

# アサリ育成漁場評価手法の開発

南西海区水産研究所資源増殖部介類増殖研究室  
 浜口昌巳・薄 浩則・石岡宏子

共同研究機関名：山口県内海水産試験場  
 調査実施年度：平成4～6年度

## 緒 言

全国的にアサリの生産量が低下するなか<sup>1)</sup>、瀬戸内海域の内湾性の強い海域、たとえば広島湾のアサリ漁場ではアサリ生産量はさほど低下していない。その理由としては、これらの漁場では他地域からアサリ種苗を購入し、一定期間漁場で育成した後再捕するといった漁業形態がとられてきたからではないかと考えられる。このような育成漁場としての漁場の利用が各地で展開されてきているが、それにより生産性の向上が認められる漁場とそうではない漁場との対比が顕著になってきており、その原因解明が望まれている。そこで、本調査では瀬戸内海域のアサリ育成漁場5カ所を選定し、生物学的側面に重点をおいて調査を行い、育成漁場としての評価マニュアル作成に必要な基礎的知見の収集を行った。なお、一連の調査は山口県内海水産試験場と共同で行った。

## 調査方法

調査方法 図1に示す山口県大海湾に15点、東岐波に6点、戸田6点、広島県前浜5点、八幡川10点と5漁場内に42定点を設定して、各年3月、5～6月、8月、10～11月の計4回下記に示す項目について調査を行った。

### ・ 1) アサリ生息環境調査

間隙水の水温、塩分、pH、溶存酸素量はポータブルの塩分計、pH計、溶存酸素量計を用いて測定した。粒度組成は4000, 2000, 1000, 500, 250, 125, 63  $\mu\text{m}$  の篩いを用いて常法によって求め、粒子多様度指数は中尾<sup>2)</sup>の方法によって算出した。

### 2) 底質化学成分および細菌数調査

内径 5.4cmのコアサンプラー

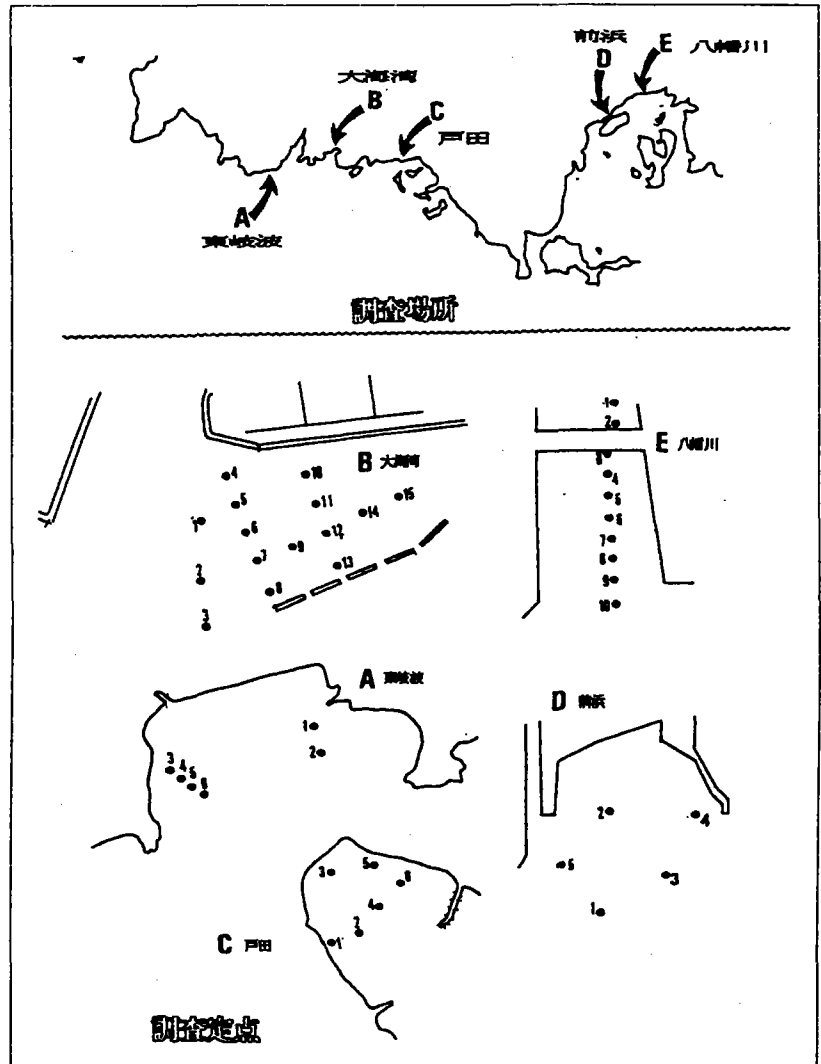


図1 調査漁場および定点

を用いて採取した底質を試料として全硫化物量、クロロフィルa量、フェオ色素量、強熱減量、細菌数を測定した。全硫化物量は硫化水素検出管を用いて測定した。クロロフィルaおよびフェオ色素量はローレンツェン法によって測定した。強熱減量は550℃の加熱温度で常法に従って求めた。細菌数は海水で調製したハートインフュージョン（日水製薬、以下HI）および今井<sup>3)</sup>の海水培地（以下SWA）を使用し、底質1gあたりの数をMPN法によって算出した。また、1992年8月の調査結果から全硫化物量、フェオ色素、強熱減量の項目を選定してクラスター分析を行い、各定点の特徴的を把握した。

### 3)アサリ生態調査

アサリの稚貝数は着底量の多い6月および10月に各定点で10×10cm、深さ2cmの枠どりによって得た底質を篩いに掛け、125~1000μmの画分に出現した殻長250~500μmのものについて計数して求めた。なお、稚貝の同定は酒井・関口<sup>4, 5)</sup>の方法によって行った。成長量および再捕率調査は3)の項目のクラスター分析によって選定した定点において行った。山口県内海水産試験場で種苗生産した平均殻長が10mm(1993年)、12mm(1994年)のアサリ稚貝にラッカーで色をつけたのち、75cm径の円内に1㎡あたり1993年は1500個、1994年は1000個の密度となるように放流し、1/4画分(4416cm<sup>2</sup>)ずつを経時的に取り上げ、回収した個体の数および殻高、殻幅、全重量、軟体部重量、貝殻重量を測定した。放流から取り上げまでの日数は1993年が31, 134, 218, 356日、1994年が30, 60, 105, 164日であった。各回における測定値と前回の測定値の差を区間成長量とした。また、このときに混在する天然アサリについても個体数および殻長、殻高、殻幅、全重量、軟体部重量、貝殻重量を測定するとともに、殻高・殻長比を算出した。

### 4)食害および競合生物調査

3)の放流追跡調査の過程で得られた多毛類以外の生物種を分類し、これらのなかでアサリに対する食害が確認されている<sup>6, 7)</sup>イソガニ、ヤマトオサガニ、ホンヤドカリ、アカニシ、ツメタガイおよびクルマエビは食害生物、ハナムシロ等は弱ったアサリを食害するので先の種とは区別して消極的な食害生物、アサリ以外の二枚貝全般を競合生物とした。また、これらの生物種について次式で示されるShannon-Weaver法<sup>8)</sup>によって種多様度指数( $H'$ )を算出した。

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$$

$n_i$  : i番目の種の数,  $N$  : 総出現個体数,  $s$  : 出現種数

## 調査結果

### 1)アサリ生息環境調査

調査期間中の干潟間隙水の水温、塩分、溶存酸素量、pHの変動を山口県漁場（大海湾と東岐波）と広島県漁場（前浜と八幡川）にわけてまとめた結果は図2に示す。調査期間中1993年は例年と比較して降雨量が多く、冷夏の年であったのに対し、1994年は高温、少雨となり、調査期間中の水温、塩分等の変動幅は大きかった。粒度組成は同一漁場内の定点間の差は小さく、漁場間の差異が大きかったため、各漁場毎の平均値として表示した（図3）。底質の平均中央粒径は大海湾では585μm、東岐波では343μm、戸田では1003μm、前浜では1671μm、八幡川では686μmとなり、前浜、戸田は1000μm以上の粒径のしめる割合が高かった。粒子多様度指数は大海湾では2.11、東岐波では2.23、戸田では2.97、前浜では2.69、八幡川では2.64となった。

### 2)底質化学成分および細菌数調査

1992年の8月の調査結果から底質化学成分および細菌数調査のうち全硫化物量、フェオ色素量および強熱減量の3項目によって各定点のクラスター分析を行った結果から、大海湾では定点1, 2, 4, 8, 11, 13, 15、東岐波定点2, 4、戸田定点2, 5、前浜定点1, 2, 4、八幡川定点2, 4, 9を選定しアサ

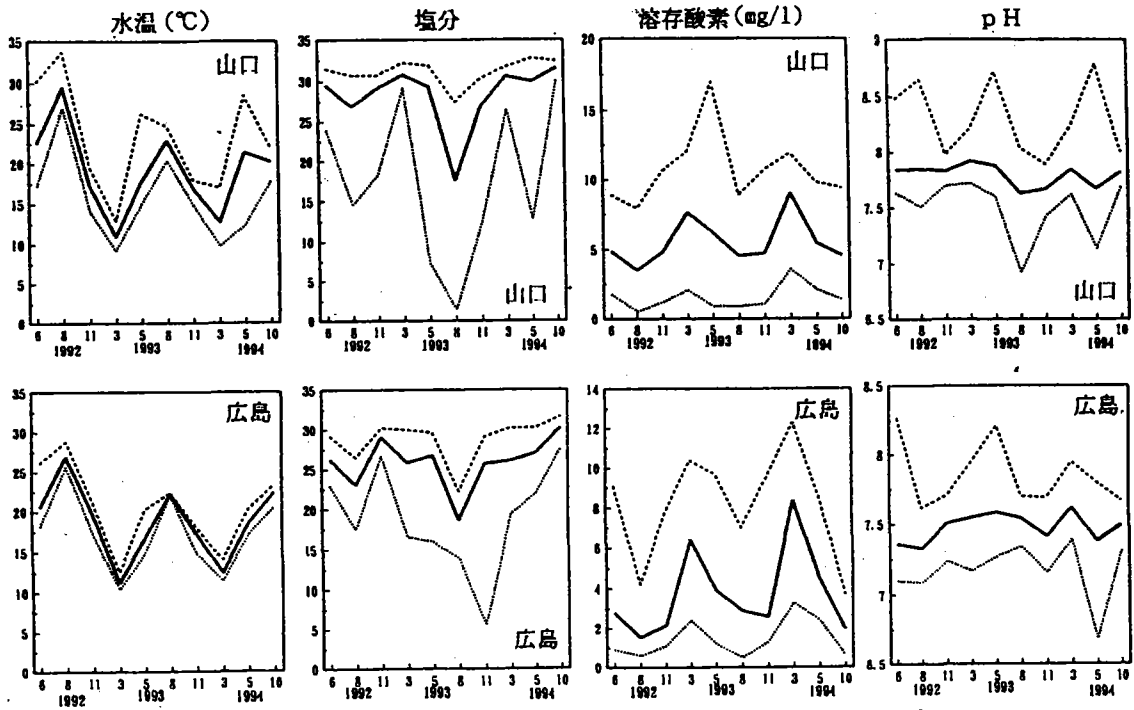


図2 各漁場のアサリ生息環境調査結果(平均値)  
 山口: 山口県内漁場の平均値 (平均値 最大値 最小値)  
 広島: 広島県内漁場の平均値

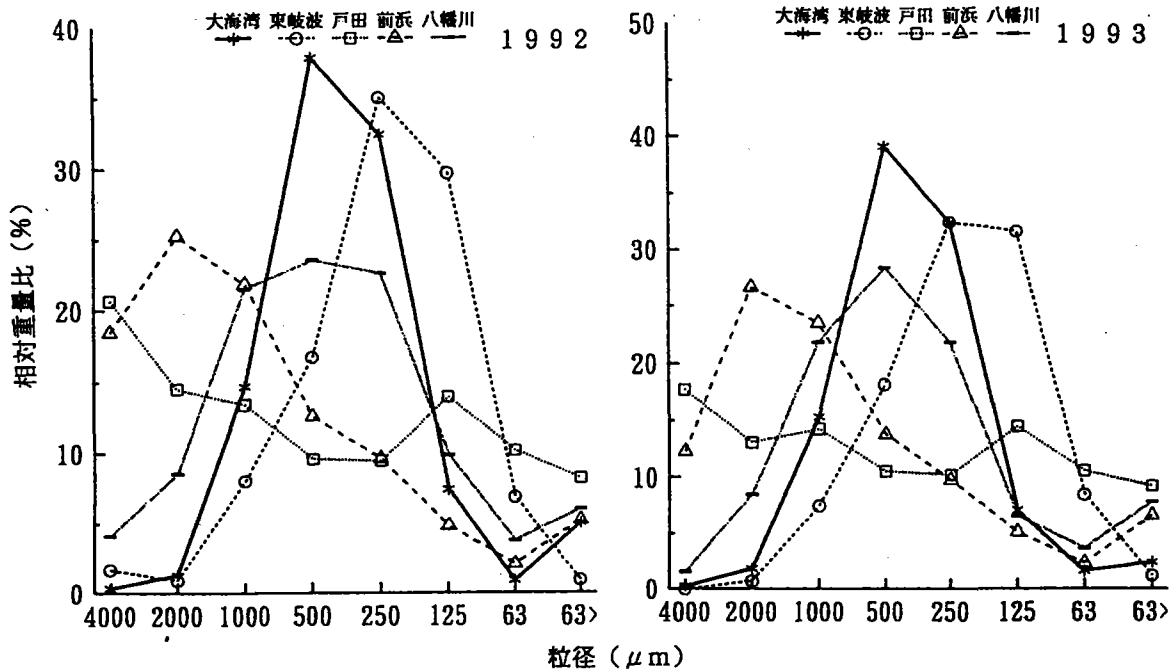


図3 各漁場の底質の粒度組成(漁場内平均値)

リ放流試験の定点とした。以下、底質化学成分および細菌数の調査結果は、3)で述べるアサリの放流追跡調査との関連から、これに使用した定点の結果を示した。全硫化物量は大海湾の定点4で最も高く、ついで前浜の各定点で高い傾向を示した。クロロフィルa量は山口県の各漁場より広島湾の漁場で高い傾向を示し、漁場別では前浜、八幡川が高く、戸田が低い結果となった(図4)。フェオ色素量は1993年、1994年ともに戸田、前浜が年間を通じて高く底質乾燥重量1gあたり平均20 $\mu$ g以上となったが、東岐波では

3  $\mu\text{g}$  以下と低かった(図5)。強熱減量は1993年は河川の出水に伴う浮泥の流入等の影響を受け易い大海湾および八幡川の各定点で高い傾向を示したが、1994年はこれらの定点での値は低かった(図6)。底質の細菌数についてはSWA 培地で求めた結果は定点や漁場による差異が小さかったので、HI培地で求めた結果のみを示す(図7)。HI培地で求めた細菌数は東岐波で低く、これと比較して大海湾の定点4、戸田、前浜、八幡川では高めに推移した。

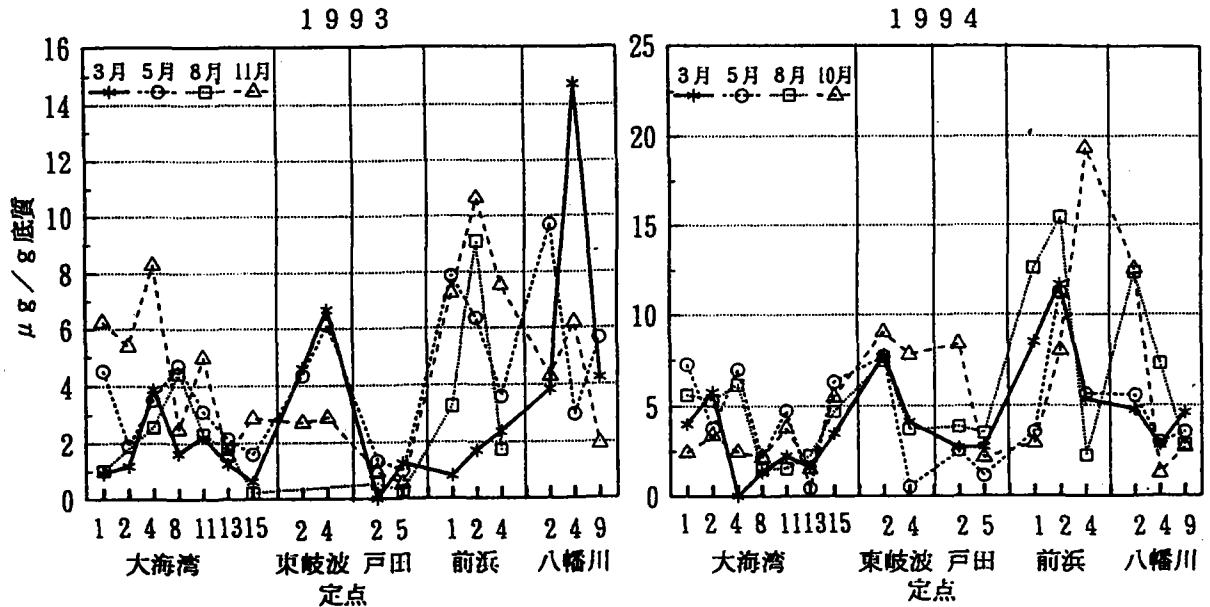


図4 7ヶ所放流定点の底質のクロロフィルa量

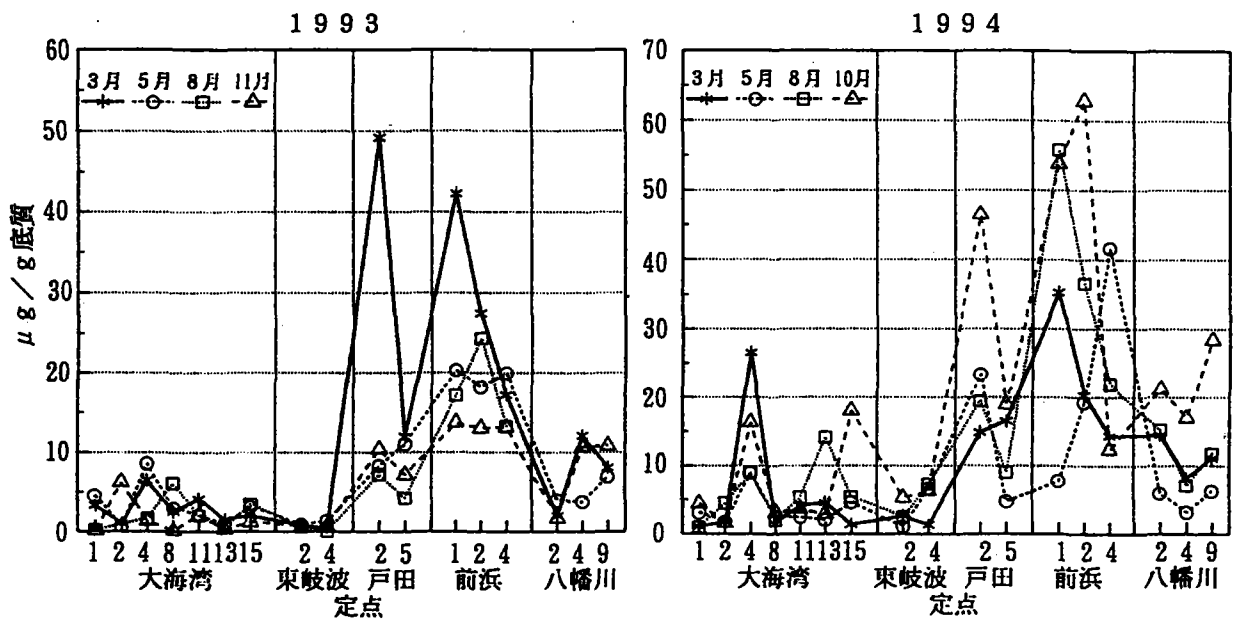


図5 7ヶ所放流定点の底質のフェオ色素量

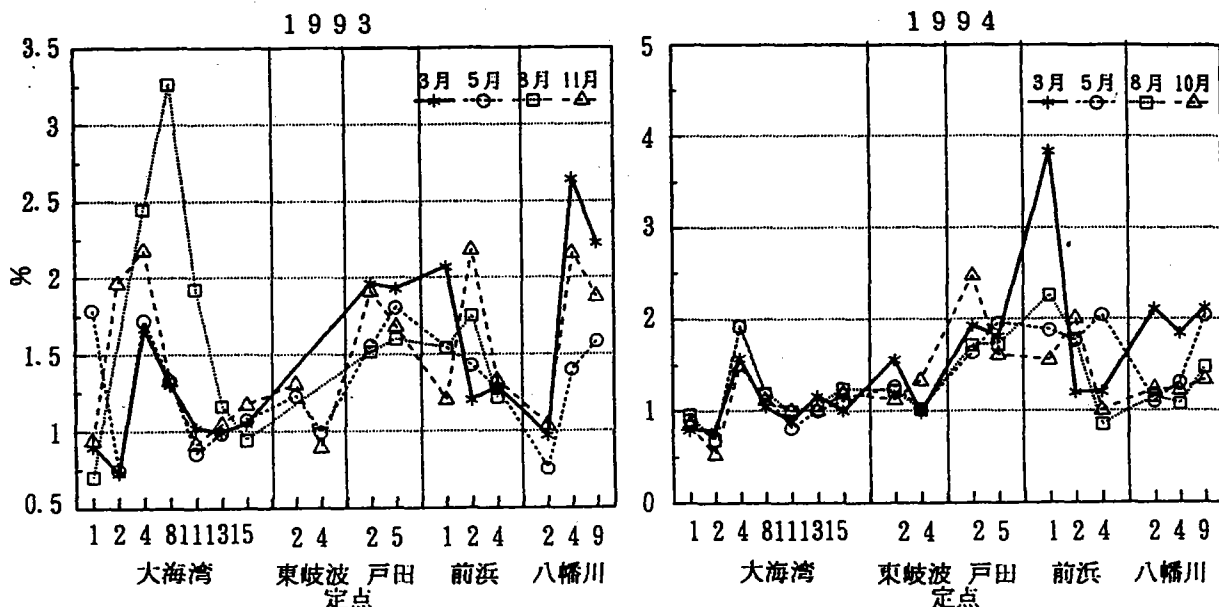


図6 アサリ放流定点の底質表面の強熱減量

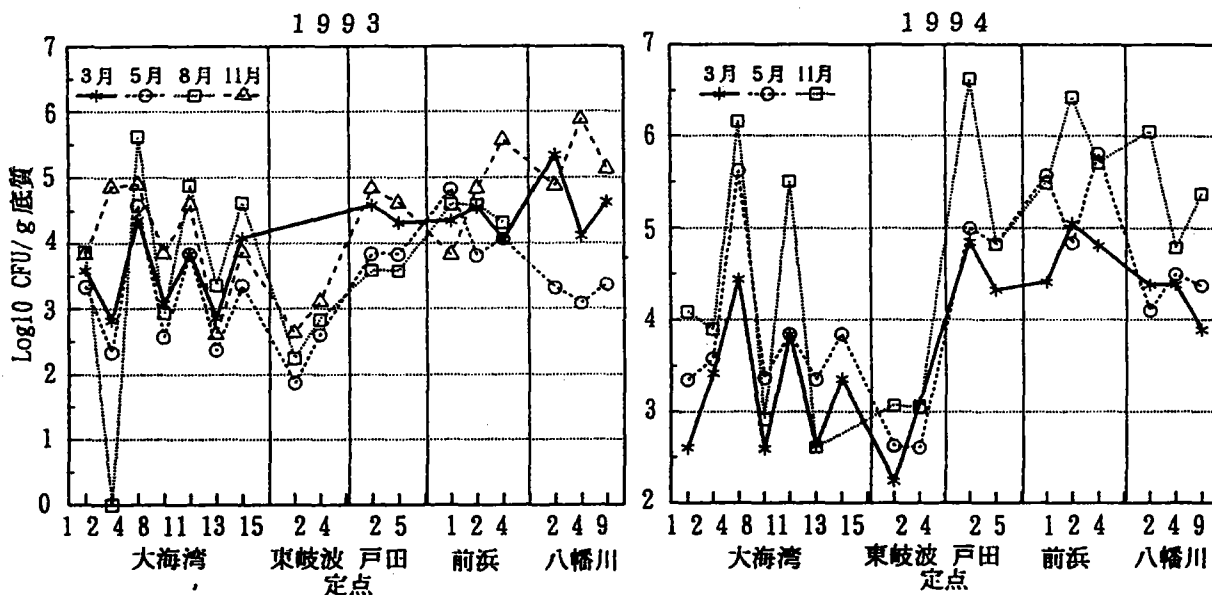


図7 アサリ放流定点の底質のHI培地で求めた細菌数

3)アサリ生態調査

稚貝の数は東岐波の定点2、大海湾の定点1、2、前浜定点1で多かった。漁場平均では東岐波が最も多く、戸田、前浜、八幡川で少なかった(図8)。各定点で再捕されたアサリの殻高・殻幅比は放流アサリではいずれも差異が認められなかったが、天然発生アサリでは有意差が認められなかったものの東岐波の定点2および4で高かった。放流後のアサリの最終取り上げ日の再捕率を図9に示す。放流稚貝の再捕

率は大海湾，東岐波のほとんどの定点では1993および1994年ともに放流後30日前後で0となり分散・移動が大きいことが明らかとなった。1993年は降雨による出水が多く、八幡川でも放流後30日後から再捕率が0に近くなった。これらに対して、戸田および前浜では1993年は放流330日後、1994年は放流164日後まで標識アサリが再捕された。また、1994年は降雨による河川の大規模な出水がなく、八幡川の各定点での再捕率も高かった。とくに、前浜の定点2では両年とも80%前後となり、放流アサリがよく定着していた。

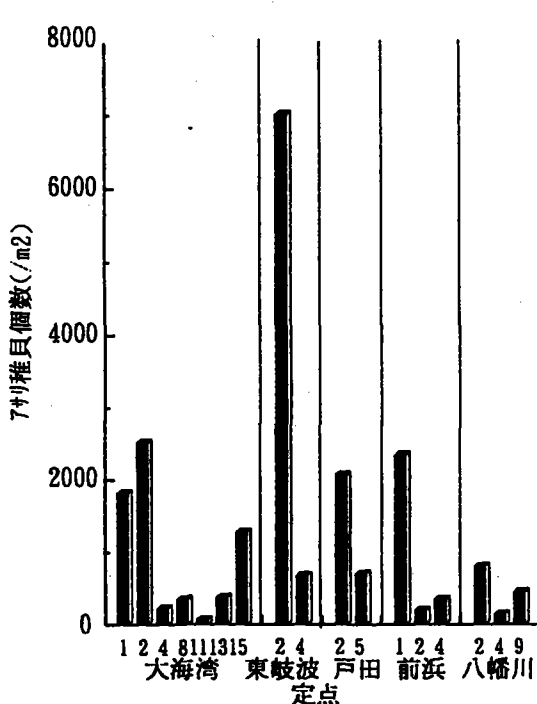


図8 7カ稚貝着底数

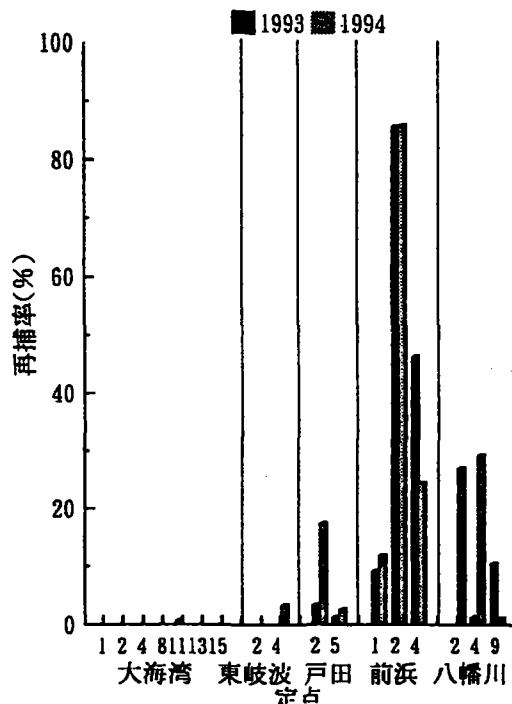


図9 放流アサリの再捕率 (最終取り上げ時)

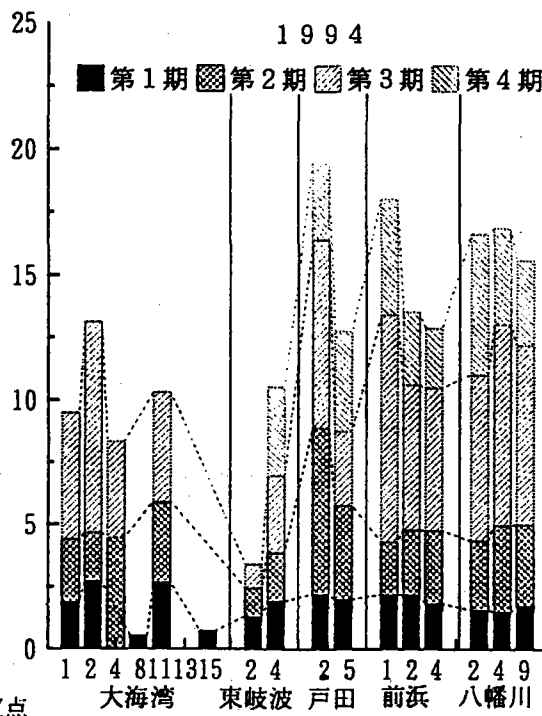
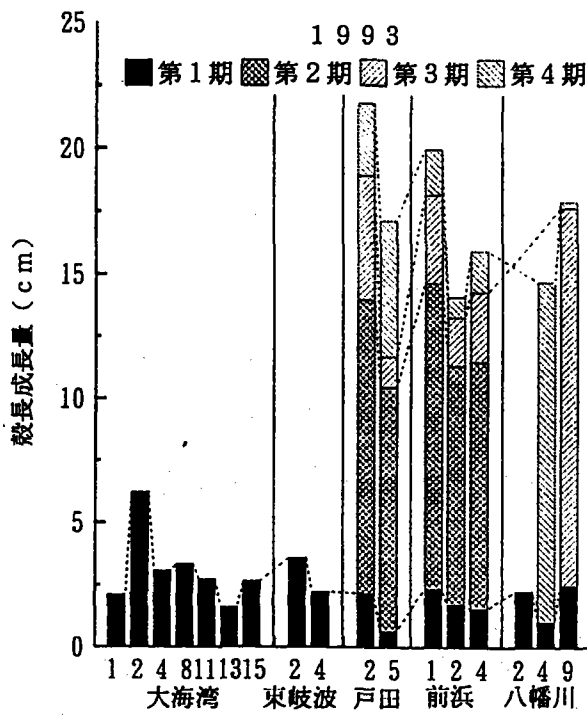


図10 放流アサリの区間成長量 (累積値)

放流後のアサリの成長量は戸田定点2、前浜定点1、八幡川定点9で高かった。成長量の測定が可能であった再捕率の高い定点においては、順調な成長が認められた(図10)。しかし、放流した稚貝の殻長にばらつきがあったために、とくに採捕率の低かった定点では殻長の小さい個体が移動・分散し、殻長の大きな個体が残存し、見かけ上成長したような結果となった場合もあった。

#### 5) 食害および競合生物調査

本調査期間中各地のアサリ漁場に出現した生物は多毛類を除くと軟体、節足、原索動物の総計35種であった。大海湾の定点11、15、前浜定点4では穿孔されてへい死した放流アサリが認められるなど、ツメタガイによる食害が認められた。そのほか、大海湾定点2や前浜定点1では穿孔された個体に混じって、砕かれた殻片が認められ、カニ類の食害が確認された。アサリの生息数は大海湾定点1、2、東岐波定点2、戸田および前浜の各定点八幡川の定点9で多かった。東岐波は殻長の小さな個体が多かったが、その他の定点では商品サイズのアサリが多く、漁場行使聞き取り調査などから各漁場における主な採貝地点となっていた。食害生物は大海湾ではツメタガイ、その他の漁場ではカニ類が多く、消極的な食害生物はいずれの漁場ともハナムシロが多かった。競合生物は大海湾、戸田、前浜漁場ではホトトギス、八幡川定点2ではホトトギスに混じって、イソシジミが多かった。多様性指数 $H'$ は前浜の定点1が最も高く、多様な生物が生息していたが、東岐波定点2および戸田の定点2では低かった(表1)。

## 考 察

アサリ育成漁場の評価を行う際には、育成漁場にはどのような条件が望まれるかを考える必要がある。そこで行われる漁業は稚貝を放流して一定期間後に再捕するといった形態がとられる。その際には、放流した稚貝に見合った漁獲が期待され、区画漁業権の設定区域ではその区域内という限られた範囲内で放流稚貝が再捕されなければならない。このような条件を考えると、放流稚貝の移動・分散ができるだけ無くかつ成長がよい漁場が適正育成漁場といえる。今回の調査では再捕率が高かったのは戸田・前浜のすべての定点、八幡川の定点4、9であり、大海湾、東岐波では再捕率は極めて低かった。この原因の一つとしては、粒度組成との関連が考えられる。各漁場の底質を構成する粒子の中央粒径をみると戸田、前浜がいずれも $1000\mu\text{m}$ を越えており、大海湾や東岐波より粒径の大きい粒子で構成されていた。この粒度組成のなかでも $2000\mu\text{m}$ 以上の粒子の割合と放流アサリの再捕率は高い相関を示し、再捕率と底質の粒度組成の間には深い関連がうかがわれた。また、底質の粒子多様性指数は大海湾と東岐波が低く、戸田、前浜および八幡川で高い結果となり、採捕率の高い漁場の底質は特定粒度に偏った組成ではないという特徴が認められた。このように、底質の粒度組成と放流アサリの再捕率には何らかの関連があるのではないかとと思われる。一般に、アサリの生息に好適な粒径は $125\sim 1000\mu\text{m}$ といわれている。高橋ら<sup>9)</sup>はアサリの潜砂能力と粒径の関係を再検討しているが、粒径 $4000\mu\text{m}$ の粒子はアサリの潜砂能力を遅滞させるとしており、あまり大きな粒径の粒子はアサリの生息には適さないとされている。大海湾、東岐波は放流稚貝の移動分散が激しく、放流1カ月後にはほとんどの稚貝が放流場所に残っていなかった。山口県<sup>10)</sup>は大海湾でのアサリ稚貝の減耗・移動は波浪の影響であるとしている。また、柿野ら<sup>11)</sup>、柿野・鳥羽<sup>12)</sup>は波浪とアサリの生息について様々な調査を行った結果、波浪による移動は放流アサリの分散を引き起こすだけでなく、活力に影響を与え、再捕率・生残率を低下させる要因となっている。上北<sup>13)</sup>は海底砂の移動特性は外力となる波の特性と海浜を構成する底質の粒径で推定できるとしている。また、底質の粒度組成とベントスの生息量や種類が関連することが知られている<sup>14, 15)</sup>。今回の調査は各漁場の波の特性等は測定していないが、これらの知見から推測すると大海湾、東岐波漁場は、中央粒径が小さいために波などの外力の影響を受けやすく、移動しやすい底質であり、そのために放流したアサリの移動・分散が容易に起こり、それに対して戸田・前浜は中央粒径が大きく、波等の外力の影響を受けにくく、比較的安定した底質を構成し、再捕率も高いものと思われる。以上のように、放流アサリ減耗の原因の一端は粒度組成から推定す

表1 食害・競合生物調査結果（/4416cm<sup>2</sup>、各年の平均値）

調査年	漁場	定点	全個体数	種数	7羽	食害生物	消極的な食害生物	競合生物	多様性指数
					個体数	個体数	個体数	個体数	(H')
1993	大海湾	1	467.33	7	416.33	1.33	49.00	0.67	0.64
		2	1894.33	7	13.67	3.33	162.00	1715.33	0.60
		4	130.33	8	112.00	0.67	15.33	2.33	0.76
		8	91.00	5	22.00	0.33	68.33	0.33	1.17
		11	138.33	7	43.67	0.67	82.67	11.33	0.53
		13	4.50	3	3.00	0	0.50	1.00	1.22
		15	117.00	7	18.33	0.67	92.67	5.33	0.34
	東岐波	2	393.50	4	382.25	11.00	11.00	0.50	0.20
		4	23.75	6	16.50	4.25	4.25	3.00	1.47
	戸田	2	262.25	6	227.5	31.00	31.00	3.75	0.20
		5	94.00	6	55.5	37.00	24.75	1.50	1.48
	前浜	1	969.33	11	293.33	49.33	5.33	621.33	2.01
		2	494.00	7	226.25	26.00	59.63	173.00	0.54
		4	220.33	11	129.31	27.00	16.50	91.06	1.95
	八幡川	2	17.00	3	14.00	2.00	0	1.00	0.83
4		44.33	5	35.33	3.67	0	5.33	1.00	
9		166.33	9	122.00	3.33	2.67	38.33	1.32	
1994	大海湾	1	210.50	10	138.50	5.50	51.25	15.25	1.59
		2	516.75	9	212.00	4.25	5.25	295.25	1.16
		4	90.50	9	49.50	3.25	36.25	1.50	1.54
		8	2.00	2	1.33	0	0.67	0	0.92
		11	157.50	8	41.75	1.25	111.25	3.25	1.60
		13	5.33	5	0	2.33	2.67	0.33	2.11
		15	28.33	7	1.00	1.00	6.00	19.67	1.69
	東岐波	2	112.00	8	98.75	11.00	11.00	1.50	0.69
		4	140.00	11	124.00	13.50	13.00	2.25	0.73
	戸田	2	657.75	9	131.75	22.25	22.00	503.00	0.96
		5	192.50	8	161.50	27.50	27.00	2.75	0.78
	前浜	1	455.00	13	259.00	23.50	26.50	146.00	3.04
		2	375.50	8	249.25	8.00	51.00	67.25	1.43
		4	188.00	10	129.75	11.00	18.75	28.50	2.24
	八幡川	2	485.50	7	44.75	12.50	9.25	419.00	1.08
4		110.00	10	91.75	3.25	3.50	11.50	1.04	
9		129.00	10	110.25	2.50	6.00	10.25	0.95	



ることができ、アサリ育成漁場の底質は波などの外力に対して安定性の高い粒度組成から構成されるのがよいと考えられる。

アサリの成長は餌料の供給が恒常的にある場所で良好と考えられる。沼口<sup>16)</sup> はアサリの餌料としては底質周辺にあるフェオ色素を大量に含んだデトライト等が重要であるとしており、本調査における前浜や戸田での高い成長量との対応からもクロロフィルaよりもフェオ色素量が重要と思われる。ただ八幡川漁場ではフェオ色素量が前浜、戸田と比較して少ないにもかかわらず放流稚貝の成長量はこれらの2漁場と比較しても劣らなかった。八幡川漁場での強熱減量や細菌数は前浜・戸田とは差異が認められないことから、植物体由来以外の有機物の供給も推定されるが、河口域の中心ということで河川由来の有機物や渦流形成等による有機物の集積などの環境条件が整っていて、アサリの成長に有利に作用しているのではないかと考えられる。また、成長を考える上で地盤高の影響が考えられるが、前浜の定点1と4は地盤高が同じであるに関わらず成長量に差異が認められた。この2定点では稚貝の着底量においても差異が認められたことから、流況等の差が成長に影響を与えたものと推測される。今回の調査全般を見渡すと、水温や塩分等の生息環境項目は定点ごとに多少の変化が認められるものの、いずれもアサリの生息可能条件内であった。底質の全硫化物量は大海湾の定点4がつねに高く、1993年の8月には1.56mg/g 底質の値を示した。井上<sup>6)</sup> は山口県大海湾の潜堤設置前に行った調査をまとめているが、その時に得られた全硫化物量の結果は定点4以外は今回と同様な値を示し、いずれも0.2 mg以下であった。その他の定点では前浜の定点1、4、戸田定点2が高い傾向を示したがいずれもアサリの生息には不適な値ではなかった。

アサリの再捕率が高く成長のよい漁場としては底砂の移動が少なく、安定した地盤でかつ透水性あるいは底質の巻き上げ条件のある適度な“溜まり”が形成されることが重要であるということが示唆される。これらの条件は、底質の粒度組成、フェオ色素量として表されると思われ、さらに稚貝着底量も含めて考えると、各定点は以下に述べるA～Dの5つのタイプに分類される。A型は中央粒径250～500 $\mu\text{m}$ であり、アサリの餌料成分の主体をなすと考えられるフェオ色素量等の餌料供給が最も少ない。放流アサリの再捕率は最も低く稚貝の着底量も少ない。この型には大海湾定点8、13、東岐波定点4、八幡川定点2が属するが、アサリ漁場としての利用は不適であると思われる。B型はA型と同様な粒度によって構成され、A型ほどではないとしても放流稚貝の移動分散が大きいものの採捕率はA型ほど低くない。フェオ色素量は少ないもののクロロフィル量は比較的安定した値を示し、放流アサリの成長が認められる。稚貝発生量は最も多く、育成漁場としてよりは稚貝採取場として利用するのがよく、この型には大海湾定点1、2、11、15、東岐波定点2が属する。C型は粒径2mm以上のれきの構成比率が高く、放流アサリの移動分散が小さいけれど再捕率はさほど高くない。餌料の供給がアサリの成育には適当であり、アサリの成長量は最も高い。育成漁場として最適であるが種多様度指数が最も高く、アサリの外敵・競合生物にとってもよい生息環境である。したがって、再捕率が低くなる原因として、食害や他生物との場の競合の影響が考えられる。そのため、人為的な努力による干潟表面の食害・競合生物の除去、清掃等を行うことによって最大の生産性が期待できるのではないかとと思われる。この型には戸田定点2、前浜定点1、八幡川定点9が属し、定期的な漁場管理が必要となる。D型は放流アサリの再捕率が最も高いものの有機物以外の堆積物も多い。粒度組成、餌料供給はC型なみであるが種多様度指数は低下し、成長量もC型より低いが、放流アサリが確実に再捕される。もっとも、成長量が低いのは放流アサリが高い再捕率を示したことによって生じた過密状態によるのではないかと考えられるが、C型と比較して地盤高が概して高いのでその影響の可能性もある。しかし、放流種苗が確実に再捕されるので育成漁場としての使用が適切であると思われる。この型には、戸田定点5、前浜定点2、4、八幡川定点4が属する。E型は有機物の堆積が過剰であり、したがって夏季等の高温期には全硫化物量が高くなるなどアサリの成育には不適となる。また、河川の出水等による浮泥の堆積が著しく、アサリのへい死によって再捕率が低下する。したがって、育成漁場としても不適であり、大海湾定点4が属する。以上の結果をまとめたものが図11であり、今回の調査によってアサリ育成漁場としての使用の可否についての提言も可能となった。この図中にあるように瀬戸内海域の育成

漁場にはCおよびD型の漁場が好ましいが、これらの漁場ではアサリ以外の生物種が豊富であり、食害や競合といった種間関係が生じている。さらに、アオサ等の堆積が起りやすくこれら除去し、アサリの育成に適した環境を人為的に作る必要がある。したがって、瀬戸内海域においてアサリ育成漁場を造成する際には、造成後の漁場行使にあたって、漁場管理を義務づける必要がある。

以上、今回の調査は瀬戸内海域の漁場について行ったものであり、比較した5漁場のアサリ育成漁場としての評価をアサリの成長・生残に直接関与する餌料成分要素（クロロフィルa量、フェオ色素量、強熱減量等）と漁場の富栄養進行状況による悪化の要素（全硫化物量、細菌数等）から推定したものである。これらの要素は当然漁場の存在する湾や海岸の形状や位置、河川水の流入状況等によって大きく影響を受けるが、それを底質状況として容易に把握するには粒度組成とクロロフィルa量、フェオ色素量を定量するのが有効であると考えられる。今後さらに詳細な解析を行うとともに、外洋性砂浜の特徴との比較を行う必要がある。

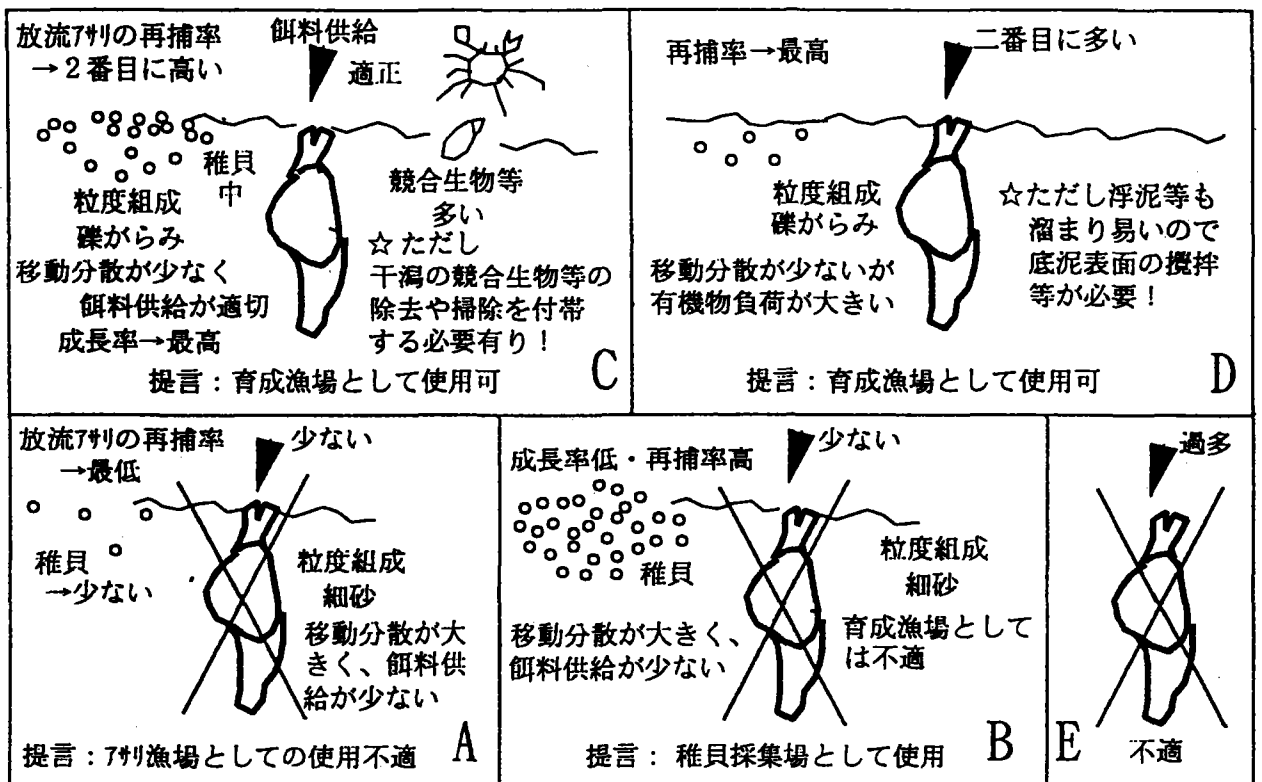


図11 調査結果から推定される瀬戸内海域アサリ育成漁場の特徴

摘 要

- ①瀬戸内海域の育成漁場の評価手法を開発する目的で、山口県と広島県の計5カ所のアサリ漁場において42定点を設定し、生息環境、底質化学成分および細菌数調査、アサリ生態調査および食害・競合生物調査を行った。
- ②クラスター分析によって42定点から選定した17定点でアサリの放流試験を行い、再捕率・成長率を調べた結果および①の調査結果を組み合わせることによって、各定点は5つのグループに分けることができた。これらのうち、2つのグループはアサリ育成漁場としての使用が有効ではないかと思われた。

## 引用文献

- 1) 柿野 純, 1992: アサリ漁業をとりまく近年の動向, 水産工学, 29(1), 31-39.
- 2) 中尾 繁, 1983: 多毛類の種多様度と底質環境. ベントス研究会誌, 24, 54-59.
- 3) Imai, I, 1987: Size distribution, number and biomass of bacteria in intertidal sediments and sea water of Ohmi Bay, Japan. Nihon Biseibutsu Seitai Gakkaiho, 2, 1-11.
- 4) 酒井明久・関口秀夫, 1990: 二枚貝着底稚貝の交装を観察する簡便な方法. ベントス学会誌, 39, 21-22.
- 5) 酒井明久・関口秀夫, 1992: 河口干潟における二枚貝類の後期浮遊幼生および着底稚貝の同定. 水産海洋研究, 56(4), 410-425.
- 6) 井上 泰, 1980: 山口・大海湾におけるアサリの生態と環境について, 水産土木, 16(2), 29-35.
- 7) 鳥羽光晴, 1989: ケフサイソガニによるアサリ稚貝の捕食実験, 千葉水試研報, 45, 41-48.
- 8) 石川公敏, 1986: 生物群集としての解析法. 日本海洋学会編, 沿岸環境調査マニュアル, 恒星社厚生閣, 東京, 250-257.
- 9) 高橋清孝・佐藤陽一・渡辺 競, 1986: アサリの生存限界に関する実験的検討, 宮城水試研報, 11, 44-58.
- 10) 山口県, 1979: 大規模増殖場開発事業調査報告書, 山口・大海湾地区, 一アサリー, 水産庁.
- 11) 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との関係. 水産工学, 28(1), 51-55.
- 12) 柿野 純・鳥羽光晴, 1990: 千葉県北部地区貝類漁場におけるアサリ資源の特性について. 千葉水試研報, 48, 59-71.
- 13) 上北征男, 1974: 砂浜海岸における海底砂の移動に関する計算法. 水産土木, 11(2), 45-51.
- 14) 道津光生・城戸勝利・伊藤康男, 1992: 福島県沿岸砂浜海域のマクロベントスの分布と生息環境. 日水誌, 58(8), 1411-1418.
- 15) 安永義暢, 1983: 砂浜浅海域における底質環境とマクロベントスの分布に関する一考察. 水工研報告, 4, 1-41.
- 16) 沼口勝之, 1990: アサリ漁場における底層水, セジメントおよび底泥のクロフィルaとフェオ色素量, 養殖研報, 18, 39-50.