

1. はじめに

アサリ *Ruditapes philippinarum* は日本各地の干潟や浅場に生息する代表的な食用二枚貝である。近年では、濾過食者としての高い海水浄化能力により、環境改善の面からも同種の重要性は高まっている。しかし、アサリの現存量は全国的に激減しており、かつて15万トン前後あった漁獲量は、2000年には4万トン前後にまで落ち込んでいる(石井・関口, 2002)。その主な原因として、東京湾では、アサリの主要な生息場所である干潟や浅場の埋め立てによる消失が挙げられる(柿野, 1992.; 鳥羽, 2002)。東京湾では20世紀の間に干潟や浅場の90%が埋め立てられ(風呂田, 2000)、現在、自然に近い状態で残っているのは盤洲と富津のみである(図-1 参照)。三番瀬や三枚洲については一部に干潟が残されているが、幕張や羽田、金沢湾については人工的に浅場が造成されている。市原および横浜周辺は港湾域で、直立護岸で囲まれている。高度に開発が進んだ東京湾においてアサリの資源を回復させるには、生息場所の造成や資源保護区域の設定など、自然再生および環境保全事業が有効と考えられる。

アサリは雌雄異体であり放卵・放精による体外受精によって繁殖する。孵化した個体は、トロコフォア期およびベリジャー期幼生として2~3週間水中を漂った後(一般に浮遊幼生あるいはプランクトン幼生と総称される)、干潟や浅場などに着底して稚貝となり、成貝へと成長する(付録A1 参照)。従って、上記の事業を効率的に行うためには、アサリ幼生が何処で生まれ、そして何処に行くのかをしっかりと把握する必要がある。二枚貝類の幼生、特に浮遊初期の幼生については形態から同定を行うことが困難であることから、野外におけるアサリの初期生態に関する知見は極めて少ないが、松村ら(2001)はアサリに特異的に反応するモノクローナル抗体を用いて幼生を分類し、三河湾におけるアサリ浮遊幼生の出現密度を通年で調査した。鈴木ら(2002)は数値シミュレーションを用いて、三河湾における幼生の移流経路などを推測した。本研究では、運輸施設整備事業団、国土技術政策総合研究所、そして独立行政法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所の計3機関による共同研究によって行われた「東京湾広域アサリ浮遊幼生調査」の8月の観測結果を基に、東京湾における幼生の発生場所や成長速度、浮遊期間について明らかにするとともに、幼生の時空間的な分

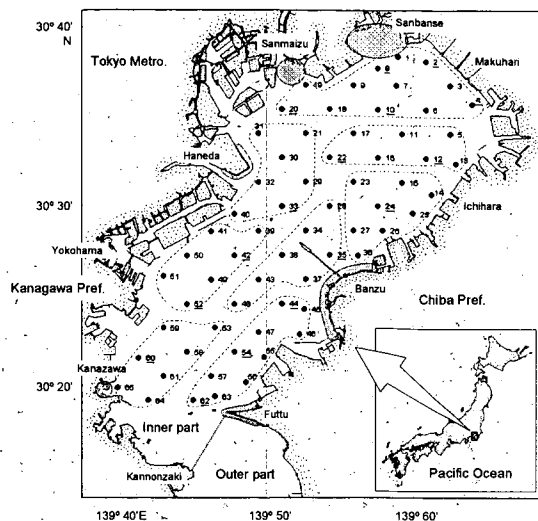


図-1 東京湾における観測点。破線で囲った8区画をそれぞれ1隻の調査船を用いて同時に観測した。下線で示した16測点においては動物プランクトンの現存量の定量も行った。点線は内湾と外湾の境界を示す。■部分はアサリ成貝の主な生息地を表す。

布の変動要因について考察する。

2. 材料と方法

2.1 観測方法

東京湾は富津から観音崎を結んだ線を境にして北側を内湾、南側を外湾とし、区別して扱われることが多いが、本研究で言う東京湾とは内湾を指す(図-1 参照)。観測は東京湾に約3.5 kmの間隔で設けた65測点で、2001年8月2, 6, 10日の日程で合計3回行った(図-1)。全ての観測を日中5時間以内に行えるように、65測点を8区画に分け、それぞれ1隻の調査船を用いて全区画同時に観測を行った。

アサリ浮遊幼生はモーターポンプによる採水法で採集した。夏季の東京湾では、底層は広い範囲で貧酸素状態となることから(風呂田, 1988)、本研究では水深12 m以浅を採集の対象とした。採水は水深0~4, 4~8, 8~12 mの3層で行い、観測点の水深に応じて採水層の数を変更した(付録B1)。ポンプに繋がった吸水ホースの先端に錘を付け、吸い込み口を指定の採水層で繰り返し上下させながら200 lの海水を汲み上げ、直ちに目合100 μmのハンドネットで濾過することによって幼生を捕集した。濾過した海水をさらに目合50 μmのハンドネットで濾過することによって、より小さな幼生を捕集した。目合100 μm

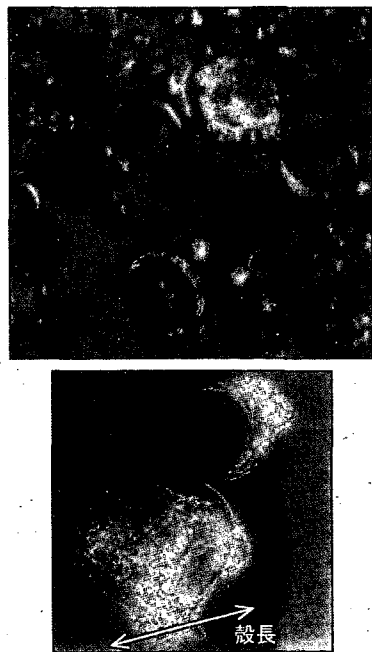


図-2 蛍光顕微鏡によって識別されたアサリ浮遊幼生 (上図, 蛍光を発している個体). 下図はアサリの D 型期 (上の個体) および殻頂期 (下の個体) の幼生.

のネットを得たサンプルについては分割器を用いて 4 分割し, 2 本は氷冷して持ち帰った後, -50°C 以下で凍結保存, 残り 2 本については中性ホルマリンが 5% 濃度となるように加えて固定保存した. 凍結およびホルマリン固定した分割サンプルの内, それぞれ 1 本ずつを分析用, 他を予備とした. 目合 $50\ \mu\text{m}$ のネットで採集したサンプルについては氷冷して持ち帰り, -50°C 以下で凍結保存した.

環境要因として, 水温と塩分をアレック電子製 STD (AST-500) によって測定し, 両者の値から海水の密度 (σ_t) を算出した. 溶存酸素量 (DO) については YSI 社製 YSI-58 型を用いて測定した. 観測中, 肉食性の動物プランクトンである鉢クラゲ類のミズクラゲ *Aurelia aurita*, およびクシクラゲ類のカプトクラゲ *Bolinopsis mikado* が確認された場合には, $2\ \text{m} \times 2\ \text{m}$ の範囲内にいる個体数を船上から目視で計数した.

2.2 アサリ浮遊幼生の分類

二枚貝類幼生は, 左右の殻のずれを防ぐために, 殻の交板上に交歯とじん帯を生じ, この構造 (交装) は有効な分類形質となる. 殻の形状についても分類形質として用いられることがある (付録 A2). 二枚貝類の殻の形成はベリジャー期幼生から始まる. ベリ

ジャー期の幼生はその成長段階に応じて D 型期, 殻頂期, そして変態期の 3 期に分けられる (付録 A1; 田中, 1979 参照). D 型幼生の殻は左右相称で, 背縁は真直ぐか, あるいはその中央部がやや凹む (図-2). D 型期における交装は, 一部を除き種で独得の特徴を表さない. また, 殻の輪郭および大きさにも種間の差異が認めにくい. 殻頂がふくらみ始めた殻頂初期以後の幼生は一般に殻頂期幼生と呼ばれ (図-2), 交装は種特有の特徴を示す. さらに成長が進み, 種固有の生活に移行できるまでに体制の整った幼生を変態期幼生と呼ぶ. 本研究では, アサリ幼生の分類は, 殻を有することで採集時に破壊されにくく, 個々の区別が容易な D 型期以後の幼生を対象として行った. また, 変態期の幼生については, 殻頂期の幼生と形態的に大きな違いはないことから, 殻頂期幼生として扱った.

幼生の分類は凍結保存した $50\ \mu\text{m}$ および $100\ \mu\text{m}$ ネットサンプルを用いて行った. 免疫学的手法 (浜口, 1999 参照) によって処理したサンプル中の二枚貝類幼生を蛍光顕微鏡下で観察し, 蛍光を発する個体を D 型および殻頂期幼生に分けて計数した (図-2). 免疫学的手法によるアサリ幼生の分類精度はおおよそ 95% である (浜口, 1999). 東京湾にはアサリの近縁種であるイヨスタレ *Paphia undulata* が出現し (桑原, 1990), アサリ特異抗体は同種の幼生に対して反応する (浜口, 未発表). 本研究では, 殻頂期幼生については田中 (1982) の分類データを基に形態による観察を併せて行い, 蛍光を発する D 型幼生で特異な個体については PCR 法によって最終的な判別をした. アサリと判定された幼生について最大 100 個体を無作為に選んで, その殻長を $10\ \mu\text{m}$ の単位まで計測した.

アサリ幼生以外の動物プランクトンについては, 16 測点を対象として (図-1 参照), ホルマリンで固定した $100\ \mu\text{m}$ ネットサンプルを用いて実体顕微鏡下で種ごとに計数した. 渦鞭毛藻類の夜光虫 *Noctiluca scintillans* は従属栄養生物であることから, 本研究では動物プランクトンとして計数した.

3. 結果

3.1 海況

東京湾の湾軸に沿って, 水温, 塩分, σ_t および DO の鉛直分布を求めた (図-3). 水温は $17 \sim 27^{\circ}\text{C}$, 塩分は $27 \sim 34\ \text{psu}$ の範囲であった. 密度躍層は $8 \sim 15\ \text{m}$ の水深層に分布し, 8 月 10 日には湾奥の表層でも観

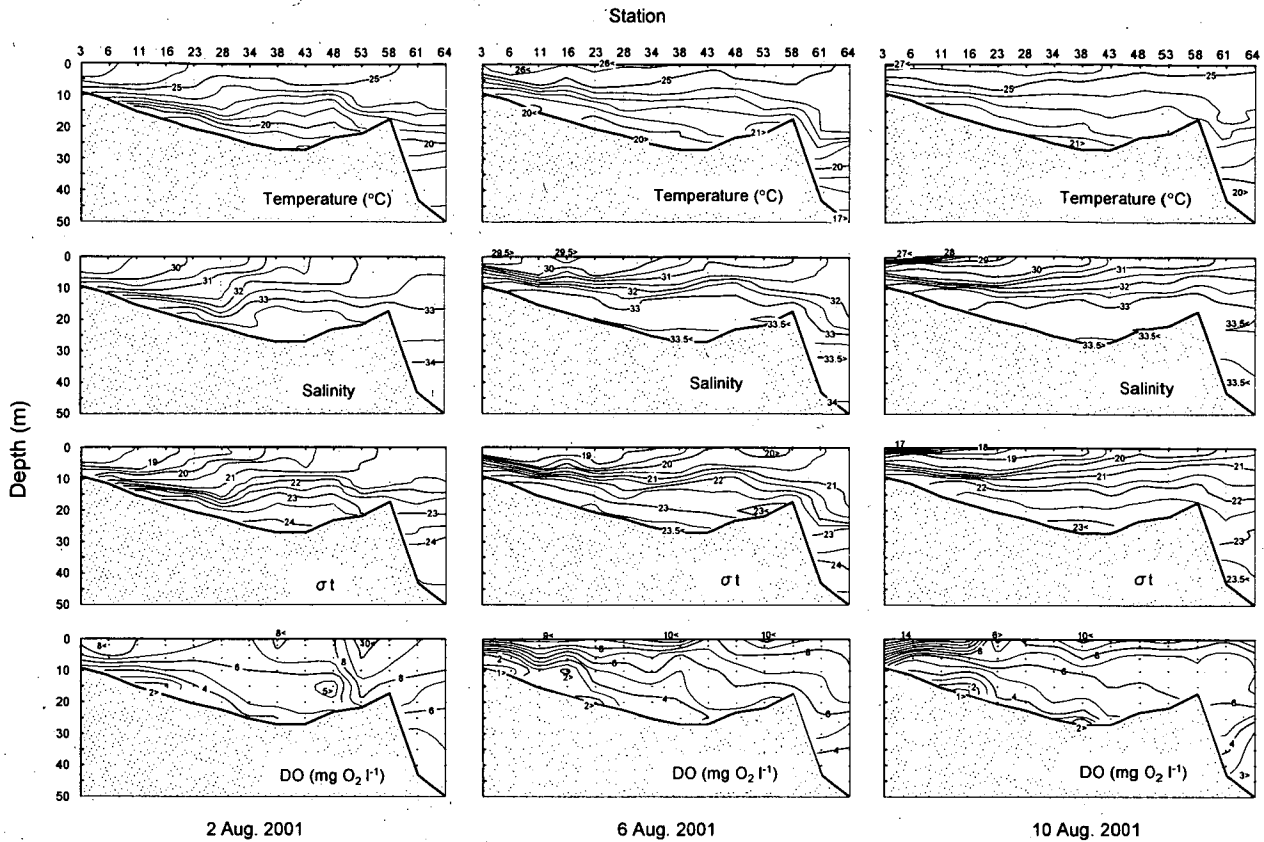


図-3 水温、塩分、 σ_t およびDOの鉛直分布

察された。DOは観測点3~34間の海底付近では $4 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ 以下であり、常に貧酸素の状態であった。8月6日には湾奥を中心に貧酸素水塊が水深5m付近にまで分布した。

水深0, 4, 8mにおける海況の水平構造を図-4に示す。水温は $21 \sim 28^\circ\text{C}$ 、塩分は $17 \sim 33 \text{ psu}$ の範囲であり、湾奥では高温・低塩分、湾口では低温・高塩分の傾向が見られた。荒川河口域から多摩川河口域周辺の表層では、河川水の影響による塩分 30 psu 以下の水塊が観察された。 σ_t は塩分とほぼ同じ水平分布を示し、 $14 \sim 22$ の範囲であった。水深10mにおけるDOは、湾奥の千葉側を中心とした広い範囲で $4.5 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ 以下であった。

8月6日の海況は特徴的で、水温 $21 \sim 25^\circ\text{C}$ 、塩分 $30 \sim 33 \text{ psu}$ の低温・高塩分の水塊が、千葉側に沿って湾口から湾奥まで分布した(図-4)。 σ_t も同様で、盤州沖から市原にかけて顕著なフロントが観察された。

3.2 アサリ浮遊幼生の出現密度と殻長頻度分布

目合50および $100 \mu\text{m}$ のネットによって殻長 $90 \sim$

$240 \mu\text{m}$ の幼生が採集された(図-5)。D型幼生の殻長は $90 \sim 130 \mu\text{m}$ 、殻頂期幼生の殻長は $130 \sim 240 \mu\text{m}$ であった。殻長組成は2~3峰型を示し、ピークは8月2日には殻長110および $160 \mu\text{m}$ に、8月6日には殻長130および $170 \sim 180 \mu\text{m}$ に現れた。8月10日の殻長のピークは120, 160, そして $200 \mu\text{m}$ であった。

幼生はほぼすべての観測点から採集された(図-6)。8月2日と10日にはD型幼生が多量に出現し、最大出現密度はそれぞれ 2510 個体 m^{-3} 、および 1690 個体 m^{-3} に達した。8月6日には殻頂期幼生が非常に多く出現し、最大出現密度は 2725 個体 m^{-3} に達した。

D型幼生が多く出現した8月2日および8月10日の出現密度と殻長頻度のデータを用いて、殻長 $100 \mu\text{m}$ 以下のD型幼生の出現密度を算出し、その水平分布を求めた(図-7)。殻長 $100 \mu\text{m}$ 以下のD型幼生は、三枚洲~羽田および盤州周辺の海域に 500 個体 m^{-3} 以上の高い出現密度で分布した。また、横浜や市原、そして富津周辺の海域にも 200 個体 m^{-3} 以上の出現密度で小型の幼生は分布した。

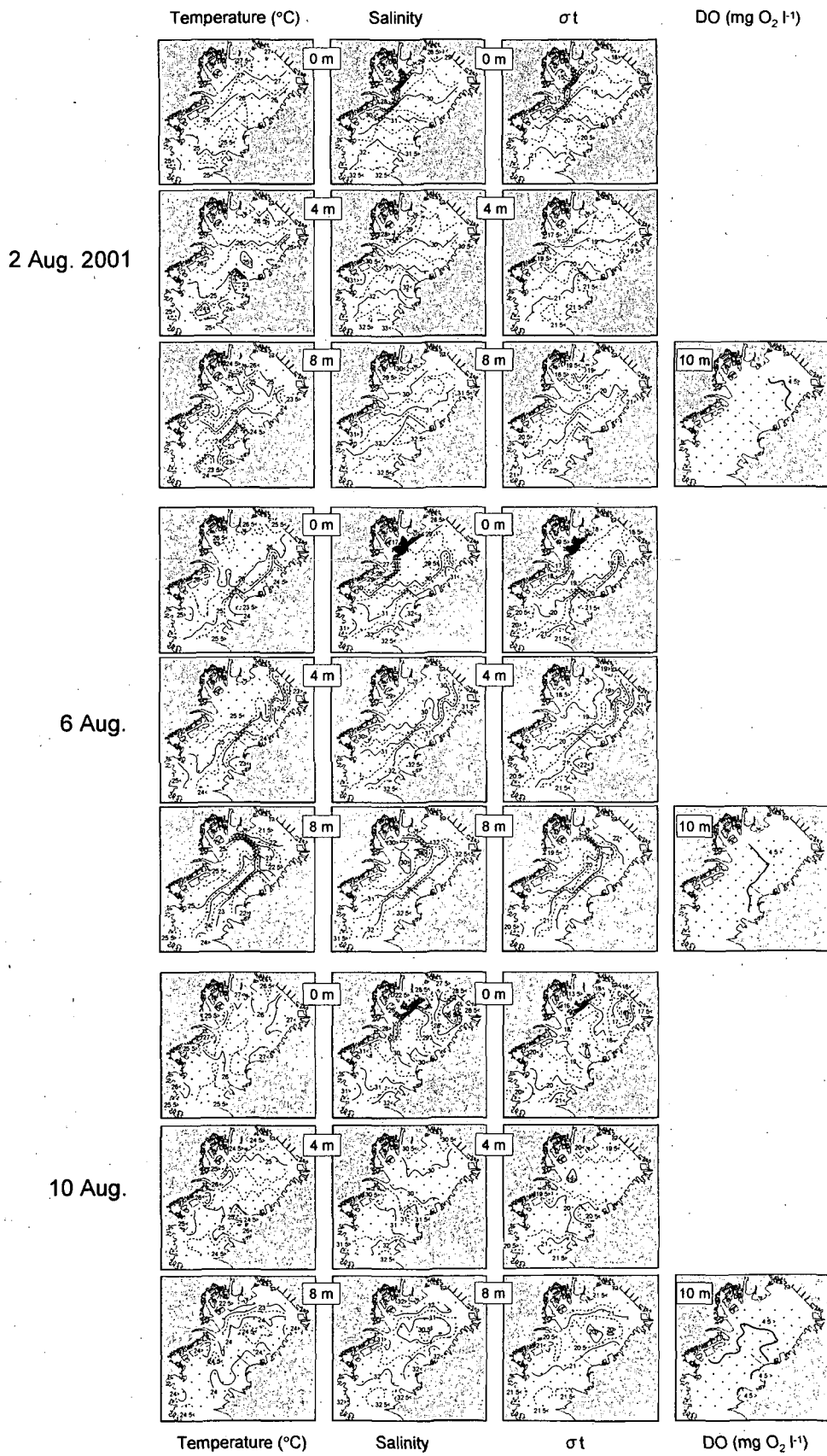


図-4 水深 0, 4, 8 m における水温, 塩分, σ_t の水平分布と水深 10 m における DO の水平分布

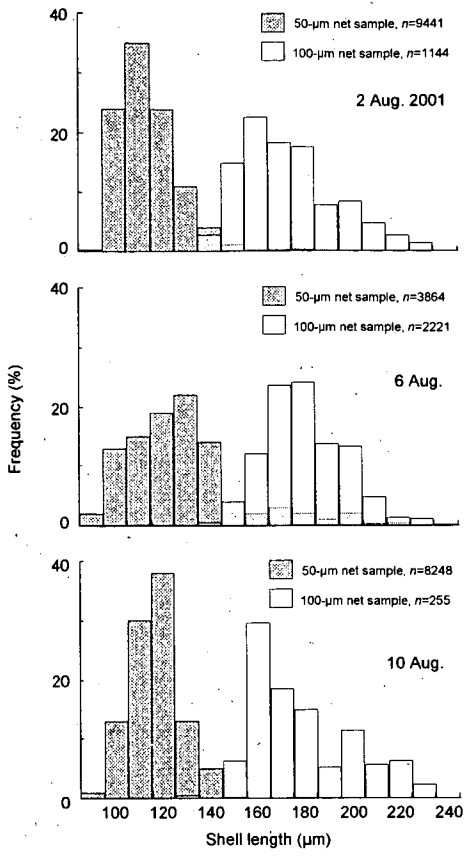


図-5 アサリ浮遊幼生の殻長頻度分布図。殻長のデータは全測点から得られたものである。

4. 考察

4.1 ネットの定量性

殻長 140 μm のアサリ幼生は 100 μm ネットサンプルからだけではなく、50 μm ネットサンプルからも多く観察されたことから(図-5)、殻長 140 μm 以下の幼生は目合 100 μm のネット、すなわち殻長に対して 70% の目合のネットでは正確に定量できない。アサリの幼生は、初期の D 型幼生で殻長 100 μm 程度であることから(鳥羽, 1987)、目合 50 μm のネットを使うことによって、D 型期以降の幼生をほぼ逃さずに採集できると考えられる。従って、本研究で得られたアサリ D 型および殻頂期幼生に関するデータは、東京湾におけるアサリ浮遊幼生の殻長組成や出現密度を反映していると思われる。

4.2 幼生の殻長成長速度、発生日および浮遊期間の推定

今回の観測で採集された幼生の最大殻長は 240 μm であり、殻長 210 μm 以上の幼生の出現頻度は低かった(図-5)。室内飼育実験におけるアサリ幼生の着底時の殻長はおよそ 185~230 μm であることから(鳥羽 1987 参照)、東京湾においても、殻長が 210 μm 前後に達した幼生は着底生活に移行すると思われる。

幼生は、8月2日と10日にはD型期、8月6日に

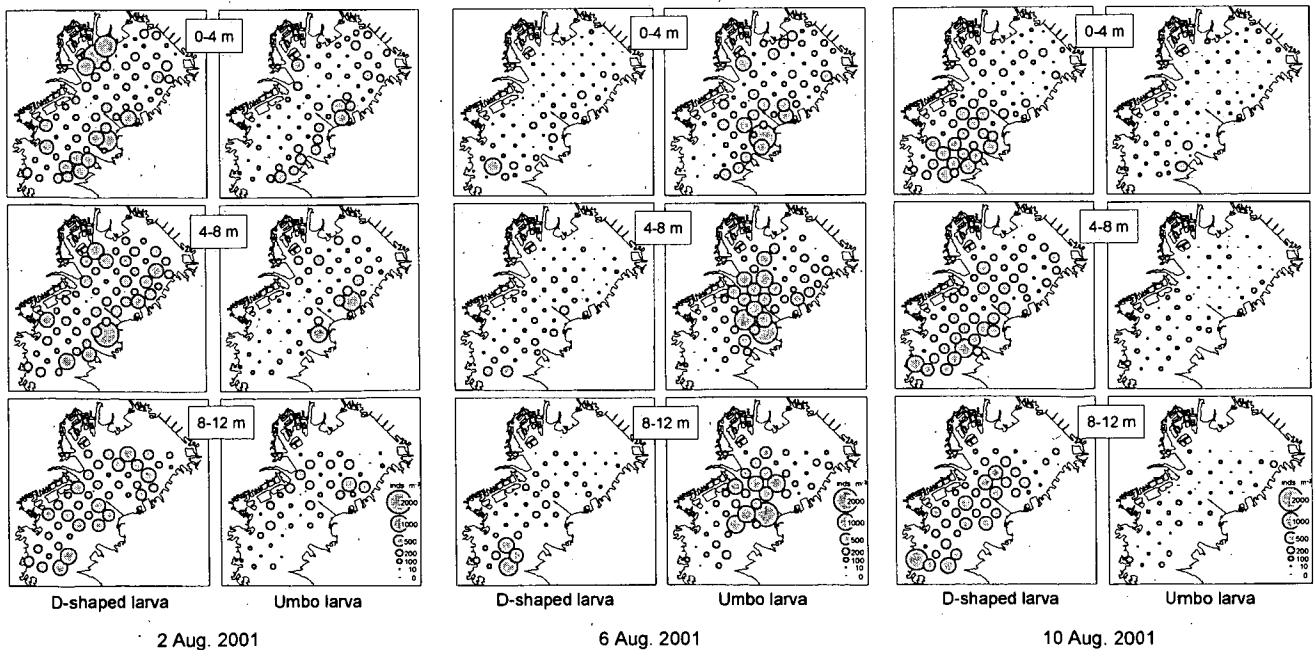


図-6 アサリの D 型および殻頂期幼生の水平分布。円の面積は出現密度に対応する。

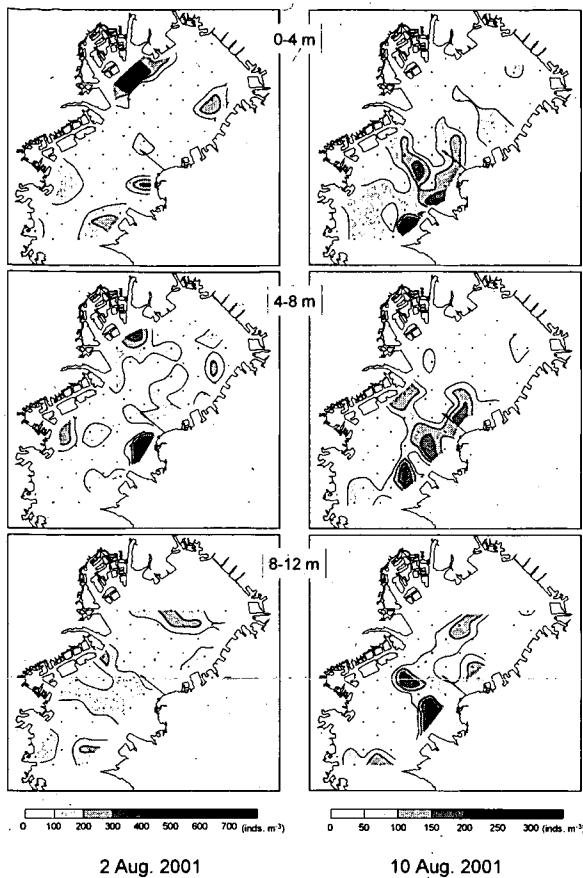


図-7 殻長 100 μm 以下のアサリ D 型幼生の水平分布。
 殻長 100 μm 以下の幼生の出現密度は各測点におけるアサリ幼生の出現密度(付録 B1 参照)に出現頻度をかけることによって算出した。密度分布は殻長データが 15 個体以上の幼生から得られた観測点を対象とした。

は殻頂期というように、どちらか一方の成長段階が優占して現れたことから(図-6)、幼生の出現密度の時間的な変動は、移流による個体群の湾外への流失、あるいは餌不足による個体群の死亡によるものではなく、主に一連の成長過程によるものであろう。従って、8月2日に最も個体数の多かった殻長 110 μm の D 型幼生は、8月6日には最も優占した殻長 170~180 μm の殻頂期幼生に成長したと考えられる(図-5)。この同一と考えられる個体群の出現密度の変化から、個体群密度の減少率は4日間でおおよそ 13% と推定された。また、殻長の変化から、夏季の東京湾における幼生の殻長成長速度は、1日当たり 15~18 μm に達することが明らかとなった。この個体群は、8月10日には殻長 210 μm 以上にまで成長することが可能であることから、この時までには大部分が浮遊

生活から着底生活に移行したと考えられる。

殻長成長速度から幼生が生まれた日を逆算することができる。アサリの卵は水温 20 $^{\circ}\text{C}$ の条件下では、受精後 2 日程度で殻長 100 μm 前後の D 型幼生となることから(鳥羽, 1987), 8月2日に優占した殻長 100~120 μm の幼生は、D 型幼生となってから 0~2 日、受精後 2~4 日経過している。従って、これらの幼生が卵として放出されたのは7月30日前後である。これらの幼生の多くは8月10日までは着底生活に移行したと考えられることから(上記参照), 夏季の東京湾におけるアサリ幼生の浮遊期間は 10 日程度である。8月10日に優占した殻長 110~120 μm の幼生については、8月6日前後に卵として放出されたと推定される。

鳥羽(1992)は室内飼育実験からアサリ浮遊幼生の成長速度を調べ、殻長成長速度(GR, $\mu\text{m d}^{-1}$)と水温(T, $^{\circ}\text{C}$)との間に関係式 $\text{GR}=0.377 \times T - 2.96$ を得た。今回の観測で記録された東京湾の水温は、アサリ幼生の採集を行った水深 12 m 以浅では 21~28 $^{\circ}\text{C}$ であり、この水温条件下における幼生の殻長成長速度は 5.0~7.6 $\mu\text{m d}^{-1}$ と推定される。これは、我々が得た成長速度よりもかなり低い値である。鳥羽はアサリ幼生を 6~7 個体 mL^{-1} の密度で飼育しており、これは本研究で観察されたアサリ浮遊幼生の出現密度の 2000 倍以上に達することから、高密度の飼育条件によってアサリ幼生の成長が抑制された可能性がある。天然海域におけるアサリ幼生の成長に関する知見は極めて少ないことから、殻長成長速度を求める方法として鳥羽の関係式は広く利用されているが、殻長成長速度の過少評価には注意する必要があると思われる。

4.3 幼生の発生場所

殻長 100 μm 以下の幼生が多く分布した羽田~三枚洲や盤洲周辺の海域は、アサリの成貝の生息域とほぼ一致する(図-1 参照)。殻長 100 μm 前後の D 型幼生は卵として放出されてから 2 日程度であることから(鳥羽, 1987), 生まれた場所からそれほど分散していないと思われる。従って、羽田~三枚洲と盤洲周辺の海域に加えて、小型幼生が多数分布した横浜や市原および富津周辺の海域でアサリの幼生は発生したと考えられる。

盤洲や富津では干潟や浅場が自然に近い状態で残っており、アサリの成貝の資源量も大きいことから(鳥羽, 2002), 多量の幼生が発生しているのである。

う。三枚洲～羽田周辺の海域については、多摩川河口域(桑原, 1990)や三枚洲周辺(風呂田, 1997)にアサリが生息している。この海域におけるアサリの資源量に関する定量的な研究は極めて少ないが、D型幼生の出現密度は盤洲や富津周辺の海域に匹敵することから、三枚洲～羽田周辺海域のアサリの産卵個体群は東京湾における幼生の供給に大きく寄与していると考えられる。横浜および市原周辺の海域は港湾域であり、鉛直護岸で囲まれているが、市原周辺の地先の海底には砂が堆積しており、そこにはアサリが生息している(鳥羽, 私信)。また、横浜周辺の海域でもアサリが優占種として報告されていることから(桑原, 1990)、港湾域もアサリ幼生の供給場所として機能していることが明らかとなった。

三番瀬は盤洲と並びアサリの資源量が多いことから(鳥羽, 2002)、周辺の海域からは多くの幼生が採捕されることが予想されたが、その出現量は少なかった。三番瀬では青潮や江戸川からの淡水の大量出水によるアサリの大量斃死が夏から秋にかけてしばしば発生する(柿野, 1992 参照)。突発的な生息環境の悪化によるアサリの産卵個体群の激減が、三番瀬周辺海域における幼生の発生量の減少に繋がっている可能性がある。金沢湾周辺には人工海浜が造成されており、そこに多くのアサリが生息している(新保ら, 1999)。また、金沢湾に隣接する平潟湾にも非常に多くのアサリが生息している(越川ら, 1999)。金沢湾では4～5月の連休を中心に多くの観光客によって潮干狩りが行われ、その結果、殻長20 mm以上の個体群に対して非常に高い漁獲圧が掛かる(工藤, 2000)。アサリは殻長20 mm程で成熟することから(鳥羽・深山, 1994)、過度の漁獲による成熟個体の激減がこの海域における幼生の発生量を制限している可能性がある。平潟湾ではアサリの成熟個体の出現量は周年を通して安定している(越川ら, 1999)。平潟湾は金沢湾内の野島海岸への幼生の供給源として考えられているが(越川ら, 1999)、さらに沖合の東京湾への幼生供給の役割については、幼生の沖合への輸送に寄与する流れなどのプロセスを含めて今後さらに検討が必要である。

4.4 幼生の分布と環境要因との関係

浮遊生物は遊泳力が小さいことから、その分布は水塊の動きなどに影響されると考えられる(Natunewicz et al., 2001)。また、浮遊生物の卵や幼生が底層の貧酸素水塊に輸送されることによって死

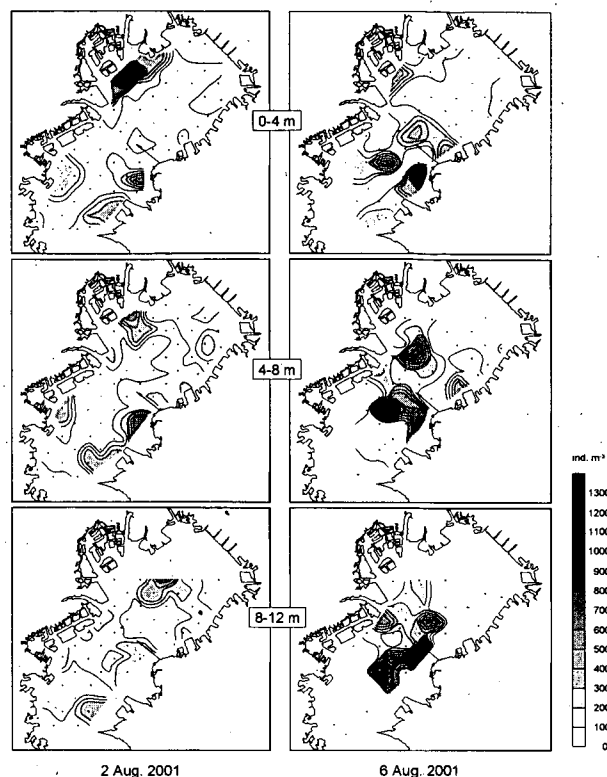


図-8 同一のコホートと考えられる「8月2日に出現した殻長110 μm の個体群」と「8月6日に出現した殻長170～180 μm の個体群」の水平分布。両個体群の出現密度は各測点におけるアサリ幼生の出現密度(付録 B1 参照)に出現頻度をかけることによってそれぞれ算出した。密度分布は殻長110 μm の個体群については殻長データが15個体以上の幼生から得られた観測点を対象とした。殻長170～180 μm の個体群の密度分布については、分割した100 μm ネットサンプルを用いていることから、殻長データが7個体以上の幼生から得られた観測点を対象とした。

亡し、結果として出現密度の減少に繋がる可能性がある(Purcell et al., 1994)。他生物による捕食も出現密度の減少に繋がり、浮遊生物の分布の変動要因となる(Niermann et al., 1994)。個体群が移流によって湾外へ流出、あるいは、餌不足によって死亡することも出現密度の変動要因として挙げられるが(Kremer, 1994; Falkenhaus, 1996)、これらの要因は、今回観察されたアサリ幼生の出現密度の変動にはそれほど作用していないと思われる(上記参照)。

アサリ浮遊幼生は東京湾の全域から採集されたことから(図-6)、浮遊している間に湾内に広範囲に拡

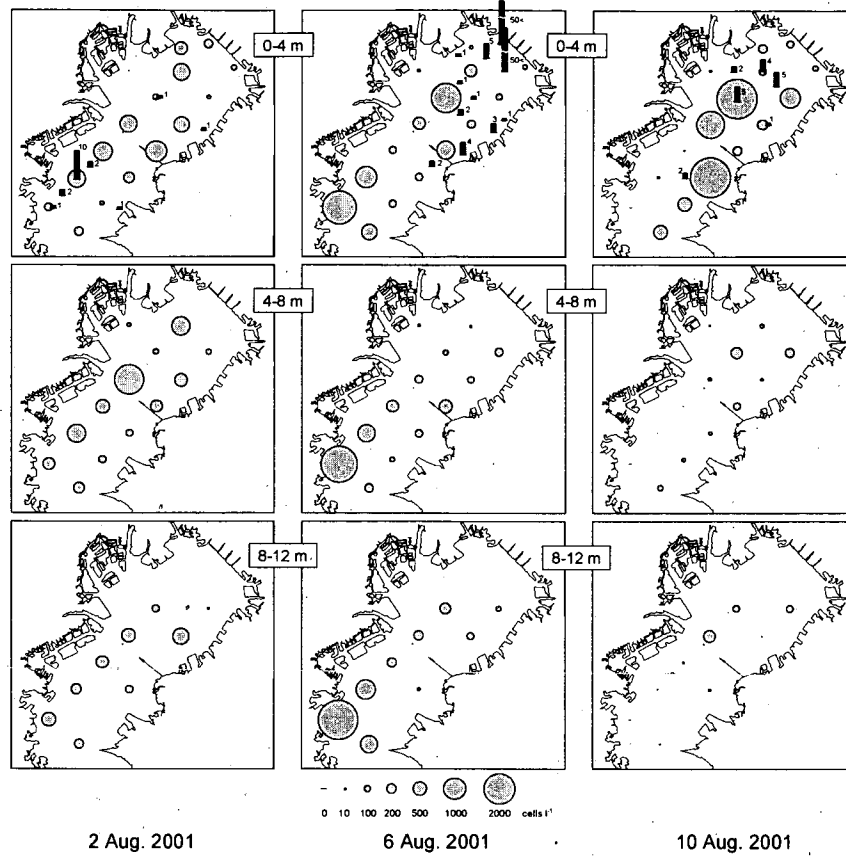


図-9 夜光虫(細胞 l^{-1} , ●)およびミズクラゲ(個体 $4\text{-}m^{-2}$, ■)の出現密度の水平分布. 棒線近くの数字はミズクラゲの密度を表す. 円の面積は夜光虫の出現密度に対応する.

散する. 同一の個体群である「8月2日に出現した殻長 $110\ \mu\text{m}$ の個体群」と、「8月6日に出現した殻長 $170\sim 180\ \mu\text{m}$ の個体群」の水平分布を比較した(図-8). 三枚洲～羽田や盤洲などで発生した幼生は, 8月6日には顕著なフロントが存在する湾の中央部に移動していることが明らかとなった. 8月6日に観察されたフロントは強い北風によって引き起こされた湧昇フロントであり, 夏季の東京湾では比較的良好に観察される(日向 未発表). フロントに沿った海面上にはゴミやクラゲなどが集積することが知られており, アサリ幼生の水平分布には物理的な収束機構が強く作用することが示唆された.

観測期間中, 東京湾の水深 $10\ \text{m}$ におけるDOは湾奥を中心として広い範囲に渡って貧酸素の状態にあり, この範囲内にある観測点では, 水深 $8\sim 12\ \text{m}$ 層における幼生の出現密度は他の観測点よりも低い傾向が見られた(図-4, 6). しかし, これらの観測点では, 貧酸素の状態にない水深 $4\ \text{m}$ 以浅の層でも幼生の出現密度は低いことから, この時期に見られた程

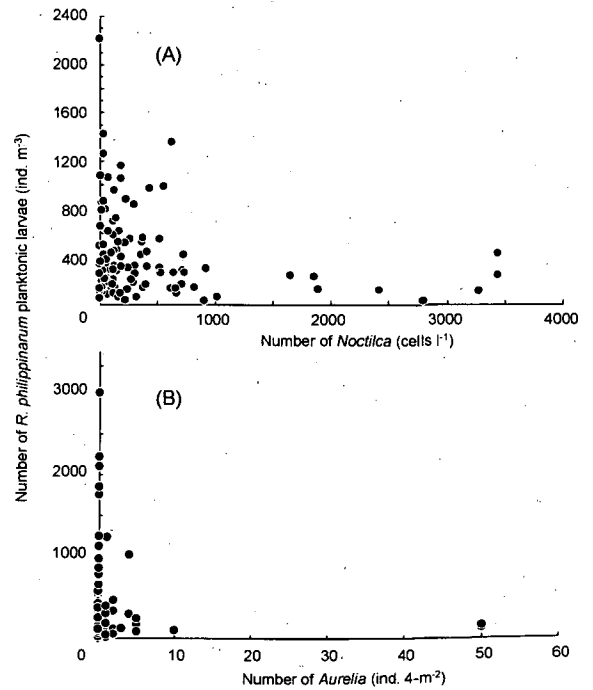


図-10 アサリ幼生の出現密度と夜光虫(A)およびミズクラゲ(B)の出現密度との関係

度の貧酸素水塊 ($4 \text{ mg O}_2 \ell^{-1}$ 以下)の幼生の分布に対する影響は不明である。

今回の調査では、肉食性の動物プランクトンとしては、夜光虫、カイアシ類の *Oncaea media*、ヤムシ類の *Sagitta crassa*、そしてミズクラゲなどが観察された(付録 B2)。中でも夜光虫とミズクラゲは多く出現し、最大出現密度はそれぞれ $3500 \text{ 細胞 } \ell^{-1}$ および $50 \text{ 個体 } 4\text{-m}^{-2}$ に達した(図-9)。夜光虫のアサリ幼生に対する捕食速度については知見が得られておらず、今後、室内実験などにより明らかにしていく必要がある。ミズクラゲの出現密度については、本研究では表層の出現数に関する情報しか得られていないため、ミズクラゲ個体群のアサリ幼生に対する捕食圧を正確に見積もることはできないが、夜光虫およびミズクラゲが大量に出現した観測点ではアサリ浮遊幼生は少ない傾向が見られた(図-10)。夜光虫、ミズクラゲとも高密度の個体群がパッチ状に分布することから、両種による捕食圧は幼生の出現密度に対して局所的に作用している可能性がある。

5. おわりに

本研究によって、自然の干潟や浅場以外に港湾域もアサリ幼生の供給源として機能していることが明らかとなった。港湾域は河口域ほど環境変動が大きくない上に、アサリの成熟個体群に対して潮干狩りなどによる漁獲圧が掛からないことから、東京湾における安定した幼生の供給源であるのかもしれない。近年、干潟や浅場の持つ浄化機能や生物の生息場としての役割が注目され、埋立地周辺に人工干潟を造成するなどの自然再生事業が計画されている。これまで生物の生息場所としての内湾港湾域の重要性は殆ど認識されていなかったが、事業を行う際には、同海域の生物分布に関する詳細な調査を行う必要があるであろう。

今回の観測では着底間際の幼生の分布を掴むことが出来なかった。今後、本研究で得られたアサリ浮遊幼生の分布、海況などのデータを基に数値計算を行うことによって、東京湾におけるアサリ幼生の移流拡散経路の推定を試みる予定である。

(2003年2月13日受付)

謝辞

本研究を行うにあたり、千葉県水産研究センター富津研究所 鳥羽光晴博士には、アサリの生態に関す

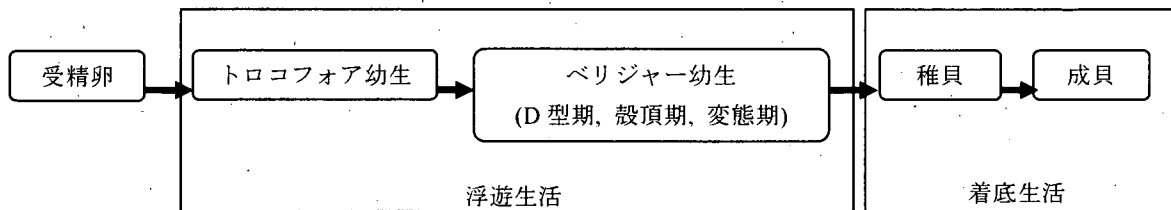
る多くの貴重なご助言を頂いた。ここに感謝の意を表す。本研究の一部は、運輸施設整備事業団「運輸分野における基礎的研究推進制度」による援助を受けて行われた。

参考文献

- 石井 亮・関口秀夫(2002)：有明海のアサリの幼生加入過程と漁場形成。日本ベントス学会, 57, pp. 151-157.
- 柿野 純(1992)：アサリ漁業をとりまく近年の動向。水産工学, 29, pp. 31-39.
- 工藤孝浩(2000)：資源の管理者不在の海浜におけるアサリ採捕の問題。沿岸域, 13, pp. 87-92.
- 桑原 連(1990)：東京湾内湾域の砂泥性底生動物相。東京農業大学農学集報, 35, pp. 152-166.
- 越川義功・棚瀬信夫・大槻 晃(1999)：横浜平潟湾における遮水壁撤去後のアサリの生息回復とその特性。水産増殖, 47, pp. 481-488.
- 鈴木輝明・市川哲也・桃井幹夫(2002)：リセプターモードモデルを利用した干潟域に加入する二枚貝浮遊幼生の供給源予測に関する試み -三河湾における事例研究-。水産海洋研究, 66, pp. 88-101.
- 新保裕美・田中昌宏・越川義功・棚瀬信夫・池谷 毅(1999)：現地調査によるアサリ生息量と環境要因との関係の検討 -神奈川県金沢湾・平潟湾を対象として-。海岸工学論文集, 46, pp. 1216-1220.
- 田中彌太郎(1979)：二枚貝類幼生の同定-①。海洋と生物, 2, pp. 27-33.
- 田中彌太郎(1982)：二枚貝類幼生の同定-⑩。海洋と生物, 18, pp. 23-26.
- 鳥羽光晴(1987)：アサリ種苗生産試験-1, 人工種苗生産したアサリの成長。千葉県水産試験場研究報告, 45, pp. 41-48.
- 鳥羽光晴(1992)：アサリ幼生の成長速度と水温との関係。千葉県水試研報, 50, pp. 17-20.
- 鳥羽光晴(2002)：千葉県のアサリ漁業の現状。日本ベントス学会, 57, pp. 145-150.
- 鳥羽光晴・深山義文(1994)：飼育アサリのサイズと成熟、産卵の関係。日本水産学会誌, 60, pp. 173-178.
- 浜口昌巳(1999)：瀬戸内海アサリ漁場生態調査における適用方法の開発。In (農林水産技術会議事務局監修)事務局「魚介類の初期生態解明のための種判別技術の開発」, 農林水産省農林水産技術

- 会議事務局, 東京, pp. 66-76.
- 風呂田利夫 (1988) : 東京湾における貧酸素水の底生・付着動物群集に与える影響について. 沿岸海洋研究ノート, 25, pp. 104-113.
- 風呂田利夫 (1997) : 干潟と浅瀬の生物. In (編) 沼田眞, 風呂田利夫 「東京湾の生物誌」, 築地書館, 東京, pp. 45-75.
- 風呂田利夫 (2000) : 東京湾の干潟と生態学的機能. 海洋と生物, 129, pp. 308-314.
- 松村貴晴・岡本俊治・黒田伸郎・浜口昌巳 (2001) : 三河湾におけるアサリ浮遊幼生の時空間分布 - 間接蛍光抗体法を用いた解析の試み -. 日本ベントス学会, 56, pp. 1-8.
- Falkenhaus, T. (1996) : Distribution and seasonal patterns of ctenophores in Malangen, northern Norway. Mar. Ecol. Prog. Ser., 140, pp. 59-70.
- Kremer, P. (1994) : Patterns of abundance for *Mnemiopsis* in US coastal waters: a comparative overview. ICES J. mar. Sci., 51, pp. 347-354.
- Natunewicz, C.C., Epifanio, C.E. and Garivine, R.W. (2001) : Transport of crab larval patches in the coastal ocean. Mar. Ecol. Prog. Ser., 222, pp. 143-154.
- Niermann, U., Bingel, F., Gorban, A., Gordina, A.D., Gucu, A.C., Kideys, A.E., Konsulov, A., Radu, G., Subbotin, A.A. and Zaika, V.E. (1994) : Distribution of anchovy eggs and larvae (*Engraulis encrasicolus* Cuv.) in the Black Sea in 1991-1992. ICES J. mar. Sci., 51, pp. 395-406.
- Purcell, J.E., White, J.R. and Roman, M.R. (1994) : Predation by gelatinous zooplankton and resource limitation as potential controls of *Acartia tonsa* copepod populations in Chesapeake Bay. Limnol. Oceanogr., 39, pp. 263-278.

付録 A



A1 アサリの成長に関する模式図

付録 B

B1 目合 50 μm および 100 μm ネットサンプルから求めたアサリの D 型幼生 (太字数字) および殻頂期幼生 (括弧付き太字数字) の出現密度. 下段の数字は二枚貝類幼生の総出現密度である. 一印はアサリ幼生の採集が行われていないことを表す.

Stn.	Depth (m)	Density (ind. m ⁻³)								
		2 Aug. 2001			6 Aug. 2001			10 Aug. 2001		
		0-4 m	4-8 m	8-12 m	0-4 m	4-8 m	8-12 m	0-4 m	4-8 m	8-12 m
1	4	320 (150)	—	—	75 (55)	—	—	50 (45)	—	—
		46500			19170			14000		
2	6	290 (225)	—	—	0 (120)	—	—	10 (85)	—	—
		88620			26985			28430		
3	7	60 (0)	—	—	10 (180)	—	—	35 (100)	—	—
		94840			9845			11335		
4	6	20 (185)	—	—	0 (105)	—	—	100 (90)	—	—
		59600			5040			15200		
5	13	420 (115)	255 (115)	175 (35)	30 (140)	55 (145)	15 (65)	20 (40)	380 (0)	160 (0)
		94640	55580	4220	8660	18020	26250	6775	16380	15980
		145 (185)	410 (70)	—	35 (120)	15 (5)	—	265 (25)	230 (35)	—
6	11	59620	82880		7700	2770		14100	5400	
		55 (360)	145 (270)	—	25 (145)	0 (120)	—	20 (40)	155 (20)	—
7	9	21820	12740		8180	3185		9820	16540	
		50 (100)	—	—	20 (400)	—	—	40 (25)	—	—
8	5	31740			6700			9030		
		65 (120)	230 (300)	—	20 (380)	5 (30)	—	25 (30)	10 (0)	—
9	9	34080	15560		9295	3350		10070	2290	
		250 (20)	345 (75)	—	25 (40)	85 (120)	—	255 (40)	220 (0)	—
10	11	13920	25440		10060	6260		12940	15620	
		160 (160)	115 (165)	390 (5)	20 (40)	5 (225)	20 (45)	80 (0)	55 (0)	0 (0)
11	13	59120	53780	9740	5760	11210	4500	4405	10930	19680

B1 続き

Stn.	Depth (m)	Density (ind. m ⁻³)								
		2 Aug. 2001			6 Aug. 2001			10 Aug. 2001		
		0-4 m	4-8 m	8-12 m	0-4 m	4-8 m	8-12 m	0-4 m	4-8 m	8-12 m
12	14	510 (325) 55400	845 (215) 28780	190 (0) 7200	135 (150) 9400	45 (245) 13820	25 (205) 26880	30 (0) 6160	55 (40) 17720	105 (70) 35960
13	13	285 (210) 9740	325 (70) 9160	55 (70) 17360	165 (450) 18320	60 (340) 16500	45 (220) 27270	240 (0) 7960	245 (10) 13400	5 (180) 17780
14	9	165 (65) 6500	195 (0) 6000	—	35 (150) 2585	10 (195) 10900	—	50 (50) 2680	260 (60) 6200	—
15	17	30 (40) 5295	620 (435) 14150	835 (60) 5640	30 (165) 3635	10 (245) 6075	15 (50) 9290	5 (0) 3290	30 (0) 5625	50 (20) 8140
16	16	165 (80) 80920	285 (110) 54700	545 (365) 20220	55 (250) 9060	35 (165) 4815	35 (40) 12990	65 (20) 4710	280 (5) 11360	45 (40) 4315
17	14	230 (25) 19080	465 (105) 39200	940 (110) 26820	10 (0) 5835	30 (40) 8225	55 (155) 7995	80 (60) 6380	170 (75) 10635	45 (0) 11960
18	11	10 (80) 10180	185 (40) 24520	—	10 (445) 12960	35 (380) 9020	—	25 (25) 4280	80 (50) 5780	—
19	6	1710 (70) 61760	—	—	15 (215) 10180	—	—	90 (105) 7170	—	—
20	11	2180 (35) 138720	1085 (170) 33360	—	20 (45) 13150	30 (165) 6090	—	105 (0) 16120	50 (0) 11900	—
21	14	330 (110) 116560	775 (385) 25340	375 (90) 19520	10 (40) 18030	30 (850) 20410	80 (555) 7630	110 (45) 14930	155 (60) 23280	105 (5) 6620
22	17	95 (120) 70560	140 (180) 44300	680 (275) 20540	55 (75) 10220	55 (35) 6170	60 (75) 34480	230 (15) 7495	165 (45) 6250	370 (65) 4450
23	19	195 (15) 15980	460 (40) 20880	110 (40) 5720	5 (105) 6655	145 (100) 16080	80 (220) 20790	30 (0) 6205	280 (25) 13600	330 (15) 7840
24	18	70 (245) 12360	190 (335) 8540	210 (775) 14920	255 (205) 11900	10 (140) 10750	80 (130) 26340	20 (20) 6930	275 (15) 4490	425 (65) 54980
25	14	85 (45) 2710	510 (110) 14480	285 (520) 8600	90 (30) 2550	25 (385) 14990	45 (145) 33760	15 (40) 1110	50 (120) 16360	25 (45) 31040
26	15	245 (340) 3950	785 (1525) 18980	455 (125) 11250	20 (205) 4425	30 (705) 26580	115 (20) 13240	250 (30) 6620	180 (35) 26600	55 (0) 10800
27	14	150 (775) 6225	385 (465) 8485	90 (275) 4680	115 (600) 6710	90 (235) 21400	10 (300) 34580	50 (60) 5530	25 (0) 25480	290 (35) 30840
28	21	120 (20) 6960	210 (145) 7445	230 (225) 5240	35 (60) 7310	90 (625) 7810	65 (1215) 9840	95 (80) 8190	480 (20) 12680	390 (30) 37400
29	21	95 (20) 4425	60 (20) 4365	60 (40) 2830	15 (125) 4100	150 (1180) 19280	15 (525) 9610	20 (0) 3040	165 (30) 22040	790 (40) 21240
30	17	275 (5) 10400	215 (180) 48340	285 (310) 23300	35 (180) 8720	50 (230) 8140	60 (405) 20390	170 (60) 11100	625 (5) 11900	235 (5) 7655
31	13	1165 (595) 126400	510 (275) 84960	260 (30) 15020	35 (930) 8770	5 (110) 11070	5 (45) 7240	195 (5) 8150	115 (20) 12680	85 (65) 4845
32	21	345 (285) 44980	570 (200) 64880	385 (390) 42020	10 (35) 10190	85 (865) 12290	110 (385) 18360	25 (40) 9920	200 (25) 11700	80 (80) 15140
33	24	75 (65) 14220	170 (70) 19320	265 (285) 14320	65 (355) 7260	60 (665) 8530	230 (930) 31100	250 (0) 6940	480 (20) 20720	825 (10) 22720
34	23	360 (225) 16580	310 (170) 24360	200 (85) 8360	70 (565) 9880	40 (625) 9540	125 (745) 26910	165 (5) 10540	200 (0) 11300	650 (35) 21320
35	10	200 (105) 8980	515 (35) 9760	—	130 (145) 18180	295 (260) 70920	—	375 (30) 16000	550 (30) 16800	—
36	5	955 (890) 32780	—	—	165 (855) 19680	—	—	105 (40) 21960	—	—
37	18	430 (315) 13370	290 (280) 22680	550 (115) 11560	95 (235) 15080	40 (945) 14460	95 (2235) 32810	60 (0) 12440	510 (40) 21700	340 (60) 48160
38	25	260 (165) 48960	380 (205) 37500	750 (300) 11140	130 (415) 9490	60 (980) 12790	240 (420) 36020	610 (35) 26640	75 (0) 15440	330 (50) 7780
39	28	5 (45) 6375	15 (0) 2430	210 (5) 5470	15 (145) 3000	55 (370) 6350	110 (280) 6240	345 (65) 43920	130 (100) 61240	270 (40) 24340
40	23	225 (105) 38980	160 (60) 25540	670 (335) 19620	10 (55) 6880	110 (685) 43010	190 (885) 41220	40 (20) 25240	335 (65) 49820	160 (0) 34520
41	18	155 (85) 49640	240 (45) 105500	160 (125) 28540	10 (360) 15260	80 (195) 21960	20 (205) 10980	150 (40) 16600	300 (85) 18620	150 (10) 9200
42	30	145 (25) 21720	130 (40) 4620	250 (75) 8560	5 (190) 5710	85 (180) 6760	60 (260) 13800	600 (60) 27700	200 (60) 25380	765 (90) 31100
43	25	235 (50) 66000	200 (30) 63920	260 (20) 8620	190 (915) 16100	145 (1650) 18100	185 (1150) 32140	515 (20) 40600	420 (85) 59480	270 (0) 15800
44	16	825 (55) 9640	390 (45) 12820	575 (120) 14800	25 (125) 11570	70 (385) 15830	50 (225) 23640	405 (20) 10480	790 (75) 30500	725 (65) 16880
45	14	1725 (365) 18920	2510 (1100) 14900	—	280 (2725) 35760	215 (2535) 23810	—	415 (45) 20910	565 (115) 24040	—
46	6	105 (350) 7440	—	—	45 (920) 18380	—	—	795 (25) 14420	—	—
47	10	170 (260) 23200	295 (110) 13740	—	10 (120) 4290	185 (580) 34970	—	265 (310) 13520	550 (110) 27600	—
48	20	210 (125) 36980	225 (65) 23360	530 (65) 28560	45 (170) 19010	65 (250) 31980	105 (1230) 22270	430 (35) 35900	395 (15) 86400	545 (105) 31860
49	30	90 (25) 17240	295 (5) 7560	510 (140) 15020	40 (470) 8260	50 (205) 7190	40 (145) 4300	260 (85) 22060	370 (80) 8680	300 (80) 17500

B1 続き

Stn.	Depth (m)	Density (ind. m ⁻³)			6 Aug. 2001			10 Aug. 2001		
		0-4 m	4-8 m	8-12 m	0-4 m	4-8 m	8-12 m	0-4 m	4-8 m	8-12 m
50	22	165 (45)	165 (45)	360 (270)	55 (80)	15 (95)	60 (145)	140 (80)	80 (10)	145 (55)
		15760	9260	11560	12500	12570	17040	34100	33280	22260
51	27	570 (40)	930 (5)	560 (30)	20 (55)	30 (75)	55 (20)	85 (5)	150 (80)	385 (55)
		24080	16840	21580	10410	12170	8320	16980	15820	20260
52	25	55 (40)	220 (70)	215 (300)	40 (25)	35 (105)	45 (105)	65 (80)	285 (60)	290 (75)
		8620	11820	11200	17280	16060	11990	29220	23740	10440
53	20	90 (25)	80 (0)	105 (25)	40 (105)	115 (115)	220 (130)	705 (140)	495 (85)	180 (20)
		42120	16440	19180	13900	23990	10870	34160	41400	13760
54	10	710 (90)	260 (65)	—	45 (170)	100 (275)	—	435 (10)	1380 (40)	—
		46400	24000	—	17270	10450	—	29760	31260	—
55	11	805 (435)	830 (60)	—	150 (450)	120 (255)	—	645 (15)	340 (10)	—
		11620	15040	—	10260	8930	—	5200	12280	—
56	4	920 (325)	—	—	125 (490)	—	—	840 (405)	—	—
		25240	—	—	19700	—	—	36520	—	—
57	15	715 (200)	1030 (110)	1010 (20)	235 (45)	50 (140)	750 (305)	645 (115)	725 (70)	470 (125)
		11100	15760	31280	10420	26200	51140	53340	51620	15080
58	15	165 (0)	115 (20)	235 (45)	65 (25)	170 (65)	885 (215)	715 (65)	390 (25)	365 (20)
		29200	21760	14800	11420	31300	44980	64880	48940	33380
59	34	770 (85)	320 (25)	200 (150)	70 (0)	35 (15)	95 (70)	780 (80)	215 (10)	265 (40)
		27160	22480	21520	10770	50700	32190	50420	85520	46600
60	43	125 (20)	125 (60)	265 (55)	80 (40)	30 (0)	105 (10)	50 (65)	50 (90)	45 (15)
		12360	12680	26560	8240	39990	20570	6510	36860	12250
61	43	80 (60)	100 (25)	110 (25)	1130 (0)	165 (25)	275 (115)	380 (45)	350 (30)	225 (35)
		23160	7600	9260	41820	35740	61700	9760	10180	72320
62	17	375 (240)	225 (90)	940 (115)	190 (80)	495 (30)	1235 (125)	885 (85)	550 (70)	965 (110)
		19660	22760	18280	11180	43160	109720	52600	42720	69080
63	4	370 (565)	—	—	60 (435)	—	—	285 (60)	—	—
		7520	—	—	9100	—	—	60000	—	—
64	28	190 (75)	335 (75)	350 (80)	20 (15)	325 (0)	85 (5)	320 (60)	635 (35)	580 (45)
		6560	17180	23700	15710	26070	50520	13760	11000	52040
65	19	390 (50)	315 (50)	390 (35)	20 (5)	15 (70)	175 (110)	190 (65)	1110 (150)	1690 (165)
		5780	25480	18740	30370	13030	13580	29980	19460	42140

B2 100 μm ネットサンプル中の動物プランクトン

Phylum Protozoa	Order Harpacticoida
Order Dinoflagellida	<i>Euterpina acutifrons</i>
<i>Noctiluca scintillans</i>	<i>Macrosetella gracilis</i>
Order Radiolarida	<i>Microsetella norvegica</i>
<i>Pleurospira castata</i>	<i>M. rosea</i>
Order Tintinnida	Phylum Cheatognatha
<i>Amphorellopsis acuta</i>	Class Sagittoidea
<i>Favella ehrenbergii</i>	<i>Sagitta crassa</i>
<i>Tintinnopsis</i> spp.	Phylum Prochordata
Phylum Arthropoda	Order Appendicularia
Class Crustacea	<i>Oikopleura dioica</i>
Order Cladocera	Larval forms
<i>Evadne tergestina</i>	Phoronida; actinotrocha
<i>Penilia avirostris</i>	Gastropoda; juvenile
Order Calanoida	Bivalvia; veliger
<i>Acartia steueri</i>	Polychaeta; juvenile
<i>Labidocera bipinnata</i>	Balanomorpha; nauplius, cypris
<i>Paracalanus parvus</i>	Copepoda; nauplius
Order Cyclopoida	Decapoda; zoea, megalopa, mysis
<i>Oithona brevicornis</i>	Stomatopoda; alima
<i>O. davisae</i>	Echinodermata; bipinnaria, ophiopluteus
Order Poecilostomatoida	Piscés; egg, juvenile
<i>Oncaea media</i>	
<i>O. sp.</i>	