸散状況

現場海域で採取しておいた平均殻長7.4mmのアサリを用いて、2005年5月10日に表1に示す7試験区において放流試験を実施した。放流は、識別が容易となるように色分けしたアサリを用い、各試験区の中央部分（1×1mの範囲）に各々5,800個ずつ散布した。放流後、2週間毎に各試験区の任意の10点において直径4cm、深さ5cmの範囲の土砂を採取し、目合1mmの篩で選別後、個体数を計数した。なおアサリは計数後、採取場所に再放流した。

3. 流況・波浪観測調査

杭打区、投石区及び対照区内において、電磁流速計（COMPACT-EM：アレック電子株式会社）をセンサー部分が底面上5cmになるように設置し、2005年5月24日から6月8日（大潮～大潮間）にかけて流況観測を実施した。電磁流速計の観測設定はバースト2時間、インターバル0.5秒の5分間測定（サンプル個数600個）とした。

また、同時に波高計（COMPACT-WH：アレック電子株式会社）を対照区の中央に設置し、波浪観測を行った。波高計の観測設定はバースト30分、インターバル0.25秒の5分間測定（サンプル個数1,200個）とした。

なお、観測結果を用いて次式から得られるシールズ数（ Ψ ）の算出及び解析については、株式会社東京久栄に委託した。

$$\overline{\Psi} = 0.5\Psi$$

$$\Psi = u_*^2 / (\rho_s / \rho - 1) g D$$

$$u_* = \sqrt{0.5f_w u_b^2}$$

ここで、 u_* ：摩擦速度、 $\rho_s \cdot \rho$ ：砂と流体の密度

g ：重力加速度、 D ：底質の中央粒径

f_w ：Jonssonの摩擦係数

u_b ：底層波動流速振幅 を示す。

底層波動流速振幅（ u_b ）は、微小振幅波理論を仮定し、次式で算定した。

$$u_b = \pi H / T \sinh kh$$

ここで、 H ：波高、 T ：周期、 h ：水深

k ：波数（ $2\pi/L$ 、 L ：波長） を示す。

なお、シールズ数とは底質の安定性を示す指標で、底質を動かそうとする流体力と底質の抵抗力の比で表され、数値が大きいほど動かす力が大きい特徴があり、微小振幅波理論とは波長に対して水深が大きく、海底の影響を受けない波を微小振幅波（エアリー波）といい、線形理論で表され、その仮定を用いた理論のことである。また、底層波動流速振幅とは微小振幅波理論を仮定した時の波による流速（波動流速）は1つの波が通過する間にプラス方向とマイナス方向の対称形となるが、その最大値を波動流速振幅といい、水深方向に小さくなる特徴を持つが、その底層での値のことを示す。

4. 底質環境観測調査

2004年5月から'05年11月まで約3ヶ月ごとに粒度組成、強熱減量及び硫化物量の調査を行った。試料はアサ

りの生息深度を考慮し、杭打区、投石区及び対照区の任意の地点から干潮時に深さ5cmの砂泥を採取した。粒度組成はふるい分け分析法、強熱減量は550℃で6時間加熱、硫化物量は検知管により測定した。

また、試験区ごとの地盤高の変化を把握するため、'04年10月に各試験区の中央及び東西南北の5点に直径5mmの鉄棒を底面から15cmの高さになるよう打ち込み、'06年1月に表出する鉄棒の長さを測定した。

結 果

1. 天然アサリの分布・成長調査

各試験区における天然アサリの分布密度の推移を表2に示した。アサリは2005年5月に投石区2で39,000個体/m²と高密度で分布し、その他の試験区でも8,900～20,500個体/m²と高密度で確認された。その後、分布密度は各試験区とも減少し、最終調査日である2006年1月には投石区4が最も高く558個体/m²、対照区が最も低く213個体/m²であった。

対照区の分布密度を1としたときの各試験区の密度の推移を図3に示した。アサリの分布密度は、対照区と比較して各試験区ともに高い傾向を示し、期間中の平均値は杭打区1、杭打区2、投石区1、投石2、投石区3及

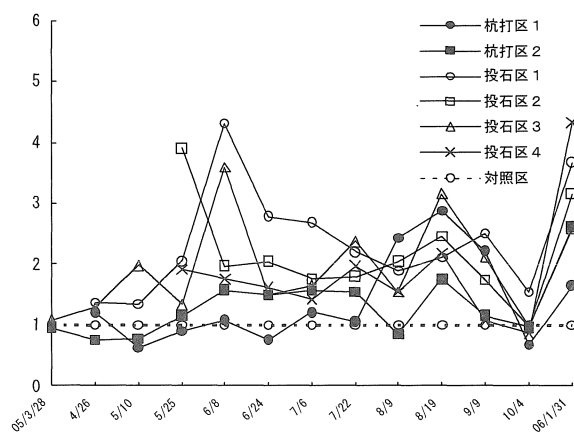


図3 対照区を1としたときの分布密度の比較

表2 天然アサリの分布密度の推移

(単位：個体/m²)

	'05/3/28	4/26	5/10	5/25	6/8	6/24	7/6	7/22	8/9	8/19	9/9	10/4	'06/1/31
杭打区1		13,369	9,193	8,913	5,252	3,581	4,615	2,944	5,013	3,263	1,830	557	213
杭打区2	3,056	8,318	11,485	11,539	7,639	7,082	5,968	4,297	1,751	1,989	955	796	338
投石区1		15,236	19,863	20,499	20,929	13,210	10,265	6,127	3,899	2,387	2,069	1,273	475
投石区2				39,088	9,549	9,708	6,685	5,013	4,218	2,785	1,432	796	408
投石区3	3,438	14,303	29,310	13,369	17,427	7,082	6,287	6,605	3,183	3,581	1,751	796	333
投石区4				19,178	8,515	7,719	5,411	5,491	3,183	2,467	875	716	558

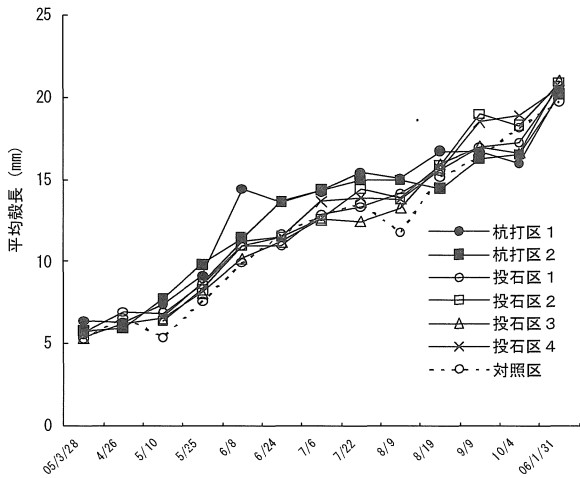


図4 天然アサリの成長

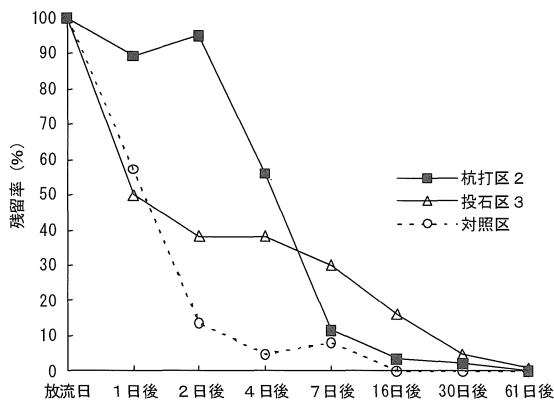


図5 標識アサリ（5 mm サイズ）の残留率

び投石区4で各々1.39, 1.32, 2.37, 2.18, 1.93及び1.86であった。

各試験区における平均殻長の推移は図4に示すとおり、'05年4月で5.3~6.4mmであったものが、調査終了時には19.7~21.0mmまで一様に成長しており、試験区間で成長差は生じなかった。なお、殻長組成の推移から、アサリは主に'04年秋季発生群であったと推察された。

2. 標識アサリの逸散状況調査

(1) 5 mmサイズ稚貝の逸散状況

各試験区における標識アサリの残留率の推移を図5に示した。杭打区2の残留率は放流2日後まで高かったがその後減少し、放流30日後には2.1%となり、調査終了時の61日後には標識アサリは確認されなかった。投石区3の残留率は放流1日後に50%まで減少したがその後は緩やかに減少し、放流30日後には4.7%となり、61日後では0.8%であった。対照区の残留率は放流直後から減少し、放流4日後には4.7%となり、16日以降の調査で

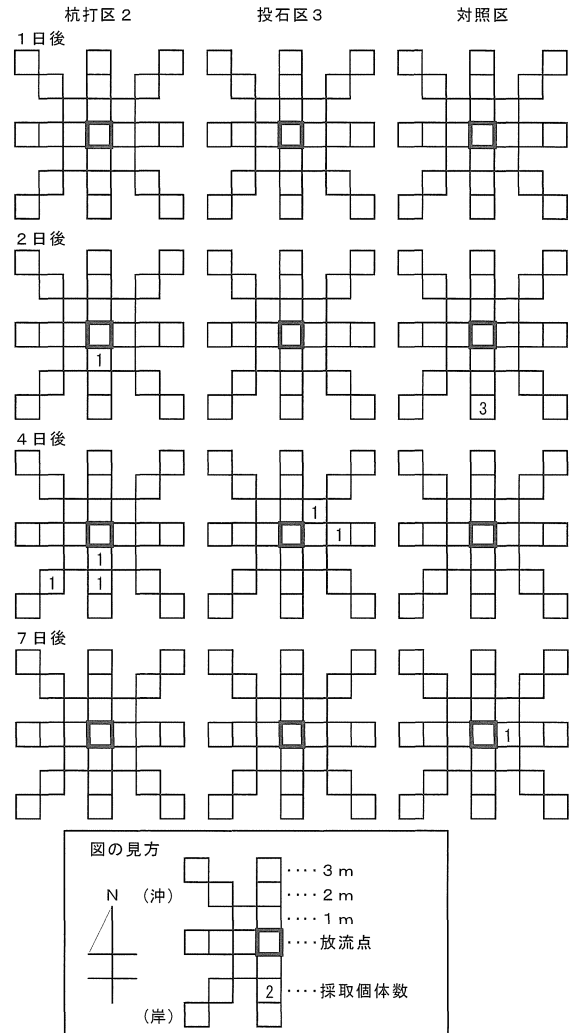


図6 標識アサリ（5 mm サイズ）の逸散状況

は標識アサリは確認されなかった。

各試験区における標識アサリの逸散方向（北が沖，南が岸向き）を図6に示した。標識アサリは放流1日後は逸散が確認されなかったが、2日後に杭打区2及び対照区の南方向で、4日後に杭打区2の南及び南西方向と投石区3の東及び北東方向で、7日後に対照区の東方向で確認された。

(2) 7 mmサイズ稚貝の逸散状況

各試験区における標識アサリの残留率の推移を図7に示した。全ての試験区で残留率は放流後15日までの減少が激しく、その後は穏やかに減少した。即ち、放流後15日の残留率は杭打区1, 杭打区2, 投石区1, 投石区2, 投石区3, 投石区4及び対照区で各々16.5, 38.4, 23.3, 17.8, 26.1, 5.5及び5.5%, 調査終了時の77日後は杭打区1, 杭打区2, 投石区1, 投石区2, 投石区3, 投石区4及び対照区で各々15.1, 12.3, 2.7, 9.6, 1.4, 4.1及び0%であった。

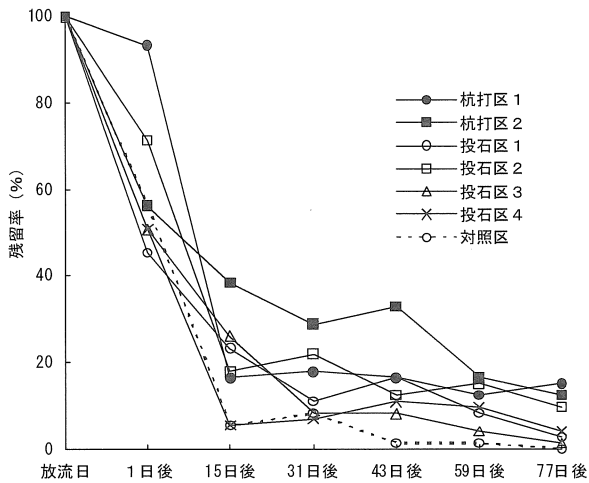


図7 標識アサリ（7mmサイズ）の残留率

3. 流況・波浪観測調査

潮流観測結果（測定機会ごとの5分間平均値）を図8に示した。試験期間中の平均流速は杭打区、投石区及び対照区で各々1.4、1.2及び3.0cm/s、最大は杭打区、投石区及び対照区で各々8.4、8.0及び13.4cm/sであり、対照区と比較して杭打区及び投石区の値が低かった。また、流速が5 cm/sを超えた割合も対照区の15.0%に対して、杭打区及び投石区で各々3.1及び1.9%と大きく減少した。

一方、波浪観測結果および波高から求めたシールズ数算出結果とアメダス中津地点での風データを図9に示した。6月4日から5日にかけて5~7m/sの比較的強い北風が吹き、4日の19時に観測期間中の最大有義波高62cmを記録した。

このときの1時間前の18時（データのバースト時間が120分のため）の0.5秒ピッチ生データを図10に示した。有義波高に対応する実測流速値は杭打区、投石区及び対照区で各々45.4、52.8及び47.9cm/sとなった。また、波の周期に対し測定インターバルが若干粗いものの、波による往復流が明確に観測されており、その流速は最大で50cm/sを超えていた。高波浪時の波浪とそれに伴う流れとの関係については、波高から対照区の底層流速を推定すると、有義波高は55.4cmであるので、計算上の底層流速は約47cm/sとなり、実測流速値の47.9cm/sと流速ほぼ一致したことから、実測された流速は底層流速と考えて良いと判断された。また、各試験区の水深が変わらず、隣接していることから入射波高等の条件は対照区と同じと仮定すると、杭打区では有義波に対応する実測流速値が約5%軽減されていることから、シールズ数の最大値は対照区の0.207に対して、杭打区では0.186となった。

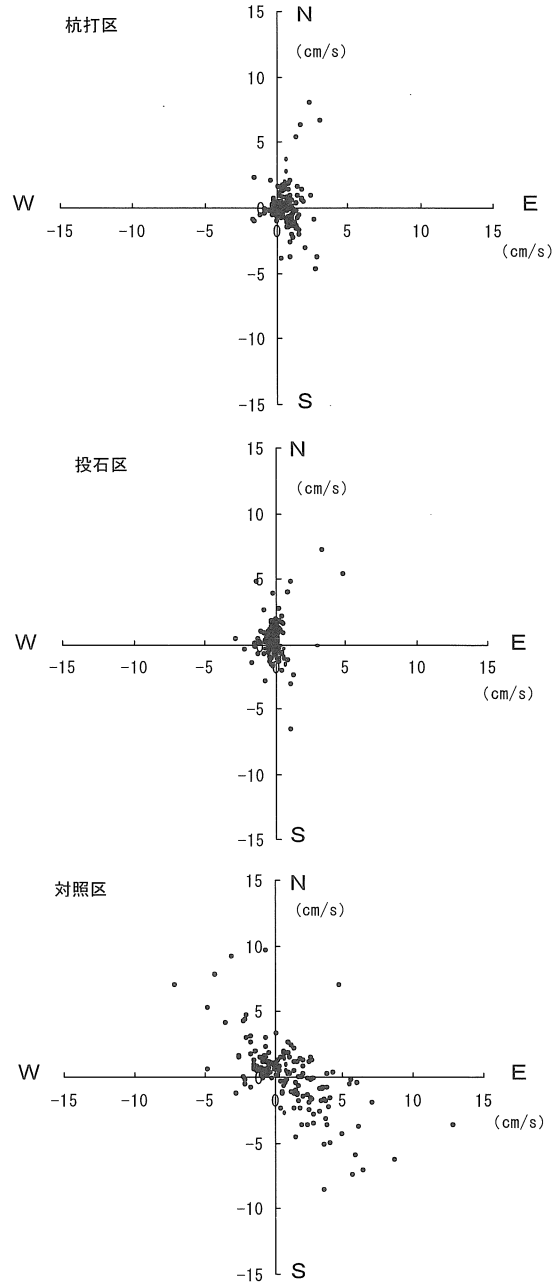


図8 潮流観測結果

4. 底質環境観測調査

中央粒径値は図11に示すとおり、杭打区、投石区及び対照区で各々0.09~0.19mm、0.1~0.19mm及び0.1~0.28mmの範囲で推移し、試験区ごとの粒径値の差や経時変化は確認できなかった。

強熱減量は図12に示すとおり、杭打区、投石区及び対照区で各々1.16~2.15%、0.74~2.12%及び1.2~1.73%の範囲で推移し、試験区ごとの強熱減量の差や経時変化は確認できなかった。

硫化物量は図13に示すとおり、杭打区、投石区及び対照区で各々N.D.~0.02Smg/g、N.D.~0.004Smg/g及びN.D.~0.028Smg/gの範囲であり、すべての試験区で



図9 シールズ数算出結果(対照区)

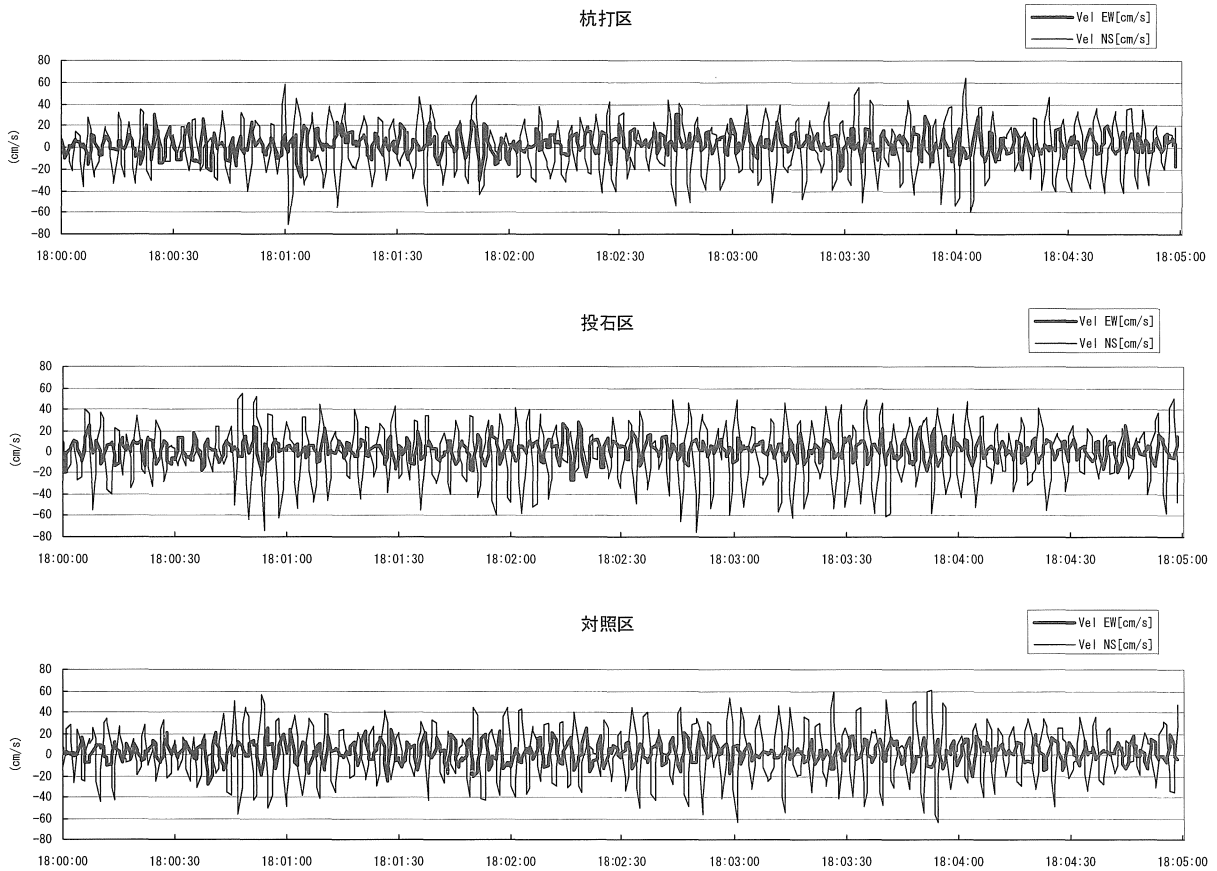


図10 流れの測定結果(6月4日18時)

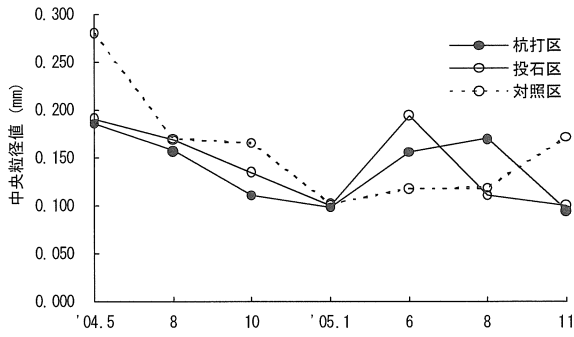


図11 中央粒径値の推移

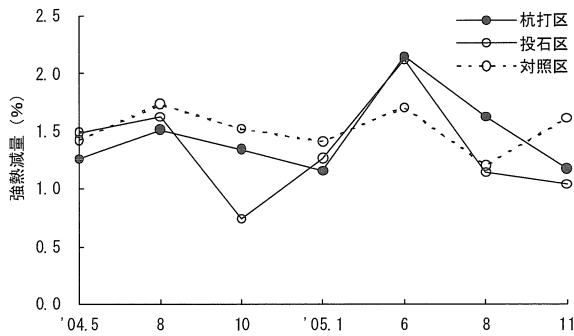


図12 強熱減量の推移

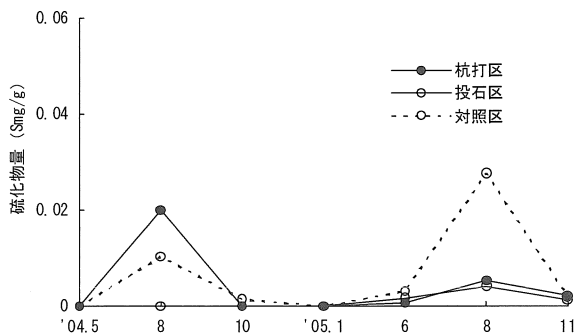


図13 硫化物量の推移

表3 地盤高の変化

	2004.10	2006.1
杭打区	0	+39mm
投石区	0	+24mm
対照区	0	不明(紛失)

水産用水基準に定められた底質汚染の指標となる0.2S mg/gと比較して、極めて低い値で推移した。

地盤高の変化は表3に示すとおり、対照区の鉄棒は紛

失したが、杭打区、投石区ともに15ヶ月後においても砂の堆積は3 cm程度と、ほとんどなかった。

考 察

アサリは波浪等の流れや河川水の流出により受動的に逸散し、^{3) 4)} 生息に不適な場所でへい死していると考えられ、その対策としてかつてから土嚢や杭等の構造物の設置が行われていた。しかしながら、構造物を設置することでアサリへの減耗防止効果がどの程度あるのかといった点や潮流や波浪がどう変化し、それに伴って地盤高や底質環境がどう変化するのかといった点については詳しく検証されていなかったため、それらの解明を試みた。

天然アサリの調査結果から、アサリの生息密度は対照区と比較して杭打区の平均で約1.3倍、投石区の平均で約2.1倍と常に高い傾向がみられたことから、杭打ちと投石の有効性が確認された。また、杭打ちや投石の影響で潮流が抑制された結果、泥が堆積して底質悪化や地盤高の上昇を招くことが懸念されたが、底質環境調査からアサリの成長に影響を与える底質や地盤高の変化は認められなかった。さらに、試験区間での成長差が観察されなかったことから、杭打ちや投石はアサリの成長を阻害しないことが確認された。

標識アサリを用いた逸散状況調査では、近年のアサリ不漁の端緒である微小稚貝の減耗に焦点をあて、その原因の解明を試みた。アサリの残留率は各試験区ともに対照区と比較して常に高い傾向がみられ、一定の効果が確認されたが、5 mmサイズ稚貝では放流7日後、7 mmサイズ稚貝では放流2週間後と、試験区に限らず残留率は短期間で大幅に減少した。また、柴田⁵⁾による東京湾の盤洲干潟での報告と同様、アサリ稚貝は沖から岸に向かって移動することが明らかとなった。このため、アサリ稚貝の逸散を長期的に抑制するためには施設に改良を加え、主に岸に向かっての稚貝移動を防止する方策を講じる必要がある。

アサリ稚貝の逸散の要因として想定される潮流や波浪の観測結果をみると、潮流については杭打区と投石区は対照区と比較して残差流が半減されており、杭や投石の設置に伴う流速抑制効果が明瞭に確認された。しかしながら、観測された残差流は最大で13.4cm/s、その殆どが5 cm/s以下と小さく、また潮流の影響による振幅も小さかったことから、吉富干潟においては通常時の潮流や吹送流等による流れは極めて弱く、これらがアサリ稚貝移動の主要因とはならないと判断された。



写真3 石に付着したアサリ

一方、波浪観測結果から、最大有義波高は沖から岸へ向かう強風時（5～7 m/s）に62cmを記録した。また、波による往復流が明確に観測され、その流速は最大で50 cm/sを超えていた。したがって、当海域では潮流、残差流による流れと比較して、高波浪時の波による波動流速の方がきわめて大きいと判断できた。

これらから、吉富干潟域では底層の流れは通常は弱い状態であるが、波浪が発達した場合には波浪に伴うかなり強い流れが生じ、それがアサリの逸散に強い影響を及ぼす特徴があることが分かった。

高波浪時の状況を試験区別にみても、杭打区ではシールズ数が対照区での最大0.207に対して、0.186と軽減されていた。柿野⁶⁾は、シールズ数が0.2程度以上になると砂の移動によるアサリの冬季減耗が発生すると報告しており、今回の結果から、杭を設置することで底層流速が抑制され、結果的に底面が安定することでアサリの逸散が防止できることが分かった。

一方、投石区では、観測結果（底面から5 cm上）から波を抑制する効果はみられなかったが、アサリ稚貝は足糸で石等に付着したり（写真3）、石の裏に隠れたりして逸散を免れていたことが観察された。また、石と石の隙間に流速の小さい場所が発生したり、石が表面を覆うことで砂の動きが抑制されることが考えられ、投石の逸散防止効果を判断する際には、これらの効果についても考慮が必要である。

このように、杭打ちと投石を行うことで一定のアサリ減耗防止効果が確認されたが、当干潟でのアサリ逸散の主要因である波動流速を大幅に減少させる効果まではみられなかった。

以上の結果を踏まえると、効果的にアサリ稚貝の逸散を防止するには、波浪を抑制するために杭打ちや投石の配置法や密度等について改良を加えたり、必要に応じて新たな構造の波浪抑制施設を設置することが有効であろう。

要 約

- 1) 福岡県吉富干潟で、杭打ちと投石によるアサリ稚貝の逸散防止効果の検証を試みた。
- 2) 天然アサリの生息密度は杭打区、投石区ともに対照区と比較して高い傾向がみられたことから、杭打ちと投石の有効性が確認された。
- 3) 杭打ちや投石による底質や地盤高の変化は特に認められず、アサリの成長阻害は生じなかった。
- 4) 5 mm及び7 mmサイズの微小稚貝の標識放流結果から、杭打ち、投石ともに逸散防止効果が確認されたが、アサリ稚貝は沖から岸に向かって移動し、残留率は短期間で大幅に減少した。
- 5) 杭打ち、投石ともに潮流（残差流）を減少させる効果があることが分かった。
- 6) 吉富干潟においては、通常は潮流、吹送流は極めて弱いですが、波浪が発達した場合には波浪に伴うかなり強い流れが生じ、それがアサリの逸散に強い影響を及ぼす特徴があることが分かった。
- 7) 杭打区では、シールズ数が対照区での最大0.207から0.186へと軽減されたことから、底層流速が抑制され、結果として底面が安定することでアサリの逸散が防止できることが分かった。
- 8) 投石区では、底面から5 cm上の流況からでは波を抑制する効果はみられなかったが、アサリ稚貝は足糸で石等に付着したり、石の裏に隠れたりして逸散を免れていることが分かった。
- 9) アサリ稚貝の逸散を防止するためには、高波浪時の波動流速を抑制するために杭打ちや投石のやり方について改良を加えたり、必要に応じて新たな構造の波浪抑制施設を設置することが有効である。

文 献

- 1) 長本篤・上妻智行・中川清・佐藤利幸・江崎恭志：吉富地先における秋季のアサリ放流適地の選定。福岡県水産海洋技術センター研究報告，第14号，113-118（2004）。
- 2) 長本篤・上妻智行・江藤拓也・佐藤利幸：冬季におけるアサリの減耗要因と減耗防止効果。福岡県水産海洋技術センター研究報告，第15号，61-64（2005）。
- 3) 木曾亮・古川厚：アサリの非移動性について。日水誌，18（12），738（1953）。
- 4) 柿野純・鳥羽光晴：千葉北部地区貝類漁場におけるアサリ資源の特性について。千葉県水産試験場研究報告，第48号，59-71（1990）。

- 5) 柴田輝和：東京湾盤洲干潟におけるアサリ稚貝の着底と成長，生残．千葉県水産研究センター研究報告，第3号，57-62（2004）．
- 6) 柿野純：東京湾盤洲干潟におけるアサリの減耗に及ぼす波浪の影響に関する研究．東京大学学位論文（2000）．