

アサリ育成漁場の環境特性

石岡 宏子*¹・浜口 昌巳*¹・薄 浩則*¹・立石 健*²
山本 翠*³・井手尾 寛*⁴・岩本 哲二*⁵

Environmental Characteristics of Fishery Grounds for the Short Necked Clam, *Ruditapes philippinarum* (Adams et Reeve)

Hiroko Ishioka*¹, Masami Hamaguchi*¹, Hironori Usuki*¹, Takeshi Tateishi*²,
Midori Yamamoto*³, Hiroshi Ideo*⁴, and Tetsuji Iwamoto*⁵

Abstract The environmental characteristics of fishery grounds were surveyed 4 times a year from 1992 to 1994 during the ebb tide in Hiroshima Bay and in the Inland Sea area of Yamaguchi Prefecture, to evaluate the productivity of the clam, *Ruditapes philippinarum*.

Temperature, salinity, dissolved oxygen content and pH of exuded water, particle size distribution of the substrata, total sulphide content, ignition loss, chlorophyll-a content and pheo-pigment content of the soil were determined. Artificially produced and marked clams of about 10 mm size in shell length were released in each fisheries ground simultaneously in 1993 and in 1994. The growth and survival rates of the released clams were estimated to evaluate clam productivity in each fishery ground. Also the faunal composition of the benthos at each station where the clams were released was examined visually using animals retained on 5 mm mesh filter.

The survival and growth of released clams were comparatively high in the fisheries grounds where the substratum was not disturbed by wave and wind action and maintained an equilibrium between influx and outflux of materials of primary production, although, judging from environmental characteristics, they are basically eutrophicated tidal flats. On the other hand clams disappeared by several months after release in the other fisheries grounds, although growth was not significantly reduced compared to the populations in the former fisheries grounds. Reasons for this include that the current frequently disturbed the bottom substratum and repeated renovations of substratum surface resulted the relative increase of chlorophyll-a content.

We speculate that the optimal manner of management of clam resources will depend on the environmental characteristics of each fisheries ground. Management should be focussed on the environmental conditions of the fishery grounds in the eutrophicated and more stagnant fields, and stock management would be most useful in sandy beach type fishery grounds.

Key words: short necked clam, environmental characteristics, clam fisheries ground, tidal flat

1999年2月26日受理 (Accepted on February 26, 1999)

瀬戸内海区水産研究所業績 A 第2号 (Contribution No. A 2 from National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea)

*¹ 石岡宏子・浜口昌巳・薄 浩則: 瀬戸内海区水産研究所 〒739-0452 広島県佐伯郡大野町丸石2-17-5 (H. Ishioka, M. Hamaguchi, and H. Usuki: National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, 2-17-5 Maruishi, Ohno, Saeki, Hiroshima 739-0452, Japan)

*² 立石 健: 山口県内海水産試験場 〒754-0893 山口県山口市秋穂二島437-77 (K. Tateishi: Yamaguchi Prefectural Naikai Fisheries Experimental Station 437-77 Futashima, Aio, Yamaguchi, Yamaguchi 754-0893, Japan)

*³ 山本 翠: 山口県栽培漁業公社 〒754-1101 山口県吉敷郡秋穂町東5179 (M. Yamamoto: Yamaguchi Prefectural Sea Farming Public Corporation, 5179 Higashi, Aio, Yoshiki, Yamaguchi 754-1101, Japan)

*⁴ 井手尾寛: 山口県外海水産試験場 〒759-4106 山口県長門市仙崎山神2861-3 (H. Ideo: Yamaguchi Prefectural Gaikai Fisheries Experimental Station, 2861-3 Yamagami, Senzaki, Nagato, Yamaguchi 759-4106, Japan)

*⁵ 岩本哲二: 山口県外海栽培漁業センター 〒759-4107 山口県長門市通黒瀬 (T. Iwamoto: Yamaguchi Prefectural Gaikai Sea Farming Center, Kurose, Kayoi, Nagato, Yamaguchi 759-4107, Japan)

全国のアサリ漁獲量統計では、1960年代以降年間10万トン以上の生産があげられるようになり、1983年には約16万トンのピークに達した。その後減少の傾向に転じたが、特に1987年以降の減少は著しく、1992年には最盛時の約37%に、また、1996年には約27%程度まで落ち込んでいる。これは、主として、全生産量の約2/3を占めていた西日本海域での生産量の低下によるものである。瀬戸内海でも全体的に生産量は減少しているものの各県毎にその程度は大きく異なり、山口県、福岡県、大分県のように元来生産量の多かった県での減少が著しい。

漁獲量減少に係わる要因を考える際、特に漁場環境との関係を問題にする際には、アサリの生活史を考慮する必要がある。浮遊生活期と潜砂生活期を区別して評価しなければならない。本研究では主に着底後潜砂生活期のアサリを対象に、養成に関する漁場環境の影響を明らかにすることを目的とした。そこで広島県と山口県のアサリ養殖漁場の漁場環境の比較検討を行うこととし、漁場底質環境調査とアサリ放流調査を同時に行い、各漁場の特性とアサリの成長・生残との対応関係を考察した。

調査方法

1. 調査地点

アサリ漁場として実際に利用されている瀬戸内海西部の5干潟漁場に42の調査地点を設定した。そのうちわけは、山口県佐波川河口域漁場15地点、山口県東岐波漁場6地点、山口県戸田漁場6地点、広島県大野町前浜漁場5地点、広島市佐伯区八幡川漁場10地点である (Fig. 1)。漁場内の各地点には杭を打ち込み、放流や底質調査は各杭の周辺で行った。

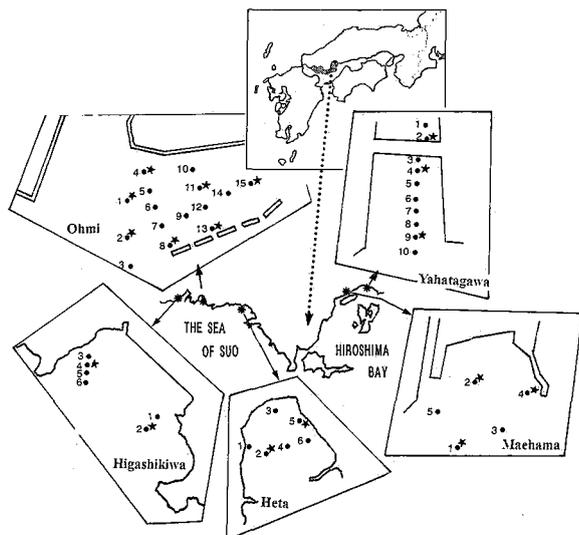


Fig. 1. Location of the sampling sites and schematic drawings of the fisheries grounds in the western Seto Inland Sea. (●: Station, ★: Station where clams were released.)

2. 調査目的と調査内容

本研究ではアサリが生育する干潟の特性を放流アサリの生残と成長を指標として評価することを目的に、漁場環境調査と生態調査の2種類の調査を実施した。漁場環境として、干潟底質の物理化学的性状、および底泥中のクロロフィル a およびフェオ色素量の調査を行った。生態調査では種苗生産したアサリの放流・追跡調査に加えて、アサリの競合種や捕食種の生息状況を知るために放流定点での動物相調査を行った。調査項目と調査内容は Fig. 2 に示した。

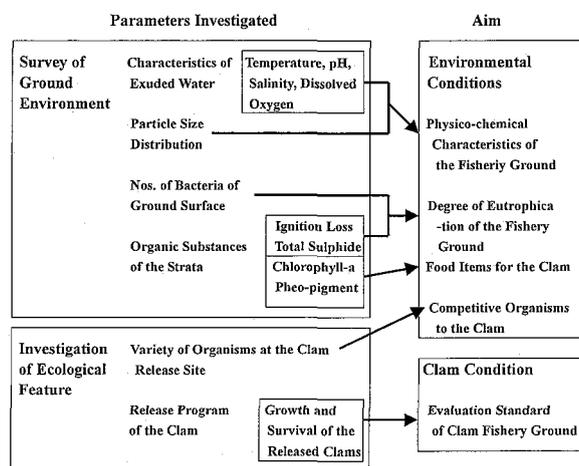


Fig. 2. Outline of the parameters investigated for the evaluation of fishery ground for short necked clam.

(1) 漁場環境調査

底質調査は1992年から1994年まで、原則として年4回、大潮干出時に行った。各定点で内径 5.5 cm のコアサンプラーを用い、表層から 10 cm 深までの底泥を採集し、分析に供するまで -30°C に保存した。保存した底泥は解凍後、検知管方式による硫化物量の測定、およびローレンツェン法によるクロロフィル a 量、フェオ色素量の定量に供し、一部の試料は水分含量を定量後、 550°C の強熱減量を求めた。また、定点の近辺に穴を掘り、間隙水について水位、水温、塩分、酸素量、pH を簡易計測器具により測定した。水温と塩分はシナール社塩分濃度計 NS-3P、溶存酸素量は笠原理化学工業株式会社 KDD-225S 型 DO メーター、pH はヨコガワ社 pH81 型 pH メーターを用いた。なお、山口県戸田漁場に関しては計測器数不足のため間隙水の調査を行わなかった。底泥粒度組成の測定は常法 (日本水産資源保護協会 1980) により行った。また、各定点での表層の底泥を数 mm 深程度すくい取り、滅菌海水で希釈した後、海水で調整したハートインフュージョン (日水製薬、以下 HI 培地) および今井 (1987) の海水培地 (以下 SWA 培地) で培養し、MPN 法により底泥 1 g 当たりの細菌数を求めた。貧

栄養細菌はSWA培地で増殖する細菌、富栄養細菌はHI培地で増殖する細菌とした。

(2) 生態調査

山口県内海水産試験場で種苗生産され、さらに中間育成されたアサリに標識として着色ラッカーを吹き付け、5漁場に放流した。放流地点は1992年度の底質調査結果からその漁場を代表する場所を定点として選択した。これらはFig. 1に★印で示した。

放流は定点を中心に半径75 cmの円を描きこの中に均一になるように分散させた。放流は1993年、1994年の2回行い各1年間追跡した。放流密度は1993年は849個/m²、1994年は633個/m²であった。放流貝と各定点の動物相調査のため、年間4回採集を行い、第1回目は半径75 cmの円の北から1/4、深さ15 cmの底泥を採集し、順次時計回りで調査した。採集にあたっては、底質を構成する基質粒径の違いから、大海湾、東岐波、八幡川漁場では2 mm目の篩、戸田漁場、前浜漁場では5 mm目の篩でアサリを含む動物を採集し、種の同定と、個体数の算定を行った。この調査では深さ15 cm、面積4416 cm²の底質を採集し、5 mmの篩に残った動物を対象としたため環形動物群を始め小型ベントスの現存量に関して過小評価されている。

(3) データ解析

漁場環境調査および生態調査結果については必要な統計処理をEXCEL統計(エスミ社)によって行なった。また、漁場環境特性を明確にするためにデータの集計、分類、変換等を行なった後、主成分分析に供した。計算はEXCEL多変量解析(エスミ社)によって行なった。

結 果

1. アサリ育成漁場の底質環境

1) 漁場の物理化学的特性

(1) 干潟間隙水の特異性

干出時の干潟を掘り起こして侵出してくる間隙水の水温、塩分、溶存酸素量、pHの各定点の最高値、平均値、最低値をFig. 3に示した。

水温：間隙水の水温は季節変動を反映し、夏期に高水温となり、冬期を経て3月に最低水温を示す傾向は全定点に共通していたが、1993年の夏期水温は測定したどの定点でも低い傾向にあり、この年の大量降雨の影響と判断した。定点毎の比較では東岐波で1992年、1993年、1994年の5月、6月、8月の水温が他漁場を含めた全定点の平均値より高く、秋、冬の水温はやや低い傾向が認められた。また、比較した4漁場間では大海湾、東岐波漁場で季節による温度の変動が大きい傾向があった。

塩分：1993年は夏季の降雨の影響が大きく、測定したどの定点でも8月の塩分の値は他の2年と比較して低い値

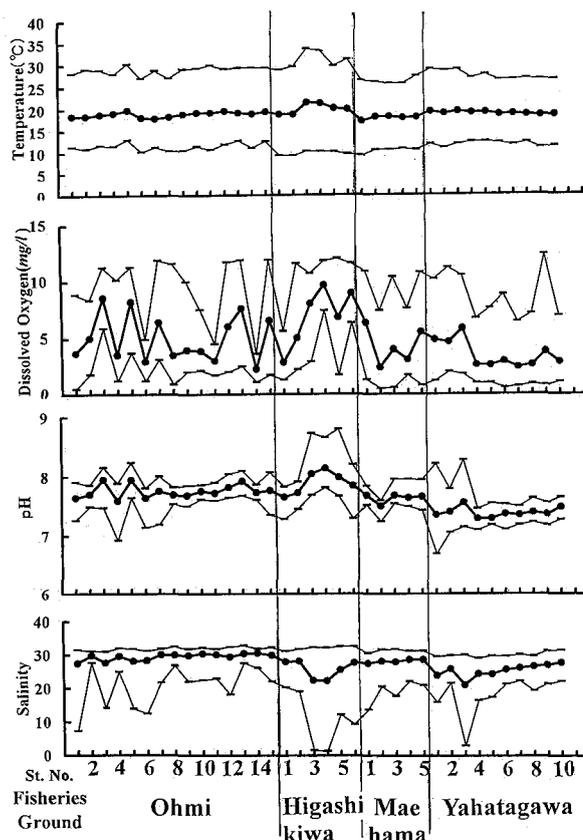


Fig. 3. Physical and chemical characteristics of the exuded water at each station (solid circles: average values, horizontal bars: maximum and minimum values for all seasons from Aug. 1992 to Oct. 1994)

を示した。大海湾漁場では、佐波川に近く、時に低塩分を示す定点もあるが、平均塩分に関しては定点間での差は比較的小さく安定した値で推移した。東岐波漁場では定点毎の変動幅が大きい、これは大きい川はないものの定点線上に2本の小河川からの淡水流入があり、その流路が常に変化するためと思われる。八幡川漁場は上流に近いほど河川水の影響を受け、低い値と大きな変動幅を示す傾向にあるが、沖合いに向かうほど値は高くなり、変動幅も小さくなった。

溶存酸素量：全体を通しては、1993年3月、1994年3月の溶存酸素量値は高く、1992年8月、10月、1993年8月、10月、1994年10月の夏、秋は低い値を示す傾向にあった。溶存酸素量の変動幅は各定点とも極めて大きかったが、水温の季節変化にみられるほど顕著な季節変動傾向は認められなかった。大海湾の定点6、11、14は常に低い値を示し、単純に地盤高だけでは説明できない間隙水が滞留するポイントが散在する漁場であることが示唆された。

pH：間隙水のpH値には季節変化は認められず、むしろ各漁場毎の特徴が顕著であった。東岐波漁場の定点3～5では常に高い値を示し、八幡川漁場の定点4～9では

常に低い値を示した。大海湾漁場内では佐波川に近く地盤高の高い定点4～7、八幡川漁場では川の上流に近い定点1～3でpH値の変動幅が大きかった。pH値は河川水など陸上からの流入水の影響を大きく受けていると考えられた。

これらの各測定項目は干出時に行ったため測定時間の影響を受けていたものの各漁場間で特徴的な差異が認められた。それらから、各漁場の物理化学的性状をまとめると、大海湾は漁場内に間隙水の滞留しやすい区域、河川水の影響を受けやすい区域等が入り交じり、かつ温度変動の大きな漁場であり、東岐波は気温や陸からの淡水流入の影響により季節変動が極めて大きい漁場、前浜は狭いが他の漁場と比較すると、気候の影響が小さく、季節変動がそれほど大きくない漁場、八幡川は川の中の漁場であるため当然河川水の影響は大きい河口域では沖合い海水の影響を直接受けて安定した間隙水性状が維持される漁場と判断された。

(2) 粒度組成

1993年3月に採集した底泥から求めた粒度組成を各漁場毎に定点の平均値によってFig. 4に示した。漁場によって底泥の粒度組成は大きく異なっていた。

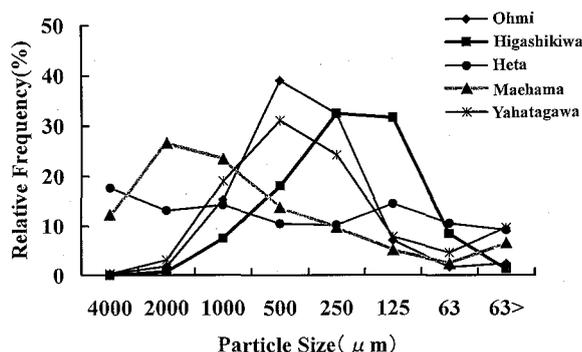


Fig. 4. Particle size distribution of the substrata at each fishery ground (average values for all stations at each fishery ground in March 1993).

大海湾漁場：定点1, 6, 9, 11, 12, 13では、250 μm～1,000 μmの成分が70～90%を占める台形分布を示した。定点2は500 μm～1,000 μmに33.7%のピークを持ち、500 μm以上の粒度成分の割合が全体の70%以上を占めた。定点3, 5, 7, 8, 10, 15は500 μm～1,000 μmの成分が50%程度を占めた。定点4は250 μm～500 μmに27.3%の単一ピークを持つが、250 μm以下の成分が約70%と高い値を示した。

東岐波漁場：250 μm～125 μmの細砂が中心の漁場であり、すべての定点で63 μm以下の成分の割合は2.0%以下であった。定点間での粒度組成は大きく異なり、定点1, 2は125 μm～250 μmに大きなピークを示し、定点3～6では、250 μm～500 μmにピークのある組成を示した。

戸田漁場：4,000 μm以上の粒度成分の割合が全体の組成の中で著しく高く、同時に63 μmより小さい成分の割合も全定点で6%以上と高いのが特徴的であった。この他定点2, 4, 6では125 μm～500 μmの範囲の成分がやや多く小さなピークを形成した。

前浜漁場：全定点で500 μm以上の粒度成分が全体の70%以上を占めていた。また、定点1～4では63 μm以下の成分が7%前後を占めていたが、定点5は川傍で、この成分の割合は2.8%と比較的少なかった。

八幡川漁場：川の中に入り込んだ漁場である故か、定点1から定点10に向けて粒度組成の変化は著しい。定点1では2,000 μm～4,000 μmの範囲にピークがみられ、63 μm以下の成分が極めて少なかった。定点2, 3は1,000 μm～2,000 μmの成分の割合が27～30%と高く、1,000 μm～2,000 μm, 500 μm～1,000 μm, 250 μm～500 μmの成分が20%前後の台形状を示した。定点4～8は500 μm～1,000 μmをピークにその前後の成分で70%を占める組成となっていた。定点9, 10は500 μm～1,000 μmと250 μm～500 μmの成分で全体の60%以上を占めていた。また、定点4から定点9にかけて63 μm以下の成分が全体の7～10%を占める泥質となっていた。このように八幡川では上流から下流にむかって細粒化の傾向が認められた。

全体的にみると大海湾、東岐波漁場は比較的特定の粒径の成分の割合が高く、前浜、戸田漁場では大きい粒径から小さい粒径まで広い粒径範囲分布を示した。

(3) 漁場底質の有機物環境

各漁場、各定点の全分析結果の最大値、平均値、最小値をFig. 5に示した。

強熱減量：表層10 cmの底泥の強熱減量は採集時期によって変動はあるが、明瞭な季節変動は認められず、各漁場毎の特徴が強く示された。全体を通してみると、戸田漁場次いで前浜漁場の強熱減量が高かった。八幡川漁場は、上流寄りの定点1～3は低い値を示すものの、下流に近づくほど増加し、定点9, 10に至って再び低下する傾向が認められた。大海湾、東岐波漁場共に低い値の傾向は共通していたが、大海湾の定点4, 6, 9では、季節により著しく高い値を示した。

硫化物量：ほとんどの定点で最低値は0を示した。また、全調査を通して1992年10月時の底質硫化物量が少なかった。調査した漁場の定点の中では東岐波漁場の値が低く、1992年8月を除いて0に近い値で推移した。最大値は大海湾漁場の定点4で1993年8月に1.571 mg/gであった。次いで同漁場定点6の0.8206 mg/g (1993年11月)であった。この2定点以外ではすべて0.4000 mg/g以下の値で推移した。このように大海湾漁場は全硫化物量の極めて多い地点と0の値を示す地点が混在し、季節的にも定点間での傾向が異なるのが特徴的であった。東

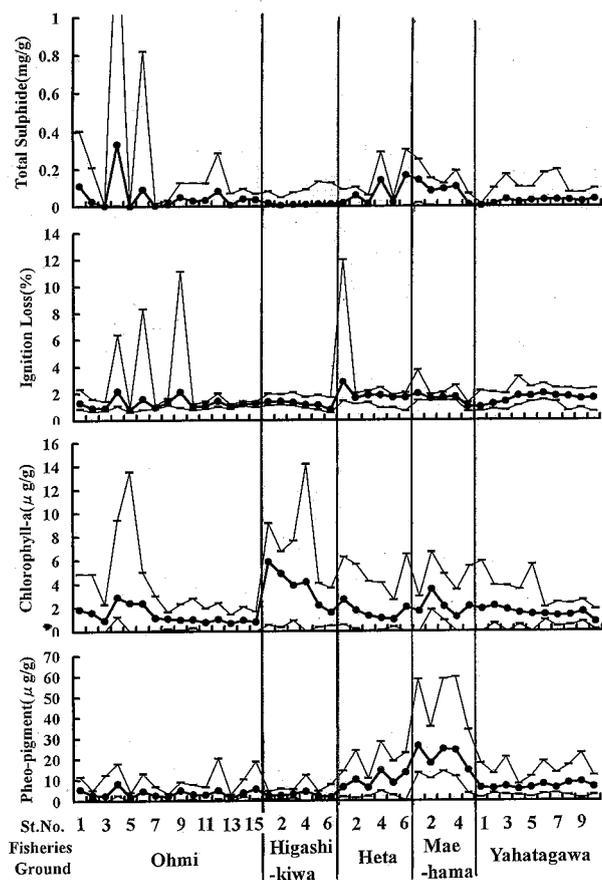


Fig. 5. Levels of organic matter in the sediment at each station. Symbols are the same as in Fig. 3.

岐波漁場はどの定点も常に低い値を示し、少なくとも表層から 10 cm までの底泥に還元層が形成される条件はないと判断された。戸田漁場では定点 4, 6 での変動が大きかった。前浜漁場は全漁場の中では平均的に高い値を示した。八幡川漁場は川の中の漁場であるにも拘わらずやや高い硫化物量を示し、底泥に還元層が形成される条

件があるものと判断された。

クロロフィル a 量：底泥のクロロフィル a 量に関しては顕著な季節変動は認められなかったが、1994年 8 月、10 月はこの漁場についても各定点で高い値を示した。表層より 2 cm までの底泥のクロロフィル a 量分析結果では、前浜、八幡川漁場の値が高く、次いで東岐波、大海湾、戸田という順序であった。しかし、底泥 10 cm までの試料の分析値では、東岐波、前浜、戸田、八幡川、大海湾という順序であった。東岐波では表層 2 cm と表層 10 cm 分析値の差が極めて小さいことが特徴的であった。フェオ色素量：この成分に関しても季節変動は認められなかったが、1994年 8 月、10 月の値は全漁場で高い傾向を示した。また、漁場間の比較では、前浜、戸田漁場の値は常に高く、次いで、八幡川漁場、大海湾漁場となっていた。東岐波漁場は常に低い値を示した。

これらの底泥の有機物の分析結果から各漁場の特徴を以下のようにまとめる事が出来た。クロロフィル a 量の値が極表層と、表層から 10 cm 深までの値で差がないことから、微細藻類が着生する基質の安定性が低い傾向にあると考えられること、また、フェオ色素のように分解過程と考えられる成分が他漁場と比較して相対的に少ないことから、東岐波は極めてきれいな漁場で、微細藻類の繁殖が活発に行われるが、生産されたものが滞留する条件のない漁場と考えられた。大海湾は東岐波漁場と類似しているが、定点によっては滞留が著しく、極端な還元層形成もあり得るといふ、有機物条件の異なる定点が混在する漁場、戸田は有機物成分が滞留し易い漁場、前浜は微細藻類の生産も盛んであるが、同時に滞留条件もある漁場、八幡川は東岐波、大海湾と前浜、戸田漁場との中間的有機物条件を持つ漁場であると判断された。

(4) 底泥表層細菌数

結果を Fig. 6 に示した。SWA 培地の細菌（貧栄養細菌群）数はほとんどの定点において HI 培地の細菌（富

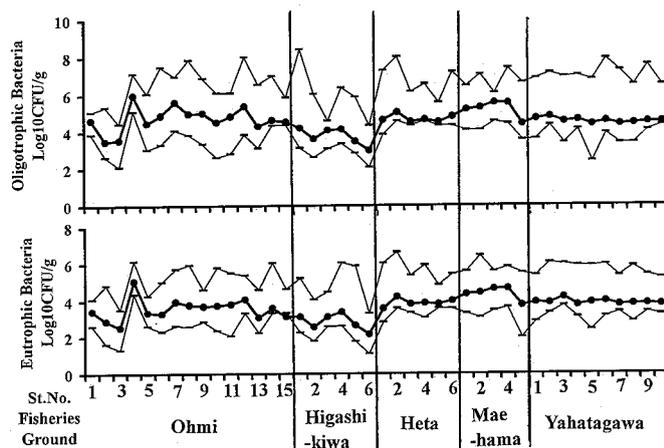


Fig. 6. Number of bacteria in the sediment at each station. Symbols are the same as in Fig. 3.

栄養細菌)数より10倍から1,000倍多かった。全漁場の全定点に共通しているのは貧栄養, 富栄養細菌数共に1994年10月の値が測定した値の最高値を示したことであった。また, 漁場間で比較すると, どちらの種類の細菌も東岐波漁場では常に少ない傾向が認められた。

大海湾漁場では細菌数は定点毎の差が大きいのが特徴的であった。貧栄養細菌は定点12で最高値を記録し, 次いで定点8, 6, 4と続いた。富栄養細菌は定点4で高く次いで定点14, 8であった。定点4は常に両種類の細菌数が多く, 定点3は常に低い傾向を示した。他の定点は採集時期毎の変動が大きかった。

東岐波漁場は全体的に細菌数は少なかったが, この漁場における1994年10月の値が他の時期の値と比べて著しく高いのが特徴的であった。

戸田漁場, 前浜漁場は細菌数ではよく似た傾向を示し, どの定点でも両細菌数は高く推移した。

八幡川漁場は大海湾漁場と同様に, 定点, 採集時期毎の細菌数の変動が大きかったが, 季節あるいは川に対する相対的な位置との関係において一定の傾向は認められなかった。

2. 生態調査結果

1) 標識アサリの生残と成長

再捕した標識アサリの例を Fig. 7 に示した。ほとんどの貝でラッカーの色は1年後にも確認でき, さらに図示されるように全体の色素が不明な場合にも傷害輪が明確であるため, わずかに残る色素と傷害輪の両方から標識放流貝であるとの判断が可能であった。



Fig. 7. Recovered clams with paint marks at about 4 months after release.

Table 1. The number of released clams sampled from a quarter of the area where artificially produced clams had been released at each station. The initial number of clams was 375 in 1993 and 275 in 1994 at each quarter of each station

Days after releasing	1993					1994					
	0	31	134	218	356	0	30	60	105	164	
Ohmi ST.	1	375	179	0	0	0	275	79	17	2	0
	2	375	17	0	0	0	275	77	3	1	0
	4	375	220	0	0	0	275	—	166	8	0
	8	375	29	1	1	0	275	1	0	0	0
	11	375	235	5	9	2	275	55	62	3	0
	13	375	2	0	0	0	275	0	0	0	0
	15	375	230	0	0	0	275	1	0	0	0
TOTAL	2625	912	6	10	2	1925	213	248	14	0	
Higashi -Kiwa ST.	2	375	108	0	0	0	275	123	94	6	0
	4	375	213	0	0	0	275	175	60	19	9
	TOTAL	750	321	0	0	0	550	298	154	25	9
Heta ST.	2	375	146	78	134	10	275	148	41	57	47
	5	375	173	83	56	4	275	142	60	39	7
	TOTAL	750	319	161	190	14	550	290	101	96	54
Maehama ST.	1	375	164	48	49	27	275	267	163	77	32
	2	375	275	114	230	254	275	257	213	170	232
	4	375	249	234	83	137	275	285	140	63	66
	TOTAL	1125	688	396	362	418	825	809	516	310	330
Yahata -gawa ST.	2	375	75	—	0	0	275	81	70	60	73
	4	375	318	—	0	0	275	135	103	62	79
	9	375	314	—	24	31	275	52	29	9	3
TOTAL	1125	707	—	24	31	825	268	202	131	155	

(1) 放流アサリの生残

放流アサリの各定点における生残の経過を Table 1 に、各漁場毎の生残率の変化を Fig. 8 に示した。ここでいう生残率は放流地点における放流貝に対する再捕貝の個体数であり、厳密には「逸散」も含んだ概念である。

放流地点での生残の最も良い漁場は広島県の前浜漁場

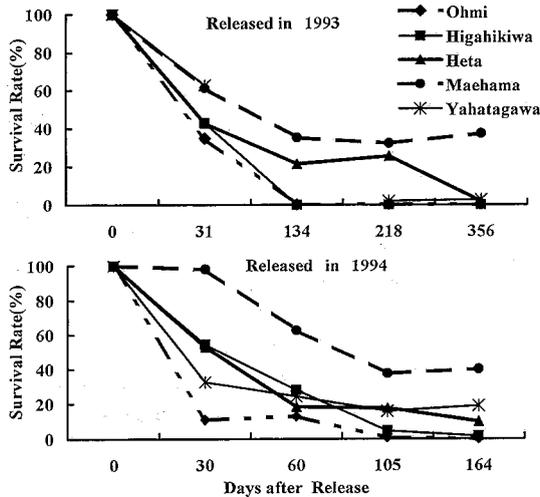


Fig. 8. Survival rates of released clams at each fishery ground.

であった。次いで山口県の戸田漁場、生残が悪いのは、大海、東岐波漁場であった。

1993年は夏から秋にかけて長期に豪雨が続き、1994年は高温少雨で推移した年であったが、各漁場の生残の傾向は1993年、1994年共に類似していた。ただし、前浜漁場では1994年の初期生残（最初の1カ月）が極めて高いのが異なる点であった。

各漁場内での定点毎の生残は Table 1 に示されるように漁場によって様相が異なった。大海湾では、定点11で比較的長期にわたって生残が認められたものの、最終的には放流全地点で消失した。東岐波漁場は最終的にはいずれの定点でも生残は確認出来なかった。その消失の過程は定点4が他定点に比べて穏やかであった。山口県内では戸田漁場が比較的生存率の高い漁場であり、放流した2定点間の減耗状況に大きな差は認められなかった。広島県内の前浜漁場では、定点2の生存率が著しく高かった。同じ広島湾内の八幡川漁場では、年毎の変動が大きく定点毎に一定の傾向は把握できなかった。

(2) 標識放流アサリの成長

各漁場の各定点の放流アサリの殻長での成長過程を Table 2 に、また、漁場毎の平均成長率を Fig. 9 に示した。

Table 2. Growth of released clams at each station (average shell length in mm)

Days after releasing	1993					1994					
	0	31	134	218	356	0	30	60	105	164	
Ohmi ST.	1	10.7	12.8	-	-	-	12.5	14.3*	16.9	21.9	-
	2		16.9*	-	-	-		15.2	17.1	25.6	-
	4		13.7	-	-	-		-	16.9	20.8	-
	8		14.1	27	22.7	-		11.3	-	-	-
	11		13.5	21.9	24.6	25.2		15.2	18.3*	22.8	-
	13		12.3	-	-	-		-	-	-	-
	15		13.2	-	-	-		13.2	-	-	-
TOTAL	10.7	13.4	22.8	24.4	25.2	12.5	14.8	17.3	21.7	-	
Higashi -kiwa ST.	2		14.3*	-	-	-		13.8	14.9	15.9	23
	4		12.9	-	-	-		14.4*	16.3*	19.4*	-
	TOTAL		13.4	-	-	-	12.5	14.1	15.5	18.6	23
Heta ST.	2		12.9*	24.7*	29.6*	32.5*		14.7	21.3*	28.9*	31.9*
	5		11.4	21.2	27.1	27.8		14.4	18.2	21.2	25.2
	TOTAL	10.7	12.1	22.9	28.9	31.1	12.5	14.6	19.5	25.7	31
Mae -hama ST.	1		13.1	25.3*	28.8*	30.7*		14.6	16.7	25.4*	30.5*
	2		12.4	22	24	24.8		14.7	17.2	23	26
	4		12.3	22.2	25	26.6		14.3	17.2	22.9	25.3
	TOTAL	10.7	12.5	22.5	24.8	25.8	12.5	14.5	17.1	23.6	26.3
Yahata -gawa ST.	2		13	-	-	-		14.1	16.8	23.5*	29.1
	4		11.7*	-	-	-		14	17.4	25.5	29.3
	9		13.2	-	28.3	28.1		14.2	17.4	24.6	28.1
	TOTAL	10.7	12.5	-	28.3	28.1	12.5	14	17.2	24.5	29.2

* Significantly different in each fisheries ground at each sampling time.

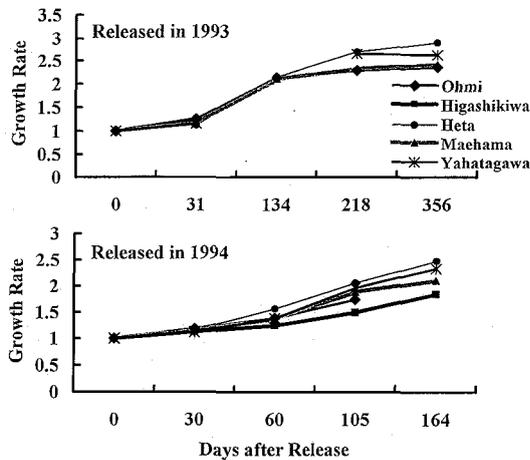


Fig. 9. Growth rates of released clams in terms of shell length at each fishery ground.

各漁場で採集した再捕貝の測定データのすべてを平均して、漁場毎に成長の比較を行うと1993年、1994年共に戸田漁場の成長が最も良いという結果が得られた。経時的にみると1993年の放流後約1ヶ月の第1回再捕時にすでに漁場間で有意な成長差が認められ、ここではTable 2に示したように成長の良い「大海・東岐波漁場」とやや成長の劣る「戸田・前浜・八幡川漁場」の2グループが識別された。前者の成長がわずかに良い傾向が認められた。その後、第2回再捕時(134日)には漁場毎の成長差は認められず、第3回再捕時(218日)に至って「戸田・八幡川」と「大海・前浜」グループに分かれ、前者の成長が優れていた。第4回再捕時(356日)には「大海・前浜」、「八幡川、戸田」漁場間に成長差が認められた。1994年は放流後30日に成長差が認められ、「大海湾・戸田・前浜」と「東岐波・八幡川」に分かれた。第2回再捕時(60日)には殻長では戸田、「大海湾・前浜・八幡川」、東岐波の3群が区別された。第3回(105日)調査時は、全漁場間で殻長に有意差が認められ、東岐波、大海、前浜、八幡川、戸田の順、第4回(164日)も成長順位は変わらなかった。

1993年と1994年は放流日が4月6日、4月25日と約20日ずれていた上、平均放流サイズが10.0 mmと12.6 mmと異なっていたにもかかわらず、各漁場における成長率の順位は両年とも戸田、八幡川、大海湾、前浜、東岐波の順で大きく、両年とも同じ傾向を示した。また、2回の放流実験では日数と成長率の相関係数が0.95以上の区間について直線式を当てはめて求めた放流後164日の成長率の比較では、どの漁場についても1993年より1994年の方が高い値を示した。

漁場間における標識放流貝群の比較とは別に、各々の漁場内定点間の成長差を検討した。

大海湾漁場：1993年は放流後1ヶ月についてのみ定点

間の比較を行うことが出来たが、この時点ですでに成長差が検出された。生残個体は少なかったにもかかわらず、定点2の貝が殻長、殻高、殻幅、体重、軟体部重量において、他の定点の個体よりも有意に大きかった。しかし、貝殻重量では有意差は検出されなかった。1994年は第1回再捕時(30日)には定点1の個体群は貝殻重量以外の測定項目において成長が有意に遅れていた。第2回再捕時(60日)には定点11のアサリが殻長、殻高、殻幅で有意に大きかった。第3回再捕時以降は再捕数が少なかったため検定は行わなかった。

東岐波漁場：1993年は放流後の第1回再捕時(30日)に2定点間で成長に有意差が認められ、定点2の成長が優れていた。その後放流貝は再捕されずに経過した。一方、1994年の比較では放流後再捕第1回から第3回まで定点4のアサリの成長が有意に優れていた。

戸田漁場：1993年には放流後の第1回再捕時(30日)に定点2が定点5に比べ有意に良好な成長を示した。殻長、殻高、殻幅、体重、軟体部重量、貝殻重量に見られるこの傾向は第2、3、4回再捕時にも維持された。1994年には放流後の第1回再捕時には有意差は認められなかったが、第2回以降は前年度と同様定点2の個体群の成長が良好であった。

前浜漁場：1993年放流群では第1回再捕時に3定点間で成長の差は認められなかったが、第2回再捕時には定点1の貝の成長が有意に大きく、第3回再捕時以降は定点1、4、2の順で成長が良好であった。1994年には成長差は放流後の第3回再捕時以降認められ、定点1が有意に良好な成長を示した。

八幡川漁場：1993年には放流後の第1回再捕時には定点4の成長が他の2定点に比べて有意に不良であった。1994年には第3回再捕時(105日)において3定点間で貝の成長に有意差が認められた。また、前年度とは異なり定点4でわずかに良好な成長が見られたが、この漁場では定点間の成長差は小さいものと判断された。

大海湾、東岐波、八幡川では、時期毎の採捕個体数のばらつきが大きくそのため、年による定点間の傾向が大きく異なる可能性が高いと考えられた。

2) 放流定点における動物相

アサリ放流後の再捕調査時に採集され、同定された計9門、10綱に属する出現種と個体数の一覧をAppendix table 1に、また、各定点毎の総個体数をTable 3に示した。

Table 3に示されるように漁場毎、定点毎の出現個体数が大きく異なると同時に季節毎の個体数も大きく変動した。調査した漁場間では、大海湾漁場、八幡川漁場で個体数の定点較差が大きく、季節変動も大きい傾向にあった。1回の採集で最も個体数が多かったのは大海湾漁場定点2(1993年12月)、最も少なかったのは同じく大海

Table 3. The number of benthic animal specimens collected at each station

Fishery Ground	Station	1993		1994					
		May	Aug.	Nov.	Mar.	May	Jun.	Aug.	Oct.
Ohmi	1	980		74	414	431	113	375	221
	2	485		4120	1348	1697	388	107	17
	4	386	—	30	—	—	234	83	183
	8	277	—	2	7	10	2	—	3
	11	233	—	50	167	349	217	155	18
	13	9	—	—	169	52	16	140	—
	15	305	—	162	39	168	140	66	—
Higashikiwa	2	517	—	711	382	340	222	75	42
	4	157	20	179	144	386	240	139	270
Heta	2	260	333	477	83	211	67	490	1921
	5	63	211	256	142	199	147	398	133
Maehama	1	305	—	1721	936	1095	226	258	311
	2	392	—	695	629	780	356	521	249
	4	139	—	312	328	439	126	196	56
Yahatagawa	2	17	—	—	—	122	42	395	2625
	4	106	—	27	13	154	24	186	161
	9	361	—	61	90	312	48	64	127

湾漁場定の点8（1993年12月，1994年6月）であった。

全漁場で共通に生息していた種は，ハナムシロ，アサリでその他多毛類，ヤドカリ類，カニ類の3動物群はいづれの漁場でも採集された。

大海湾漁場：7定点で動物相の特徴は異なるが，この漁場での共通種には前述の種の他，キサゴ，ツメタガイが加えられた。これらの生物のうちアサリは季節を問わず出現し，個体数も多かった。優占種は定点によって異なり，定点1，4ではアサリ，定点2ではホトトギス，定点8，11ではキサゴであったが，定点13ではホヤ類やニセスナホリムシ等他の定点では出現しない種が季節により採集された。また，定点15ではヤドカリ類とキサゴが多く採集された。なお，定点8，13，15は他定点に比べて個体数が少なかった。

東岐波漁場：採集を行った定点2，4の生物相は比較的類似しており，キサゴ，ウミニナ，ツメタガイ，ホトトギス，シオフキ，イソシジミ，スガイ等が共通に観察された。定点2ではアサリが，定点4ではウミニナの数が多いと同時に甲殻類の種類数が多いのが特徴的であった。

戸田漁場：定点2，5で採集された生物のうち18種が共通に出現した。そのうちホトトギスの個体数が両地点で大きく異なり，定点2に多かった。

前浜漁場：本漁場における共通出現種はヒラムシ，スガイ，ムラサキイガイ，ホトトギス，マガキであったが，特にホトトギスとアサリが卓越していた。

八幡川漁場：この漁場に特徴的な共通種はイソシジミ，オオノガイ，ウミナナフシ等で，他の漁場では比較的少

ない種類が目立った。個体数として多いのは3定点共にアサリであった。

これらの動物相から，全漁場に共通してアサリが優占種であること，調査定点の総個体数はホトトギスの個体密度によって左右されることが明らかとなった。

アサリ漁場に生息する動物のうちアサリの食害生物としてツメタガイ，アカニシ，ブドウガイ，キセワタを，餌料と場所の競合生物として，摂餌生態の類似している二枚貝類と定義し，採集回毎の平均個体数として定点毎に示したのが，Fig. 10である。なお，二枚貝類はアサリ，ホトトギス，その他に分けて図示した。食害生物の個体数はどの漁場のどの定点においても相対的に数は少ないが，大海湾，前浜漁場でやや多い傾向にあった。大海湾では，定点1，2，4の河口域周辺で多く採集され，他の定点では少なかった。前浜漁場では定点1，4では

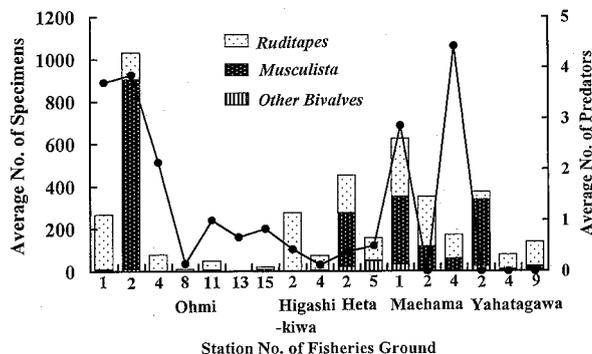


Fig. 10. The number of wild specimens considered to be competitive with released clams at each station.

採集されたが、定点2では全く採集されなかった。東岐波、戸田漁場では食害生物種類数は少なく、八幡川漁場では全く採集されなかった。

アサリにとって消極的食害生物ともいえるハナムシロはどの漁場にも出現していた。放流アサリに対する競合生物としての二枚貝はどの定点でも多いが、その中でも特にアサリとホトトギスの占める割合が高かった。大海湾の川沿いの定点1, 2, 4, 前浜定点1, 4は食害生物や二枚貝の生息数が相対的に多く、生物競合の大きな漁場といえよう。

なお、各漁場において比較的多量にアサリが採集された定点のうち1993年、1994年の春、秋のデータの殻長組成例を Fig. 11 に示した。

大海湾漁場：定点1では全期間を通して比較的多くのアサリが採集されているが、Fig. 11の殻長組成の推移では、1993年の加入群は順調に成長しているようにはみられないのに対して、1994年の加入群は春に残った個体から判断する限り順調に成長しているように見える。定点2では6, 8 mmを中心とした小型群と30 mm前後の大

型群がどの採集時期にも認められた。定点4, 8では主として16~30 mmの個体が採集された。定点11では20~40 mmの大型個体が主として採集された。定点13, 15は沖合の漁場で採集回数は2回と少なかったが、定点13では小型群が、定点15では定点13に比べてやや大型群が少数個採集された。このように採集時期毎のサイズの推移が認められないこと、採集数が定点により大きく異なること等から、大海湾漁場はアサリの自然加入が次々に行われる場所であるにもかかわらず長期的に滞留し成長が保証される定点は少ないと判断された。

東岐波漁場：定点2と定点4で採集された貝の殻長組成は大きく異なり、1994年はその差が大きかった。定点2では6~24 mmの範囲で18 mmを中心とした個体群のみが採集され、定点4では採集個体数は少ないが4~8 mmの小型群と28 mmを中心とした大型群が採集された。この漁場では定点1, 2は一般の人に開放されているため、既に大型個体が採られ漁場内に残されていない可能性が高く、この点を考慮すれば、自然加入がかなり周期的に行われる漁場であると判断された。

戸田漁場：この漁場では10 mm以下の個体はほとんど採集されず、多くは傷害輪を有することなどから、採集された個体は漁業者による放流群に由来するものが主体で、自然加入はほとんど期待できない漁場であると判断された。定点2の方がやや大型個体の採集が多い傾向にあった。

前浜漁場：この漁場では大型群も、小型群もわずかに採集されたが、10 mm以下の個体群が採集されたのは定点1と定点4で、定点2では全く採集されなかった。また、定点2では大型個体群のなかでも殻長34 mm以上の個体数はきわめて少なく、標識放流群の成長程度や人為的添加が標識群以外に行われなかった中での殻長組成の程度から考えて、成長が緩やかに行われている定点と判断された。前浜漁場は沖合い側の定点で小型個体が採集されることから、アサリの自然加入が少しは行われる場所であると判断された。

八幡川漁場：定点2では全期間を通して30 mm以上の個体は採集されなかった。定点4, 9など河口に近づくほど出現個体数は多くなる傾向にあった。10 mm以下の個体は全定点で認められたが、定点4, 9で多かった。この漁場では河口域を中心として自然加入がおこっていると判断された。

各定点に出現するアサリは標識の有無によって放流アサリとの区別が可能であるが、自然加入したアサリは漁場及び定点毎に殻長組成が異なった。

考 察

アサリが干潟に着底した後、順調に成長するためには、生息場所の物理・化学的環境条件がアサリの生息に適し

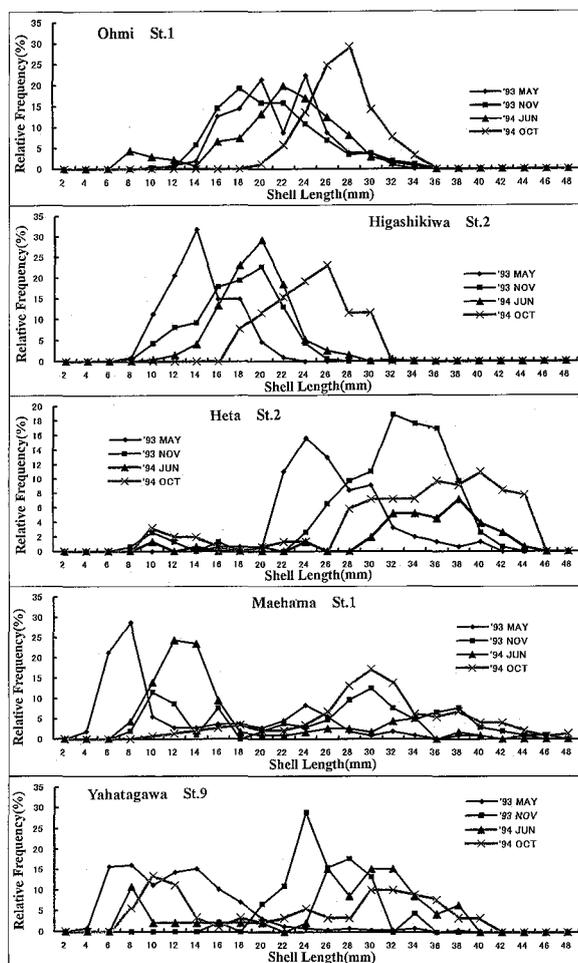


Fig. 11. Shell length histograms of wild short-necked clams collected at selected stations for each fishery ground.

た範囲にあることが必要であるが、同時にアサリにとって十分な餌料が供給される場所でなければならない。調査地点はアサリ漁場として機能している干潟を選択しているため、調査したすべての漁場がこの概念的な生態的条件を備えているはずであるにもかかわらず、漁場毎に放流アサリの生残や成長の様相が大きく異なっていた。

アサリの野外における成長に関しては多くの報告が見られる。漁場におけるアサリの成長は、地盤高（西沢他 1992）、生息密度、流れ（柿野 1996）、等によって大きく影響を受けることが知られている。鳥羽（1987）は種苗生産したアサリの成長を過去の各種漁場でのアサリの成長と比較するために1940年代から1980年代までの様々な漁場の月別殻長を同一グラフ上にプロットした。1990年代の有明海のアサリの成長（林 1993）もその範囲内にあることが推測された。今回の実験で得られた放流貝の成長は、放流時の殻長が10 mm以上と大きかったこと、放流時期が4、5月で漁場内のアサリの餌料の生産が盛んになる時期と合っていたこともあり、従来の各種漁場における成長や種苗生産アサリの成長と比較して全く遜色無い結果であった。干出時間と成長の関係については山口県（1979）が放流試験を行ない、地盤高（干出条件）が、成長の制限要因となっていることを報告している。今回の実験における同一漁場内の成長量の差はFig. 5から考えても餌料供給量が少ないとは考えられないので、摂餌時間を制限する地盤高（干出条件）の差によるものと考えられた。

アサリの野外における生残に関しても多くの報告が見られるが（柿野 1992）、その生残率のばらつきは極めて大きく、特に籠あるいは網による逸散・被食防止措置をとらなかった場合の値は、場所、放流条件等各試験・調査毎に大きく異なる。アサリの生残率は、アサリの入手先、放流サイズ、放流場所、波浪の影響程度、地盤高、食害生物の種類と数によって大きく異なるとされる（柿野 1996）。今回の調査においては同一種苗を同一時期に異なった特性を持つ漁場に放流して比較しているため、その生残率は漁場特性に依存すると考えることが出来る。

調査した漁場の各定点の環境条件はFig. 3からFig. 6までに、また、およその底生動物環境についてはAppendix table 1に示してあるので、これらのデータをまとめて各漁場の特徴を考えてみたい。

アサリの物理・化学的環境に対する、成長、生残、行動特性等に関しては、個別の要因に対する実験的な報告が見られる。秋山（1985）は、湿重量あたりの濾水率で比較した際に、殻長33~38 mmのアサリは10~32°Cの範囲で温度依存的な濾水量増加を示すが、最大濾水量は28°Cの時であったと述べた。また、鳥羽（1992）は浮遊期から着底期に至るアサリの成長の温度依存性を報告したが、正常な成長を示す温度範囲は12~30°Cの間

であるとした。著者等の場合、漁場干潟間隙水の温度は大潮時で、極限条件と考えられる季節・時間帯の測定であるにも関わらず、ほぼ10~30°Cの範囲にあった。しかし、東岐波漁場のみはその範囲を超える定点が多く、最高値は東岐波漁場の定点3の33.7°C、最低値は東岐波漁場定点2、前浜漁場定点1の9.2°Cであった。これら水温環境は気温の影響が大きいと考えられるうえ測定回次毎の値が異なることから、実験によって示された適温範囲を一時的に超えることはあっても、いずれの漁場もアサリの環境水温はほぼ適温範囲内に維持されているものと推測した。

環境水の酸素量に関しては特に低酸素環境下におけるアサリの耐性実験例が見られる。柿野（1982）はその実験結果から、水温、アサリの生理状態、硫化物の影響の有無等によって致死酸素量は異なるが、1 ppmを一応の目安と考えている。今回の調査においては大海湾、前浜、八幡川漁場で1 ppm以下の測定値が得られた場合はあるが、測定回次毎の値の変化から考えるとその値が持続するわけではないと推測された。同時に低酸素効果を増強し、アサリに悪影響があるとされている硫化物量の値がかなり低いことから、各漁場の溶存酸素量がアサリの生存を左右する要因にはなっていないと考えた。

pHについては倉茂・松本（1957）による報告が見られるのみであり、冬季（水温10°C前後）のアサリはpH4~8.7の範囲であれば全く異常なく生存するとし、pH9以上ではへい死を観察している。今回の調査では平均値は全ての漁場で上記の範囲内であったが、東岐波漁場では高い傾向にあり、最高値でpH8.79の値が測定された。しかし、この値が持続することはなかったため、いずれの漁場においてもpHの悪影響はないものと判断した。

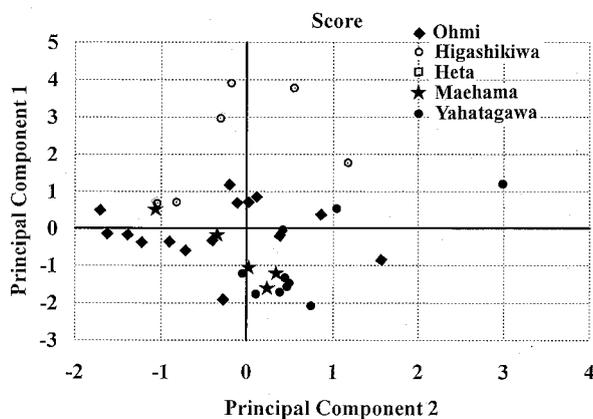
塩分に対するアサリの反応についての報告は古くから見られる。最近の室内実験例（相島 1993、桜井他 1996）では塩分20以下では潜砂行動等に変化が認められている。しかし、野外での成長やへい死、行動等と塩分の関係を考察した報告はほとんどみられない。今回の調査からは間隙水の塩分、言い換えればアサリの常在する場での塩分は、大潮干潮時には大きく変化し、特に河川水や淡水の流入域では成長や行動に悪影響があるとされる濃度にまで低下することが観察されている。実験的に短時間の淡水中でアサリは生存可能であるとされているが、着底期初期、大雨等による長期にわたる淡水負荷時にはアサリの生残を左右する要因となる。

大潮時干潟の間隙水の温度、酸素量、pH、塩分等アサリ生息域の物理・化学的環境要素はその変動幅が大きい場合には、直接、間接にアサリの生存に大きな影響を与えるであろうという考えから、各定点毎の全測定値の最大値と最小値の差の平均値に対する割合を求めた。温度、酸素量、pHと塩分の4項目の変動幅率によって各

Table 4. Results of principal component analysis based on the environmental characteristics at each station of the fishery grounds

Analysis Item	Coefficient	Parameter	First Comp.	Second Comp.
Extent of Fluctuations of Physical and Chemical Characteristics on Exuded Sea Water	Eigen Vector	Temp.	0.5459	-0.4363
		D.O.	-0.5375	0.3555
		pH	0.3918	0.7933
		Salinity	0.5095	0.2325
	Eigen Value Ratio of Contribution (%)		2.1892 54.73	0.8676 21.67
Particle Size Distribution	Eigen Vector	Rate of Sand (>1 mm)	0.5058	-0.8046
		Rate of Max. Size	-0.6423	-0.1106
		Rate of Silt	0.5758	0.5834
	Eigen Value Ratio of Contribution (%)		2.1602 72.01	0.6649 22.16
	Nourishment of Substrata	Eigen Vector	Sulphide	0.5836
Ignition Loss			0.5450	-0.8216
Eutrophic Bacteria			0.6020	0.2446
Eigen Value Ratio of Contribution (%)			2.0254 67.51	0.5736 19.12
Food Material		Eigen Vector	Chlorophyll-a	0.7071
	Pheo-pigment		-0.7071	0.7071
	Eigen Value Ratio of Contribution (%)		1.0280 51.40	0.9720 48.60

漁場の特性を知るために、主成分分析を行った。その結果を Table 4 にまた、そのスコアを Fig. 12 に示す。分析の結果から、固有値では第一主成分は54.7%、第二主成分は21.7%の寄与率であった。それぞれの固有ベクトルでは第一主成分は温度、塩分、pH が (+)、酸素量だけが (-) となり、第二主成分は温度要素だけが (-)

**Fig. 12.** Results of principal component analysis based on the physical and chemical characteristics of exuded water at each station.

の値となった。これらを考え合わせると、第一主成分は無機的な環境変動の大きさ、第二主成分は地下酸化還元環境の変動成分と考えて良いかもしれない。主成分得点でみると、東岐波の6定点と前浜の4定点は第一主成分に関して (+) と (-) に大きく分かれ、地下環境水変動に関しては対極にある漁場と考えられる。第二主成分に関しては八幡川漁場の得点はほとんど (+) となり、川の中の漁場で地下酸化還元環境変動の影響が大きいと考えられる。

底質の粒度組成に関しては、漁場造成に際して留意される要素でもあり、工学的観点からの報告は見られるが、情報量はそれほど多くない。粒度組成の中でアサリの生残に関与すると考えられてきた要素は泥分 (0.074 mm 以下の粒子) の割合である。漁場においては泥分だけで底基質が構成されることはないから、組成としての割合が問題となる。酒井他 (1992) は中央粒径が小さい 0.062 mm の基質中ではアサリのへい死が高くなること、シルトを懸濁させた海水中では、2%以上ではへい死することを実験的に明らかにした。実際のアサリ漁場における粒度組成は造成工事の場合には、粒径 0.25 mm 以上の成分を多くすることが推奨されている (上田・山下

1997)。また、浜崎他(1989)はアサリの生息地点と底泥の砂率(粒径0.063 mm以上の組成率)40%以上の底質分布がよく一致することを報告している。さらに、着底稚貝の基質選択性を求めた実験では(柳橋 1992, 薄他 1997)着底期稚貝は粒径1 mmの砂質を好むことが明らかにされている。

今回調査した42定点の粒度組成から、アサリの生息に強く影響すると考えられる要素を抽出することにした。各定点の粒度組成から、①1 mm以上の底砂の比率、②最多粒度の割合、③0.063 mm以下の成分の割合を用いて主成分分析を行なった。Table 4に結果を示した。第2主成分までで94%以上の寄与率となった。第一主成分は泥分率と1 mm以上の粒砂率が(+)で、最多粒度割合のみが(-)を示し、この主成分のみで情報量の72%を説明できる。この第一主成分は、底質粒度の分散性を示す成分として考えることが出来る。第二主成分は泥分率のみが(+)で、1 mm以上の粒径成分は大きく(-)となり、最多粒度割合も(-)の値を示すので、この成分はどちらかという泥分滞留条件を示していると考えることが出来る。Fig. 13に各漁場各定点の第一・第二主成分に対するスコアを示した。第一主成分から、大海湾・東岐波漁場の各定点の値は底砂粒度の均一性が高いのに比べ、戸田、前浜、八幡川漁場の各定点は粒度の均一性が低く、基質の動きに対する安定性が高いものと考えられた。第二主成分に関して特徴のある漁場は前浜漁場で、全定点の値が(-)を示しており、砂礫が多く浮泥は滞留し難い条件があると考えられた。また、八幡川漁場は第二主成分に関しては広い分布を示しており、特に上流側の3定点は(-)を示し、砂礫底質であることがよく示されていた。このように、各漁場の物理性状は底質粒度の分散性と、浮泥成分の滞留性でよく説明された。

アサリが潜砂している干潟底泥の富栄養状態は、古くから野外調査の際に測定されていた。底質の悪化状態は

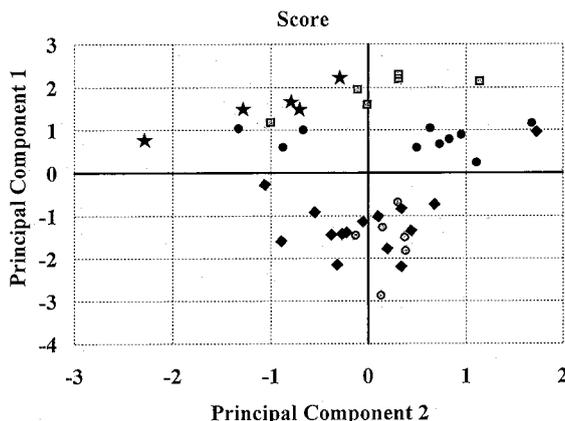


Fig. 13. Results of principal component analysis based on particle size distributions at each station. Symbols in the figure are as in Fig. 12.

干潟での還元泥等入目につきやすい状況があるにもかかわらず、アサリの成長・生残との関係を明確に論議した例は少ない。宮城県水産試験場(1984)は大規模増殖場造成のための調査において、松島湾内の全硫化物量、強熱減量等を測定すると同時に底泥中にアサリ剥き身を加えて35°Cで放置し、結果的に様々な濃度の硫化水素含有泥を作成し、これを用いてアサリの生残性を検討した。松島湾内100定点の測定値では全硫化物量(mg/g乾物泥)は0.02~2.10、強熱減量は3.3~30.6%の範囲内にあり、定点のほとんどが冠水域であったためか、今回の干潟域の調査結果と比べると極めて高い値が報告されている。また、室内実験の結果からは、アサリは水管を底泥上に出して生活するためか、底泥の硫化水素量2 mg/g以下では生残に影響はないとした。これらは、アサリに対する直接的影響を主として考えているわけである。今回の調査では干潟漁場の化学的特性(栄養状態)を考えるため、硫化物量、強熱減量に加えて底質化学成分の変化と密接に関連すると考えられた富栄養細菌数の各定点毎の平均値を用いた主成分分析を行なった。結果をTable 4およびFig. 14に示した。第一主成分の固有ベクトルは用いたすべての項目について(+)であり、その値も類似している。一方、第二主成分では強熱減量の固有ベクトルだけが(-)の値を示す。それぞれの成分情報の寄与率は第一主成分が67.5%、第二主成分が19.1%であった。第一主成分は底泥の有機物成分負荷量の程度を、第二主成分は有機物成分に対する分解の進行程度を示す成分と考えることが出来る。Fig. 14でみると、東岐波漁場と前浜漁場がそれぞれ、第一主成分に対して特徴的である。東岐波漁場のすべての定点の値は(-)域に分布し、漁場全体の有機物量は相対的に少なく、また、還元泥形成は起こりにくいと考えられるのに対して、前浜漁場は定点5以外は(+)域に分布する。定点5はFig. 1に示されるように川傍の定点である。戸田漁場は前浜漁場と同様第一主成分に関しては(+)で

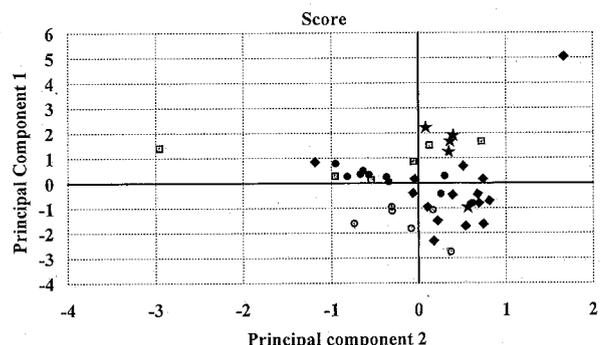


Fig. 14. Results of principal component analysis based on total sulphide levels, ignition loss, and the number of eutrophic bacteria in the sediment at each station. Symbols in the figure are as in Fig. 12.

有機物量は多い傾向にあるが、第二主成分に対しては広く分散し、分解の程度は定点によって大きく異なっている。大海湾漁場と八幡川漁場では各定点の値が全象限に分散し、定点毎の有機物成分量、分解程度にばらつきがあることが示されている。しかし、この両漁場は第一、第二主成分に対してほぼ対極的な位置関係にあり、八幡川漁場は有機物量が比較的多いと同時にその分解進行程度が緩やかな定点が多い漁場、大海湾漁場は有機物成分は比較的少なく、分解が比較的速やかに行われる定点の多い漁場ということになる。

アサリの餌料は着砂泥性珪藻類や植物由来のデトリタス等であるとされている(黒倉他 1988, 小池他 1992, 沼口 1993)。そのため、今回の調査では、漁場の有機物成分のうちアサリの成長・生残に大きく関与する底泥のクロロフィル a 量、フェオ色素量の測定を行なった。その結果を Fig. 5 に示してあるが、この 2 成分に関する各漁場、各定点の特徴を把握するためにこの 2 項目による主成分分析を行ない、結果を Table 4 に示した。第一主成分はクロロフィル a は (+)、フェオ色素量は (-) で寄与率は 51.4%、第二主成分はフェオ色素量 (+)、クロロフィル a 量 (-) で寄与率 48.6% となり、第一主成分は主として生きた植物プランクトンの供給程度を、第二主成分は総体的なアサリの餌料供給量を示すものと考えられる。これら 2 成分による各定点の得点を図示したのが、Fig. 15 である。この図には各漁場のアサリの餌料環境の状況がよく示されている。第一主成分に対して対照的なのは東岐波漁場と前浜漁場である。前者は鮮度の高い植物餌料の現存量は多いが、分解が進んだ餌料成分の供給は少ない漁場であるのに対して、後者は分解過程の成分が極めて多く、全餌料量も多い漁場と考えられる。前者は餌料量の点からは定点毎のばらつきが大きく、特に沖合い定点での量が少ない傾向にある。大海湾漁場は一部の定点を除き、比較的餌料量は少ない漁場であると考えられるが、佐波川沿いの定点は第一主成分で (+) の値を示し、生鮮餌料の供給が相対的には多い場

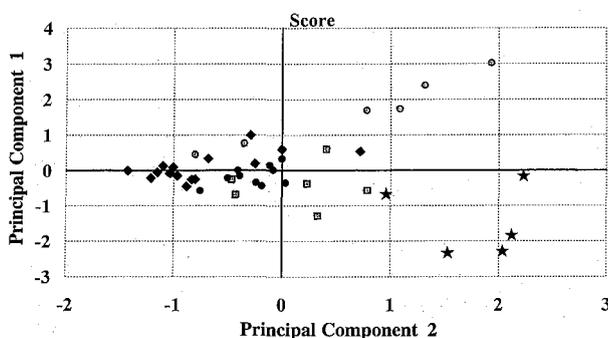


Fig. 15. Principal component analysis based on the chlorophyll-a and pheo-pigment levels in the sediment at each station. Symbols in the figure are as in Fig. 12.

所を持つ漁場であるといえる。戸田漁場は餌料量は比較的多いものの、生鮮餌料よりも分解過程餌料によって餌料供給をまかなっている漁場、八幡川漁場は滞留条件はあるものの、餌料供給自体それほど多くない漁場と考えられる。

被食環境に関しては、少なくとも底生生物に関しては Appendix table 1, Fig. 10 に見られるように、食害生物種は大海湾漁場ではツメタガイ、アカニシ、前浜漁場ではツメタガイ、キセワタ、ブドウガイと異なっているものの、両漁場での採集量が多かった。瀬川 (1997) はアサリの食害種と漁場におけるアサリの減耗状況についての観察を行ない、キセワタガイ、ツメタガイ、ヒトデ等の食害効果は大きく、特にキセワタガイでは小型サイズの捕食圧が高いとしている。底生性食害生物に関しては、捕食者の環境選択性や資源量との関係もあり、単純にアサリ資源量が多いところに集まるわけではなさそうである。競合生物に関しては戸田、前浜漁場と大海湾漁場の定点 2 で多かったが、いずれの定点でも生態の類似した餌料、場所に関する競合種はホトトギスと天然発生アサリであり、どちらも底質の安定性の高い、富栄養環境に生存する種で、漁場特性に依存した存在量を示すと考えられた。今回の調査では遊泳性の食害生物の情報が全く含まれていないこと、年 4 回の大潮時の調査のみであること等から、被食・競合の影響についての定量的取り扱いが困難であった。

放流アサリの成長・生残状況と漁場環境の特徴を明瞭にするために、漁場の物理・化学的環境やその変動の大きさ、底質環境の悪化の程度、餌料環境、生物競合環境について各漁場の相対的特性を考える事とした。漁場の物理化学的環境およびその変動幅に関しては、浸出水特性と粒度組成による主成分分析結果 (Fig. 12, 13) の第一主成分のスコアを、底質の栄養状態に関しては、硫化物量、強熱減量、富栄養細菌数を用いた Fig. 14 に示される第一主成分のスコアを用いて、それぞれ定点毎のスコアの大きさに順位をつけ、その順位の各漁場毎の平均値をもとめ、それぞれの項目の相対的影響度とした。餌料環境に関しては第一主成分と第二主成分の情報量が相半ばしているため、それぞれの主成分について順位をつけ漁場毎の平均値から、影響程度を求めた。また、競合関係に関しては、同一場所の平均共存動物個体数から、漁場毎の順位を付けた。これらを大きく 4 段階に分け、相対的な円の大きさを示したのが Fig. 16 である。

今回のアサリ放流実験で成長・生残共に相対的に良好であったのは前浜・戸田漁場であった。この事は殻長 10 mm 以上の潜砂生活の発育段階に達したアサリにとっては両漁場は良い漁場であったといえ、Fig. 16 に示されるように放流アサリを中心として考えられる漁場特性は類似している。項目は異なっても、物理化学環境の変

Fisheries Ground	Extent of Fluctuations of Physico-chemical Environment		Nourishment of Strata	Food Items for Clams		Extent of Competition
	Exuded Water	Particle Size Distribution		Fresh Food Materials	Amount of Food	
Ohmi	○	○	○	○	○	○
Higashikiwa	○	●	●	○	○	●
Heta	—	○	○	○	○	○
Maehama	○	○	○	●	○	○
Yahatagawa	○	○	○	○	○	○

Fig. 16. Summary of the comparative characteristics of the environmental factors in each fishery ground. Size of circles indicates the relative importance of each environmental characteristics.

動程度、底質悪化状況、餌料環境、競合環境の相対的影響度は共通した特性から派生していると考えられる。前浜・戸田両漁場において底質粒度の分散性が高く、基質の栄養性が高いこと、餌料としては相対的に分解過程の植物プランクトン量が多いこと、競合生物が比較的多いこと。これらはすべて、波浪、潮流等による侵食の程度が低く、底質の安定性が高く、物質が滞留しやすい場であることを示している。しかし、一方で、間隙水の物理・化学的性状の変動幅が小さいこと、粒度成分の中でシルト成分の占める割合が極端には高くないこと、底質悪化程度もアサリに悪影響を与えるほどにはならないこと等から、これら両漁場は適度な海水交換が行なわれ、長期的にそのバランスが保たれる漁場と考えて良いであろう。このような漁場内での生残率の減少は主として競合関係によるものと推測される。前浜漁場では Table 1 に示されているように定点 2 での放流アサリの生残率が極めて高く、70~80% となっており、成長はやや劣る。定点 2 の他定点と異なる特徴は地盤が高く、干出時間がやや長いという点である。このことが被食圧を軽減することにつながったと考えられる。富栄養で生物相が豊かな漁場では、付着生物は多く、種類によっては餌料や場所を巡っての競合によってアサリの生息条件を悪くすると同時に、その多量の生物を求めて魚類、介類等水生生物のみならず鳥類まで集まるようになり、必然的にアサリへの捕食圧は高まると考えられるからである。

Fig. 16 に示したように戸田・前浜漁場と対照的なのが、東岐波・大海湾漁場である。この漁場は良く似た環境特性を持っている。アサリ生息域の物理化学的環境の変動幅は大きく、底質粒度の均一性が高く、波浪や潮流流によって底砂は移動し易い状況にある。流れの影響が大きいところでは物質の滞留条件は乏しくなるから、底

質悪化は起こりにくい美しい干潟となる。このような場所は、底砂が動くことによって付着珪藻等の生息場所である砂粒表面の刷新が常時行なわれ、微細付着珪藻等の剥離・新規増殖が行なわれやすく、生鮮餌料供給が相対的に多い一方、底生生物の加入期の生存に厳しい場所であり、結果的に生物相は単純化し、生物競合は比較的小さいと考えられる。このような漁場環境下での放流アサリの減耗は底質の不安定さによるところが大きいと考えられる。藤本他 (1985) はアサリ漁場形成に関する研究において基質の不安定さと減耗について強く指摘しており、柿野他 (1991)、西沢他 (1992) は波浪等による地盤の流動の指標として底面摩擦速度を求め、これとアサリの生残との関係を論じた。かつて大海湾漁場において底砂の移動が減耗の一大要因であることは山口県 (1979) によって推測されており、東岐波漁場についても漁場特性からそれが類推できる。生残率や成長のみから考えると、放流種苗を育成再捕するという生産方式はこの種の漁場では効率的ではないといえる。しかし、Fig. 11 に示されるように大海湾、東岐波漁場は自然加入が行われている漁場であり、加入稚貝が生き残りやすい条件を備えていると考えられる。薄他 (1997) が観察したように、稚貝は底に付いたり、浮遊を繰り返しつつ、場所を移動し、比較的長期間かかって着底する。底砂の移動を可能とするほどの波浪、潮汐流が存在する場合には、着底期稚貝のこのような行動を容易にし、結果的に適度な稚貝の拡散が行われるものと考えられる。また、Fig. 16 に示されるように新鮮な餌料の供給が相対的に多く、被食圧が低い条件は初期の生残には有利であろう。しかし、潜砂生活を送るようになると、底砂ごとの移動による減耗 (へい死、拡散) につながり、特定の定点における生産性は低くなると考えられる。

このように調査した 5 漁場は、その環境特性から、前浜・戸田型漁場と東岐波・大海湾型漁場に大別され、それぞれ閉鎖型富栄養漁場と開放型広域漁場と言い換えて良いかもしれない。八幡川漁場はその中間的な特性となっている。それぞれのタイプの漁場においてアサリの持続的な生産をあげようとする場合には、それぞれのもつ環境特性を有効に利用する工夫が必要となる。

閉鎖型富栄養漁場においては、漁場内における物質の滞留条件と流出条件のバランスを維持することおよび、他生物による競合関係成立の阻止が重要で、換言すれば漁場管理の徹底が必要であろう。

一方開放型広域漁場においては、加入着底に有利な漁場特性を生かす必要があるが、後の生残が低いため、連続した加入により生残確率を高めておく必要がある。そのためには産卵が連続的に行われるための多様な環境条件の維持と比較的大きな母集団を残すための資源管理が重要と考えられる。

西日本における漁獲量減少の原因の一端を知るため行なった調査の結果から考えられることは、特に閉鎖型富栄養漁場においては漁場面積が狭小であるところから、手掘りによる収穫が適度な漁場底質攪乱条件を作り出しており、この調査段階では漁場の生産性をうまく利用していると考えられた。しかし、生物競合による減少の影響が大きいことおよび、加入種苗が充分あるとはいえない点から、種苗供給状況等については問題があるものと考えられた。一方、開放型広域漁場において、アサリの加入から、着底、拡散、潜砂生活にいたる生活特性にふさわしい多様な漁場環境特性を備えるほどの面積あるいは条件が保証されているかどうかは疑問と考えられた。今後はアサリの発生、加入等が連続的に行われているのか、また、その供給量が漁場の生産性を十分に利用するだけの量であるかどうかを考えるために、アサリの各発育段階の生産量をモニターしながら資源管理を行なうという研究が必要となろう。

要 約

(1) 瀬戸内海域のアサリ漁場の特性を放流アサリの成長と生残を指標に、物理化学環境、餌料環境、競合生物環境の視点から明らかにするために、広島・山口両県内アサリ干潟5漁場（広島県：前浜漁場、八幡川漁場、山口県：戸田漁場、大海湾漁場、東岐波漁場）について、1992年から1994年まで3年間にわたって年4回大潮時に環境特性調査およびアサリ放流・追跡調査を行なった。

漁場環境項目として、大潮時の干潟間隙水特性（水温、塩分、酸素量、pH）、底質粒度組成、強熱減量、硫化物量、クロロフィルa量、フェオ色素量、底泥表層細菌数を調べた。

また、標識放流アサリの放流場所の生物相調査を行なった。

(2) 調査した5漁場はその環境要素の解析から、閉鎖型富栄養漁場及び開放型広域漁場の2タイプに分けられた。前者に属し、放流アサリの生残・成長が比較的良好な戸田・前浜漁場は波浪・潮流等による侵食程度が低く、基質の安定性が高い場であると同時に、適度な海水交換が行なわれ、物質の滞留・拡散の均衡が保たれる漁場であり、このような干潟漁場での減耗は主として競合関係によると推測された。一方、後者に属する大海湾・東岐波漁場のように環境水の物理化学環境の変動幅が大きく、底質粒度の均一性が高く、波浪や潮汐流による底砂の攪乱が起りやすい干潟では、物質の滞留条件は乏しくなり、底質の悪化は起りにくく、餌料環境としては相対的に新鮮な餌料が豊富に供給される場となっている。このような特徴の漁場での放流アサリの減耗は底質の不安定さによるところが大きいと推測された。

(3) 漁場毎にアサリの生息のための環境条件には特徴があることが明らかにしたが、各々の漁場での生産性の維持はその特徴を利用した漁場管理、資源管理によるべきと考えられた。

文 献

- 相島 昇, 1993. アサリ稚貝の潜砂行動に及ぼす水温と塩分の影響. 福岡水技研報, 1, 145-150.
- 秋山幸男, 1985. 底生動物の挙動と食物連鎖. 「潮間帯周辺海域における浄化機能と生物生産に関する研究」昭和59年度研究成果報告, 東海区水研・南西海区水研, 99-104.
- 藤本敏昭・中村光治・小林 信・瀧口克巳・尾田一成・鶴島治市, 1985. アサリの漁場形成について. 昭和58年度福岡県豊前水産試験場業務報告, 34-106.
- 浜崎念洋・林 宗徳・上妻智行・山下輝昌・小原博義・相島昇, 1991. アサリ種苗初期減耗原因の究明に関する研究. 福岡有明水試研報, 昭和63年度, 33-48.
- 林 宗徳, 1993. 有明海におけるアサリの成長. 福岡水技研報, 1, 151-154.
- Imai, I., 1987. Size distribution, number and biomass of bacteria in intertidal sediments and seawater of Ohmi Bay, Japan. *Nihon Biseibutsu Seitai Gakkaishi*, 2, 1-11.
- 柿野 純, 1982. 青潮によるアサリへい死原因について. 千葉水試研報, 49, 1-6.
- 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(1), 51-55.
- 柿野 純, 1992. アサリ漁業をとりまく近年の動向. 水産工学, 1(29), 31-39.
- 柿野 純, 1996. 東京湾盤洲干潟におけるアサリの成長と流れの関係. 千葉水試研報, 45, 7-10.
- 柿野 純, 1996. 丸型指数を指標とした籠試験によるアサリの成長と生残の特性. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 62(3), 376-383.
- 小池裕子・斎藤 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(2), 105-112.
- 倉茂英次郎・松本文夫, 1957. アサリの生態研究, 特に環境要素について. 水産学集成, 東京大学出版会, 東京, 611-655.
- 黒倉 寿・黒田信行・笠原正五郎, 1988. 芦田川河口域におけるアサリの生き残り条件に関する研究. 水産増殖, 35(4), 223-228.
- 宮城県水産試験場, 1984. 大規模増殖場造成事業調査総合報告書, 昭和58年度版, 松島湾地区, 水産庁, 1-64.
- 西沢 正・柿野 純・中田喜三郎・田中浩一, 1992. 東京湾盤洲干潟におけるアサリの成長と減耗. 水産工学, 29(1), 61-68.
- 日本水産資源保護協会編, 1980. 新編水質汚濁調査指針, 恒星社厚生閣, 東京, 240-242.
- 沼口勝之, 1993. 浅海域における高生産性と栄養構造の多様性の解明. 農林水産生態秩序の解明と最適制御に関する総合研究, 平成4年度研究報告, 農林水産技術会議事務局, 238-239.
- 酒井敬一・高橋清孝, 1992. 松島湾におけるアサリ増殖場の造成. 水産工学, 29(1), 41-45.
- 桜井 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. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 62(6), 878-885.

- 瀬川直治, 1997. 食害種によるアサリの減耗. 水産工学, **33**(3), 225-229.
- 鳥羽光晴, 1987. アサリ種苗生産試験-I 人工種苗生産したアサリの成長. 千葉水試研報, **45**, 41-48.
- 鳥羽光晴, 1992. アサリ幼生の成長速度と水温の関係. 千葉水試研報, **50**, 17-21.
- 上田 拓・山下輝昌, 1997. アサリ漁場の造成事例. 水産工学, **33**(3), 213-218.
- 薄 浩則・浜口昌巳・石岡宏子, 1997. 異なる流速におけるアサリ幼生の着底基質選択性. 平成9年度日本水産工学会学術講演会 講演論文集, 27-28.
- 山口県, 1979. 山口・大海湾地区-アサリ, 2) 地盤高とアサリの成長. 大規模増殖場開発事業調査報告書, 85-87.
- 柳橋茂昭, 1992. アサリ幼生の着底場選択性と三河湾における分布量. 水産工学, **29**(1), 55-59.

