

# アサリ着底漁場の特性とその評価手法の開発

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  
調査実施年度 平成7～9年度

## 1. 緒言

近年、西日本各地ではアサリの漁獲量減少が著しく、その原因解明とともに有効な対策方法が望まれている。その原因の一つとして、天然に発生したアサリの浮遊幼生が着底するのにふさわしい場所の減少があげられている。一般に、アサリの着底場所は成貝の生息に適した場所とは異なる環境条件が必要であることが知られているが、その詳細については不明な点が多い。しかし、アサリの着底に適した場およびその環境条件を知ることは、着底場所の造成や管理に有効であると思われる。

そこで、本調査では、既存の漁場を用いてアサリの着底にふさわしい漁場および環境の特性を野外調査に室内実験を組み合わせることによって検討した(図1)。野外調査では従来ほとんど調べられなかったが、着底初期のアサリの餌料として重要な役割を担っているといわれる底質中の付着珪藻や細菌等微細餌料環境を中心に、着底場所と育成漁場を比較した。また、室内実験ではアサリ浮遊幼生の行動生態学的実験によって、着底期のアサリの底質の選択性に影響する基質粒度、流れおよび光の条件を調べた。さらに、着底初期のアサリの捕食者であるユビナガホンヤドカリやヒトデの捕食量推定のための生化学的手法の適用の可能性についても検討した。

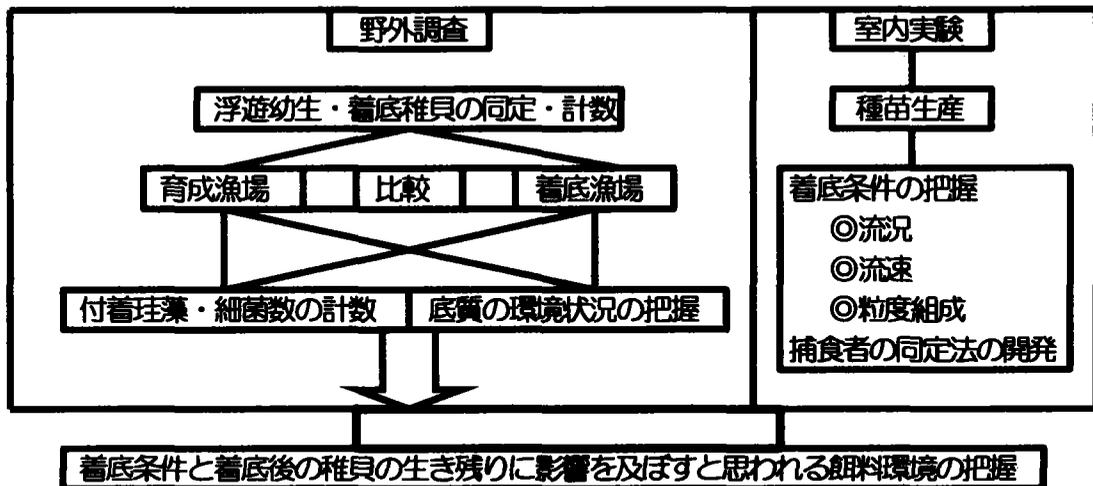


図1. 本調査の概要

## 2. 調査方法

### 1) 野外調査

調査定点：図2に示す大分県豊後高田市、山口県大海湾、広島県宮島町長浦、同大野町前浜の4ヶ所のアサリ漁場内に、着底量が多く着底漁場となっている部分と成貝の成長が良く育成漁場になっている部分に分けてそれぞれ8、8、4、4点の調査定点を設定し、アサリの着底量が多い時期に集中して以下の調査を行った。また、前浜では浮遊幼生の出現状況と着底の関連を調べるために、通年にわたって浮遊幼生の調査および漁場環境調査を行った。

環境調査：アサリが生息している底質を採取して常法によって強熱減量、クロロフィル-A 量、フェオ色素量を定量するとともに粒度組成を常法によって調べた。

付着珪藻の計数：底質 0.5g をとり滅菌海水に懸濁したのち培養法による計数を行った。また、一部は固定し、顕微鏡下観察し、マイクロメーターによって  $10\mu\text{m}$  以下、 $10\sim 20\mu\text{m}$ 、 $20\sim 50\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$  以上の4段階のサイズ分けを行い、それぞれの比率を求めた。

底質の細菌数の測定：細菌の培養は、栄養量の異なる 1/2BHI、Zobell2216E および SWM の3種類の培地を用いて好気条件下で試料採取時の海水温で培養を行い、MPN 法によって計数を行った。分離した細菌の属・種レベルの同定は行わず、便宜上 1/2BHI に発育した細菌を富栄養細菌、SWM 培地に生育した細菌を海洋細菌として取り扱った。

浮遊幼生の同定・計数：浮遊幼生の採取は広島県大野町前浜干潟で満潮時に水深5m から海水 500 リットルをポンプで船上に揚水し、 $100\mu\text{m}$  の目合いのプランクトンネットを用いて二枚貝浮遊幼生を含むプランクトン試料を採取した。試料は直ちに研究室に持ちかえり、 $100\mu\text{m}$  のプランクトンネットで5ml に濃縮し、 $-80^\circ\text{C}$  で凍結して保存した。アサリ浮遊幼生の同定は当所によって開発されたモノクローナル抗体によって行った。なお、手法の詳細については当所発行の『モノクローナル抗体および PCR 法によるアサリ浮遊幼生同定マニュアル』に記載されている通りに行った。

着底稚貝の同定：各定点の底質の表層を、縦5cm×横8cm×深さ2cm の範囲で同一定点内で3ヶ所採取した。直ちに海水中でメッシュにかけて、 $0.125\text{mm}\sim 1\text{mm}$  の区分を採取して一晚 10%海水ホルマリンで固定した後、70%エタノールに置換して $4^\circ\text{C}$  で保存した。稚貝はローズベンガルで染色した後、ソーティングを行って拾い出し、酒井・関口(1990、1992)の方法による外部形態観察法によって同定を行うとともに計数した。

## 2) 室内実験

種苗生産：前浜漁場で採取したアサリから、温度刺激によって産卵誘発を行って放卵・放精させて得た受精卵を常法によって飼育して、着底期の浮遊幼生を採取した。

アサリ浮遊幼生の着底基質選択に及ぼす環境要因の影響：種苗生産によって得た着底期アサリ浮遊幼生と図3に示す円形パンライト水槽を用いて、さまざまな流速および光条件下における基質選択性を検討した。なお、異なる流速による基質選択性の実験は光条件による差異をなくすために暗黒下で行なった。また、着底稚貝の計数は前述の方法によって行った。

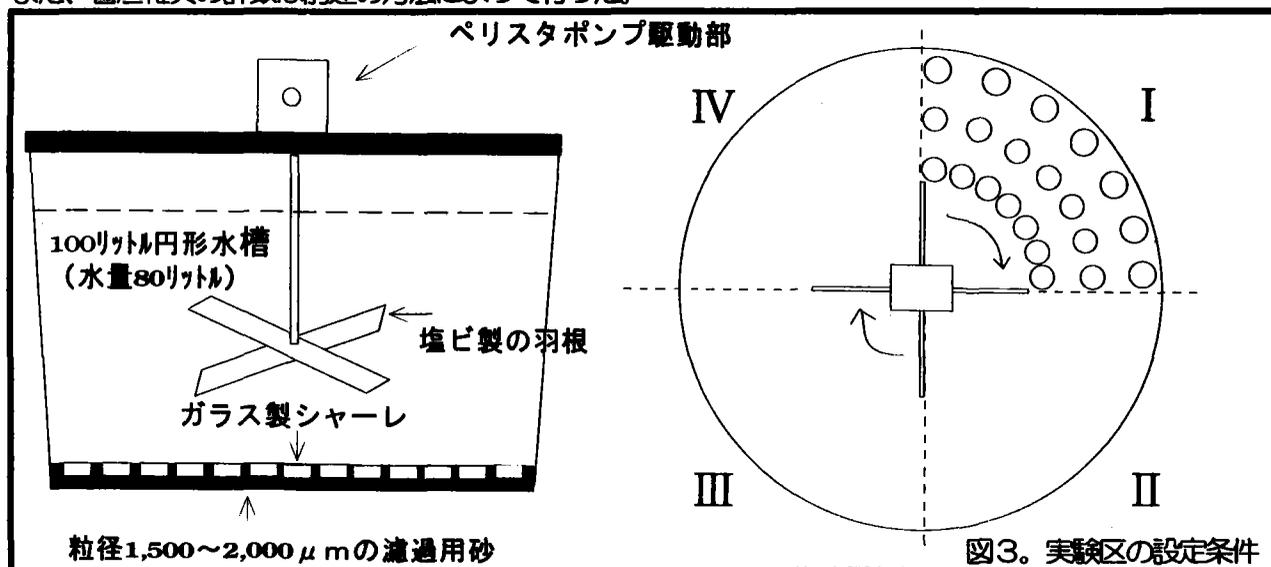


図3. 実験区の設定条件

生化学的手法によるアサリ稚貝捕食生物の消化管内容物中の同定手法の検討：常法より BALB/c マウスを用いてアサリの斧足蛋白質に対するモノクローナル抗体を作成した。ユビナガホンヤドカリとヒトデにアサリ稚貝を捕食させた後、経時的に取り上げ消化管を摘出した。消化管の10倍量の1.5%NaCl 溶液

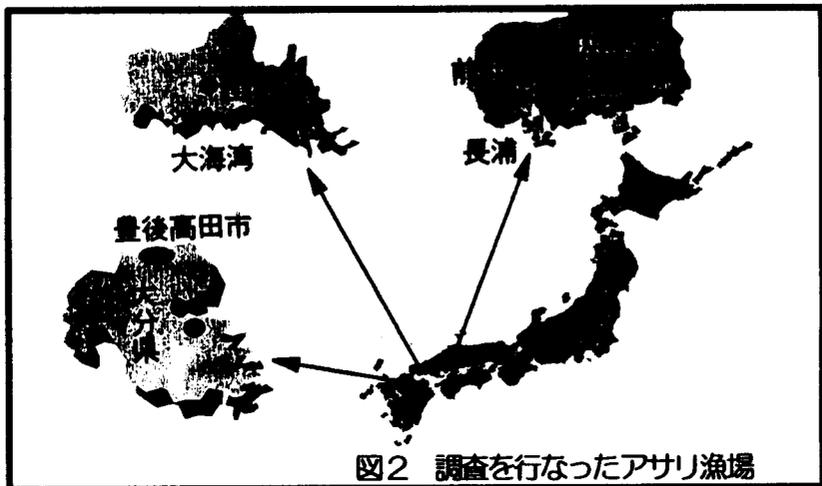


図2 調査を行なったアサリ漁場

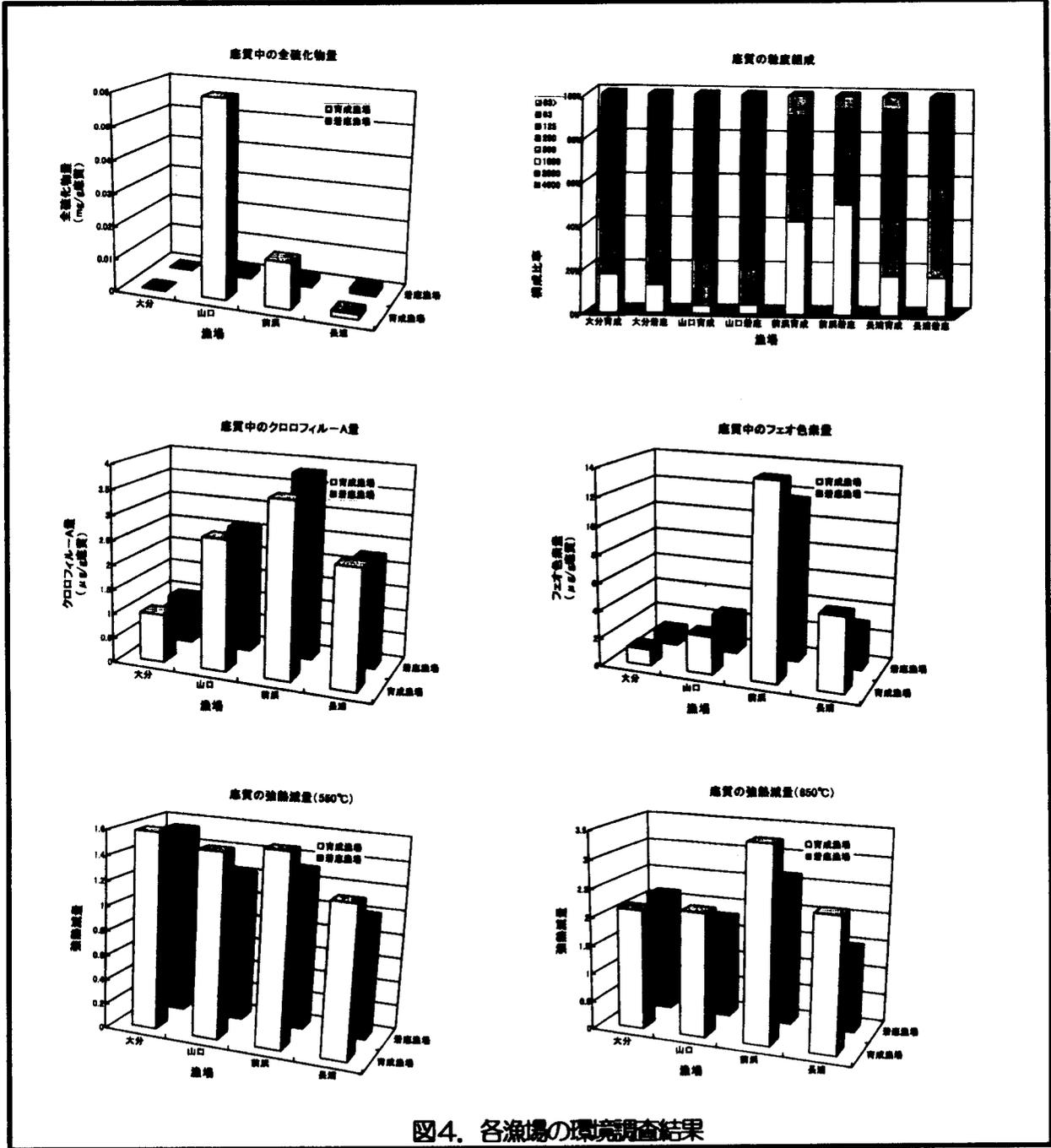


図4. 各漁場の環境調査結果

を加えホモジナイズした後、1500×gで遠心して上清を採取した。上清のタンパク量を測定した後、酵素抗体法によって含有されるアサリ斧足タンパク質を定量した。

### 3. 調査結果

#### 1) 野外調査

##### ①大分、山口、前浜、長浦漁場での育成と着底漁場の比較

図4は大分、山口、前浜、長浦の各漁場内に設定した定点の底質の全硫化物量、粒度組成、クロロフィル-a量、フェオ色素量および強熱減量(550℃と850℃)を1995~1997年にかけて行った計5回の調査結果の平均値を示す。各漁場の底質の粒度組成は大分、山口では粒径125~1000 $\mu\text{m}$ の比率が高かったが、前浜と長浦では粒径1000~2000 $\mu\text{m}$ の比率が高かった。底質の全硫化物量、フェオ色素量、強熱減量(550℃と850℃)は育成漁場のほうが着底漁場より高くなる傾向を示した。漁場間の比較では、アサリの餌成分と関連が深いと思われるクロロフィル-Aおよびフェオ色素量は前浜漁場が最も高かった。今回の調査では30数種類に及ぶ付着珪藻が確認されたが、それぞれの種に分けて計数するのは困難であった。そこで、アサリの餌料としての効率を考えて珪藻をサイズによって10 $\mu\text{m}$ 以下、10~20 $\mu\text{m}$ 、20~50 $\mu\text{m}$ 、50 $\mu\text{m}$ 以上の4段階に分けて計数した。各漁場の付着珪藻の数およびそれぞれのサイズの構成比率は図5に示す。底質中の付着珪藻の個数およびその中に占める10 $\mu\text{m}$ 以下の付着珪藻のは着底漁場

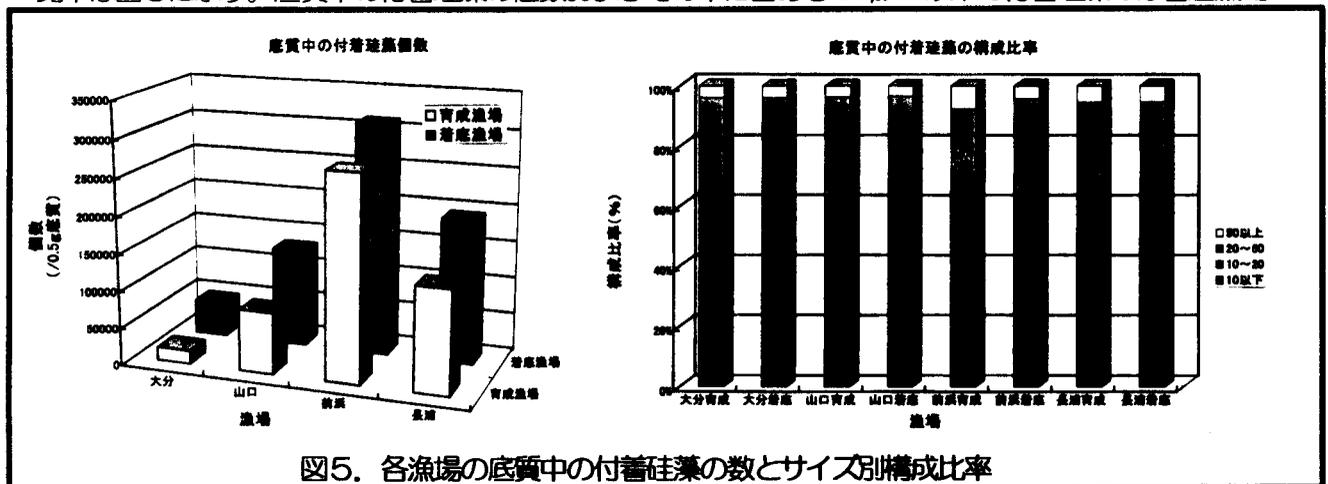


図5. 各漁場の底質中の付着珪藻の数とサイズ別構成比率

のほうが育成漁場より高くなる傾向を示した。漁場間の比較では広島湾の2漁場が高く、ついで山口、大分の順となった。底質中の細菌数は海洋細菌では育成漁場のほうが着底漁場よりやや高くなる傾向を示したが、各漁場間では差異が認められなかった。各漁場の底質中の富栄養細菌数を調べた結果は図6に示す。

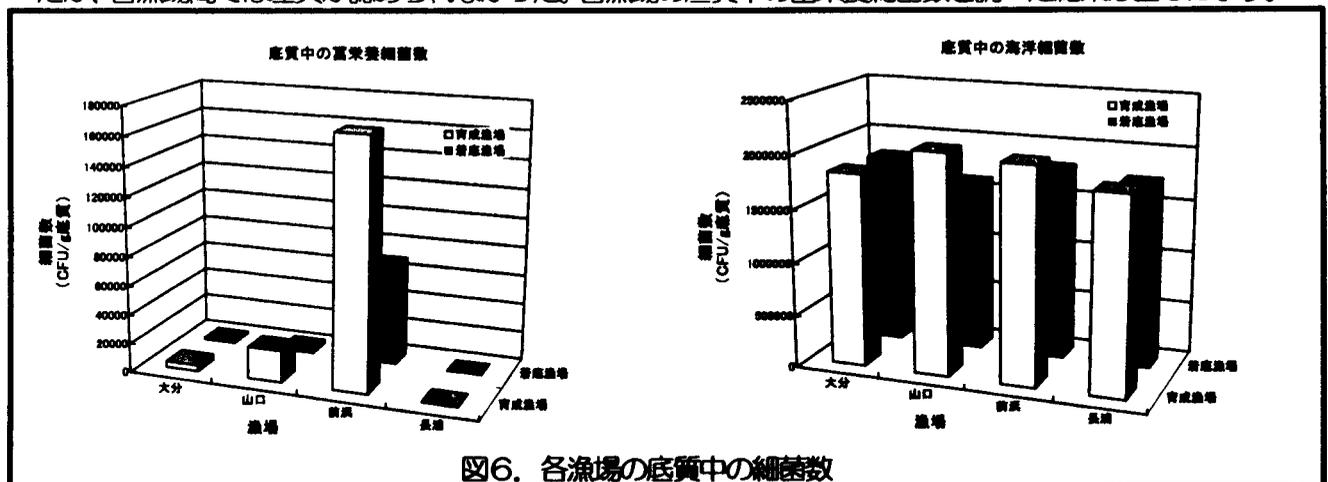


図6. 各漁場の底質中の細菌数

富栄養細菌は育成漁場のほうが着底漁場よりも高く、漁場間では前浜が最も高く、ついで山口となった。

各漁場で認められた二枚貝着底稚貝の種類は表1に示す。

表1. 各アサリ漁場の着底稚貝の種の構成比率

	大分	山口	前浜	長浦
アサリ	38.7	57.4	7.0	13.3
ムササギガイ	0	0	0	0.5
ホトトギスガイ	0	7.7	92.3	83.3
タイラギガイ	0	1.5	0	0
マテガイ	35.5	12.8	0	0
イソシジミガイ	0	1.5	0	0
ハカガイ	12.5	5.0	0	0
シオフキ	13.3	1.2	0	0
オキシジミガイ	0	4.6	0	0.5
オオノガイ	0	0	0	0
オノガイ	0	0.5	0	0
不明	0	6.7	0.7	0.8

大分県豊後高田市のアサリ漁場ではシオフキ、ハカガイ、マテガイが多かったが、これらの種と比較してアサリ稚貝の数は少なかった。山口県大海湾のアサリ漁場ではアサリが優占種となったがそれ以外でもホトトギスガイ、タイラギガイ、マテガイ、イソシジミガイ、ハカガイ、シオフキ、オキシジミガイ、オオノガイ、同定不能種など出現する種類数が多く、多様度ももっとも高かった。一方、広島県内の2つの漁場ではアサリの出現数は多かったが、それ以上にホトトギスガイの発生量がかかなり多く、1996年8月には最大となり1平方メートルあたり1万個を超えた。しかし、それら以外の種類の出現数は少なかった。各漁場の着底稚貝数は図7に示す。着底稚貝数は長浦で最も高く、ついで山口、前浜、大分の順となった。

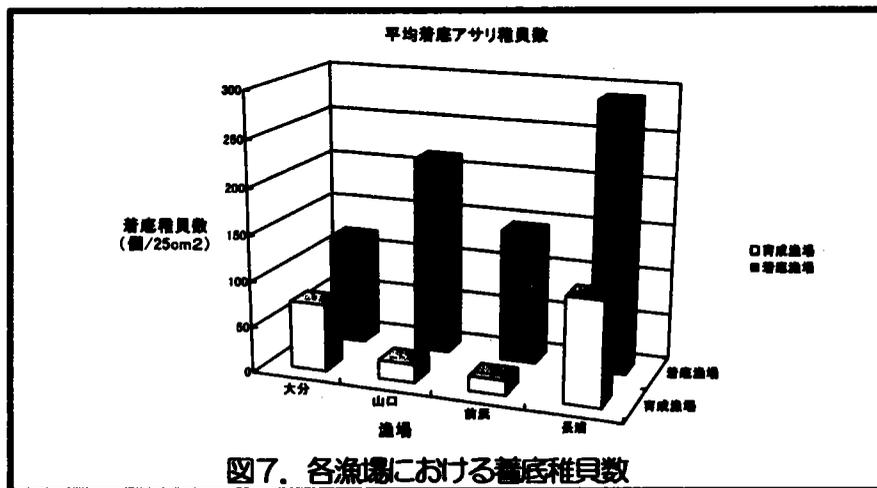


図7. 各漁場における着底稚貝数

②前浜漁場における調査結果

前浜漁場における底質の全硫化物量、クロロフィル-A量、フェオ色素量、強熱減量(550℃と850℃)の推移は図8に示す。前浜漁場内ではこれらの調査項目には季節変動が認められたが、全硫化物量とフェオ色素量、強熱減量は常に育成漁場のほうが高く、クロロフィル-A量は着底漁場のほうが高かった。底質中の付着珪藻のサイズ別構成比率の推移は図9に示す。着底漁場ではサイズ20μm以下の珪藻の構成比率が周年わたって高い傾向を示した。漁場内の二枚貝およびアサリ着底稚貝数の推移は図10に示す。二枚貝の着底稚貝数は育成漁場と着底漁場では差異が認められず、3年間とも7月の中旬から8月に

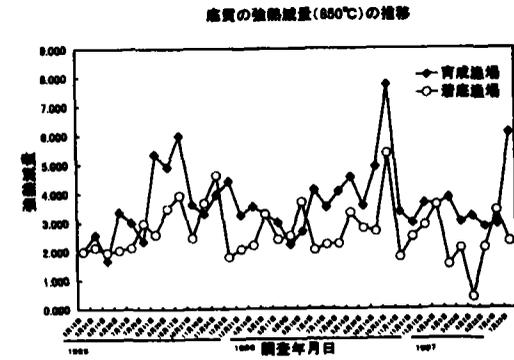
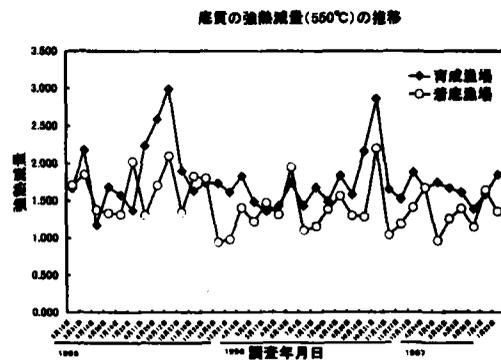
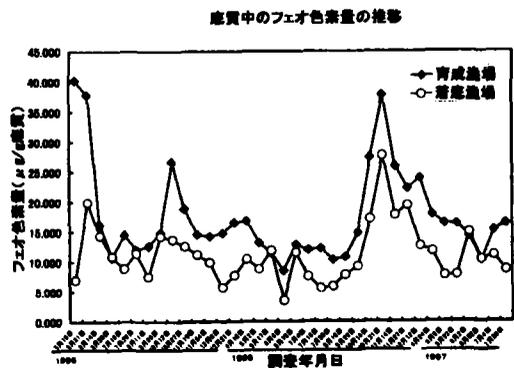
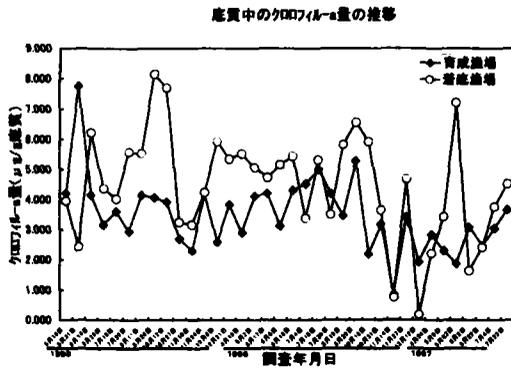
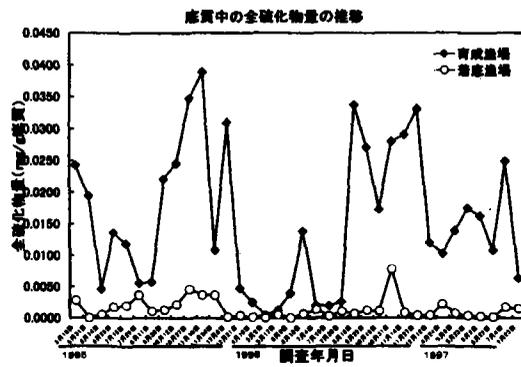


図8. 前浜漁場での各環境調査結果の推移

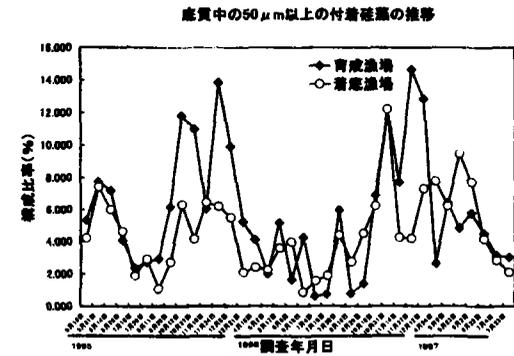
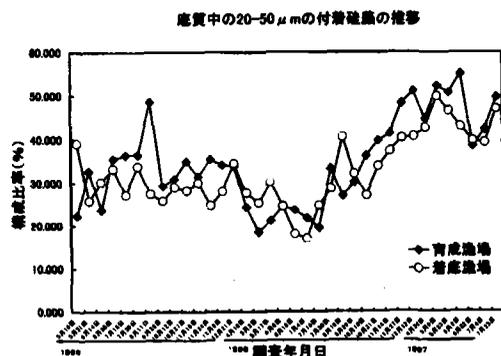
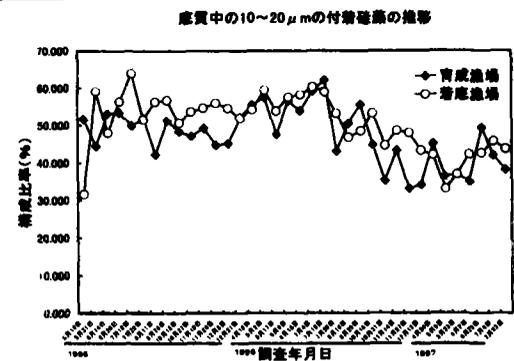
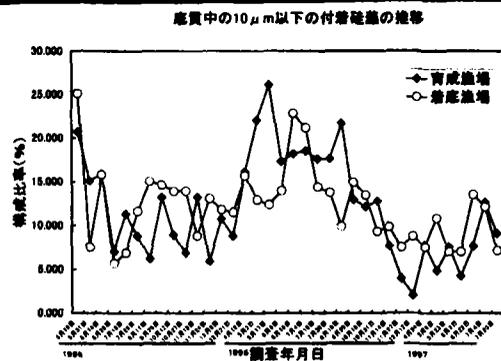


図9. 前浜漁場での付着珪藻のサイズ別構成比率の推移

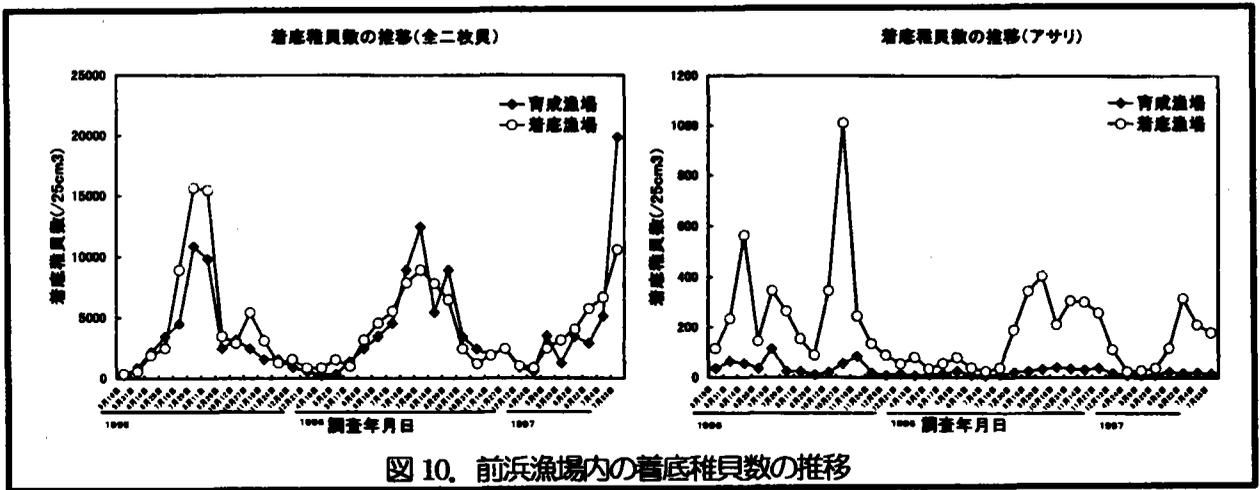


図 10. 前浜漁場内の着底稚貝数の推移

かけて多くなったが、このうちの大部分はホトギスガイであった。アサリの着底稚貝は 1996 年は 7 月後半から 8 月にかけて、1995 と 1997 年は 6 月の後半から 7 月と 10 月から 11 月にかけてピークが認められた。一方、浮遊幼生は前浜近辺の海域では図 11 に示すように、アサリ浮遊幼生は水深 5m 層に集まる傾向を示したので、以降水深 5m で調査を行った。アサリの産卵期には前浜中には平均して海水 1t

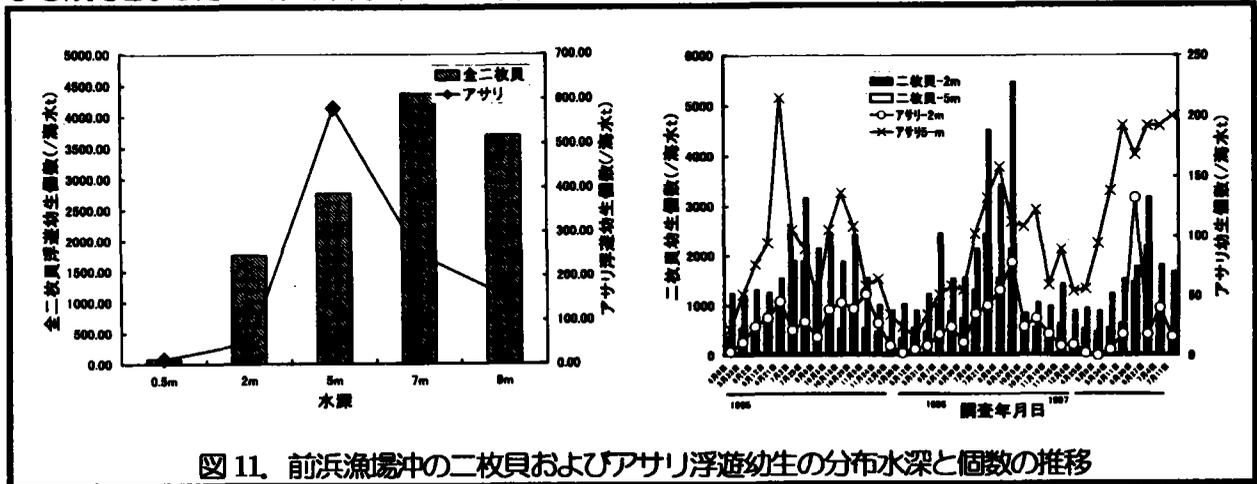


図 11. 前浜漁場沖の二枚貝およびアサリ浮遊幼生の分布水深と個数の推移

あたり 150 個程度の幼生が 1 ヶ月程度にわたって出現していた。しかし、出現時期は 1995 年と 1997 年では 6 月から 7 月、10 月から 11 月であったのに対して、1996 年は 7 月から 8 月であった。

## 2) 室内実験

### ① アサリ浮遊幼生の着底基質選択に及ぼす環境要因の影響

様々な流速条件下におけるアサリ浮遊幼生の着底基質選択性に関する実験期間中、添加した遊泳状態の浮遊幼生は 5~7 日ですべて基質に着底した。アサリの着底期幼生の基質選択性は流速 8.8cm/秒までは流速および実験期間の長短によって変化した (図 12)。アサリ着底期幼生は流速が 0 の場合は粒径 2000  $\mu$ m

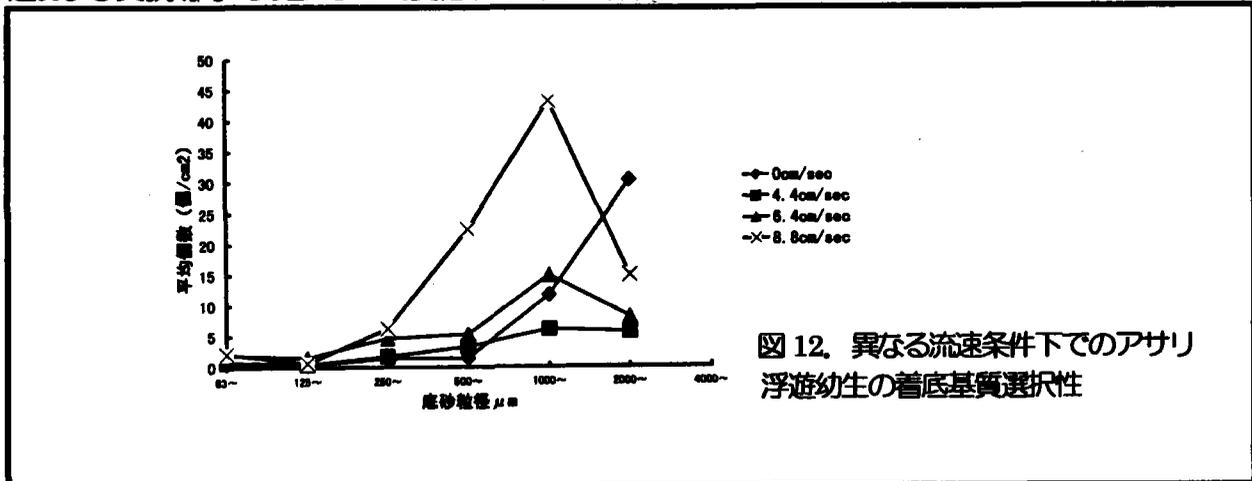


図 12. 異なる流速条件下でのアサリ浮遊幼生の着底基質選択性

m以上の基質を選択したが、流速が早くなるに連れて1000~2000 $\mu$ mの基質を選択する傾向が認められた。また、短期的には250~500 $\mu$ mの基質に着底したが、実験期間が長くなるに連れて同じ流速であっても、粒径の大きな基質を選択するようになった。しかし、固定した着底期幼生基質の粒径に関係なく、一様に分布した。

②生化学的手法によるアサリ稚貝捕食生物の消化管内容物中の同定手法の検討

アサリ着底期幼生の斧足に対するモノクローナル抗体を作製し、それによって実験的にユビナガホンヤドカリに着底期幼生を捕食させた後、経時的に消化管内容物からアサリ抗原を検出した結果、この抗体を用いることによって、ユビナガホンヤドカリの消化管内容物からアサリ抗原を検出することに成功した。しかし、抗体の反応性は捕食後時間が経過するにつれて低下した。一方、異なる水温条件下でユビナガホンヤドカリとヒトデに着底期アサリ幼生および成貝を捕食させた後、経時的に消化管内容物からアサリ抗原を検出した結果は図13に示す。ユビナガホンヤドカリの消化管内容物中のアサリ斧足抗原は温度が高

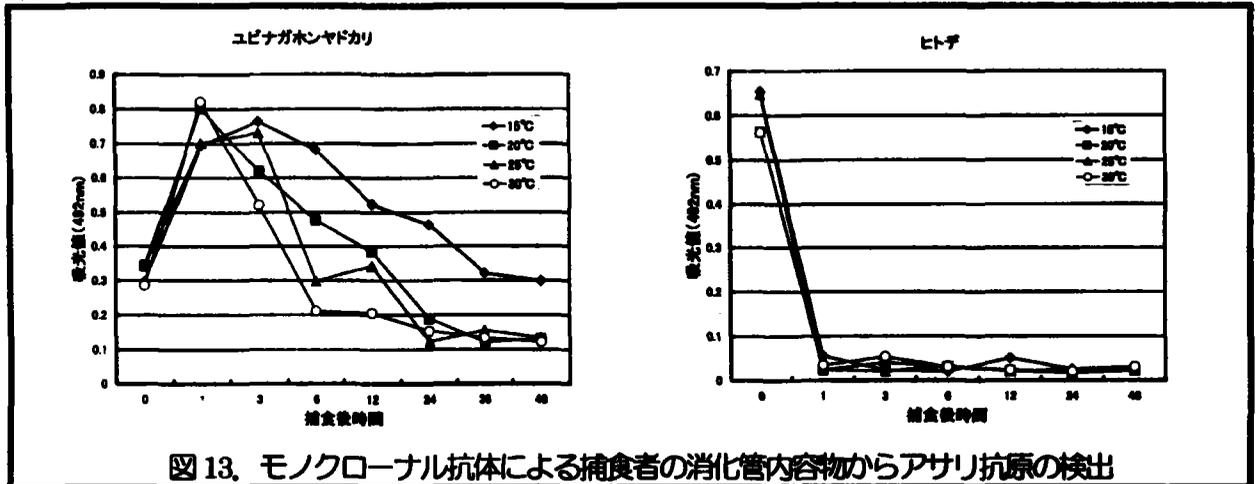


図13. モノクローナル抗体による捕食者の消化管内容物からアサリ抗原の検出

いほど検出が困難となる時間が早く、水温20℃以上では24時間以上で検出不能となった。しかし、15℃では捕食後48時間でも検出可能であった。一方、ヒトデでは、捕食後、1時間以上では水温18℃~30℃の範囲では検出不能となった。

4. 考察

全体的に、調査期間中アサリの着底量は少なかったが、着底量は選定した着底漁場と育成漁場では明確な差異が認められ、本調査・研究の条件設定は満たしていた。調査した各項目を各漁場内で着底漁場の測定値に対する育成漁場の測定値の比をとり、各漁場間で比較した結果は図14に示す通りである、この図

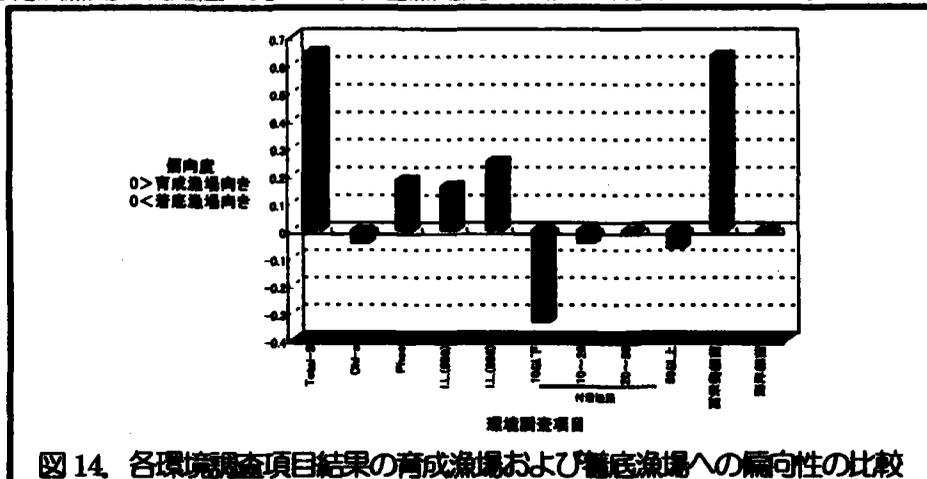


図14. 各環境調査項目結果の育成漁場および着底漁場への偏向性の比較

では0以上となる項目は育成漁場よりも着底漁場に関連していると考えられる。その結果、育成漁場と着

底漁場を識別するためには、今回調査した環境項目中、底質中の全硫化物量、全付着珪藻に占めるサイズが  $10\mu\text{m}$  以下の付着珪藻の比率、富栄養細菌数の項目を測定するのが良いと思われる。それぞれの値については育成漁場のほうが着底漁場よりも底質中の全硫化物量、富栄養細菌数が多く、逆に全付着珪藻に占めるサイズ  $10\mu\text{m}$  以下の付着珪藻比率は育成漁場よりも着底漁場のほうが高いという結果となっている。これは、全硫化物量が多く、富栄養細菌が多い場所というのは、堆積傾向がある場所であり、調査海域ではこのような条件が成貝の良好な成長を得る条件となっていることを示している。いっぽう、着底漁場では付着珪藻の量が育成漁場よりも多く、かつ、その中身は比較的回転率の高いV型の珪藻が大型珪藻より優先している。アサリの餌料としては  $10\mu\text{m}$  以下の珪藻が好ましいので、その比率が高くかつその量も多い場所は着底後の幼生の生き残りにおいても有利であると思われる。このように、アサリの着底場所は常に攪拌を受けやすい場所に形成されるものと推測される。このことは、成長に高濃度の有機物を要求する細菌数が少ないことから支持される。さらに、攪乱の多い場所では捕食生物も生息しにくいので、着底後捕食による減耗も少なくなる。このように、アサリは攪乱が起こりやすく、餌料となる付着珪藻の多い場所に着底し、成長するとともに、攪乱によって着底後も移動して行くものと考えられる。

前浜漁場におけるアサリ浮遊幼生と着底稚貝の出現状況を調べた結果から、いくつかのことが明らかとなった。まず最初に、アサリ浮遊幼生の分布水深については、広島湾では水深5m層であることが明らかとなった。愛知県の新三河湾の調査においても同様な傾向が認められ、アサリ浮遊幼生は4~5m層に集まることが知られていたが、今回の結果は、これを裏付けるものである。しかしながら、この分布状況は夜間や降雨による低塩分層が形成された場合には変化する。アサリは夜間は分布水深が明瞭でないほど全層に一樣に分布していた(浜口、私信)。また、降雨や河川の大量出水によって低塩分層ができた場合には、水深15mまでは水深に関わりなく塩分30PSUの層に大量に分布する傾向が認められた。以上の結果から、広島湾での浮遊幼生の調査は水深5mを標準として、塩分の状況によって調査水深を変化させるのがよいと思われる。一方、3年間の浮遊幼生調査から、浮遊幼生の出現時期は年によって変化するということも明らかとなった。例年、前浜漁場ではアサリ浮遊幼生の出現時期は5~6月にかけてと10~11月にかけての2回ピークを示しているが、1996年は8月で最大となった。このような傾向は近年、国内各地で観察されている。その原因について現在検討中であるが、産卵母集団の生殖周期がなんらかの原因で変化している可能性があげられている。アサリのような生態学的に多産型の戦略を取る生物にとっては産卵時期がずれることや産卵量が減ることは個体群の維持において大きな問題となると思われる。また、この時期はすでにホトギスガイが漁場内に大量に着底しているため、それらとの競合が激烈になる。したがって、この問題については今後ともより詳細に検討する必要がある。一方、前浜漁場中は大野瀬戸と呼ばれるほど流れの速い場所であり、アサリ浮遊幼生の滞留時間は短く、高密度の幼生群が形成されにくい。したがって、この漁場中に出現する浮遊幼生の数はそれ以外の広島湾内よりも少ない。しかし、アサリの産卵期の1ヶ月の間は浮遊幼生の数はほぼ一定しており、それらが暫時着底しているようである。

室内実験からアサリの着底期の浮遊幼生の着底基質の選択性は、流速によって異なるが流速が早くなると粒径  $1000\sim 2000\mu\text{m}$  の基質を選択する傾向が認められたが、流速が0となると逆に粒径  $2000\mu\text{m}$  以上の基質を選択する傾向が認められた。このような結果は、アサリ幼生は着底基質として  $1000\mu\text{m}$  の粒径の粒子を選択するとしている柳橋(1992)の知見を裏付けるものである。今回、実験に用いた流速の範囲は、前浜漁場で大潮の満潮時前後に発生する流速を測定した結果に基づくものである。また、アサリは愛知県で現在実施されている調査から、満潮時に沖合いから干潟に進入し、着底するという行動特性が明らかになりつつある。このことから、今回設定した流速は実際にアサリが着底する際に必要とされる流速と考えてもほぼ差し支えないと思われる。この実験で得られた結果は、アサリの着底時の底質の粒度選択性が着底時に発生する流速によって変化することを示している。しかし、野外の着底量調査結果と底質の粒度組成との相関をとってみると、着底の多い場所は必ずしもこのような粒径によって構成されていると限らず、アサリの着底にはそれ以外の因子の関与が考えられる。また、前浜漁場での通年にわたる浮遊幼生と着底量、底質環境の調査結果から、浮遊幼生の量と着底量は直接関連がなく、浮遊幼生に占める着底期幼生の数の割合のほうが関連があるような結果が得られている。

その他、本課題では野外での捕食生物によるアサリの被食の定性を行うために、生化学的手法とくに

貝で発現量が多く、検出が容易な抗原の検索とそれに対するモノクローナル抗体を作製し、コヒナガホンヤドカリを用いて、作製した抗体の有効性を検討した。ついで、水温の影響やヒトデでの有効性を検討した。コヒナガホンヤドカリをはじめとする小型甲殻類やヒトデはアサリの着底初期幼生のみならず成貝の捕食者としていられている。その結果、コヒナガホンヤドカリでは捕食後 24 時間以内であれば、水温に関わりなく検出できるが、ヒトデでは捕食後 1 時間以内に速やかに抗体の反応性がなくなった。これはヒトデ類は体外消化を行うので、消化が速いためと考えられる。したがって、本法による捕食者の消化管内内容物中のアサリの定性はヤドカリ等には有効であるが、ヒトデには適用できないことが明らかとなった。これらの手法は野外において採集した捕食者の消化管内内容物からアサリの抗原を検出することが可能となることを示しており、アサリの捕食による減耗等を調べるに当たって有効な手法となると思われる。しかし、この手法は捕食者の消化速度の影響を受けるために、定量的な調査は困難である。また、消化速度は水温、捕食量および捕食後の経過時間によって影響を受けるので、実際の調査には対象となる捕食生物の摂食時間等を考慮したサンプリングを行う必要がある。今回は手法の開発のみにとどまったが、野外で採取した捕食生物を用いて検討する必要があると思われる。

最後に、以上の結果から、アサリの着底漁場こふさわしい条件について図 15 にまとめた。アサリ着底漁場の選定および造成にあたってはこのような項目について検討する必要があると思われる。

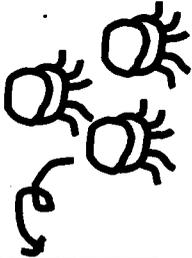
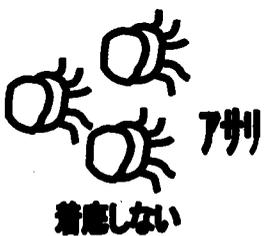
	
<p style="text-align: center;"><b>着底しやすい環境</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①底質中に全硫化物量が少なく、有機物含量が少ない。</li> <li>②底質中に 10<math>\mu</math>m 以下の小型の付着珪藻の個数が多い。</li> <li>③底質中に重炭酸細菌が少ない。</li> <li>④流れがある程度あり、粒径が 1000~2000<math>\mu</math>m の粒子がある。</li> <li>⑤捕食生物が少ない。</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>着底しにくい環境</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①底質中に全硫化物量、フェオ色素量など有機物含量が高い。</li> <li>②底質中に付着珪藻の個数が少ない。</li> <li>③底質中に重炭酸細菌が多い。</li> <li>④底質の粒径が 1000<math>\mu</math> 以下あるいは 2000<math>\mu</math> 以上のものが多い。</li> <li>⑤捕食生物が多い。</li> </ol>

図 15. アサリ着底漁場の特性

## 5. 摘要

- 1) 環境条件の異なる 4ヶ所の漁場においてアサリの育成漁場と着底漁場の特性について野外調査を行い比較・検討した。その結果、アサリの着底漁場は攪乱が生じ易く、サイズ 10 $\mu$ m 以下の付着珪藻の数が多し場所に形成されることが明らかとなった。
- 2) アサリの浮遊幼生は広島湾でも水深 5m 層に集まる傾向を示した。
- 3) 実験生態学的手法によってアサリの着底期幼生は流れが 13.3cm/秒までは粒径が 1000~2000 $\mu$ m の基質を選択することが明らかとなった。しかし、この選択性は流速によって変化し、流速が 0 になると 4000 $\mu$ m の大きな粒径の基質を選択した。

なると 4000  $\mu\text{m}$  の大きな粒径の基質を選択した。

- 4) アサリの捕食者の消化管内容物中のアサリ抗原をモノクローナル抗体を用いた免疫学的手法によって検出する手法を開発した。これによって、ユビナガホンヤドカリ等の甲殻類による捕食の定性的調査が可能となった。

## 6. 引用文献

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単な方法 日本ベントス学会誌, 39, 21-22

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, 4, 410-425.

水産庁南西海区水産研究所(1997)：アサリ浮遊幼生同定マニュアル

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.