

ISSN 1346-7301

国総研研究報告 第 12 号

平成 15 年 9 月

国土技術政策総合研究所 研究報告

RESEARCH REPORT of National Institute for Land and Infrastructure Management

No. 12

September 2003

秋季東京湾におけるアサリ(*Ruditapes philippinarum*)浮遊幼生の
出現密度の時空間変動

粕谷智之・浜口昌己・古川恵太・日向博文

Larval Abundance, Distribution, and Size Composition of Planktonic Larvae of
the Clam *Ruditapes philippinarum* in the Fall Season in Tokyo Bay

Tomoyuki KASUYA, Masami HAMAGUCHI
Keita FURUKAWA and Hirofumi HINATA

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan

秋季東京湾におけるアサリ (*Ruditapes philippinarum*) 浮遊幼生の 出現密度の時空間変動

粕谷智之*・浜口昌巳**・古川恵太***・日向博文****

要 旨

アサリは日本各地の干潟や浅場に生息し、潮干狩りなどのレクリエーションの対象として、また食材として日本人に最も馴染みのある食用二枚貝である。アサリの現存量は全国的に激減しており、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。開発が進んだ東京湾においてアサリ資源を回復させるには、孵化後しばらくの間浮遊生活を送るアサリ幼生が、どの様に分散していくのか把握した上で、生息場所の造成や環境の保全を行うことが有効と考えられる。アサリのみならず、海産の底生生物および付着生物の多くは浮遊幼生期を持つことから、浮遊幼生の移流経路に関する知見は、近年注目されている環境保全・自然再生事業を行う海域を選定する際の基礎データとしても非常に重要である。そこで、アサリの初期生態を解明することを目的として、東京湾に約3.5 kmの間隔で設けた65測点で、アサリ幼生の出現密度を2001年8月2, 6, 10日と同年10月15, 19, 23日の日程で計6回測定した。8月の観測結果については、国土技術政策総合研究所研究報告(2003年6月, 第8号)において発表した。本報では10月の観測結果を基に、秋季東京湾におけるアサリ幼生の殻長成長速度や浮遊期間、発生場所などを考察する。

アサリ幼生の最大出現密度は、D型幼生では5390個体 m^{-3} 、殻長期幼生では2670個体 m^{-3} であった。殻長組成の経時変化から、10月のアサリ幼生の殻長成長速度は8~9 $\mu m d^{-1}$ 、浮遊期間は15日と推定された。孵化後間もないと考えられる殻長110 μm の幼生の水平分布から、自然あるいは人工の干潟や浅場だけではなく、港湾区域のような水深のある場所もアサリ幼生の供給源となっていることが示唆された。同一の個体群と考えられる幼生の出現密度の水平分布を比較した結果、分布の中心は湾口部へ移っていることが明らかとなった。秋季に卓越する北偏風によって、発生したアサリ幼生の多くは湾外へ流出していると考えられる。幼生の浮遊期間の延長や、この時期に頻繁に来襲する台風による風雨が、幼生の流出を助長している可能性がある。

キーワード：二枚貝，幼生，干潟，港湾域，フロント

* 沿岸海洋研究部海洋環境研究室派遣研究員（運輸施設整備事業団）

** 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

*** 沿岸海洋研究部海洋環境研究室室長

**** 沿岸海洋研究部主任研究官

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1 国土技術政策総合研究所

電話：046-844-5023 Fax：046-844-1145 E-mail：furukawa-k92y2@ysk.nilim.go.jp

Larval Abundance, Distribution, and Size Composition of Planktonic Larvae of the Clam *Ruditapes philippinarum* in the Fall Season in Tokyo Bay

Tomoyuki KASUYA*

Masami HAMAGUCHI**

Keita FURUKAWA***

Hirofumi HINATA****

Synopsis

The clam *Ruditapes philippinarum* is one of the most commercially important bivalves to the Japanese. Recently, however, catches of the clam have decreased in Tokyo Bay as well as in other coastal and inlet waters of Japan. This may have been the result of the destruction of habitats as coastal areas undergo development. Because most of the tidal flats and shallows in Tokyo Bay have disappeared, habitat restoration for *R. philippinarum* in the bay is being investigated. Artificial shallows and tidal flats should be constructed, and the clam's larval supply areas should be conserved. For these efforts to be effective, it is important to understand *R. philippinarum* larval advection during the planktonic stage. That is, where do they come from and go to? As the first step in clarifying the larval transport processes of *R. philippinarum* in Tokyo Bay, short-term spatial and temporal variations in abundance and size-frequency distribution of their planktonic larvae were investigated at 65 stations throughout the Tokyo Bay area on August 2, 6, and 10, and October 15, 19, and 23 in 2001. We have reported the result of the August observation in the Research Report of NILIM (No. 8, 2003). In the present paper, we address factors regulating the short-term spatial and temporal abundance of *R. philippinarum* planktonic larvae in October, as well as the growth rate of the larvae.

The size-frequency distributions of the larvae indicated that the growth rate (shell length) was $8-9 \mu\text{m d}^{-1}$ during the planktonic stage, which lasted about 15 days. Based on the large numbers of small D-shaped larvae found shortly after hatching in waters around the Sanbanse, Sanmaizu-Haneda, and Kanazawa areas, it can be deduced that the spawning populations in these areas probably contribute greatly to the larval supply in the bay. Small larvae were also found in abundance around both the Kawasaki-Yokohama and Ichihara port areas, suggesting that these regions also play an important role in larval transport into Tokyo Bay. The abundant spatial distribution variations of the cohort, observed on October 19 and 23, demonstrated that larval populations were transported to the mouth area of the bay. These findings indicate that advective transport of surface water out of the bay, enhanced by a predominantly southward wind over Tokyo Bay in the autumn, seem to greatly influence the advection of *R. philippinarum* planktonic larvae in the bay.

Key words: bivalves, larva, tidal flat, port region, front

*Transport Technical Researcher in Marine Environment Division, Coastal and Marine Department, Corporation for Advanced Transport & Technology

** National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea

*** Head of Marine Environment Division, Coastal and Marine Department

**** Senior Researcher in Coastal and Marine Department

3-1-1 Nagase, Yokosuka-shi, Kanagawa 239-0826, Japan

Phone: +81-468-44-5023 Fax: +81-468-44-1145 E-mail: furukawa-k92y2@ysk.nilim.go.jp

目 次

1. はじめに	1
2. 材料と方法	1
2.1 観測方法	1
2.2 アサリ浮遊幼生の分類	2
3. 結 果	3
3.1 海 況	3
3.2 アサリ浮遊幼生の出現密度と殻長頻度分布	3
4. 考 察	5
4.1 幼生の殻長成長速度, 発生日および浮遊期間の推定	5
4.2 幼生の発生場所	6
4.3 幼生の分布と環境要因との関係	7
5. おわりに	9
謝 辞	9
参考文献	9
付 録	10

1. はじめに

アサリ *Ruditapes philippinarum* は日本各地の干潟や浅場に生息し、潮干狩りなどのレクリエーションの対象として、また食材として、日本人にとって最も馴染みのある二枚貝である。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、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ことから(石井・関口, 2002)、アサリの現存量は全国的に激減していると考えられる。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ている(柿野, 1992; 鳥羽, 2002)。また、生息場所の減少に伴う幼生供給のネットワークの衰退も、アサリをはじめとする干潟生物の減少要因として指摘されている(付録A1参照)。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(図-1)。従って、東京湾においてアサリの資源を回復させるには、アサリ幼生の移流経路などを十分に把握した上で、生息場所の環境を保全、あるいは造成することが有効と考えられる。

近年、干潟や浅場の持つ水質浄化機能や、アサリを始めとする生物の生息場所、そして市民のレクリエーションの場所としての機能が注目され、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(例えば、東京湾再生推進会議, 2003)。幼生供給のネットワークを考慮することによって、これらの事業は、より効率的にアサリの生息場所を増やし、そしてアサリ資源の回復に繋がる可能性がある。また、アサリの現存量の増加に伴い、造成した場の水質浄化機能やレクリエーション機能の向上が期待できる。海産の底生生物および付着生物の多く

は浮遊幼生期を持つことから、浮遊幼生の移流経路に関する知見は、水産のみならず、環境保全および自然再生事業を行う海域を選定する際の基礎データとして非常に重要である。

そこで、東京湾におけるアサリの初期生態を解明することを目的として、運輸施設整備事業団と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と共同で、「東京湾広域アサリ浮遊幼生調査」を2001年8月と10月に行った。8月の観測によって、①自然あるいは人工の干潟や浅場だけではなく、港湾区域のような水深のある場所もアサリ幼生の供給場所として機能していること、②幼生の殻長成長速度は1日当たり15~18 μm に達し、約10日間の浮遊生活を過ごした後、殻長210 μm 程度で着底生活に移行すること、③アサリ幼生の分布には北風によって引き起こされた密度フロントによる収束機構や、ミズクラゲおよび夜光虫による捕食が作用していること、などが示唆された(粕谷ら, 2003参照)。

東京湾の海況は季節によって大きく異なり、10月の水温は8月よりも大幅に低下する。また、8月は南偏風が卓越するのに対して、10月には北偏風が卓越する(第2港湾建設局, 1974参照)。従って、10月におけるアサリ幼生の成長や生残過程は、8月とは大きく異なることが予想される。さらに、8月の観測では確認できなかった幼生の供給源が存在する可能性も考えられる。そこで本報では、「東京湾広域アサリ浮遊幼生調査」の10月の観測結果を基に、アサリ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-2

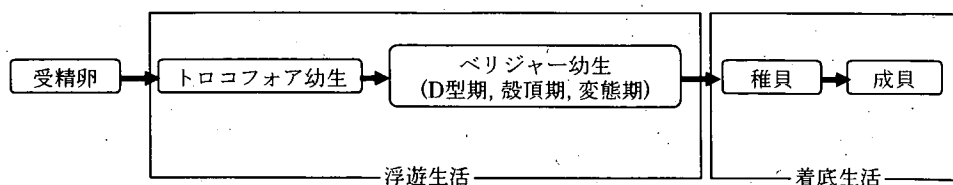


図-1 アサリの成長に関する模式図

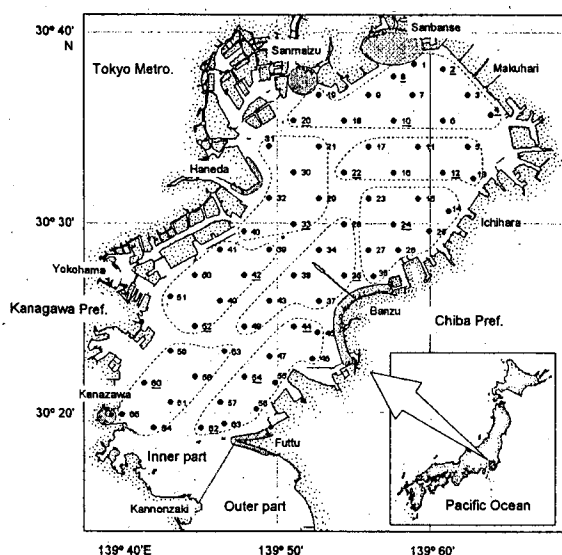


図-2 東京湾における観測点。破線で囲った 8 区画をそれぞれ 1 隻の調査船を用いて同時に観測した。下線で示した 16 測点においては動物プランクトンの現存量の定量も行った。点線は内湾と外湾の境界を示す。■部分はアサリ成貝の主な生息地を表す。

参照)。観測点の位置、観測方法、およびアサリ幼生の分類方法などは 8 月の観測と同様である。観測は東京湾に約 3.5 km の間隔で設けた 65 測点で、2001 年 10 月 15, 19, 23 日の日程で合計 3 回行った(図-2)。全ての観測点を日中 5 時間以内に回れるように、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。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 参照)。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 μ m 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 μ m 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 μ m のネットで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。目合 50 μ m のネットで採集したサンプルについては 2 分割し、氷冷して持ち帰った後、

2 本とも -50°C 以下で凍結保存した。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。

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ブトクラゲ *Bolinopsis mikado* が確認された場合には、2×2 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

二枚貝類は、一般に孵化後しばらくの間はトロコフォア期幼生およびベリジャー期幼生として浮遊生活を送り、その後、着底あるいは付着生活に移行する。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(図-1)。本研究では、アサリ幼生の分類は、殻を有することで採集および保存時に破壊されにくく、また、個々の区別が容易なベリジャー期幼生を対象として行った。

アサリ幼生の分類には凍結保存した 50 μ m および 100 μ m ネットサンプルを用いた。免疫学的手法(浜口, 1999)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。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無いことから殻頂期幼生として扱った。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ダレ *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 μ 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-2 参照)、ホルマリンで固定した 100 μ 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17~22°Cの範囲であった。水深0~25 m層における水温は21°C前後であり、鉛直的にほぼ同様であった。塩分は27~34の範囲であり、水深5~15 mに躍層が観察された。 σ_t は18~25の範囲であり、塩分とほぼ同様の鉛直分布を示した。密度躍層は水深5~15 mに分布した。10月17日から18日にかけて台風21号が関東付近を通過した結果、密度躍層は10月19日には大きく乱れたが、10月23日には水深8 m前後に形成された。DOについては、4 mg O₂ l⁻¹以下の貧酸素水塊は、解消されるには至らず、10月19日および23日には観測点3~23にかけて海底付近に貧酸素水塊が分布した。

水深0, 4, 8 mにおける海況の水平構造を図-4に

示す。水温は21°C前後であり、水平的にもほぼ同様となった。塩分は15~32の範囲であり、北偏風が吹いたときの特徴である湾軸に沿った等値線の分布を示した。低塩分水は河川水の影響を受ける湾奥東側の水深0 mに主に分布した。10月15日の水深0および4 mには、10月9日に関東付近を通過した台風20号による豪雨の影響と思われる低塩分水が、東京都から神奈川県側に沿った広い範囲で観察された。 σ_t は塩分とほぼ同じ水平分布を示し、9~23の範囲であった。河川水の影響を受ける湾奥の水深0 m、および台風の豪雨によるとと思われる10月15日の水深0および4 mを除いて、 σ_t の水平的な変動の勾配は緩やかであった。水深10 mにおけるDOは、湾奥で4.5 mg O₂ l⁻¹以下の貧酸素状態となっているものの、その範囲は8月と比較しておよそ半分程度に縮小した。

3.2 アサリ浮遊幼生の出現密度と殻長頻度分布

8月の観測に続き、大量のアサリ幼生を採集することができた。目合50および100 μ mのネットによって殻長90~230 μ mの幼生が採集された(図-5)。D

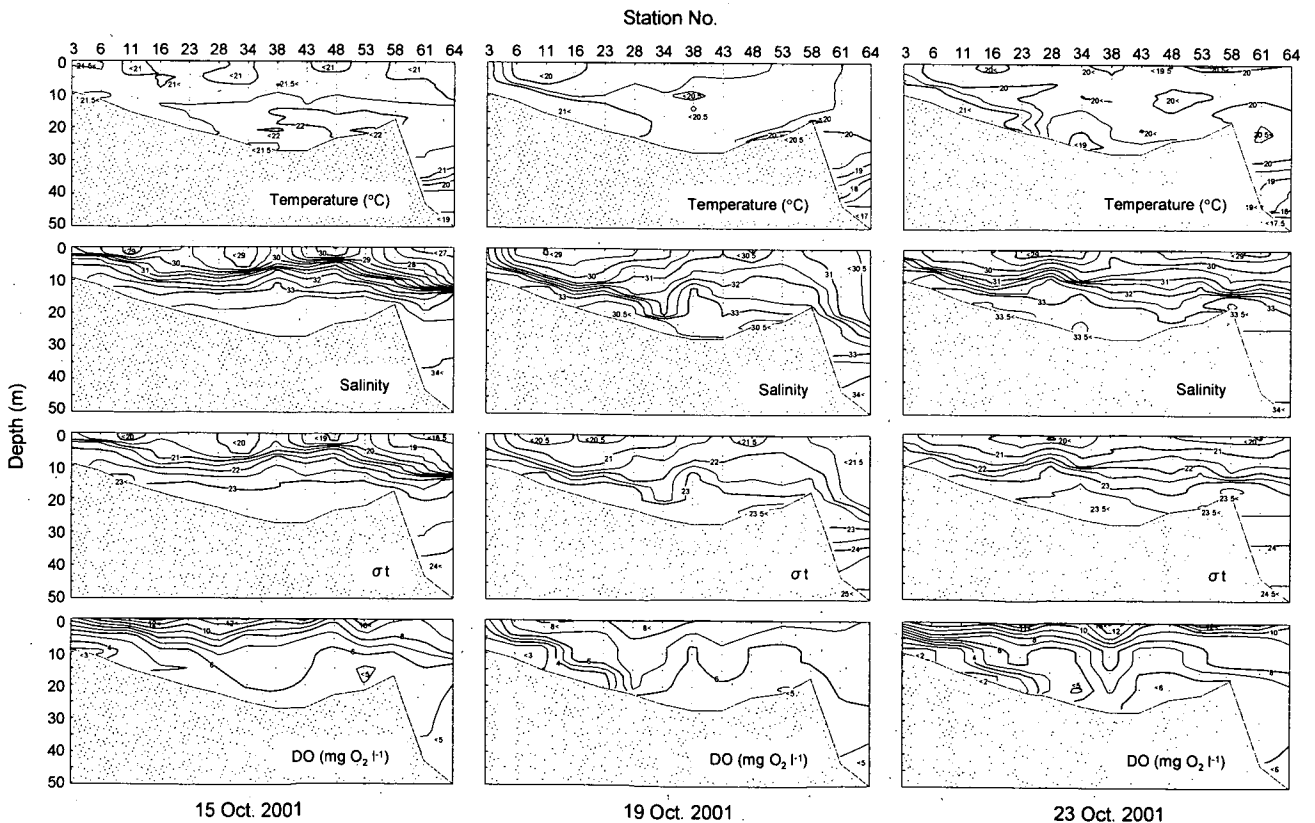


図-3 水温、塩分、 σ_t およびDOの鉛直分布

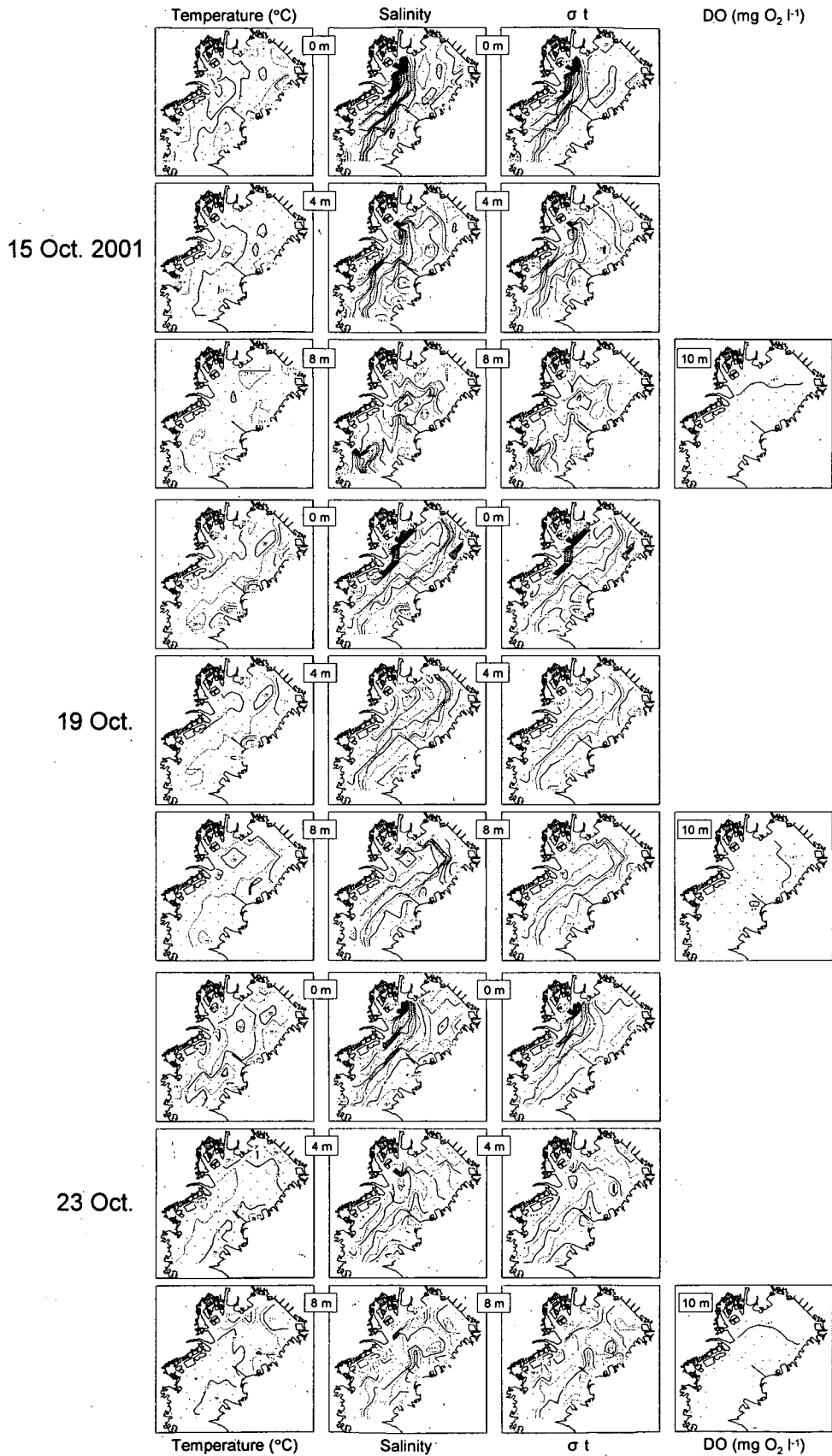


図-4 水深 0, 4, 8 m における水温, 塩分, σ_t の水平分布と水深 10 m における DO の水平分布

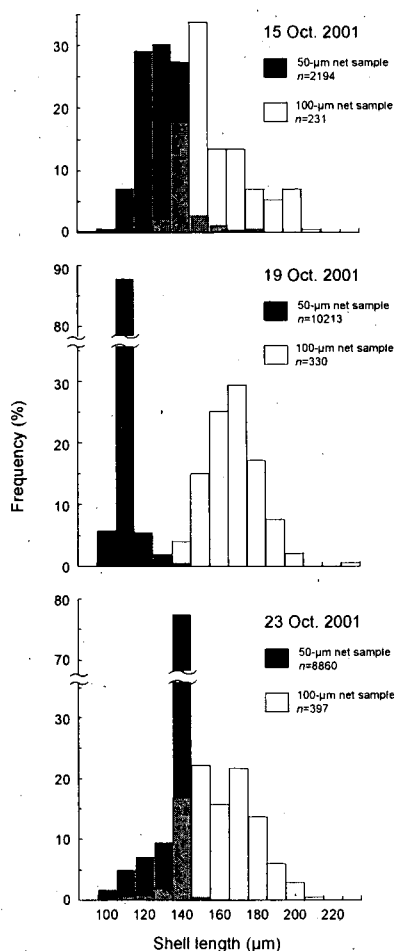


図-5 アサリ浮遊幼生の殻長頻度分布図。殻長のデータは全測点から得られたものである。

型幼生の殻長は90~130 μm, 殻頂期幼生の殻長は130~230 μmであった。殻長組成は1~2峰型を示し、ピークは10月15日には殻長120~140 μmに、10月19日には殻長110および160~170 μmに現れた。10月23日の殻長のピークは140 μm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)。10月19日にはD型幼生が多量に出現し、最大出現密度は5390 個体 m⁻³に達した。10月23日には殻頂期幼生が非常に多く出現し、最大出現密度は2670 個体 m⁻³に達した。

D型幼生が多く出現した、10月19日の出現密度と殻長頻度のデータを用いて、殻長110 μm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-7a)。殻長110 μmのD型幼生は、三番瀬、三枚洲~羽田、市原、川崎~横浜、そして金沢湾周辺の海域に、1000~4800 個体 m⁻³の非常に高い密度で分布した。

4. 考察

4.1 アサリ幼生の殻長成長速度、発生日、および浮遊期間の推定

「東京湾広域アサリ浮遊幼生調査」では目合100 μmのネットと併せて、目合50 μmのネットを使うことによって、D型期を含めたアサリ幼生の正確な定量が可能となった(粕谷ら, 2003 参照)。本研究で得られ

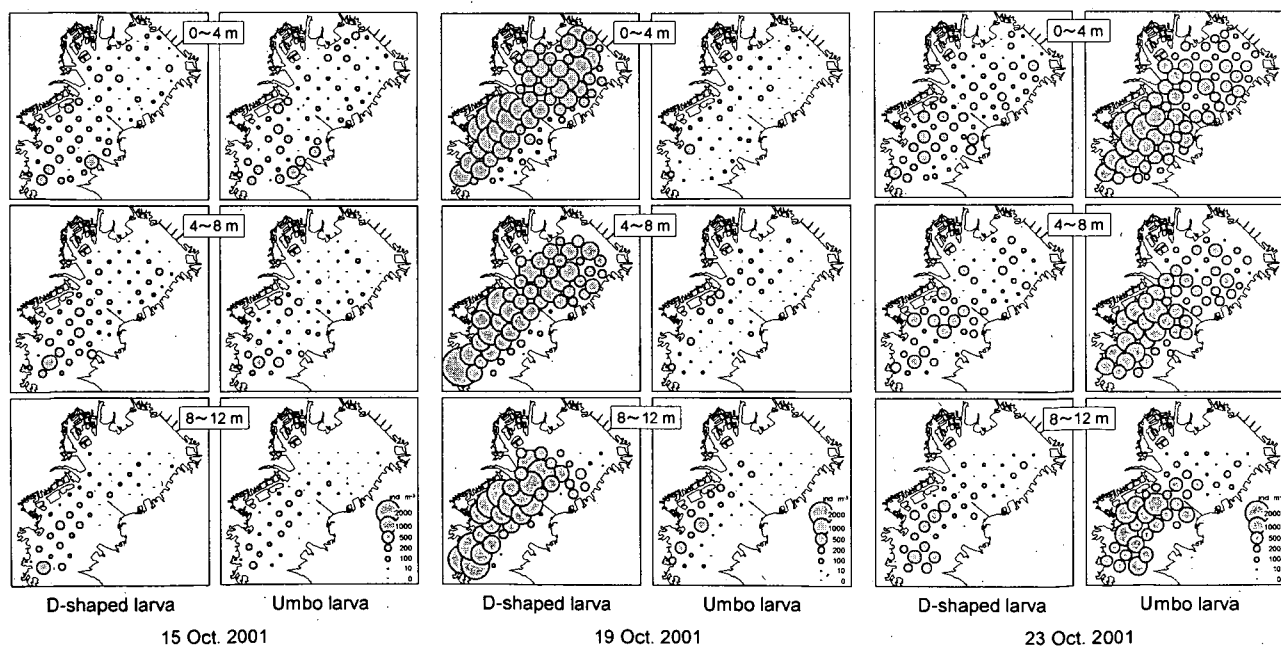


図-6 アサリのD型および殻頂期幼生の水平分布。円の面積は出現密度に対応する。

たデータは東京湾におけるアサリ幼生の出現状況を反映していると考えられる。

アサリ幼生は、10月19日にはD型期、10月23日には殻頂期というように、どちらか一方の成長段階の個体群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主に一連の成長過程によるものであろう。すなわち、10月19日に最も個体数の多かった殻長110 μmのD型幼生は、10月23日には最も優占した殻長140 μmの殻頂期幼生に成長したと思われる(図-5参照)。この同一である個体群の出現密度の変化から、アサリ幼生の個体群密度の減少率は4日間でおおよそ24%と推定された。この値は8月における減少率のおおよそ2倍である(表-1)。同様に、間に台風が通過した、10月15日から19日にかけてのアサリ幼生の個体群密度の減少を、同一の個体群と考えられる「10月15日に優占した殻長120~140 μmの個体群」と「10月19日に優占した殻長150~180 μmの個体群」の出現密度の変化から求めた結果(図-5参照)、4日間でおおよそ72%に達することが明らかとなった。また、これらの個体群の殻長の経時変化から、アサリ幼生の殻長成長速度は1日当たり8~9 μmと推定され、8月の殻長成長速度よりも大幅に低下していることが明らかとなった(表-1)。

殻長成長速度から幼生の発生日および浮遊期間を推定することができる。水温20℃の条件下では、アサリの卵は放出された後2日で殻長100 μm程度のD型幼生に成長することから(鳥羽, 1987)、10月19日に優占した殻長110 μmの幼生はD型幼生となつてから1~2日、卵として放出されてから3~4日経過している。従って、この個体群が卵として放出されたのは10月15日~16日頃と推定される。

10月の観測で採集された幼生の最大殻長は230 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)。8月の観測でも殻長210 μm以上の幼生の出現頻度は低下したことから(粕谷ら, 2003)、東京湾におけるアサリ幼生は殻長210 μm前後で浮遊生活から着底生活に移行していると考えられる。室内飼育実験におけるアサリ幼生の着底時の殻長はおおよそ185~230 μmであり(鳥羽, 1987参照)、本研究結果を支持するものである。10月23日に優占した殻長140 μmの幼生が、殻長成長速度8~9 μm d⁻¹で殻長210 μmに達するのはおおよそ8日後、すなわち10月31日前後である。この個体群は「10月19日に優占した殻長110 μmの個体群」と同一であり、10月15日~16日に卵として放出されたことから(上記参照)、

表-1 2001年8月および10月の観測結果の比較。海況データは湾軸に沿った観測点3~64におけるデータ(図-2参照)から求めた。8月のデータは粕谷ら(2003)より引用した。

	8月	10月
海況		
水温(℃)	16.7~27.2	16.6~22.2
塩分	26.5~34.6	26.5~34.3
σ _t	16.3~25.0	18.2~25.0
アサリ幼生		
殻長成長速度(μm d ⁻¹)	15~18	8~9
着底時の推定殻長(μm)	210	210
浮遊期間(日)	10	15
4日間の個体群の減少率(%)	13	24
		72*

*台風が通過したときの減少率

10月の東京湾におけるアサリ幼生の浮遊期間はおよそ15日と考えられる。

8月のアサリ幼生の浮遊期間はおよそ10日であることから、10月における幼生の浮遊期間は8月と比べて5日間ほど長くなることが明らかとなった(表-1)。着底生活に移行する殻長サイズは8月および10月ともに210 μmであり、両月の間に違いはないことから、10月におけるアサリ幼生の浮遊期間の延長は、殻長成長速度の低下によるものである。アサリ幼生は餌として10 μm以下の小型の植物プランクトンを捕食すると考えられている(佐々木, 2001)。観測を行った期間の東京湾における小型の植物プランクトンの出現量については不明である。しかし、本研究で得られた幼生の殻長成長速度は、鳥羽(1992)が飼育実験から得た殻長成長速度(水温21℃において4.4 μm d⁻¹)よりも非常に高いことから、10月の東京湾におけるアサリ幼生は餌量による成長の制限を受けていないと思われる。10月におけるアサリ幼生の殻長成長速度の低下は、水温が下がったことにより幼生の活性が低下したためであろう。

4.2 幼生の発生場所

殻長110 μmの幼生が多く分布した三番瀬、三枚洲~羽田、そして金沢湾周辺海域は、アサリの生息域とほぼ一致する(図-2参照)。殻長110 μm前後のD型幼生は卵として放出されてから3日程度であるこ

表-2 東京湾広域アサリ浮遊幼生調査において、アサリの産卵が行われたと考えられる海域(○印)の比較.

海域名	8月	10月	備考
三番瀬		○	自然あるいは人工の干潟や浅場のある海域
三枚洲～羽田	○	○	
盤洲	○		
富津	○		
金沢湾		○	
川崎～横浜	○	○	主に鉛直護岸によって囲まれた海域
市原	○	○	

とから、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、三番瀬、三枚洲～羽田、そして金沢湾周辺の海域に加えて、小型幼生が多数採集された川崎～横浜および市原周辺の海域で、アサリの幼生は主に発生したと考えられる。

8月の観測に続き、アサリの産卵は広範囲でほぼ同時に起きていることが明らかとなった(表-2)。アサリの産卵は台風などによる生息場所の攪乱などによって誘発されることが知られている(松村ら, 2001)。観測期間中、台風21号が10月17日から18日にかけて関東付近を通過した。しかし、アサリ幼生が生まれたと考えられる10月15日前後には、台風21号は台湾付近にあったことから、台風による生息場所の攪乱が、今回観察されたアサリの同時産卵を誘発したとは考えにくい。アサリの同時産卵の誘発要因については、今後さらに調査が必要である。

8月の観測では非常に多くの小型幼生が採集された盤洲および富津周辺の海域からは、10月の観測では小型幼生は殆ど採集されなかった(図-7a)。盤洲や富津には自然の干潟や浅場が残されており、これらの海域におけるアサリの現存量は非常に大きい(鳥羽, 2002)。加えて、観測を行った時期に、盤洲や富津におけるアサリの大量斃死に関する報告は無いことから、これらの海域で小型幼生が少なかったのは親貝の激減などによるものではなく、大規模な産卵が行われなかったことによると考えられる。アサリの大規模産卵のタイミングおよび誘発要因は、海域ごとに異なることが示唆される。

三番瀬や金沢湾には自然あるいは人工の干潟や浅場があり、そこには多くのアサリが生息している(新保ら, 1999; 鳥羽, 2002)。しかし、8月の観測では、周辺の海域からは小型幼生は殆ど採集されなかった(表-2)。この原因として、三番瀬では青潮や江戸川

からの淡水の大量出水、金沢湾では潮干狩り、によるアサリ親貝の激減が示唆された(粕谷ら, 2003)。三番瀬や金沢湾ではアサリの種苗放流を行っていないことから、親貝の人為的な増加は起こらない。アサリの稚貝は、夏季の高い水温条件下では急激に成長することが可能であることから(柿野・鳥羽, 1990)夏季に生き残った稚貝が成長し、10月までには三番瀬および金沢湾における親貝の個体群に加入したと考えられる。

三枚洲～羽田、市原、そして川崎～横浜周辺の海域からは、8月の観測に引き続き、非常に多くの小型幼生が採集された(表-2)。三枚洲～羽田周辺の海域にも自然あるいは人工の干潟や浅場が存在し、アサリは多摩川河口域(桑原, 1990)や三枚洲周辺(風呂田1997)に生息している。市原や川崎～横浜周辺は港湾区域であり、周囲は主に鉛直護岸によって囲まれている。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、横浜周辺の海域にもアサリの生息が確認されている(桑原, 1990)。これらの海域における、アサリの現存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三番瀬や金沢湾周辺の海域に匹敵することから、三枚洲～羽田、市原、そして川崎～横浜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思われる。また、自然および人工の干潟や浅場だけではなく、港湾区域のように水深のある場所も、砂の堆積などのアサリの生息条件が整えば、幼生の供給場所として機能することができると推定される。

4.3 幼生の分布と環境要因との関係

8月の観測に引き続き、10月の観測においてもアサリ幼生は東京湾の全域から採集された(図-6)。アサリ幼生は浮遊している間に広範囲に拡散していることから、幼生は発生した場所とは異なる場所に着底している可能性がある。同一の個体群である、「10月19日に出現した殻長110 μmの個体群」と「10月23日に出現した殻長140 μmの個体群」の水平分布を比較した(図-7)。三番瀬、三枚洲～羽田、川崎～横浜、そして金沢湾などで発生した幼生は、水深0～4 mおよび4～8 m層における個体群については湾口へ、水深8～12 m層における個体群は湾内へ移動している傾向が見られた。8月の観測結果からは(粕谷ら, 2003参照)、東京湾におけるアサリ幼生の分布には、北偏風によって引き起こされた密度フロントによる収束

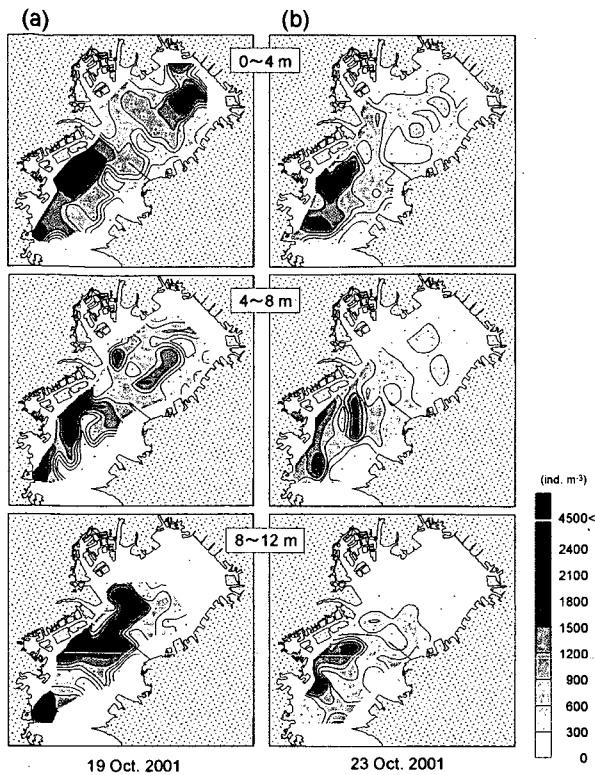


図-7 同一の個体群と考えられる「10月19日に出現した殻長110 μm の個体群(a)」と「10月23日に出現した殻長140 μm の個体群(b)」の水平分布。両個体群の出現密度は各測点におけるアサリ幼生の出現密度(付録B1参照)に出現頻度をかけることによってそれぞれ算出した。

機構や、ミズクラゲおよび夜光虫による捕食が作用していることが示唆された。また、アサリ幼生の分布と貧酸素水塊との関係は不明であった。10月の観測では、ミズクラゲや夜光虫などの肉食性のプランクトンは殆ど採集されなかったことから、他の生物による捕食は、10月のアサリ幼生の分布や個体群密度の減少にそれほど作用していないと考えられる。また、10月における海底付近の貧酸素水塊の規模は8月よりも小さなことから、幼生の分布と貧酸素水塊との関連も低いと思われる。餌量についてはアサリ幼生の成長の制限要因とはなっていないと考えられることから(上記4.1参照)、観測期間中、餌不足による幼生の大量死は起きていないと思われる。

一般に、東京湾において北偏風が連吹した場合には、密度躍層以浅の海水は湾外へ流出し、密度躍層以深の海水は流出分を補うために湾内へ流入する(第2港湾建設局, 1974参照)。夏季の東京湾では南偏風が卓越するが、北偏風が連吹した時には、塩分

の高い下層の水が湧昇する現象が、湾奥部から千葉県一帯にかけてしばしば観察される(第2港湾建設局1974参照)。8月の観測でも、市原～盤洲に沿った海域において、湧昇によると思われる顕著な密度フロントが観察された。夏季に北偏風が連吹したとしても、アサリ幼生はフロントによる物理的な収束・発散によってフロント周辺の海域に滞留し、結果として、湾外へ流出しにくくなると考えられる(粕谷ら, 2003参照)。10月の東京湾では、北偏風が連吹しても顕著な密度フロントは河川水の影響を受ける表層以外では殆ど観察されなかった(図-4)。これは水温が空間的に一様となることもない、 σ_t の変化も小さくなったことによると思われる(表-1)。従って、フロントによる収束・発散、すなわち、アサリ幼生が湾内に滞留する現象が起きにくく、卓越する北偏風によって密度躍層以浅にいる幼生の多くは湾外へ流出している可能性がある。10月23日の観測では、密度躍層は水深8m付近に観察されたことから(図-3)、10月19日から23日にかけて観察された水深0~4m層および4~8m層におけるアサリ幼生の分布は、北偏風によって引き起こされた上層水の湾外への流出によるものであろう。加えて、8月と比較して浮遊期間が長くなることや、秋季に頻繁に来襲する台風による風雨が幼生の湾外への流出を助長していると思われる。対照的に、水深8~10m層において観察されたアサリ幼生の分布は下層水の流入によるものであろう。密度躍層以深にいるアサリ幼生については湾内に留まることができる個体の割合が高いと考えられる。

三番瀬では最近10年以上に渡って、アサリの総個体数に対する稚貝の出現率が低下していることが報告されている(鳥羽, 2002)。三番瀬ではアサリの種苗放流を行っていないことから、天然稚貝の出現率の低下は東京湾における幼生の生残過程の変化によるものと考えられる。東京湾ではアサリの産卵期は春季と秋季の2回で、主産卵期は春と考えられている(鳥羽ら, 1993)。しかし、冬季におけるアサリの大量斃死によって、東京湾、特に三番瀬では春先はアサリの現存量が最低となる時期であることから、産卵期は事実上、秋季だけの1回となっている可能性が高い(鳥羽, 2002参照)。さらに、本研究結果が示すように、秋季に発生した幼生については、湾内の浅場や干潟などに着底できる個体の割合は低いと思われる。これらのことが稚貝の出現率の低下、さらには、東京湾におけるアサリ現存量の減少の一因と

なっている可能性がある。数値計算などにより、現在と過去の流動場やアサリ幼生の滞留の状況の違いなどを分析することにより、より詳細な検討ができるであろう。

5. おわりに

「東京湾広域アサリ浮遊幼生調査」では、目合 100 μm のネットと併せて、目合 50 μm のネットを使って海水を濾過することによってアサリ幼生を採集した。これにより、生まれて間もないと考えられる殻長 100 μm 程度の D 型幼生を正確に定量することができたとともに、その出現密度の分布から自然の干潟や浅場以外に、港湾区域のような水深のある場所にもアサリの産卵個体群が存在する可能性を示すことができた。また観測を 4 日毎に 3 回行うことによって、アサリ幼生の移流過程の一部を明らかにすることができた。東京湾と他の海域とでは、アサリ幼生の殻長成長速度や浮遊期間などは異なる可能性がある。しかしながら、本研究の観測および解析方法は、アサリの初期生態を解明していく上で非常に有効であると考えられる。

8 月および 10 月の調査では、それぞれの季節の特徴的な環境条件、すなわち、8 月においては顕著な密度フロント、10 月においては卓越する北偏風や台風などの海況下におけるアサリ幼生の動態を観察することに成功した。本調査で明らかとなった東京湾におけるアサリ幼生の生残過程に対する海況の作用については、夏季および秋季の特性を表していると考えられる。今後、一連の研究で得られたアサリ幼生の分布、海況などのデータを基に数値計算を行うことによって、東京湾における幼生の移流拡散経路の推定を行うとともに、幼生の発生から着底までの生残過程を季節ごとに明らかにする予定である。

(2003 年 6 月 2 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.
- 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，pp. 59-71.
- 粕谷智之・浜口昌巳・古川恵太・日向博文(2003)：夏季東京湾におけるアサリ (*Ruditapes philippinarum*) 浮遊幼生の出現密度の時空間変動。国土技術政策総合研究所研究報告，第 8 号，pp. 1-13.
- 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.
- 佐々木克之(2001)：東京湾口部金沢湾におけるアサリ再生産の好適条件。中央水研ニュース，27.
- 新保裕美・田中昌宏・越川義功・柵瀬信夫・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.
- 東京湾再生推進会議(2003)：東京湾再生のための行動計画(最終とりまとめ)。21 pp.
- 第二港湾建設局横浜調査設計事務所(1974)：東京湾の水質環境。277 pp.
- 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・夏目 洋・山川 紘(1993)：東京湾船橋地先におけるアサリの生殖周期。日本水産学会誌，59，pp. 15-22.
- 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。沼田眞，風呂田利夫(編)，東京湾の生物誌，築地書館，東京，pp. 45-75.

風呂田利夫(2000)：内湾の貝類，絶滅と保全 -東京湾のウミナシ類衰退からの考察-。軟体動物学-

動向と将来-。月刊海洋／号外，20，pp. 74-82.

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.

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) および殻頂期幼生 (括弧付き太字数) 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)								
		15 Oct. 2001			19 Oct. 2001			23 Oct. 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	70 (230) 7210	—	—	1830 (0) 6960	—	—	130 (280) 5020	—	—
2	6	40 (50) 2220	—	—	790 (20) 5940	—	—	30 (80) 3180	—	—
3	7	10 (20) 1610	—	—	180 (10) 1410	—	—	0 (180) 3360	—	—
4	6	10 (50) 3480	—	—	0 (0) 2420	—	—	20 (200) 3820	—	—
5	13	170 (30) 3110	0 (0) 1330	0 (20) 2960	120 (10) 2640	500 (0) 12120	30 (0) 370	390 (410) 7000	40 (240) 3520	20 (20) 1540
6	11	0 (20) 1490	10 (0) 830	—	1670 (20) 3380	1150 (10) 7200	—	40 (230) 2330	80 (150) 2100	—
7	9	60 (10) 5500	20 (0) 2330	—	1020 (80) 23380	520 (60) 7360	—	140 (510) 7120	200 (20) 2740	—
8	5	0 (100) 6040	—	—	920 (0) 6940	—	—	0 (250) 4520	—	—
9	9	110 (120) 5860	0 (10) 4380	—	210 (0) 860	260 (0) 4060	—	0 (290) 3810	70 (130) 2310	—
10	11	40 (140) 8530	40 (40) 4710	—	350 (20) 5140	1010 (0) 6320	—	10 (150) 12860	120 (580) 6760	—
11	13	40 (110) 6280	60 (80) 3760	20 (0) 1670	2160 (0) 6240	220 (80) 7720	0 (0) 960	210 (610) 6000	210 (300) 14780	20 (10) 1710
12	14	0 (20) 3450	190 (30) 3190	0 (0) 1030	510 (10) 3060	370 (0) 3620	40 (0) 2600	120 (480) 5940	10 (70) 7040	180 (150) 2420
13	13	10 (10) 6300	30 (0) 1190	30 (10) 880	300 (0) 8440	270 (0) 9680	10 (0) 3560	130 (190) 4800	20 (20) 6460	0 (0) 4600
14	9	60 (20) 2180	20 (0) 3710	—	260 (0) 3720	760 (0) 9180	—	90 (520) 13000	190 (140) 15800	—
15	17	0 (80) 5790	100 (10) 2800	10 (0) 2170	660 (0) 2400	460 (0) 2310	410 (0) 8220	60 (510) 13460	100 (670) 17540	110 (170) 2770
16	16	10 (0) 1530	30 (0) 3510	60 (0) 2330	1560 (0) 9220	1360 (40) 35580	140 (20) 8500	200 (190) 3450	260 (310) 14880	30 (10) 2810
17	14	0 (20) 1060	30 (20) 1860	0 (0) 1780	1070 (50) 12700	620 (0) 6560	160 (0) 7320	180 (500) 6900	30 (90) 5640	0 (50) 2100
18	11	20 (180) 5140	30 (10) 4240	—	550 (40) 6140	860 (40) 24080	—	90 (200) 7820	0 (300) 6780	—
19	6	60 (0) 3000	—	—	450 (40) 8320	—	—	30 (300) 5900	—	—
20	11	20 (0) 2760	0 (0) 810	—	1040 (90) 5110	10 (60) 3950	—	200 (180) 2590	0 (120) 2910	—
21	14	110 (10) 36980	50 (20) 10200	0 (0) 2450	1120 (60) 15100	1030 (70) 16180	560 (0) 14940	20 (690) 9340	20 (220) 6660	0 (50) 2790
22	17	180 (50) 13840	30 (0) 10000	0 (20) 2580	1110 (10) 2520	760 (60) 2920	420 (0) 37500	80 (370) 17160	0 (30) 3240	40 (20) 2990
23	19	20 (80) 8400	40 (20) 6580	60 (0) 12960	1150 (130) 12380	1390 (80) 14220	990 (10) 30440	120 (930) 13100	20 (300) 16120	10 (30) 8500
24	18	110 (40) 9140	80 (20) 5520	30 (10) 2410	1180 (0) 6420	540 (10) 31780	310 (0) 30200	240 (370) 11320	40 (270) 9360	40 (110) 7020
25	14	40 (50) 3430	50 (50) 4820	0 (0) 2410	390 (0) 2110	430 (20) 3070	260 (0) 7400	60 (390) 6880	30 (300) 16360	0 (80) 6200
26	15	10 (100) 1190	60 (100) 2200	10 (10) 2940	70 (0) 2350	330 (0) 3840	340 (0) 5320	190 (350) 3120	30 (300) 11540	0 (0) 1840
27	14	20 (0) 8740	20 (30) 4740	0 (20) 1650	490 (0) 3200	640 (0) 5320	10 (0) 16500	70 (150) 2590	60 (290) 10440	30 (20) 3360
28	21	0 (10) 5990	0 (0) 11360	50 (80) 3410	510 (100) 7860	1610 (80) 14340	900 (0) 7240	160 (70) 9500	50 (410) 10720	70 (400) 8180
29	21	40 (30) 1760	20 (80) 3790	20 (0) 2680	630 (20) 7040	570 (190) 5380	2820 (130) 24960	230 (490) 24800	170 (630) 16280	0 (250) 4620
30	17	200 (130) 14920	130 (20) 9220	10 (10) 4320	800 (10) 3220	1860 (100) 13380	2520 (120) 23800	40 (920) 6260	330 (490) 10700	90 (130) 2900
31	13	70 (50) 9060	50 (20) 2360	30 (0) 1020	630 (40) 6020	410 (0) 12460	390 (0) 6400	70 (740) 8900	10 (60) 4030	0 (20) 1900
32	21	10 (40) 5620	100 (30) 3300	40 (10) 2060	310 (80) 8640	600 (180) 22340	600 (30) 17800	40 (760) 9060	10 (800) 8400	30 (100) 8160
33	24	130 (20) 5600	130 (0) 6780	30 (30) 3340	810 (40) 2700	820 (20) 8400	1960 (20) 15800	100 (890) 3780	0 (450) 9180	80 (650) 13960
34	23	110 (70) 4120	90 (70) 6300	110 (30) 4220	1160 (0) 9380	720 (0) 15200	580 (0) 11220	190 (200) 7680	130 (150) 7500	150 (270) 6420

B1 続き

Stn.	Depth (m)	Density (ind. m ⁻³)								
		15 Oct. 2001			19 Oct. 2001			23 Oct. 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
35	10	10 (20) 3280	40 (30) 930	—	60 (0) 200	40 (0) 300	—	30 (560) 6350	190 (390) 7400	—
36	5	30 (80) 1800	—	—	150 (0) 2180	—	—	80 (620) 7540	—	—
37	18	20 (0) 1170	70 (20) 2470	0 (10) 2750	60 (20) 380	0 (20) 390	40 (0) 700	60 (610) 8860	210 (560) 9360	140 (850) 22760
38	25	100 (60) 4780	80 (30) 5020	0 (0) 1980	1170 (0) 3740	1020 (0) 5520	1840 (20) 15120	290 (930) 9740	440 (760) 9780	90 (570) 5080
39	28	20 (10) 960	140 (200) 7700	130 (140) 8200	1610 (80) 8080	770 (40) 9120	2010 (110) 32420	60 (390) 2380	120 (290) 32440	70 (280) 4480
40	23	190 (220) 15920	90 (60) 14560	30 (0) 1830	1350 (60) 5420	760 (280) 24860	950 (180) 9680	140 (720) 3140	670 (990) 17060	60 (220) 1670
41	18	260 (350) 17880	100 (200) 4320	40 (40) 2250	2800 (30) 25260	2750 (250) 19120	2830 (170) 17860	130 (660) 2430	50 (860) 27760	20 (230) 2630
42	30	100 (30) 2480	270 (190) 10680	100 (140) 8280	2320 (100) 48640	1660 (80) 78480	2310 (90) 41020	370 (1240) 10880	280 (1860) 25760	490 (1840) 44060
43	25	100 (0) 1530	110 (10) 6120	60 (40) 3530	370 (20) 6920	1240 (70) 11920	1550 (10) 11740	230 (890) 8860	520 (910) 12490	70 (540) 19840
44	16	80 (50) 6580	60 (70) 3520	0 (0) 1620	400 (50) 920	60 (0) 630	160 (0) 950	90 (460) 9020	120 (650) 9940	0 (180) 2660
45	14	120 (160) 7700	30 (60) 3370	—	100 (60) 720	100 (80) 4110	—	430 (880) 29260	230 (540) 3080	—
46	6	200 (400) 5650	—	—	60 (0) 1550	—	—	340 (290) 9640	—	—
47	10	0 (0) 2890	100 (10) 8680	—	70 (10) 810	210 (20) 1710	—	140 (890) 10570	0 (160) 8200	—
48	20	170 (210) 11400	330 (60) 10040	180 (120) 7020	1260 (20) 6780	1160 (0) 12660	1060 (20) 5380	240 (960) 26300	700 (1330) 14400	60 (690) 62440
49	30	140 (290) 21100	170 (50) 10560	160 (120) 5360	2290 (0) 8880	1390 (80) 31240	1520 (40) 19840	110 (2360) 44720	510 (1030) 96640	530 (1180) 28940
50	22	160 (90) 8340	70 (30) 4060	20 (20) 2510	2730 (60) 13940	2900 (160) 30880	2890 (160) 25400	480 (1100) 29780	210 (1490) 24200	100 (1050) 6640
51	27	40 (40) 1280	120 (40) 5980	50 (10) 7800	2410 (60) 8420	1230 (0) 13720	1930 (200) 19100	60 (2670) 14900	680 (1450) 8140	290 (1540) 16380
52	25	110 (140) 16000	100 (50) 9300	290 (50) 9340	2370 (40) 10580	2470 (20) 28100	1250 (690) 17560	570 (2520) 70520	60 (1030) 81280	440 (620) 17200
53	20	200 (210) 6620	110 (40) 10280	100 (120) 7260	1140 (40) 2620	970 (0) 3820	280 (10) 4120	280 (1090) 50240	50 (840) 60000	70 (520) 14420
54	10	100 (40) 3790	160 (70) 5480	—	60 (0) 500	160 (0) 910	—	90 (580) 18000	0 (190) 6240	—
55	11	740 (350) 6000	300 (110) 7020	—	150 (40) 1220	10 (20) 1450	—	0 (440) 6140	40 (160) 5340	—
56	4	110 (520) 3750	—	—	30 (40) 1650	—	—	60 (120) 2510	—	—
57	15	0 (70) 6820	140 (350) 6660	60 (30) 3130	70 (0) 2420	150 (20) 670	10 (0) 570	30 (590) 8640	210 (270) 5660	450 (820) 12560
58	15	240 (110) 13560	330 (180) 12760	160 (70) 12400	780 (0) 3920	1280 (0) 8620	1140 (20) 11540	540 (1450) 48920	410 (740) 23000	340 (1000) 77980
59	34	220 (10) 6800	190 (120) 6810	130 (30) 7310	1210 (340) 8340	1230 (200) 7620	1040 (130) 35080	270 (1230) 21900	160 (1320) 71840	190 (1810) 22800
60	43	40 (180) 2760	10 (170) 9300	150 (150) 5800	1490 (20) 4760	1600 (40) 6000	2610 (480) 6960	180 (1550) 42700	150 (1270) 45840	220 (440) 14300
61	43	330 (290) 14740	720 (490) 29460	50 (100) 14960	1230 (0) 5400	570 (20) 11080	1590 (60) 13300	170 (1440) 83160	600 (1170) 29720	630 (430) 42840
62	17	170 (10) 2740	80 (60) 2590	200 (30) 4820	110 (0) 1450	130 (40) 2360	60 (40) 2730	110 (370) 9020	40 (330) 28120	390 (1280) 27180
63	4	130 (270) 6220	—	—	30 (40) 880	—	—	90 (130) 2480	—	—
64	28	370 (250) 4320	210 (110) 10500	590 (210) 13560	230 (20) 8620	960 (40) 7440	2930 (50) 33340	260 (510) 10960	90 (700) 50820	260 (560) 16040
65	19	100 (130) 2550	90 (90) 3340	10 (20) 2310	1750 (160) 11360	5390 (180) 14700	2850 (210) 15740	520 (1110) 7940	390 (970) 6880	10 (420) 6240

国土技術政策総合研究所研究報告

RESEARCH REPORT of NILIM

No. 12 September 2003

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写のお問い合わせは

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1

管理調整部企画調整課 電話:046-844-5018