

三河湾におけるアサリD型幼生の分布

黒田伸郎・落合真哉

Distribution of D-shaped larvae of Japanese littleneck clam
Ruditapes philippinarum in Mikawa Bay

KURODA Nobuo* and OCHIAI Masaya*

Abstract: Distribution and abundance of planktonic larvae of Japanese littleneck clam *Ruditapes philippinarum* in Mikawa Bay were studied using the monoclonal antibody method. The capture efficiency of D-shaped larvae was remarkably improved by using 50 μ m mesh plankton-net instead of 100 μ m mesh one which had been used in our previous studies. The average density of D-shaped larvae from May to September in Chita Bay was above 10^4 individuals/ m^3 , while such a high density occurrence was spatiotemporally limited in Atsumi Bay. In Chita Bay, the density of the planktonic larvae reduced from 10^4 to 10^2 individuals/ m^3 during from the early stage to the mature. It is considered that the continuous supply of D-shaped larvae in high density from somewhere in the bay was a significant mechanism of the successful recruitment in clam population and that this system may contribute to maintain large standing crop of the clam in Mikawa Bay.

キーワード；アサリ，浮遊幼生，D型幼生，減耗，加入，三河湾

二枚貝やフジツボなど，浮遊幼生期をもつ底生無脊椎動物においては，新規加入の成否は，幼生の供給量と着底後の生残過程によって決定されることが知られている。^{1) - 3)} Sekiguchiら⁴⁾は，アサリ *Ruditapes philippinarum* の幼生供給量が比較的多い伊勢湾西岸の近接する2つの小河川の河口において，初期着底稚貝の出現パターンは幼生供給量を反映して類似した変動を示すが，着底稚貝の生残に影響を与える環境条件の相違により，アサリ成貝資源量には大きな差が生じることを示した。有明海では，アサリ浮遊幼生と初期着底稚貝の出現時期，出現量の関係から，着底期幼生の干潟への来遊量とその場所の初期着底稚貝の加入量を規定することが示されている。⁵⁾ このように，ある海域でアサリ資源量が高水準に維持されるためには，稚貝着底後の環境が生残に適した条件を備えていることが重要であることはもちろんであるが，

稚貝着底量を規定する幼生の供給量が高水準に維持されることが，同様に重要な要因であると考えられる。

三河湾においては，当研究室の山田ら，⁶⁾ 著者らのグループ⁷⁾ がアサリ浮遊幼生の分布について詳細な研究を行い，例年春季から秋季にかけてしばしばアサリ浮遊幼生が高い密度で出現することが，本海域でアサリ生産力が高く保たれている要因であることを示した。特に後者では，新たに開発されたアサリ幼生特異的モノクローナル抗体を用いた間接蛍光抗体法^{8), 9)} を初めて天然海域に適用し，発生初期であるD型幼生の出現状況を明らかにすることができる可能性を提示した。D型幼生の期間は産卵後2～6日程度であり，産卵場所からの移動距離が殻頂期以降の幼生に比較して小さい。したがって，本方法を用いて，D型幼生の出現パターンを詳細に知ることができれば，調査対象海域においてアサリ浮遊幼生を供

* 愛知県水産試験場漁業生産研究所 (Marine Resources Research Center, Aichi Fisheries Research Institute, Toyohama, Minamichita, Aichi, 470-3412, Japan)

給する主要な産卵母群がどの時期に、どこに存在するかを推定することがより容易になるので、その海域を産卵期間中に禁漁にしたり、通年的に生息域を保護するために開発行為を抑制したりする等、産卵母貝群の具体的保護対策を立てることが可能となる。¹⁰⁾ このようにアサリ資源の維持・増大の技術的対策を確立する上で、D型幼生の発生状況を把握することの持つ意義はきわめて大きい。

しかし、著者らが前報で幼生採集に用いたプランクトンネットの開口目合は100 μ mであったため、殻長100~140 μ mであるD型幼生の大部分が捕捉されていない可能性があり、方法の特性を十分に生かした結果が得られなかったと考えられる。⁷⁾ そこで、本研究では、採集ネットの開口目合を50 μ mに変更することにより、特にD型幼生の発生状況を明らかにすることを目的に調査を行った。

材料および方法

調査は三河湾の北西部である知多湾の8地点、および東部である渥美湾の6地点のあわせて14定点において行った(図1)。アサリ生息場所は渥美湾奥部の埋め立て部を除き、水深5m以浅の浅海域に広く分布している。特に地点A-2、C-5、C-2、C-3はそれぞれ福江湾、一色干潟、美浜町布土地区、河和地区という三河湾の主要なアサリ漁場の沖合に位置している。地点A-5、A-6、C-7もそれぞれアサリの漁獲がみられる蒲郡市三谷・竹島地区、幡豆町、南知多町大井地区の沖合に位置している。また、渥美湾、知多湾の奥に位置する地点A-4、C-1にはそれぞれ一級河川の豊川、矢作川が流入しており、これらの河口部では例年アサリ稚貝が高密度に発生し、湾内漁場への稚貝供給地となっている。

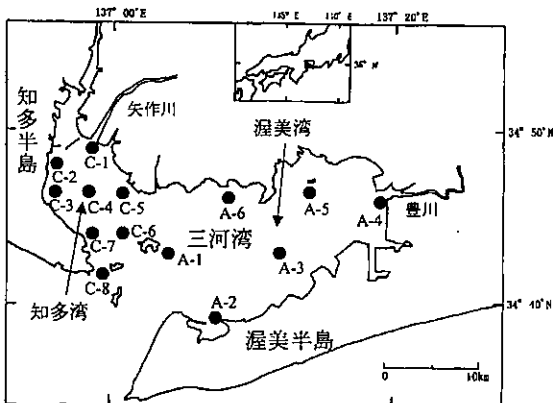


図1 調査海域と調査地点

2000年5~11月に毎月1回小潮時に、各地点においてアサリ幼生試料の採取と海況の観測を行った。アサリ幼生試料は、深度4m層(C-5は水深が3~4mである

ため深度2m層)から水中ポンプで海水を約150~300 ℓ 汲み上げ、開口目合50 μ mのプランクトンネットで採取し、分析に供するまで-20 $^{\circ}$ Cで凍結保存した。各層の水温、塩分は現場においてTSメータ(アレック電子社ACT20-D)で測定した。各層の溶存酸素濃度は、7~9月にDOメータ(YSI社MODEL57)で測定した。アサリ幼生の計数は採取試料から二枚貝浮遊幼生を実体顕微鏡下で選別し、アサリ幼生特異的のモノクローナル抗体を用いた間接蛍光抗体法で染色後、落射蛍光顕微鏡下でD型(D-shaped, 殻長100~140 μ m)、殻頂期初期(Early umbo, 殻長130~170 μ m)、殻頂完成期以降(Umbo and full grown, 殻長160 μ m以上)の成長段階に分けて計数した。⁷⁾

結果

各調査日の知多湾縦断面(地点C-1、C-4、C-7、C-8を含む面) - 渥美湾横断面(地点A-1、A-3、A-4を含む面)の水温、塩分の鉛直分布は、調査期間を通じて全般に、矢作川・豊川河口部である湾奥(C-1、A-4)の表層付近が低塩分・高水温であり、湾口部底層に向かって高塩分化、低水温化する傾向がみられた(図2)。しかし、河口部の調査地点においても、試料を採取した深度4m層では、表層ほどの低塩分・高水温は観測されなかった。また、5月1日と10月19日以降は、全湾で海水の鉛直混合がみられたのに対し、5月25日~9月21日の期間は密度成層が生じていた。成層期の深度4m層は、一部を除いていずれも成層上部または躍層中に位置していた。強い成層が形成され、深度4m層が成層の下部に位置している地点がみられた6月29日、8月23日の知多湾縦断面-渥美湾横断面のDOの鉛直分布をみると(図3)深度4m層のDOが4mg/L以下に低下している地点があることがわかる。このような地点ではアサリ浮遊幼生が出現しない恐れがあるため、¹¹⁾十分なDOが存在する深度2m層でも試料を採取し、2層のうち高い方の値をその地点のアサリ浮遊幼生出現密度とした。

本研究では、従来みられなかった高いD型幼生出現密度が得られた。三河湾でこれまでに同様の方法で同定・計数を行った400以上の試料の中でD型幼生密度が1,000個体/m³を越えたのは1例だけであったが、^{7), 11), 12)}本研究では110の観測例中68%にあたる75例で1,000個体/m³以上のD型幼生密度がみられ、最高では20,000個体/m³に達した(図4)。各地点で観測期間中に5,000個体/m³以上の高密度でD型幼生がみられたのは、知多湾のC-1、C-2、C-6で4回、C-3で3回、C-4、C-5、C-7で2回、C-8とA-3を除く渥美湾の5地点で各1回であった。この

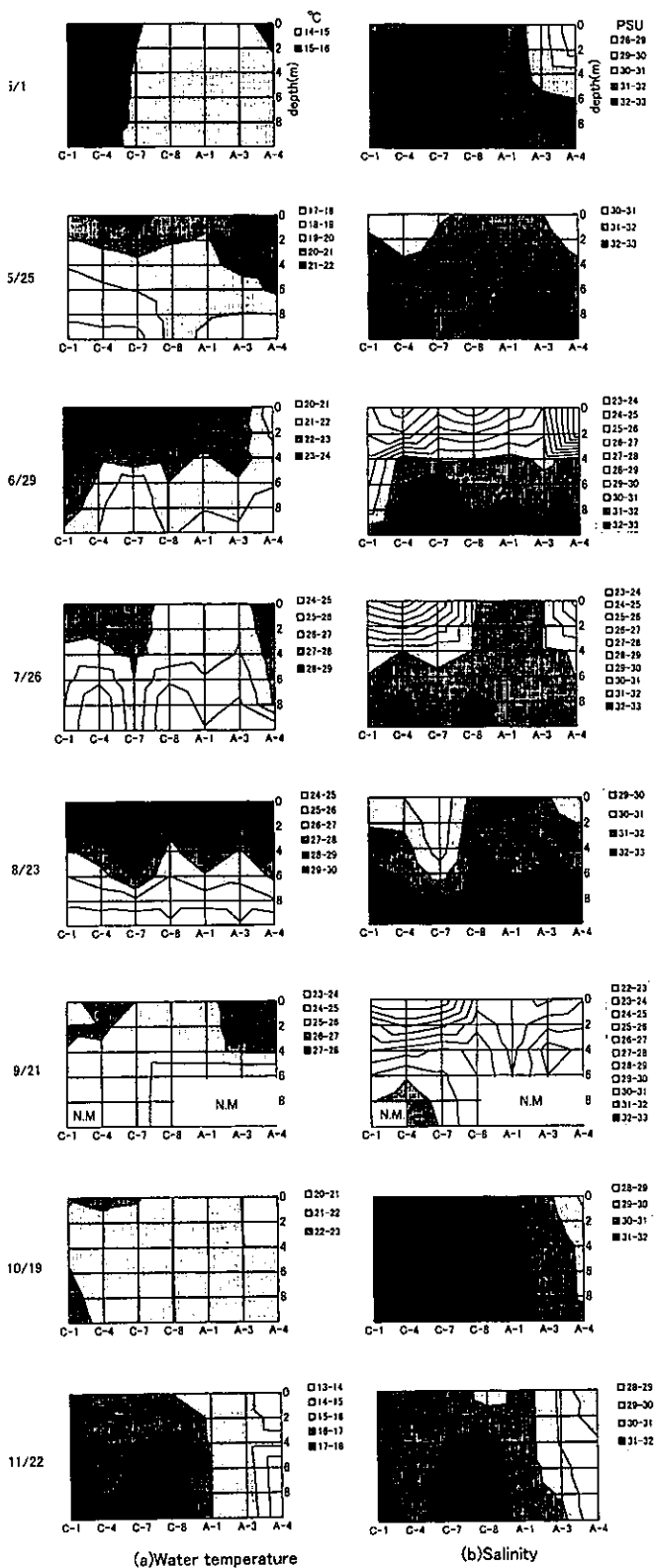


図2 各調査日の知多湾縦断面-渥美湾横断面の水温・塩分の鉛直分布 N.M.: 未測定

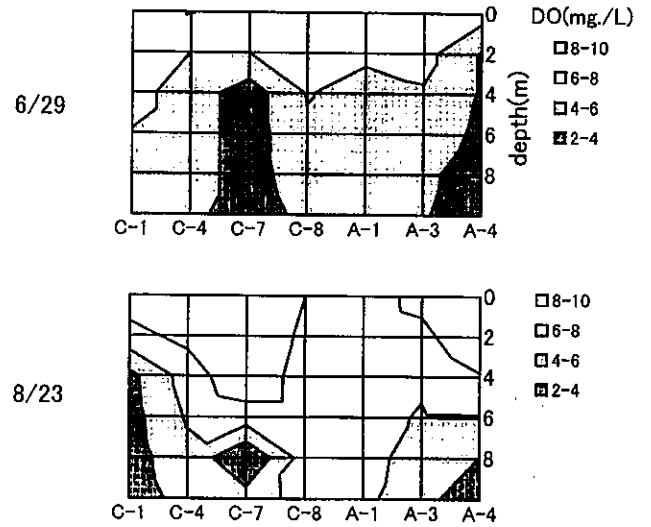


図3 成層形成期の知多湾縦断面-渥美湾縦断面のDOの鉛直分布

ように高いD型幼生密度は知多湾ではしばしば観察され、渥美湾では地点毎に異なる調査日に突発的に観察された。これらの高密度のD型幼生の出現は5月1日～9月21日までみられた。10月以降はこれほどの高密度にはみられなかったものの、従来の観測ではみられなかった1,000個体/m³以上の出現が継続してみられた。また、渥美湾湾中央部の地点A-3、知多湾湾口部の地点C-8においては、1例を除いて調査期間中D型幼生密度が他の地点よりも低く推移する傾向がみられた。

調査期間中の成長段階別のアサリ浮遊幼生の出現パターンをみると(図5)5月1日、5月25日には殻頂期初期、殻長完成期以降幼生は全湾にほとんどみられなかったのに対し、6月29日以降は全湾に継続的に、1,000個体/m³前後の殻頂期初期幼生が出現した。殻頂完成期以降幼生が1,000個体/m³以上出現することはほとんどなかったが、6月29日、7月26日、9月21日、11月22日には湾内の広い範囲で100個体/m³以上の出現が確認された。

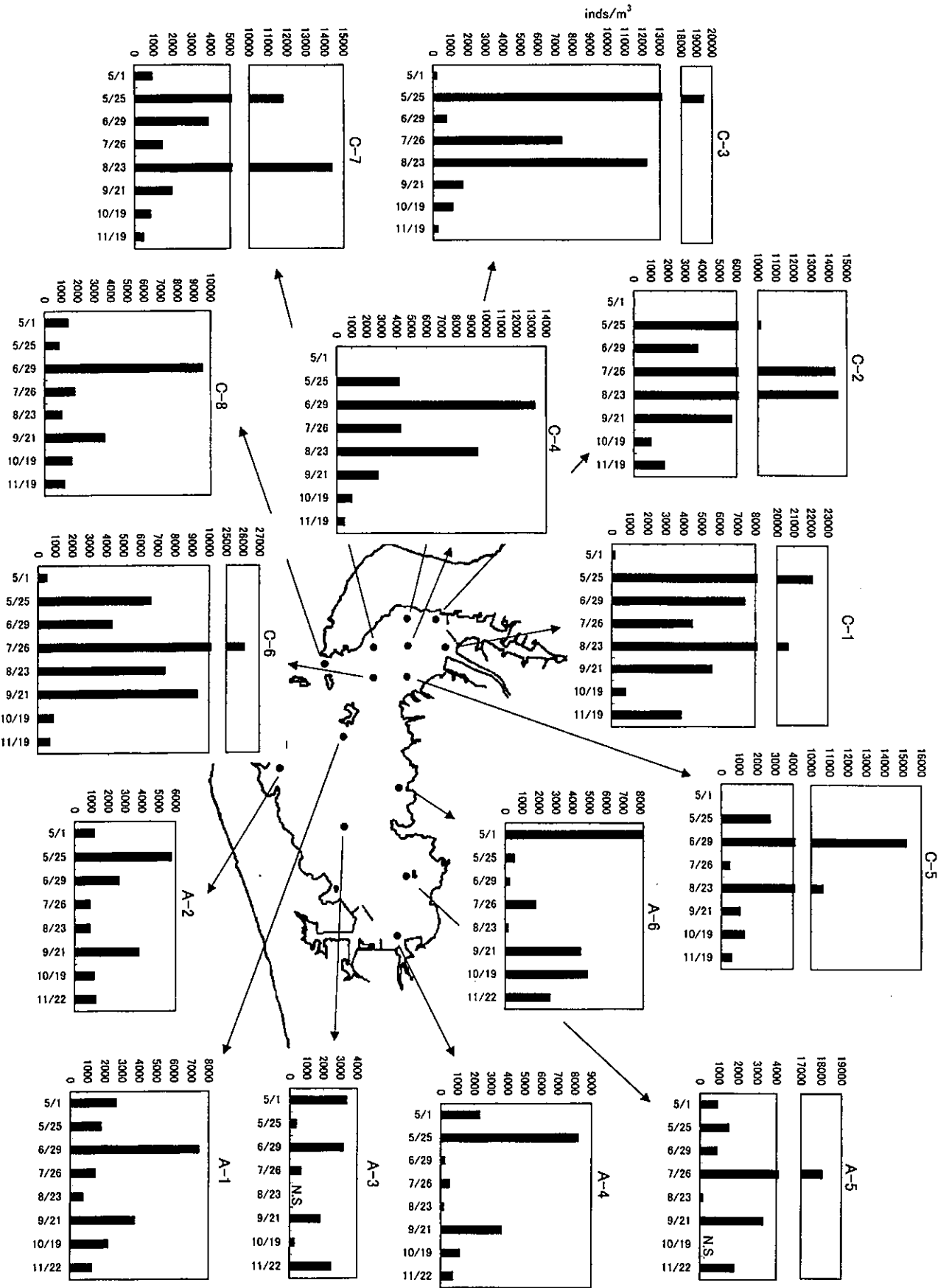


図4 各調査点におけるアサリD型幼生出現密度の推移 N.S.: 未採集

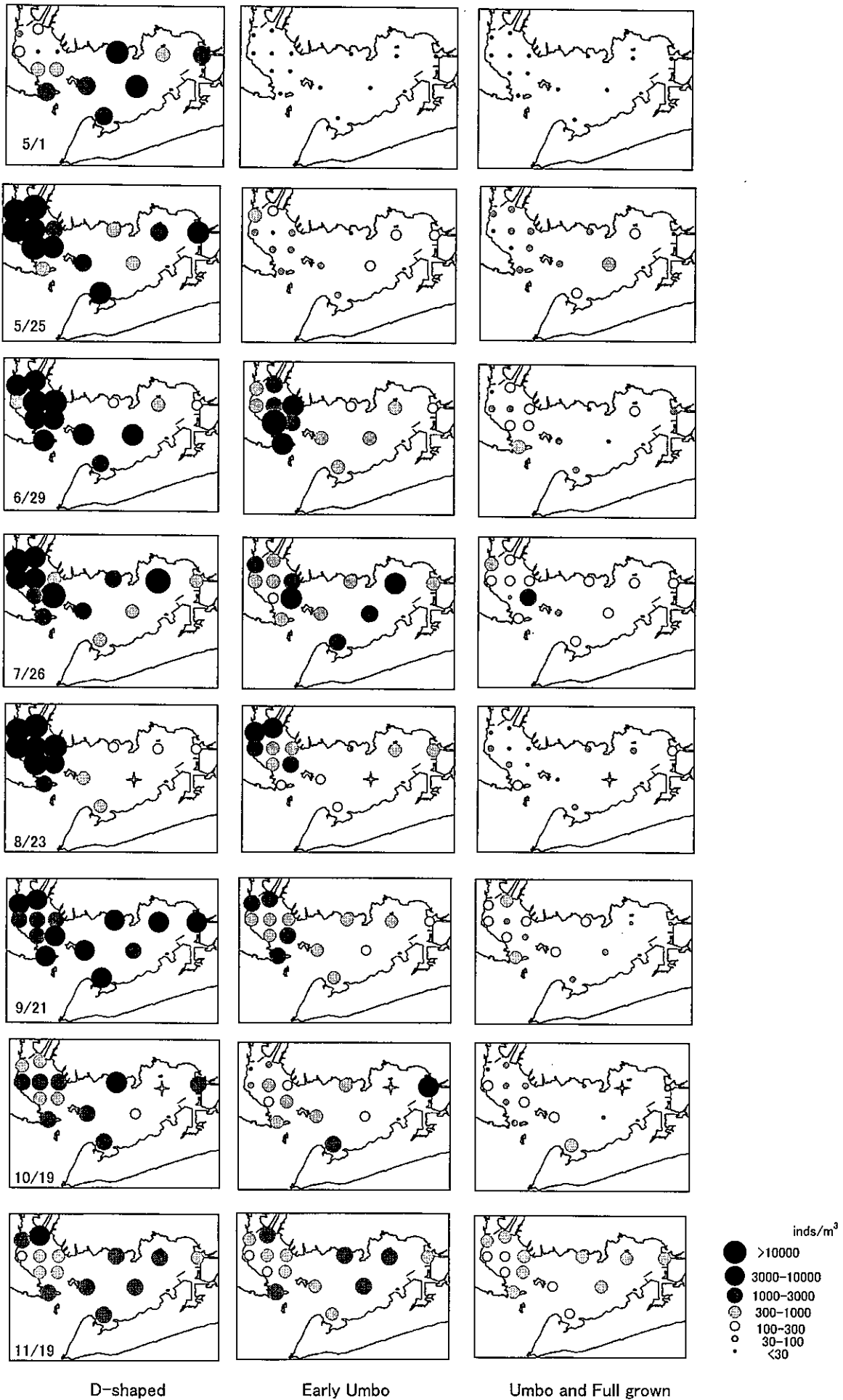


図5 成長段階別アサリ浮遊幼生の水平分布の推移 : 未採集

考 察

幼殻完成直後（受精後約48時間）の初期D型幼生は、荒川（未発表）の詳細な計測により、殻長×殻高が約 $100\mu\text{m}\times 80\mu\text{m}$ であることがわかっている。従来、著者がアサリ浮遊幼生の採集に用いてきた開口目合 $100\mu\text{m}$ のプランクトンネットでは、編み目が正方形を保っていると仮定した場合、殻長 $100\mu\text{m}$ の幼生はほぼ100%目合いから抜けることになる。¹⁵⁾ 実際には編み目は正方形ではなく扁平となっているので、その形状によって決まる一定の確率でこれらの幼生も捕捉される。¹⁶⁾ また、D型幼生の期間は4日程度であり、後期には殻長 $140\mu\text{m}$ まで成長するので、捕捉率はさらに増加する。このような条件下で、従来の調査においてもわずかながらD型幼生が観察されたものと考えられる。一方、本研究で用いた開口目合 $50\mu\text{m}$ のネットでは編み目がかなり扁平な菱形になったと仮定しても、初期D型幼生の殻高 $80\mu\text{m}$ が通過するような形状にはならないことから、初期D型幼生でもほぼ100%捕捉していると考えられる。

本研究では、このようにD型幼生の捕捉率が飛躍的に向上した一方、試料中の夾雑物量も著しく増加したため、二枚貝幼生を試料から選別する行程の処理時間が従来に比べて2～3倍に増加した。また、試料中のアサリ幼生数が増加したため、十分な蛍光を得るには、一次抗体の量を従来の約1.5倍程度に増やさざるを得なかった。したがって、すべてのアサリ浮遊幼生の調査で、開口目合 $50\mu\text{m}$ の採集ネットを用いることは得策ではない。稚貝の着底過程との関連を明らかにするような調査の場合には、発生初期のD型幼生を定量的に捕捉する必要はないので、夾雑物の過大な混入を避けるためには、より目合の大きいネットを用いる方が効率的であろう。

西沢ら¹⁴⁾によれば、矢作川河口付近の深度2～5m層（成層上部）の恒流は流速が小さく、水塊がこの海域に滞留する傾向がある。また、知多湾西岸域では、夏季の成層上部には南下する恒流（平均流）が存在し、渥美湾北岸、南岸では湾奥から西へ向かう恒流が存在する。^{14) -16)} これらの恒流の流向流速は降雨量、風向風速等により数日程度の間隔で大きく変動するが、平均的には湾の中央部では速く5cm/秒（4.3km/日）以上、沿岸部では遅く2cm/秒（1.7km/日）程度であると考えられている。¹⁶⁾ 調査地点における流向流速を実測していないので、観察されたD型幼生の起源の特定はできないが、一般に沿岸部に位置する調査点で観察されるD型幼生（産卵後2～6日）は、その地点の近くに存在する産卵場由来し、湾中央部に位置する調査地点（C-4、C-6、A-3）

でみられるD型幼生は10km以上北、あるいは東の産卵場由来するものと考えられる。

知多湾においては、特に海水の停滞性が強い湾奥部の地点C-1、C-2で5月から9月に継続的に高密度のD型幼生がみられたことから、これらの海域では春季から夏季に継続的にアサリの産卵が行われ、主要な幼生供給地になっていると考えられた。また、沿岸部に位置するC-3、C-5、C-7において断続的に出現した高密度のD型幼生も、これらの地点がそれぞれ知多湾のアサリ漁場の沖合に位置しており、沿岸部の恒流が遅いことと考え合わせると、おそらくそれぞれの調査点に近い漁場由来のものであろう。また、湾中央部に位置する地点C-6において継続的に高密度の幼生が観察されたことは、知多湾奥部で産卵された幼生の一部は、湾中央部の速い流れに乗って漁場から遠ざかることを示している。湾口部の地点C-8においては、6月29日に高密度の出現がみられたが、これは知多湾奥部あるいは西岸海域で産卵された幼生が速い流れによってここまで輸送されたものであろう。これ以外の調査日には、高い密度がみられなかったことから、知多湾のアサリ漁場で産卵されたD型幼生は殻頂期に移行するまでの間（産卵後6日程度）には湾口部に到達しない場合が多いことが示唆された。

渥美湾における調査地点の間隔は知多湾のそれよりも広いが、同様に論ずることは慎重でなければならないが、上述のように、沿岸部の調査地点に出現したD型幼生は比較的調査地点に近い場所に由来すると考えられることから、渥美湾におけるアサリの産卵場所、産卵時期は知多湾に比べて局地的、短期的であると言えよう。しかし、湾中央部である地点A-3で他の地点に比べて低く推移したことは、渥美湾の沿岸部で産卵された幼生が、着底に適さない湾中央部に分散することなく、漁場が形成される沿岸部に沿って輸送されることを示唆している。

本調査期間中の2000年7月下旬～8月上旬に渥美湾北部の干潟域で*Heterocapsa circularisquama*赤潮によりアサリ成貝の大量へい死がみられた。¹⁷⁾ 8月23日のアサリD型幼生の水平分布をみると（図5）知多湾では高密度の出現がみられたのに対し、渥美湾の特に北岸、奥部ではほとんど出現がみられなかった。このことは、*H. circularisquama*がこの海域の産卵母貝群に壊滅的被害を与えたことを示している。しかし、1ヶ月後には同海域においてD型幼生の高密度の出現が回復していた。この原因は不明であるが、へい死後に生残したわずかな産卵母貝群の1個体あたりの産卵量が一時的に急増したのかも知れない。あるいは、このプランクトンが、アサリ成貝に対しへい死には至らないが、産卵能力の一

時的低下をもたらす可能性もあると考えられ興味深い。また、同年9月11,12日に三河湾集水域は記録的な豪雨にみまわれ、特に矢作川・衣浦港からの大量の出水により、知多湾西岸域においてアサリ成貝のへい死がみられた。しかし、9月21日には知多湾北西部で特にD型幼生密度の低下はみられなかったことから、大量出水による母貝へい死の規模は比較的小さかったものと考えられる。このように、D型幼生の発生状況を広範囲にかつ継続的に観測することにより、調査海域におけるアサリの産卵生態を推測することが可能になると考えられた。

本調査では、調査間隔がアサリ幼生の浮遊期間¹⁸⁾より長い1ヶ月であったため、減耗率を正確に見積もることはできない。しかし、知多湾において5~9月に継続的に産卵が行われていたとすると、少なくとも6~9月の各調査時に出現した殻頂期初期および殻頂完成期以降幼生はその期間における平均的な出現密度を表していると考えることができる。この期間に知多湾の湾口部を除く各地点に出現した幼生の出現レベルはD型幼生が $10^3 \sim 10^4$ 個体/m³、殻頂期初期幼生が $10^2 \sim 10^3$ 個体/m³、殻頂完成期以降幼生が $10^1 \sim 10^2$ 個体/m³であり、浮遊期間中におよそ2桁の減耗が生じると考えられた。ただし殻頂完成期以降、幼生は順次着底していくので、実際の減耗率はこれよりやや低いレベルであろう。

本研究およびこれまでの報告^{11, 17)}で明らかになったように、三河湾においては殻頂初期幼生が6~11月の間比較的安定して全湾に $10^2 \sim 10^3$ 個体/m³の密度で出現する。これは、有明海や伊勢湾西岸部における出現パターンと比較すると、出現期間が長く、出現量も高い。¹¹⁾これを維持しているのは、本研究で初めて明らかになったように、三河湾において継続的に多量のD型幼生が供給されるためであると考えられた。しかし、着底期である殻頂完成期以降幼生の出現パターンをみると、このように多量に産卵されたアサリ浮遊幼生が三河湾内を減耗しながら輸送されていき、漁場に到達して資源の加入に成功する確率はかなり低いと考えられる。三河湾が全国のアサリ生息域の中でも最も高い生産力を保っているのは、¹⁹⁾このような低い確率を補うために、アサリが春季から秋季にかけて湾内のどこかの生息域で常に産卵を行い、湾全体として高い幼生密度を維持し、加入の機会を高めていることによると考えられる。

要 約

発生初期のアサリD型幼生の同定・計数を可能とした間接蛍光抗体法の特徴を生かすために、試料の採集に用いるプランクトンネットの開口目合を従来の100 μ mか

ら50 μ mに変更したところ、捕捉率が著しく向上し、従来観測されなかった高密度のD型幼生を捉えることができた。2000年5~11月の調査において、三河湾におけるD型幼生の出現レベルは、 $10^3 \sim 10^4$ 個体/m³オーダーであった。北西部の知多湾では、5~9月の間継続的に高い密度がみられたのに対し、東部の渥美湾では、高い密度は時空間的に限定的に出現した。これらの幼生は成長に伴って密度が減少し、着底期である殻頂完成期以降幼生ではおよそ2桁低い密度となり、出現場所も限定的となった。このような減耗がみられるにもかかわらず、三河湾が高いアサリ生産力を維持しているのは、D型幼生が常に湾内のどこかから高密度に供給されることによって、着底期幼生の加入の機会を高めているためであると考えられた。

謝 辞

本稿のご校閲並びに貴重なご助言を頂いた、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濱口昌巳博士並びに愛知県水産試験場内水面漁業研究所の山田智氏に厚くお礼を申し上げます。また、名古屋大学大学院生命農学研究科の竹中千里博士には、英文のご校閲を頂きました。ここに深く感謝いたします。

文 献

- 1) 関口秀夫 (1992) 河口沿岸域における浮遊幼生の滞留機構 - 生物の移動と環境の流動特性の連関 - . 月刊海洋, 24, 485-491.
- 2) Roughgarden, J., S.Gaines and H.Possingham (1988) Recruitment dynamics in complex life cycles. *Science*, 241, 1460-1466.
- 3) Minchinton, T.E. and R.E.Scheibling (1991) The influence of larval supply and settlement on the population structure of barnacles. *Ecology*, 72, 1867-1879.
- 4) Sekiguchi, H., M.Uchida and A.Sakai (1995) Post-settlement processes determining the features of bivalve assemblages in tidal flats. *Benthos Res.*, 49, 1-14.
- 5) Ishii, R., H.Sekiguchi, Y.Nakahara and Y.Jinnai (2001) Larval recruitment of the manila clam *Ruditapes philippinarum* in Ariake Sound, Southern Japan. *Fisheries Sci.*, 67, 579-591.
- 6) 山田智・岩田靖宏・柳澤豊重 (1996) 三河湾におけるアサリ浮遊幼生の分布 - 移流, 拡散, 加入過程. 月刊海洋, 28, 150-156.

- 7) 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－. 日本ベントス学会誌, **56**, 1-8
- 8) 浜口昌巳 (1999) 貝類浮遊幼生の免疫学的特性の解明. 魚介類の初期生態解明のための種判別技術の開発, 農林水産技術会議事務局, 東京, 21-31.
- 9) 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. 魚介類の初期生態解明のための種判別技術の開発, 農林水産技術会議事務局, 東京, 66-77.
- 10) 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**, 201-211.
- 11) 黒田伸郎・岩崎員郎・阿知波英明・松村貴晴・盛田信 (2000) 平成11年度沿岸漁業実態調査 (アサリ漁場機能促進技術開発調査報告書. 愛知県水産試験場, 愛知, pp.45.
- 12) 黒田伸郎・岩崎員郎・岡本俊治・松村貴晴 (1999) 平成10年度沿岸漁場整備開発調査 (アサリ漁場機能促進技術開発調査) 報告書. 愛知県水産試験場, 愛知, 55pp.
- 13) 梨本勝昭 (1984) エゾバカガイ桁網の漁獲選択性について. 日本水産学会誌, **50**, 1145-1155
- 14) 西沢正・日向野純也・田口浩一・伊藤覚 (1995) 三河湾におけるアサリ稚貝の分布量と底質および流れとの関係. 水産工学, **32**, 137-143.
- 15) 鈴木輝明・平澤康弘・瀬古幸郎 (1986) 昭和60年度赤潮対策技術開発試験報告書. 愛知県水産試験場, 愛知, pp.1-12.
- 16) 宇野木早苗 (1984) 内湾の物理環境. 内湾の環境科学, 西条八束編, 培風館, 東京, 63-162.
- 17) 藤田佳子・木村仁美 (2001) 2000年三河湾における *Heterocapsa circularisquama* 赤潮の発生状況. 愛知県水試研報, **8**, 1-6.
- 18) 鳥羽光晴 (1992) アサリ幼生の成長速度と水温の関係. 千葉県水試研報, **50**, 17-20
- 19) 東海農政局統計情報部 (1999) 第46次愛知県農林水産統計年報, 愛知, pp.316.