

## 二枚貝浮遊幼生の輸送機構の解明と 着底促進に関する研究

水産工学研究所 水産土木工学部 環境分析研究室 関野 正志・日向野純也\*1・木元 克則\*2  
環境改変研究室 足立久美子  
開発システム研究室 武内 智行

\*1 現 国際農林水産業研究センター

\*2 現 西海区水産研究所

調査実施年度 平成8年度～9年度

### 緒 言

外海に面した砂浜域にはチョウセンハマグリやウバガイ（ほっきがい）などの二枚貝類が生息しているが、産業上重要なこれらの二枚貝類は資源量の変動が著しいことが知られている<sup>1)</sup>。資源量変動要因としては、二枚貝類は幼生期に一定期間の浮遊期を有することから、浮遊幼生期の移送・分散が加入量の多寡に大きな影響を及ぼしている。特に卓越年級群などの大量の資源加入は、産卵量が何らかの原因で非常に多かったり、また物理環境による浮遊幼生の移送・分散の状況が当該漁場に着底する機会を増大させることなどが主たる要因として考えられる。しかし、浮遊幼生の定量的かつ簡便な採集法や幼生の種同定法が確立されていないために、浮遊幼生の動態と資源加入の関係を解明するのは困難であった。このため、循環流などの水理構造や、港湾造成途上における二枚貝稚貝の大量出現などの経験から、沿岸の水理環境に何らかの手段を加えることによって、二枚貝資源の安定化を図ることが検討されてきた。種々提案されている滞留施設などの増殖効果の有無を確認するためには、現場における水理環境と二枚貝幼生の動態に関する調査によって、幼生の移送・分散のスケールを明らかにすることが必要となる。

本調査ではチョウセンハマグリなどの開放性砂浜域に生息する二枚貝の浮遊幼生が流れによって移送され着底するまでの空間スケールと移送経路を把握すること、つまり幼生の起源とその着底・成育場所、移送過程を明らかにするための調査手法を開発すると共に、これらを適用して浮遊幼生の分布調査を行い、流況調査と併せて浮遊幼生の輸送様式を定性定量的に推定することを目的とした。

なお、本調査を行うにあたり、チョウセンハマグリ浮遊幼生の種同定手法の開発のために多くの試験を実施していただいた南西海区水産研究所の浜口昌巳氏、砂浜海岸の物理環境データの提供および環境変動に関する考察にご助言を戴きました運輸省港湾技術研究所漂砂研究室の方々および東京工業大学の八木宏氏に深く感謝申し上げます。

### 調査方法

調査対象海域としては主に茨城県鹿島灘の砂浜域を設定し、チョウセンハマグリおよびウバガイを主な対象種として以下の調査を実施した。尚、以下の①は南西海区水産研究所、⑤は港湾技術研究所および東京工業大学と共同で開発、調査を進めた。

#### ①チョウセンハマグリ浮遊幼生の同定手法の開発

浮遊幼生の種の同定を容易にするため、チョウセンハマグリに種特異的なPCR（ポリメラーゼ連鎖反応）プライマーおよびモノクローナル抗体の作成を行った。種特異的プライマーはチョウセンハマグリ、シナハマグリ、ハマグリ成体の鰓からトータルDNAを抽出し、ミトコンドリアDNAのCO I 保存領域を増幅させてその塩基配列を比較することにより、チョウセンハマグリに特異的と思われる変異部位に対するプ

ライマーを3対設計・合成した。これらについて、ハマグリ属の3種からチョウセンハマグリ特異的プライマーと、PCR法における至適反応条件を調べた。モノクローナル抗体はチョウセンハマグリ成体の外套膜の抽出液を抗原としてマウスに接種し、その脾臓細胞とマウス癌細胞を細胞融合させてクローニングすることにより作成した。得られた株について、ハマグリおよびシナハマグリとの交差反応性を調べた。

#### ②アイソザイム分析による二枚貝浮遊幼生の輸送スケールの把握

酵素タンパクの変異からDNAの変異を推定し、集団間の違いを見るアイソザイム分析によって、鹿島灘と九十九里浜で調査を行い、各漁場間で浮遊幼生の移出・移入があるかを推定した。対象としては、このあたりで多産し、産業的にも重要なウバガイを選び、サンプルは、図3に示す鹿島灘の滝浜および波崎、九十九里の旭、計3地域から、各地点100個体前後の親貝を貝桁網漁によって採集した。採集したサンプルの閉殻筋および消化盲囊から得られた粗抽出液について、水平式デンブングル電気泳動法によってアイソザイム遺伝子座を推定し、各地域の対立遺伝子頻度を求めて漁場間で遺伝子頻度に違いが認められるかを調べた。

#### ③二枚貝浮遊幼生輸送スケール解明のための高感度DNAマーカーの開発

アイソザイム分析では、DNAの変異を、酵素タンパクの変異→アミノ酸組成・構造の変異→DNAの塩基配列の変異というように、間接的に見ていることになるため、遺伝マーカーとして感度が低く、地域集団間の違いを正確に把握出来ない可能性がある。そこで、より高感度のマーカーを作出する必要がある。マイクロサテライトDNAは、2-4塩基を一単位とする反復領域であり、核DNA中に散在する。この反復数が個体によって異なる(変異)ことを利用して、反復数の違いを遺伝子の違いとみなし、集団中の遺伝子頻度を調べることによって、集団の識別を行うことができる。マイクロサテライトDNAは極めて変異性が高いこと、解析にはPCR法を用いること、電気泳動を行うと、ホモ型では一本、ヘテロ型では二本のバンドとして検出されるため、対立遺伝子の推定が容易であることなど、従来の遺伝マーカーと比較すると極めて有効であり、近年集団解析における遺伝マーカーとして注目されている。解析においてはPCR法を用いるため、まずマイクロサテライトDNA領域を探索すること、およびこの領域を増幅させるためのPCRプライマーを設計する必要がある。本調査では、鹿島灘で多産するウバガイとチョウセンハマグリを対象として、マイクロサテライトDNAの単離とPCRプライマーの設計を試みた。

#### ④浮遊幼生の分離手法の開発

現地調査で浮遊幼生を採集しても、同時に採取される動植物プランクトンや粒状有機物、砂粒などから検鏡下で二枚貝の幼生を分離するのは非常に手間の掛かる作業であり、効率よく分離することによって後の同定、計数までの手間を省くことが必要である。リン酸水素二カリウム $K_2HPO_4$ は水に対する溶解度が高く比較的高い比重の溶液を調整できる上、溶液はアルカリ性を示すため幼殻を溶解させる恐れがないので、浮揚法による二枚貝幼生の分離に適した物質であると思われる。本調査では二枚貝幼生を含むサンプルを用いて実用化のための予備試験を行った。純水200mlにリン酸2mlを加えた後、 $K_2HPO_4$ 300gを徐々に溶解し、飽和溶液を作成し、同溶液を適宜希釈して各種の比重液を作成した。次に底に注水用の細管を開けたシリンダーに純水を少量入れ、ホルマリン固定したネットサンプルを入れて攪拌した。続いて比重1.2の溶液を細管から適量注入、順次1.4、1.65の溶液を注入して砂粒が沈殿するまで待ち、各画分における二枚貝の幼生を計数すると共に、植物プランクトンや他の動物プランクトンおよび砂の混入状況を比較した。

#### ⑤砂浜域における二枚貝浮遊幼生の分布調査

1996年7月31日～8月1日にかけて、港湾技術研究所波崎海洋研究施設において水深4m付近(300m点)を中心として浮遊幼生を表底層で採集した。小型ポンプは100V170Wであり、逆止弁、水道メーターを通して濾過布製(メッシュ50または60 $\mu$ m)の袋でプランクトンを濾過採集する方式にしたため、濾過水量の計測が可能である。また1997年8月7日から8日にかけても同様に浮遊幼生を採集した。採集された浮遊幼生の顕微鏡観察による計数を行い、幼生出現量の経時変化を観察した。

チョウセンハマグリの産卵期は7～8月が盛期であるので、小型メモリー式水温計を港湾技術研究所波崎

海洋研究施設に垂下して夏季の水温変動を計測した(図8)。なお1996年は130m点および300m点、1997年は115m点および365m点に設置した。流況については港湾技術研究所および東工大の観測データを使用させていただいた。

## 調査結果

### ①チョウセンハマグリ浮遊幼生の同定手法の開発

設計した3組のプライマーのうち1組でハマグリ属3種の中でチョウセンハマグリにのみ著しい特異性を示した。解析した塩基配列の出現位置によりプライマー名をC-157と命名した。C-157の塩基配列およびPCR反応条件を図1に示す。またハマグリ属3種に対するC-157のPCR産物をアガロースゲル電気泳動で解析した結果を図2に示す。チョウセンハマグリのみバンドが見られ、同属であるハマグリおよびシナハマグリと明確に区別されることが分かる。またモノクローナル抗体については、シナハマグリおよびハマグリと交差反応性が比較的低い株が確認された。

### ②アイソザイム分析による二枚貝浮遊幼生の移送スケールの把握

北海道から茨城にかけての広い海域におけるウバガイのアイソザイム分析については既に報告がある<sup>2)</sup>。それによれば、これらの海域では、各地域集団間に遺伝子頻度に地理的勾配が認められることが確認されており、これは地域間の遺伝子の混合が、一定の方向で起こっていることを示している。本課題では、既報のような広域ではなく、鹿島灘と九十九里という狭い海域で、地域集団の違いが認められるかを調べた。調べた酵素のうち、常に安定して見ることのできた酵素は、アスパラギン酸アミノ転移酵素(AAT)、エステラーゼ(EST)、グルコースリン酸イソメラーゼ(GPI)、リンゴ酸脱水素酵素(MDH)、マンノース6リン酸イソメラーゼ(MPI)、6ホスフォグルコン酸脱水素酵素(6PGD)の6酵素で、これらの酵素から7遺伝子座を推定した(表1)。このうち、少なくとも一つの採集地点で多型(最大対立遺伝子頻度が0.95以下)であったのは、*Gpi*、*Mdh-2*、*Mpi*、*6Pgd*の4遺伝子座であった。図4にこの4遺伝子座の電気泳動パターンと対立遺伝子を示した。各地域、各遺伝子座ごとに対立遺伝子頻度を求め、表2に示し、多型であった遺伝子座の地域別対立遺伝子組成を図5に示した。地域間に対立遺伝子頻度の有意差検定を行ったところ、すべての遺伝子座で有意差は認められなかった。また、観察値によるヘテロ接合体率( $H_o$ )と期待値によるヘテロ接合体率( $H_e$ )および $H_o/H_e$ の値を求め、表2に示した。もし、各採集地点から得られたサンプルが、遺伝的に異なるいくつかの小集団から採集されたものである場合、 $H_o/H_e$ の値は1.000よりも小さくなる可能性がある(ホモ過剰現象)。しかし、本調査の結果から、 $H_o/H_e$ の値はすべての採集地点でほぼ1.000となった。木島ら<sup>2)</sup>は同様の現象を確認し、ウバガイは小さな繁殖単位は形成せず、各地域で大きな繁殖単位を形成していると推察している。本報告の結果はこのことを支持するものであり、鹿島灘および九十九里を含む水域では地域間の浮遊幼生の移出・移入量が多いために、水域全体で大きな漁場が形成されていることが示唆された。従って、鹿島灘および九十九里海域では局所的ではなく全体を一つの生産の場とした管理が必要であると考えられた。

### ③二枚貝浮遊幼生移送スケール解明のための高感度DNAマーカーの開発

ウバガイおよびチョウセンハマグリの開殻筋から抽出したゲノムDNAから、CAリピートマイクロサテライトDNA領域を探索した。その結果、チョウセンハマグリからは、4つのマイクロサテライトDNA領域を単離することが出来た。それぞれの塩基配列を以下に示す。

チョウセンハマグリから単離したマイクロサテライトDNA領域の塩基配列

1. (TA)<sub>17</sub> (CA)<sub>22</sub>
2. (CA)<sub>9</sub> (CGCA)<sub>5</sub> CA (CG)<sub>2</sub> (CGCA)<sub>3</sub>
3. (TA)<sub>10</sub> (CA)<sub>16</sub>

#### 4. (CA)<sub>10</sub>

これらを挟む領域でPCRプライマーを設計した。設計したプライマーを用いた集団解析はまだ行っていないが、マーカーとして有効であると思われる。一方、ウバガイについても同様の手法を用いたが、結果的にはマイクロサテライトDNAは単離出来なかった。原因に関しては不明であり、今後、この原因を明らかにする必要がある。

##### ④浮遊幼生の分離手法の開発

得られたK<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>飽和溶液の比重は1.65であり、浮遊幼生（1.5以下と考えられる）を浮揚させることが可能であると考えられる。蒸留水（比重1）、比重1.2、1.4、1.65のK<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>溶液によって分離された幼生数は、それぞれ3(0.9%)、2(0.6%)、18(5.5%)、142(43%)個体であり、底には砂と共に164(50%)個体が残留した（図6）。これは容器の内径に対し砂量が多かったため、砂層中に幼生が閉じ込められていたと推察される。また、K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>溶液の比重と屈折率の関係を図7に示す。これにより同溶液をランダムに調製しても2〜3滴のサンプルで比重を算定することができる。

##### ⑤砂浜域における二枚貝浮遊幼生の分布調査

図9、10に波崎海洋研究施設における1996年6月16日〜7月9日の300m点および7月〜8月の175m点での水温変化を示す。水温は10〜23℃の範囲にあり、7月には急激な水温変化も観測されている。図11に波崎海洋研究施設でフロートにより測定された同年7〜8月における沿岸方向の流れ、およびこれを基に1週間累積した移送距離を算出した。7月中下旬は鹿嶋向きの北流が卓越しており、この時期に産卵された幼生は鹿嶋側、7、8月上旬に産卵された幼生は銚子側へ移送される状況にあったと予想される。

1996年7月31日〜8月1日における波崎海洋研究施設での潮位変化と二枚貝幼生の分布密度の経時変化を図12に示す。7月31日には300m点の表層(1m)で約2000inds/m<sup>3</sup>であったのに対し、底層(底から0.3m)は1/10以下であり、8月1日は表層で100inds/m<sup>3</sup>以下となった。この変化は7月31日に大規模な内部潮汐が観測されており、これにより底層水が沖から流入したため、また南風（沖だし）により表層水が沖向きに流され水塊が入れ替わったためと推定される。但し、水温が再び上昇した8月1日12:00においても幼生の出現密度は増加しなかった。図11の結果から同期間は鹿嶋方向への流れが強く、7月31日に観測された浮遊幼生を多く含んだ表層水は沿岸方向に流去したものと考えられる。

同様に1997年8月7〜8日にかけて行った調査の結果を図13に示す。8月7日10:00過ぎから365m点における上下層の温度差は大きくなり、潮位の上昇に従って水温が下降する様子が見られる。表層水温は上昇に転じて底層では下降を続け、22:00前に急激に上昇している。浮遊幼生の分布密度は100m点と380m点の表層がほぼ同様で、表層水温が最も低下した。17時前に極小を示したがその後水温の上昇と共に増加した。一方、380m点の底層では常に低い傾向にあったが、水温が急上昇した後の8日1:00前には大幅に増加している。

また顕微鏡観察によって、採集された浮遊幼生を殻の外形からチョウセンハマグリ、イガイ、ヒメバカガイの3タイプに分類し、タイプ別の分布密度の変化を図14に示した。3タイプの分布密度の比率は概ね類似した関係にあるが、8月8日1:00にはヒメバカガイが著しく減少し、380m点底層ではチョウセンハマグリ型が卓越している。また分布密度は表層で高く特にイガイ型はこの傾向が強く見られる。

## 考 察

本研究では、主に浮遊幼生の分布や拡散を推定するための調査手法の開発と二枚貝浮遊幼生が水塊の動きに伴ってどのように分布し移送されるのか現地調査から推定することを目的とした。

まず二枚貝浮遊幼生の種同定を簡便かつ確実に行うために分子生物学的手法および免疫学的手法、すなわち遺伝子をマーカーとするPCR法および蛋白質をマーカーとするモノクローナル抗体の作成を試みたが、PCR法ではチョウセンハマグリに種特異的のプライマーが設計された。これは成員の組織で試験を行った結果

であり、浮遊幼生に対する反応性の試験は行っていないが、本手法の場合は有効と思われる。モノクローナル抗体は実用化のための試験を行うには至っていないが、アサリでは両手法とも浜口ら<sup>3)</sup>によって実用の段階に達しており現地調査に利用されているので、チョウセンハマグリについても十分に実用化の可能性があると思われる。特に免疫学的手法を用いれば比較的lowコストで分析が可能であるので、後述する大規模な調査の解析に威力を発揮することが期待される。

また、幼生の追跡ではなく既に形成された成貝または若齢貝の個体群の空間的スケールから二枚貝の生活史上最も移動性の高い浮遊期における移動のスケールを推定する手法の開発も併せて試みた。本報では特にウバガイ成貝集団の集団構造を把握することによって、漁場間の浮遊幼生の空間的移送スケールを把握することを目的とした。アイソザイム分析によって、鹿島灘および九十九里一帯では、浮遊幼生の漁場間の移出・移入がかなり大規模に行われていることが示唆された。しかしながら、明確に集団を識別して、浮遊幼生の起源を明らかにすることは出来なかった。この原因の一つとして、アイソザイムの変異検出感度が低いことが考えられる。そのため、より変異検出感度の高いマイクロサテライトDNAマーカーの作出を試みたが、ウバガイに関しては不可能であった。したがってウバガイについては、成貝の集団解析からは浮遊幼生の移送過程を解明するために十分な知見を提供することは困難であると考えられた。なお、マイクロサテライトDNAをマーカーとした成貝の遺伝的集団解析は、浮遊幼生の移送過程を推定するために、極めて重要な知見を提供するものと考えられる。魚類ではマイクロサテライトDNAマーカーによる集団解析についていくつかの報告があり、その有効性が示されている。貝類に関しては現在報告例は見当たらないため、今後、貝類の集団解析への応用を試みる必要がある。

また、浮遊幼生や初期稚貝の採集時に取り扱いを困難している夾雑物との分離について、 $K_2HPO_4$ を利用した分離手法が比較的有効であることが実験的に示された。同溶液は毒性の問題もなく、安全に取り扱えるため手順をルーチン化すれば現場での手間を軽減できるものと思われる。今後は $K_2HPO_4$ 溶液による処理が生化学的な種の同定手法におよぼす影響を調べると共に、 $K_2HPO_4$ 溶液を利用した浮遊幼生と他のプランクトン、デトリティス、砂を分離する装置と手順をシステム化することが課題である。

浮遊幼生の分布に関する現地調査は、当初の計画に比べかなり規模を縮小して行ったが、流動環境を考慮しながら調査を実施したことにより、次のような成果が得られた。2カ年の夏期における水温の測定と浮遊幼生の分布状況の経時変化から、1997年の調査における潮位変動に対応しない底層水温の様な低下傾向は内部潮汐等により沖側の底層水が差し込んだために生じたものと考えられる。その後の急激な水温上昇は岸沖および沿岸方向に急速に底層水のフロントが後退したため、別の水塊に置き換わった状況を表しているものと予想される。このように開放性砂浜域における極沿岸での水理は複雑に変動し、これによって二枚貝浮遊幼生の分布は均一ではなくかなり偏在していることがわかる。特に1997年8月8日の底層で見られたチョウセンハマグリ浮遊幼生密度の急激な増加は同幼生が岸側の水温の高い水塊に特異的に分布し、さらに表層水との種構成比の違いからパッチ状に分布していると考えられる。このことから二枚貝の浮遊幼生が着底し加入するモデルを作成するにあたり、単なる拡散による希釈過程では説明が不十分で、幼生の偏在と移流を考慮することが必須であることを示している。現地調査から得られるデータを基に、浮遊幼生の輸送モデルを作成し、モデルから海水流動と二枚貝の漁場形成との関係等についての数値実験が行えるようにするためには、多点同時採集あるいは固定点における連続採集によって浮遊幼生分布の空間的スケールを把握することが重要である。

## 摘 要

①二枚貝浮遊幼生の確実な種同定手法として、チョウセンハマグリに対する種特異的なPCR法のプライマーが設計された。

②ウバガイの幼生の移送スケールを把握するために、アイソザイム分析を用いて解析したところ、九十九

里浜から鹿島灘にかけての海域では繁殖集団が分離されず、かなり大規模な幼生の移出入が起っていると推定された。

③遺伝的な分布スケールをさらに細かく分析するためマイクロサテライトを用いた分析を試み、チョウセンハマグリではマイクロサテライトDNAを分離したが、ウバガイについては極めて困難であった。

④二枚貝の浮遊幼生をネットサンプルから分離するために $K_2HPO_4$ 溶液を利用して浮揚させる手法が比較的有効であることが実験的に示された。

⑤砂浜域における二枚貝浮遊幼生の分布調査により、水塊の動きに応じて幼生の出現は大きく変動し、岸沖および沿岸方向に大きく移動させられており、さらにパッチ状の分布構造を示すと推定された。また内部潮汐等により沖側から流入する底層水にはほとんど二枚貝の幼生が見られないことが確認された。

#### 引用文献

- 1) 谷村明俊、1995：鹿島灘の砂浜域における漁業生産とチョウセンハマグリの生態、水産工学研究集録、1、73-78
- 2) 木島明博・湯沢麻美・高橋寛彌、1989：北海道および本州におけるウバガイの遺伝的分化と集団構造、昭和61-63年度海洋生物集団の識別等に関する先導的評価手法の開発事業報告書、アイソザイムによる魚介類の集団解析、日本水産資源保護協会、pp. 501-507.
- 3) 浜口昌巳・薄 浩則・石岡宏子、1997：アサリ漁場内の各種生物の相互作用、水産工学、33(3)、201-211

図1 チョウセンハマグリ種特異的プライマーC-157の塩基配列および反応条件

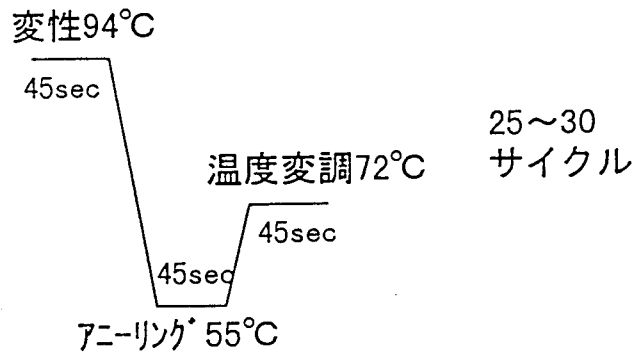
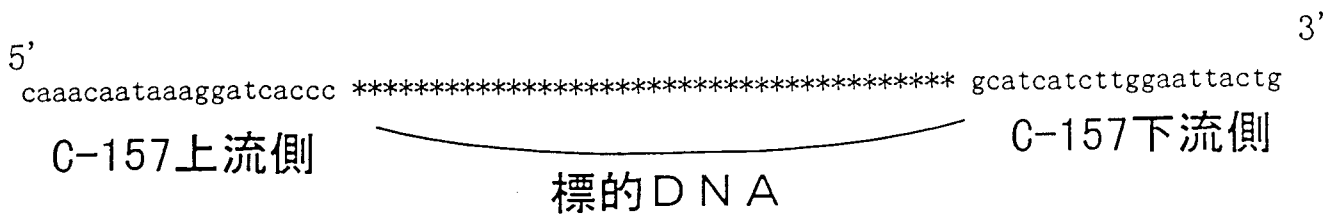


図2 チョウセンハマグリ種特異的プライマーC-157を用いたPCR増幅後の解析結果  
 レーン1、8:マーカー、2、3:チョウセンハマグリ、4、5:ハマグリ、6、7:シナハマグリ

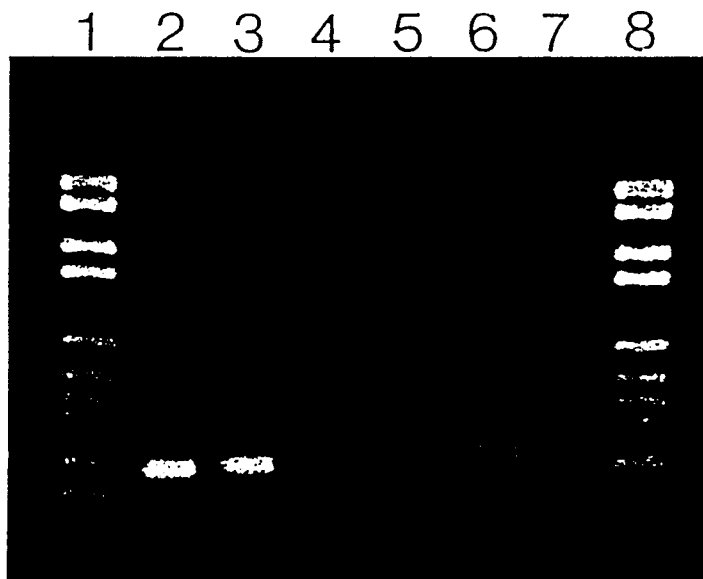


図3 鹿島灘、九十九里浜におけるウバガイ成貝の採集地

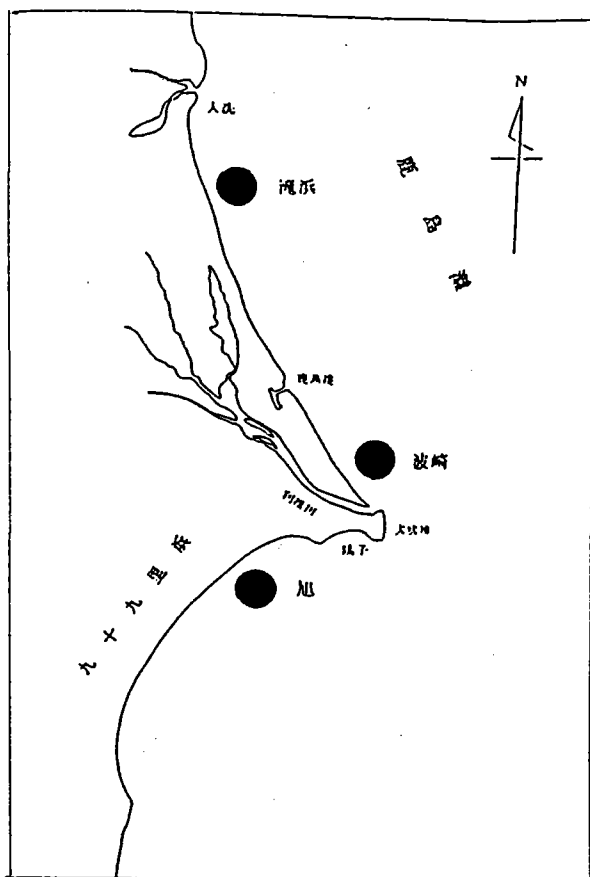


表1 ウバガイのアイソザイム分析に用いた酵素、遺伝子座一覧

酵素	遺伝子座	組織	変異の有無
AAT	<i>Aat</i>	消化盲囊	P*
EST	<i>Est</i>	消化盲囊	M
GPI	<i>Gpi</i>	閉殻筋	P
MDII	<i>Mdh-1</i>	閉殻筋	M
	<i>Mdh-2</i>	閉殻筋	P
MPI	<i>Mpi</i>	閉殻筋	P
6PGD	<i>6Pgd</i>	閉殻筋	P

M; 変異なし(単型)

P\*: 多型に満たない変異(最大対立遺伝子頻度が0.95以上)

P; 多型(最大対立遺伝子頻度が0.95以下)

図4 多型遺伝子座の電気泳動図

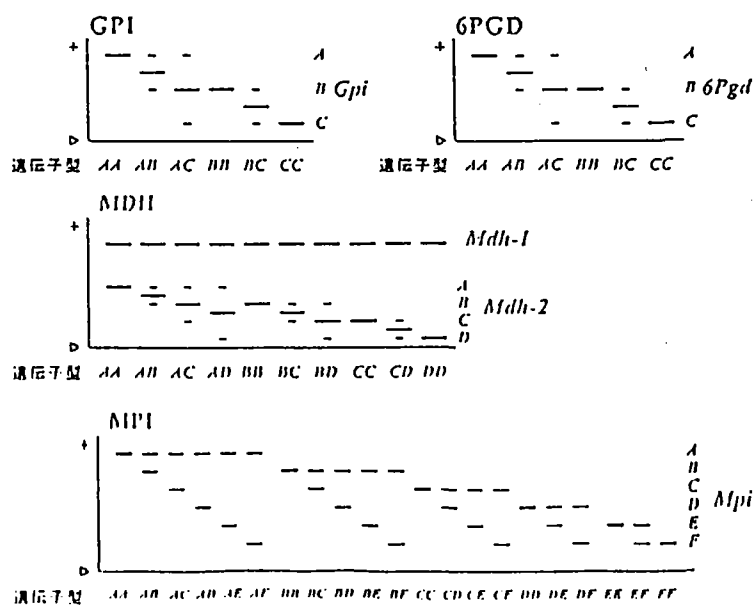




表2 ウバガイの地域別アイソザイム遺伝子頻度

		滝浜	波崎	旭			
遺伝子座	対立遺伝子						
			S.E.	S.E.			
				S.E.			
<i>Aat</i>	qA	0.000	±0.006	0.010	±0.007	0.020	±0.010
	qB	1.000	±0.006	0.990	±0.007	0.980	±0.010
個体数		78		98		100	
<i>Est</i>	qA	1.000		1.000		1.000	
	個体数	78		81		100	
<i>Gpi</i>	qA	0.006	±0.006	0.015	±0.009	0.020	±0.010
	qB	0.968	±0.014	0.965	±0.013	0.935	±0.017
	qC	0.026	±0.013	0.020	±0.010	0.045	±0.015
個体数		77		98		100	
<i>Mdh-1</i>	qA	1.000		1.000		1.000	
	個体数	78		97		100	
<i>Mdh-2</i>	qA	0.006	±0.006	0.005	±0.005	0.005	±0.005
	qB	0.314	±0.037	0.289	±0.033	0.345	±0.034
	qC	0.674	±0.038	0.706	±0.033	0.650	±0.034
	qD	0.006	±0.006	-	±0.005	-	±0.005
個体数		78		97		100	
<i>Mpi</i>	qA	0.000	±0.006	0.005	±0.005	-	±0.005
	qB	0.045	±0.017	0.041	±0.014	0.075	±0.019
	qC	0.423	±0.040	0.469	±0.036	0.465	±0.035
	qD	0.468	±0.040	0.433	±0.036	0.420	±0.035
	qE	0.058	±0.019	0.052	±0.016	0.040	±0.014
	qF	0.006	±0.006	-	±0.005	-	±0.005
個体数		78		97		100	
<i>6Pgd</i>	qA	0.136	±0.028	0.160	±0.026	0.165	±0.026
	qB	0.858	±0.028	0.840	±0.026	0.835	±0.026
	qC	0.006	±0.006	-	±0.005	-	±0.005
個体数		77		97		100	
Ho		0.184	0.184	0.214			
He		0.193	0.195	0.214			
Ho/He		0.953	0.944	1.000			

図5 多型遺伝子座における地域別遺伝子頻度

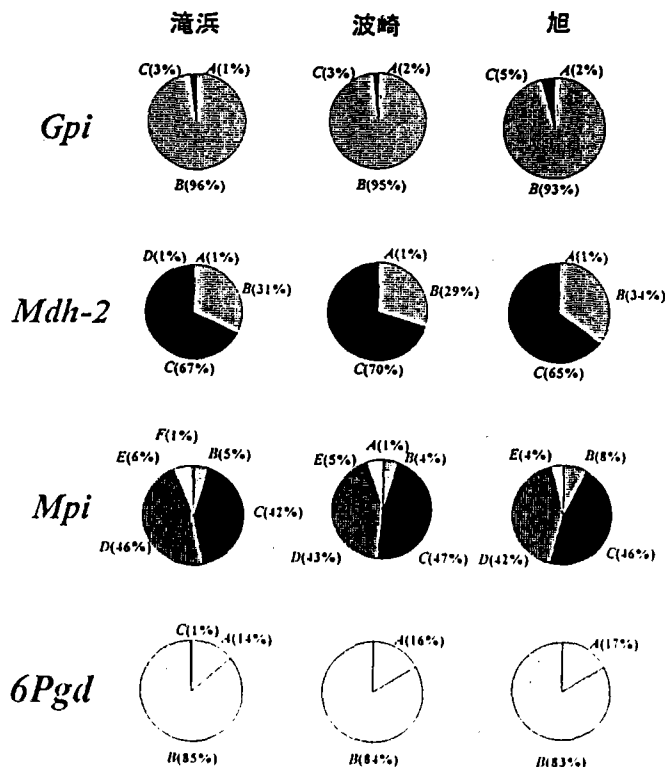


図6 各比重で浮揚した二枚貝幼生の個体数比

サンプルに比重液を注入

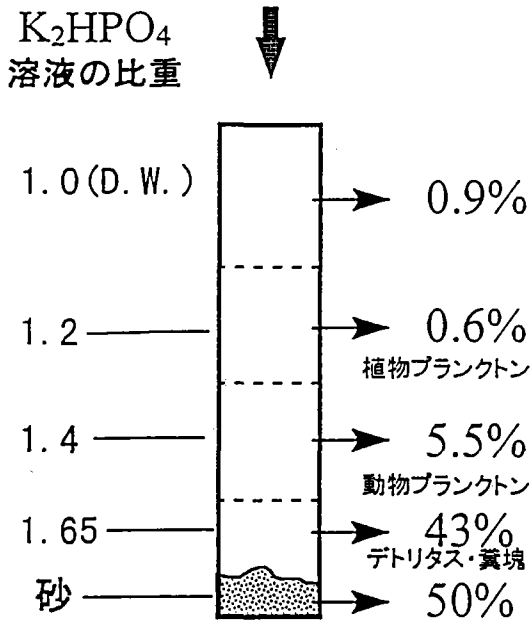


図7  $K_2HPO_4$ 溶液の比重と20°Cにおける屈折率の関係

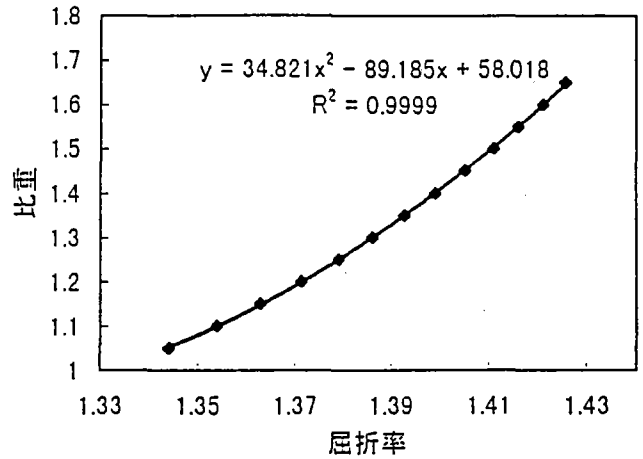


図8 波崎海洋研究施設における水温・流況観測模式図

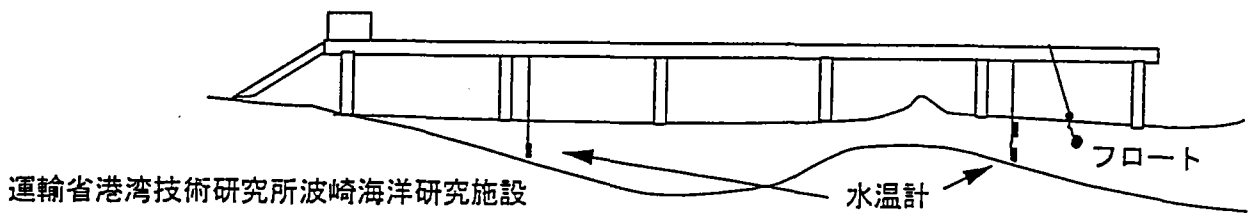


図9 波崎海洋研究施設300m点における表-中層水温の変化(1996年6月16日~7月8日)

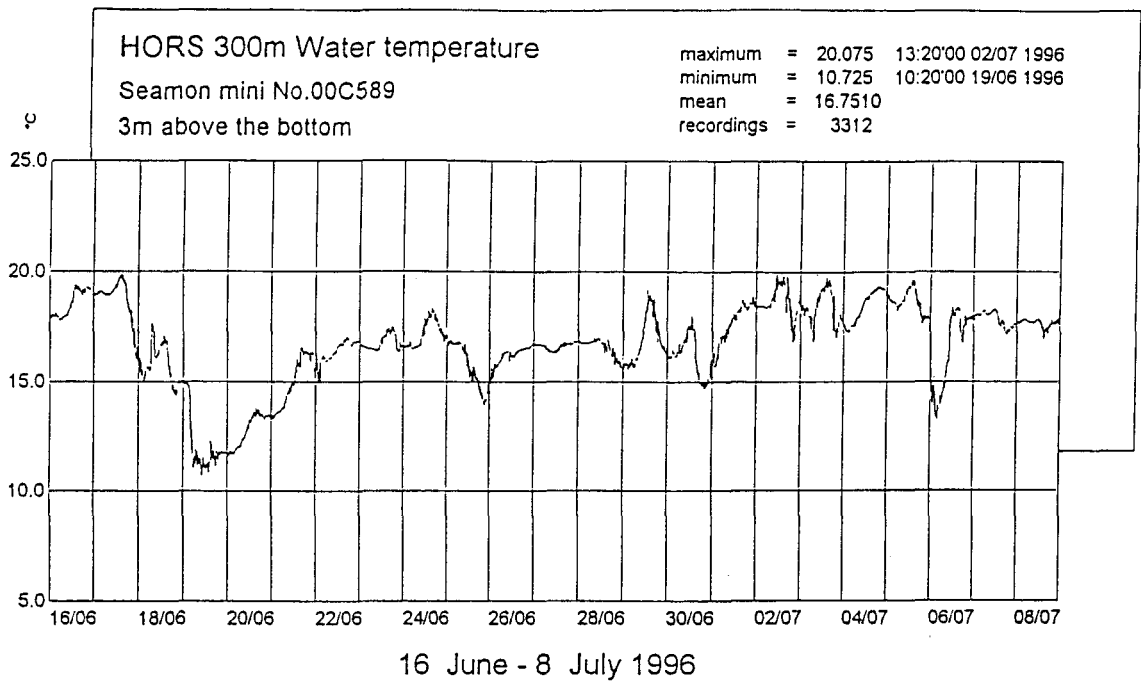


図10 波崎海洋研究施設175m点における表層水温の変化

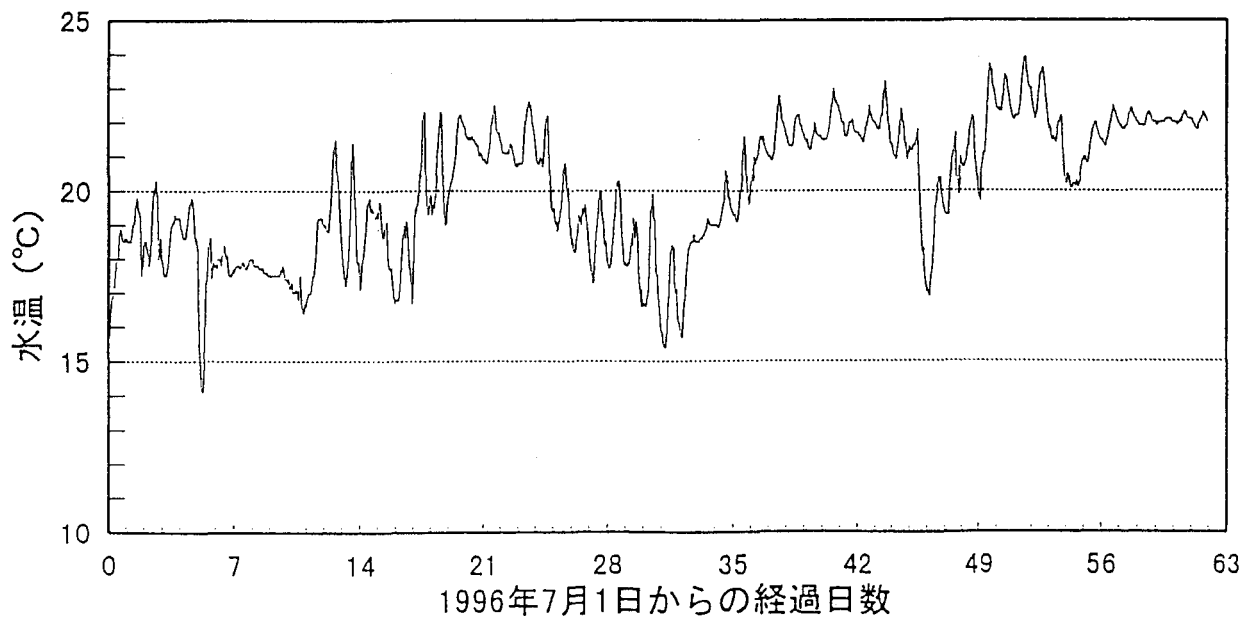


図11 波崎海洋研究施設380m点で測定された流速と7日間の移送距離  
 図中、縦軸の+は銚子方向（南東）、-は鹿嶋方向（北西）

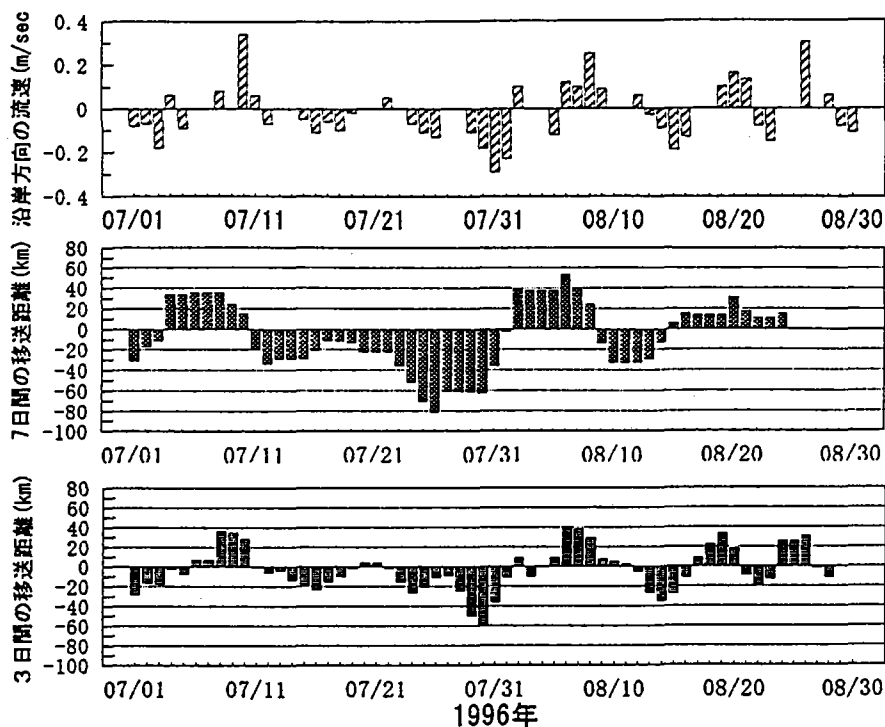


図12 1996年7月31日～8月1日における波崎海洋研究施設での潮位、水温と300mおよび380m点で採集された二枚貝幼生の分布密度

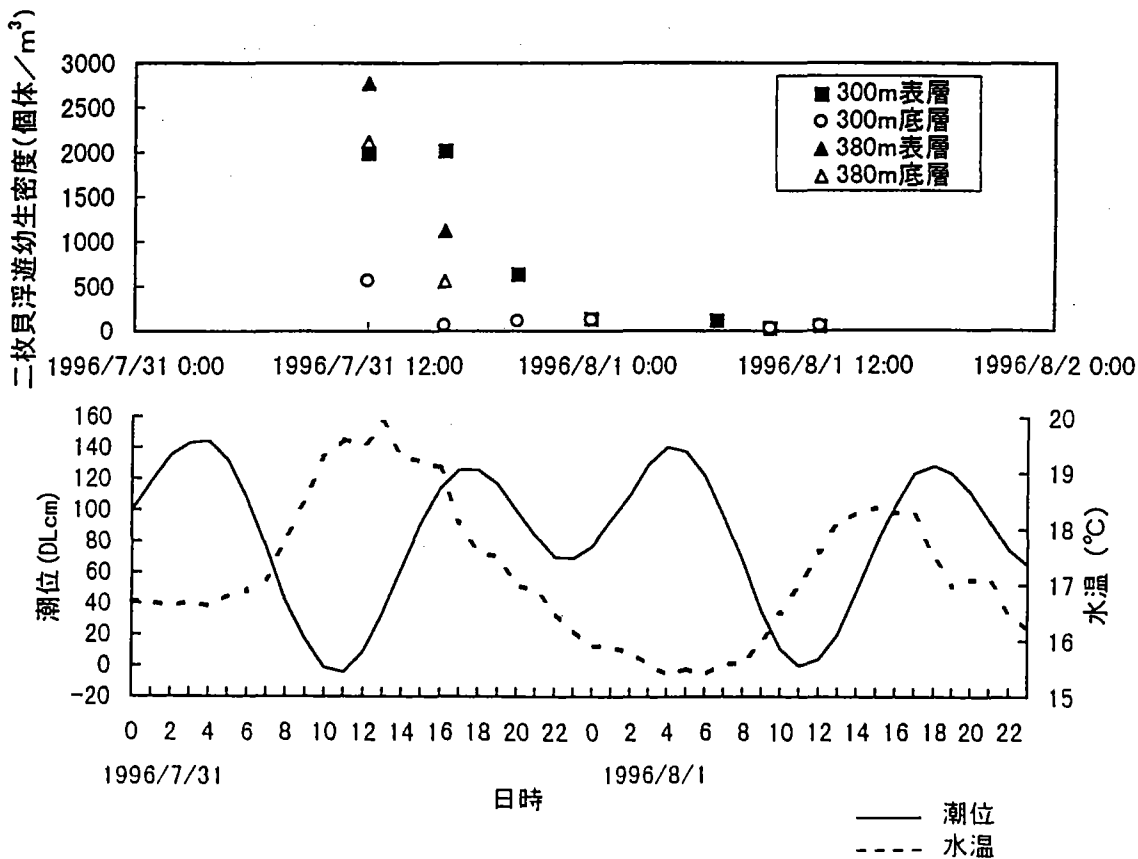


図13 1997年8月7～8日における波崎海洋研究施設での潮位、水温と100mおよび380m点で採集された二枚貝幼生の分布密度

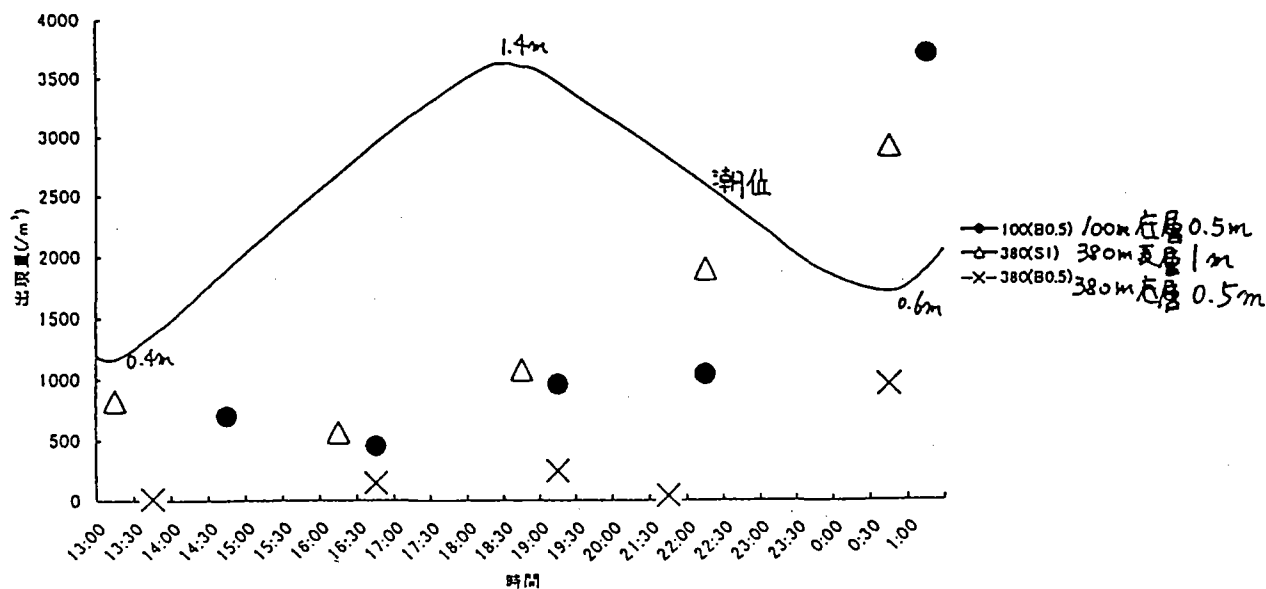
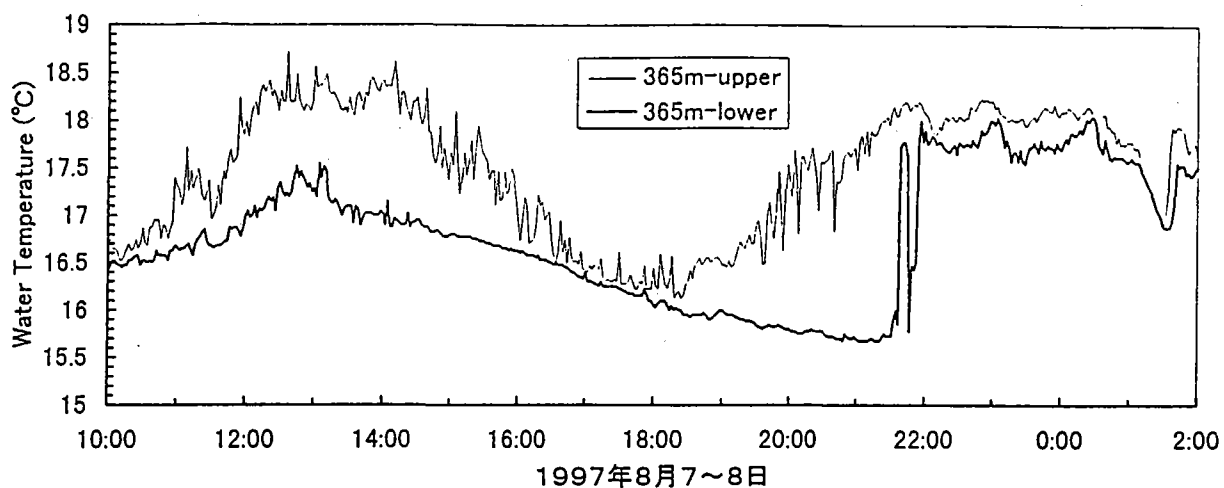


図14 各地点における二枚貝幼生のタイプ別分布密度の変化 (1997年8月7~8日)

