

◆ 特集：防護・環境・利用の調和した海岸を目指して ◆

アサリのすむ海岸の整備に向けて

古川恵太* 粕谷智之**

1. はじめに

アサリは、日本の食卓に欠かせない日本各地の干潟域に生息する魚介類である。アサリの砂抜きをするとわかるように、水管と呼ばれる2つの管状の器官により、一方で海水を吸引し、もう一方で排出することで、呼吸・摂餌を行う。その際、水と一緒に吸い込んだ微細な浮遊懸濁物を摂取したり、排出する際に体液などで偽糞として固めて排出したりすることにより、海水をろ過する作用があり、近年では環境改善の面からも着目されている生物である。また、アサリのすむ海岸は、潮干狩りなどのレジャーの面の利用からも優れた場であると考えられる（写真-1）。



写真-1 環境改善事業により覆砂され、再生された潮干狩りのできる海岸の例

本論では、環境や利用と調和した海岸整備の新たな視点として、こうしたアサリのすむ海岸の整備（再生）を目指した研究例を紹介することとする。

現在、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と言われて¹⁾。その主な原因としては、生息場の喪失、環境の変化、競合種の加入、病気、乱獲などが挙げられている。特に、東京湾においては、埋め立てによって浅場・干潟が喪失したことや、周辺地形の変化や漁業形態の変化によって冬季の波浪が干潟に強く作用するようになったことなどが主な原因と考えられている^{2,3)}。

したがって、東京湾などにおいては、新たな生息場を造成することや、生息場の環境条件の改善を行っていくことがアサリ生息場の再生に有効な手段となりえると予察される。しかし、問題は、どのような場を、どこに、どのくらい配置したらよいかということである。

2. アサリとその研究手法について

そうしたアサリのすむ海岸の再生の具体的な検討に入る前に、もう少しアサリそのものについて

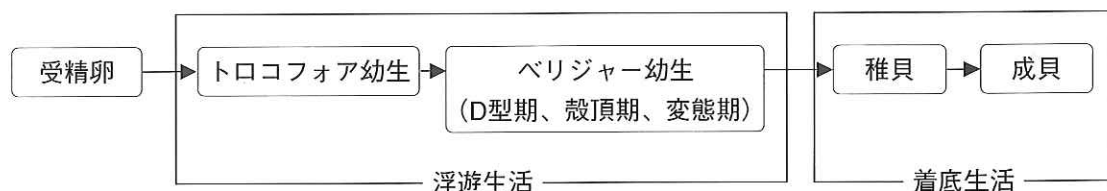


図-1 アサリの生活史（卵の発生から、浮遊、着底まで）

記述する。

アサリは、オスとメスが異なる個体であり、2～3年で成熟する。成熟した成員達は、放卵・放精による体外受精によって繁殖する。孵化したアサリの幼生は変態をしながら、2～3週間水中を漂った後（一般に、浮遊幼生期とかプランクトン幼生期と総称され、トロコフォア期、ベリジャー期を有する。ベリジャー期はさらに、D型幼生期、殻頂期、変態期に細分される）、干潟や浅場などに着底して稚貝となり、成貝へ成長する（図-1）。大きさは、D型幼生期で100 μ m程度、殻頂期幼生で200 μ m程度、着底直後の稚貝で250 μ m程度、数年たった成貝で4～5cm程度である。

すなわち、アサリの生活史のごく初期の段階において、海水を浮遊する期間があり、遊泳力もほとんどないと考えられることから、海水流動により沿岸部を広範囲に移流・拡散されながら移動することが予想される。それは、生息場を広げる（発生した場所と異なる場所で定着する）努力でもあり、環境変動に対する自衛手段（元の生息場のアサリが何らかのダメージを受けて全滅しても、他の場所から再度幼生が供給され、アサリが復活する）とも考えられるとしたら、擬人化のし過ぎであろうか。ともかく、こうした生息場の間の連携を「生態系ネットワーク」として定義し、その存在の実証や様相の解明は、アサリのすむ海岸の再生のためには、不可欠のことと思える。

しかし、広い海の中で100 μ m程度の幼生の分布を調べるのは容易なことではない。従来は、採水したサンプル水を濃縮し、その中に入っているアサリの幼生を形態的（顕微鏡で直接観察し、貝毎の微妙な形の違いを見つける方法）に分類していたため、数多くのサンプルを処理することができず、その実態は解明されないままであった。

ブレイクスルーは、サンプルの処理法の開発であった。松村ら⁴⁾は、体内に入った抗原に対して、特定の抗体を作成するという抗原抗体反応を利用して、アサリだけに特異的に反応するモノク

ローナル抗体を開発し、それを利用してアサリだけを蛍光染料で選択的に着色することに成功した。これにより、アサリ幼生の定量測定が格段に簡単に、精度良く行うことができるようになった。彼らは、開発された方法を用いて、三河湾におけるアサリ浮遊幼生の出現密度を通年観測した。

この手法を東京湾でのアサリの生態系ネットワークの実証に利用したのがアサリプロジェクトである。

3. アサリプロジェクト

3.1 目的

富津から観音崎を結んだ東京湾の内湾において、アサリ幼生の時空間的な分布を測定することで、幼生の発生場所や成長速度、浮遊期間や経路などについて明らかにすることを目的とした。

3.2 観測方法

東京湾においては、アサリの主要な産卵期が夏および秋であること、流れに乗って浮遊するとしたら、数時間で数km程度は移動する可能性がある

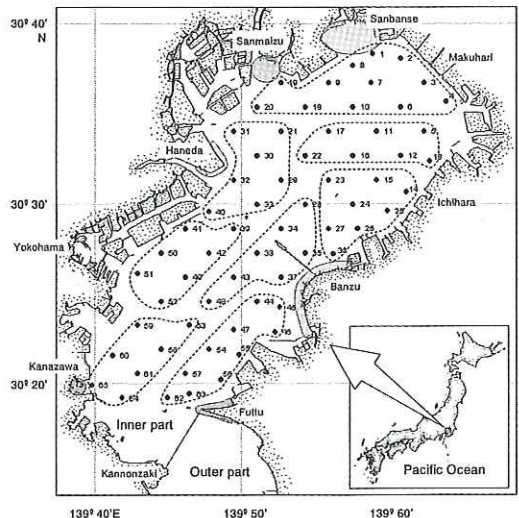


図-2 東京湾におけるアサリプロジェクトの観測点。破線で囲った8区画をそれぞれ1隻の調査船を用いて同時に観測した。下線で示した16測点においては動物プランクトンの種類、数も計測した。点線は内湾と外湾の境界を示し、海域内でハッチングをかけた場所はアサリの主な生息地を示す。

ることなどを勘案し、東京湾における観測を2001年8月の2、6、10日の日程で合計3回、約3.5kmの間隔で設けた65測点で行った(図-2)。各観測においては、浮遊するものなるべく同時にサンプリングするための工夫として、65測点を8区画に分け、それぞれ1隻の調査船を用いて潮止まりを中心とした5時間以内に作業を終えられるようにした。

アサリ浮遊幼生は、船から下ろした採水ホースの吸い込み口を上下させながら、0~4m、4~8m、8~12mの3層について、1回あたり200Lの海水をくみ上げ、目の細かいプランクトンネットと呼ばれる濾過用のネットにより濾し取った。プランクトンネットの網目は、50 μ mと100 μ mであり、生まれたばかりの小さな浮遊幼生も逃さずにサンプリングできるようにした。採取された試料は、現場で直ちに濃縮・冷凍保存され、分析に

供した。

調査時には、アサリ浮遊幼生だけでなく、水温、塩分、溶存酸素量(DO)なども船上からの機器観測により鉛直分布を測定するとともに、アサリ浮遊幼生を大量に食べると予想されるクラゲ類の数も観測した。

3.3 結果

水温、塩分およびDOの測定結果を見ると、水温は17~27 $^{\circ}$ C、塩分は27~34の範囲であり、密度の急変する躍層は、8~15m程度の水深帯に分布していた。DOは湾奥から湾央の観測点の海底付近では4mgO₂L⁻¹以下であり、常に貧酸素の状態であった(DOが3mgO₂L⁻¹を下回ると生物の生存が難しくなると言われている)。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。

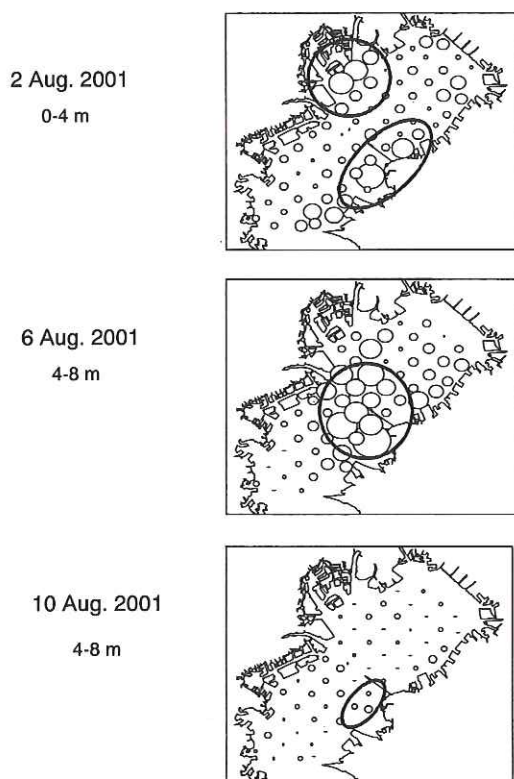


図-3 アサリの浮遊幼生の空間分布の変化
(上:表層のD型幼生、中・下:中層の殻頂期幼生、成長に合わせて同じ個体群と想定される幼生群を示した)

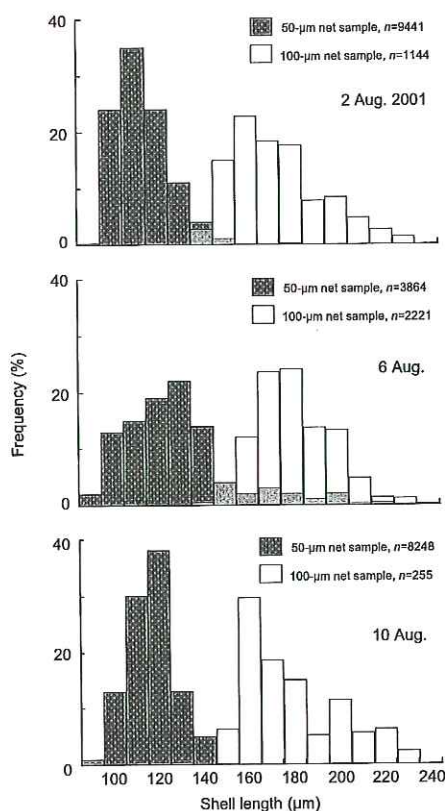


図-4 アサリの浮遊幼生のサイズ分布の変化
(上:8月2日、中:8月6日、下:8月10日の観測時における採取された全個体のサイズ分布を示した)

特に8月6日の海況は特徴的で、水温21～25℃、塩分30～33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。これは、湾軸方向にフロントができ、千葉側で湧昇したため、底層にあった低温・高塩分の海水が表面に現れたものと解釈できる。

アサリの浮遊幼生は、ほぼすべての観測点から採取された(図-3、4)。8月2日と10日には、D型幼生が多量に出現し、最大密度はそれぞれ、1立米あたり、2510個体と1690個体に達した。中間の8月6日には、殻頂期幼生が非常に多く出現し、最大密度は、1立米あたり2725個体に達した。

D型幼生が多く出現した8月2日のデータを詳細に検討すると、生まれてから1～2日しか経っていないと考えられる100 μ m以下の幼生が三枚洲～多摩川河口および自然干潟の盤洲周辺海域に1立米あたり500個体以上の高い出現密度で分布した。また、横浜や市原、そして富津周辺海域にも1立米あたり200個体以上の出現密度が観測された。

3.4 考察

今回の観測で採取された最大の幼生は、240 μ mの殻長を持っていた。他のデータも検討した結果、およそ210 μ m前後に達した幼生は、着底し、干潟・浅場での生活に移行していくものと思われた。

4日ごとに観測した結果、小型のD型幼生と、大型の殻頂期幼生が交互に現れるという状況が生じていた(図-4)。これは、一連の成長の過程を表していると考えられる。すなわち、8月2日にD型幼生であったアサリ幼生が6日には成長し、殻頂期幼生になり、10日には干潟などに定着するか、湾外に流出する等により海域から姿を消す。同時に、10日には、新たに発生した個体群がD型幼生として、再び優占する状況となっていると考えられる。

これらを同一の個体群と仮定して計算すると、湾内を浮遊している間に、およそ13%の減少が見られること、幼生の成長速度は、殻長にして1日

あたり15～18 μ mあることなどが明らかとなった。この値は、実験室で得られていた値より多少大きな値となっている。

成長速度がわかったので、8月2日に観測された幼生が生まれた日を逆算することができる。すなわち、0～2日前にD型幼生になり、2～4日前に受精していると考えられる。

また、この同一個体群と考えられる幼生について、8月2日～6日の移動経路を検討すると、当初、三枚洲～多摩川河口や盤洲で発生した幼生は、湾軸方向に出現した海水の密度フロント近くに移動していることが明らかとなった。8月6日に観測されたフロントは、強い北東風により引き起こされたものであり、夏季の東京湾では比較的良好に出現すると考えられる海況のパターンの一つである。すなわち、アサリ幼生の水平分布には、流れの影響が顕著に出ていることが実証された。

なお、流れの他にアサリ幼生の分布を支配するものとして、クラゲや動物プランクトンによる捕食や、貧酸素水塊による死滅などが想定されるが、観測結果からは、捕食による減少は有意であるものの、貧酸素水塊の影響については不明であった。

3.5 アサリの浮遊幼生の逆推定

アサリの浮遊幼生の挙動を推定するため、東京湾における流動の計算を行った。ただし、アサリ幼生の浮遊はたかだか2週間程度の短期間であること、漂流予測のために多くの計算ケースを実行する必要があったことなどから、システムを単純化し、図-5に示されるようなシステムを用いることとした⁶⁾。

まず、前出の8月2日の観測結果を初期条件として、8月6日の分布が再現できるかどうかの確認を行った。その過程で、アサリ幼生がクラゲや動物プランクトンに食べられるといった現象をモデル化する必要があることなどが判明した。

そうして精度が確認されたアサリ浮遊幼生評価システムを用いて、浮遊幼生供給地を数値モデルに基づいて推定することを試みた。その手順は、

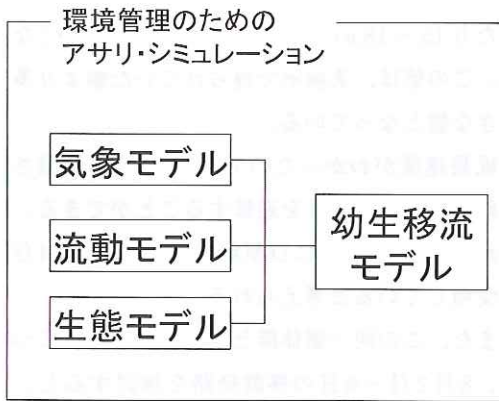


図-5 アサリの浮遊幼生評価システム

- (1) 7月31日12:00に全計算領域内にトレーサーを等間隔に26000個程度配置し、8月2日の正午までトレーサー追跡計算を行う。
- (2) 毎正時における各トレーサーの位置を保存しておき、8月2日正午の時点で多数の小型の幼生が観測された観測地点の近くに位置するトレーサーを抽出する。
- (3) このトレーサーが産卵推定時（7月31日頃）にどこに位置していたのかを保存しておいた計算結果から求める。

であり、こうした手順により、浮遊幼生供給源の推定を行った（図-6）。

盤洲～富津沖、市原沖、東京港沖でサンプリングされた幼生は、それぞれ盤洲～富津、千葉港～

養老川河口域や三枚洲～浦安・三番瀬付近で産卵された可能性が高く、横浜港沖の小型の幼生の推定産卵場所は三枚洲～多摩川河口にかけての海域や横浜港内といった広い範囲となった。

これは、河川流入に起因した東京湾の西岸沿いに発達する南下流が原因であると考えられる。計算からも、推定された産卵場所のうち、盤洲や三枚洲を除けば一般的なアサリ生息地としてはそれほど知られていない所である。

4. おわりに

こうした検討^{7,8)}により、東京湾においては、

- (1) アサリの浮遊幼生は海域に広く分布しているとともに、湾内の流れ構造に強く支配されながら移流されている
- (2) アサリについて、発生から、海域に出て移流され、着底する直前までの生態系ネットワークが存在する
- (3) アサリ幼生は移流されていく過程で、顕著な捕食の影響を受ける
- (4) 短期的な流れを正確に再現することで、アサリ幼生の発生場所を推定するモデルを作ることができる
- (5) その発生場所として、従来の自然干潟やアサリ漁場の他に、西側の港湾域、河口域が大きい

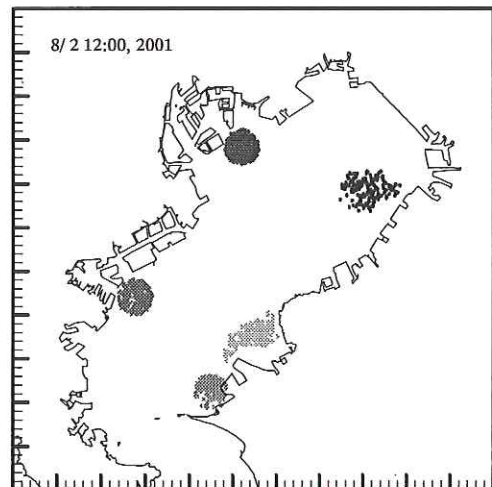
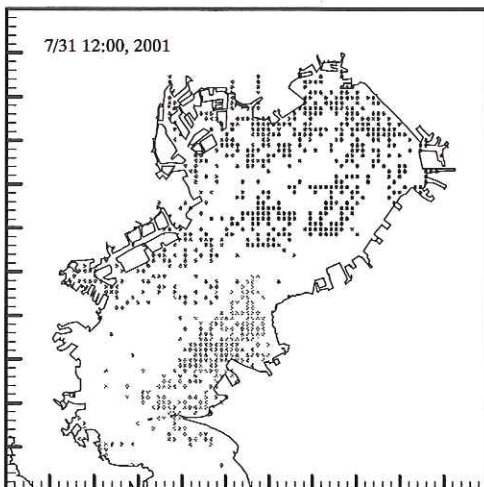


図-6 アサリの浮遊幼生の発生もとの推定（右：8月2日のD型幼生の主要な分布域、左：2日前の推定結果）

な発生場所となっている可能性がある

ことなどが、成果として得られた。しがたがって、湾内全体の環境改善や、西側の港湾域、河口域の生息域を保全、再生することがアサリのすむ海岸を整備（再生）していくことに有効であるように思える。さらには、

- (1) 生態系ネットワークの最終のルートである着底の機構についての解明
- (2) 卵の発生、受精が間欠的に起こっているように見えることの説明
- (3) 季節ごと、年ごとのアサリの生存量の変化と生態系ネットワークの関連の実証
- (4) 生息地としての場の大きさや形態についての必要条件（場の大きさや地形の多様性）の抽出
このような研究が進んでいくことが、より具体的に、どこに、どのような海岸を整備し、干潟や浅場を配置・再生することが必要であるのかの指針を得るために必要である。

現在では、分野や立場の壁を越えた共同研究などが推進されようとしている。さらなる成果に期待したい。

なお、本研究の一部は、運輸施設整備事業団基礎的研究推進制度課題「東京湾における総合的な環境管理・予測システムに関する基礎的研究」として実施された。

参考文献

- 1) 石井 亮、関口秀夫：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巻，pp.151-157，2002
- 2) 柿野 純：アサリ漁業をとりまく近年の動向，水産工学，29巻，pp.31-39，1992
- 3) 鳥羽光晴：千葉県のあさり漁業の現状，日本ベントス学会，57巻，pp.145-150，2002
- 4) 松村貴晴、岡本俊治、黒田伸郎、浜口昌巳：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巻，pp.308-314，2001
- 5) 鈴木輝明、市川哲也、桃井幹夫：リセプターモデルを利用した干潟域に加入する二枚貝幼生の供給源予測に関する試み，水産海洋研究，66巻，pp.88-101，2002
- 6) 日向博文：湾域全体でのアサリ浮遊幼生動態把握に基づく干潟再生戦略，沿岸環境関連学会連絡協議会，第9回ジョイントシンポジウム予稿集，2002
- 7) 粕谷智之、浜口昌巳、古川恵太、日向博文：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，8巻，pp.1-13，2003
- 8) 粕谷智之、浜口昌巳、古川恵太、日向博文：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，国土技術政策総合研究所研究報告，9巻，印刷中

古川恵太*



国土交通省国土技術政策
総合研究所沿岸海洋研究
部海洋環境研究室長
Keita FURUKAWA

粕谷智之**



元運輸施設整備事業団派遣
研究員，水産学博士
Dr. Tomoyuki KASUYA