

アサリ浮遊幼生の窒素・リン摂取速度定式化の試み

荒川純平・黒田伸郎

Estimating uptake rate of nitrogen and phosphate by larvae of Japanese littleneck clam, *Ruditapes philippinarum*

ARAKAWA Jumpei* and KURODA Nobuo*

Abstract : Uptake rate and assimilation ratio of *Pavlova lutheri* by Japanese littleneck clam, *Ruditapes philippinarum*, larvae were studied in the laboratory. Uptake rate of *P. lutheri* (U , cells \cdot day⁻¹ \cdot inds⁻¹) was expressed by larval size (L , μ m) and rearing temperature (T ,) as the equation of $U = 8.71 \times (T-11.7) \times (L-101)$. From this relationship and the analyzed nitrogen and phosphate contents of *P. lutheri*, formulas for N (U_N , ngN \cdot day⁻¹ \cdot inds⁻¹) and P (U_P , ngP \cdot day⁻¹ \cdot inds⁻¹) uptake rates were expressed as $U_N = 1.01 \times 10^{-2} \times (T-11.7) \times (L-101)$, and $U_P = 1.83 \times 10^{-3} \times (T-11.7) \times (L-101)$, respectively. Clam larvae grazed on 50000-60000 cells of *P. lutheri* until settlement, and their assimilation ratio of nitrogen was estimated as 30-40%.

キーワード; アサリ浮遊幼生, 窒素, リン, 摂取速度, 定式化

アサリ浮遊幼生の天然海域での時空間分布に関しては、近年の免疫学的手法の登場¹⁾により、従来ほとんど情報のなかったD型期幼生を含めて、知見が集積されつつある。^{2,3)} こうした研究により、三河湾のアサリ浮遊幼生は成長に伴って広い範囲に拡散すること、6~9月にかけて $10^3 \sim 10^4$ 個体 \cdot m⁻³の密度で出現すること、また浮遊期間中におよそ2桁の減耗が生じることなどが明らかとなってきた。

水柱懸濁物の濾過捕食者としてのアサリ成貝の水質浄化や、物質循環における重要性⁴⁻⁶⁾は古くから注目を浴びており、そうした研究は行政施策にも反映されるほどの発展を見せている。浮遊幼生の時空間分布が明らかになりつつある現在、幼生についてもまた、海域の物質循環に果たす役割について定量的に評価するための指標を提示することは重要な意味を持つと考えられる。

また、浮遊期のアサリの減耗については、量的には明らかとなってきた³⁾が、その要因に関する知見は現在ほとんど皆無である。幼生の減耗要因のひとつとして餌料

環境の良否が考えられるものの、その基礎になると考えられる二枚貝浮遊幼生の摂餌速度に関する知見⁷⁻¹⁰⁾は断片的で未だ十分とは言えず、天然海域に生息する幼生にとって、餌料環境が好適であるかどうか評価する基準は確立されていない。

そこで本研究では、アサリ浮遊幼生が水柱の物質循環に果たす役割を定量的に評価し、天然海域における幼生の餌料環境評価の基準を提示することを目的として、アサリの浮遊幼生の飼育実験を行い、摂餌速度の定式化及び同化率の概算を試みた。

材料および方法

アサリ浮遊幼生の飼育実験は、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で行った。

供試生物の調整

供試幼生の親は、2001年10月17日に三河湾美浜町地先で漁獲されたアサリを5 の条件で同研究所に輸送し、採

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

卵に使用するまで同研究所地先からくみ上げた未濾過海水をかけ流して蓄養した。親アサリ30個体に*Chaetoceros* sp.を多量投餌したところ、11月17日に自然放精・放卵が見られたため、放精・放卵個体を別容器に移して採卵した。流水による洗卵後、浮上してきた幼生を回収し、すみやかに各実験区のピーカーに10個体・ m l^{-1} 程度となるよう分注した。

飼育海水

飼育水には、同研究所地先から海水をくみ上げ、砂濾過を経た後に孔径 $0.2\mu\text{m}$ のカートリッジ式フィルタで濾過したものをを用いた。飼育水は原則として毎日1回、孔径 $20\mu\text{m}$ のプランクトンネットを用いて幼生を回収することにより、あらかじめ調温した濾過海水と全量を交換した。

飼育条件

幼生の飼育には3ℓ容のピーカーを各温度区につき1つ用い、それぞれ3ℓの上記濾過海水で満たした。これらの飼育水槽は、4つのウォーターバスでそれぞれ27℃、23℃、19℃、15℃になるよう調温し、ガラス管から2~3粒・ 秒^{-1} 程度の通気を行った。飼育期間は2001年11月18日から12月11日の24日間で、原則として幼生の一部に着底行動が見られるまでとした。

餌料

餌料は、同研究所で継代培養されているハプト藻*Pavlova lutheri*を投与した。各実験区の飼育水及び*P. lutheri*培養液の餌料細胞密度は、Coulter Multisizer (Coulter Electronic社)を用いて、換水及び投餌の前に計数した。投餌密度は、幼生の摂餌により半日間で細胞密度が半減する程度を目安として、減少量に応じて10000~70000細胞・ m l^{-1} となるよう投与した。投餌は1日2回とし、換水時に全量を投与し、換水半日後には既定量になるよう差分を補給した。

幼生の測定

幼生のサンプリングは2日に1回換水時に行った。換水時、飼育水が1ℓとなった時点で飼育水を十分に攪拌して10mℓの飼育水を採取し、幼生の着底行動の有無を確認した後にパラフォルムグルタルアルデヒドを約1%の濃度となるよう滴下して固定した。貝殻が褐色を呈し内部に軟体部が認められないものを斃死個体とみなして、顕微鏡下で生残個体及び斃死個体を計数し、幼生の生残密度を算出した。生残個体のうちの21~83個体について倒立顕微鏡に設置されたデジタルカメラで撮影し、サイ

ズ計測に用いた。ただし、産卵後13.4日目(以後小数点以下を省略)の27区及び同15日目の23区については、サンプリング時の生残密度減少のため、それぞれ5個体、9個体を計測に供した。

幼生の画像は、同時に撮影した対物マイクロメータの画像とともにコンピュータに取り込み、画像解析ソフトScionImage (Scion Corporation社)を用いて貝殻の絶対最大長(以下貝殻長とする)を自動計測した。

摂餌速度・濾水速度

2日毎に求めた幼生密度を半日ごとに補間した上で、次式¹¹⁾により幼生1個体・半日あたりの摂餌速度UR(細胞・ 半日^{-1} ・ 個体^{-1})を求めた。ここで、 C_0 は投餌密度(細胞・ m l^{-1})、 C_t は半日後の餌料密度(細胞・ m l^{-1})、 d は幼生密度(個体・ m l^{-1})、 t は半日である。

$$UR = (C_0 - C_t) \times d^{-1} \times t^{-1}$$

ただし、予備的に行った実験により、*P. lutheri*のみを入れた場合、半日間では細胞密度の増減はほとんど見られなかったことから、*P. lutheri*の沈降や増殖はなかったものと仮定した。

こうして求めた1個体・半日あたりの摂餌細胞数の、換水前半日間及び換水後半日間を合算することで、換水時点における幼生の1日・1個体あたりの摂餌速度とした。

幼生による濾水速度CR(μl ・ 時間^{-1} ・ 個体^{-1})は、2日毎に求めた幼生密度を半日ごとに補間した上で、次式により求めた。¹¹⁾ただし、 C_0 は投餌密度(細胞・ μl^{-1})、 C_t は半日後の餌料密度(細胞・ μl^{-1})、 d は幼生密度(個体・ μl^{-1})、 t は12時間である。

$$CR = (\log_e C_0 - \log_e C_t) \times d^{-1} \times t^{-1}$$

ここでも上記同様、*P. lutheri*の沈降や増殖はなかったものと仮定した。

窒素・リン含有量

P. lutheri 1細胞あたりの窒素・リン含有量を求めるために、未濾過の*P. lutheri* 培養液及び、孔径 $0.2\mu\text{m}$ のシリジフィルタで濾過した培養濾液を、産卵後18日目から23日目までの6日分凍結して漁業生産研究所に持ち帰り、過硫酸カリ分解法で全窒素(JIS K 0102 45.4)・全リン(JIS K 0102 45.3.1)を分析した。こうして求めた培養液及び培養濾液の全窒素・全リン含有量の差分と、上記により計数した細胞密度から1細胞あたりの窒素・リン含有量を6日分算出し、これらの平均値を*P. lutheri* 1細胞あたりの窒素・リン含有量とした。

アサリ幼生の窒素含有量は、上記飼育実験と同一産卵群で別に飼育した、 $106 \pm 6.14\mu\text{m}$ のD型期98個体、 194 ± 6.28

μm (貝殻長 ± SD) の着底期20個体のアサリ幼生を集めて過硫酸カリ分解法(JIS K 0102 45.4)により全窒素を分析し、1個体当たりの窒素含有量として算出した。

結 果

生残と着底

図1に示すように、飼育期間中のアサリ幼生の密度は2日間のサンプリング間隔の間に1/2以下まで急激に減少する場合があった。27区では9日目から11日目にかけて1/4に、23区では11日目から13日目にかけて1/3に減少した。19区では15日目から減少し、17日目から19日目にかけて1/2に減少していた。15区では密度の減少は比較的緩やかであったものの、19日目から減少傾向が顕著となり、21日目には2個体・m⁻¹まで減少した(図1)。

サンプリングした個体の一部に、足を伸ばして匍匐する着底行動が最初に確認されたのは、27区では11日目、23区では13日目、19区では19日目で、15区では24日間の飼育期間内には着底行動は見られなかった(図1)。

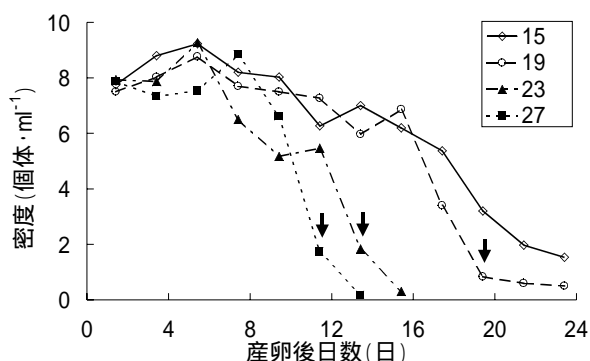


図1 幼生の生残密度 矢印は着底行動確認日

15区以外では、生残密度の急激な減少は着底の確認と時期が一致していた。着底確認時の貝殻長の平均値は27区、23区、19区でそれぞれ201、185、189μmであった(図2)。

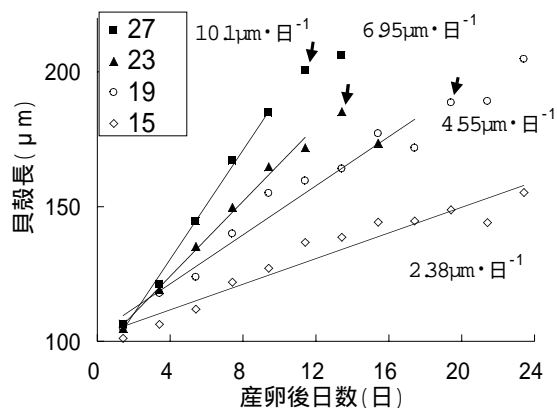


図2 貝殻の成長

矢印は着底行動確認日、数値は着底以前を直線回帰で求めた成長速度

成 長

幼生の貝殻長は産卵後の経過日数とともに増加し、成長は水温が高いほど早かった(図2)。

幼生の貝殻の成長は、27区では直線的であったものの、それ以外の温度区については途中で成長速度の鈍化が認められ、23区と19区では11日目以降、15区では13日目以降にはそれ以前と比較して成長が遅くなっていた。

また23区では15日目に、19区では17日目に、15区では21日目に貝殻長の平均値は前回のサンプリング時の平均値よりも小さくなっていった。

着底行動が見られる以前の期間の貝殻長から成長速度を直線回帰によって見積もったところ、水温の高い区からそれぞれ 10.1, 6.95, 4.55, 2.38 μm・日⁻¹と算出された。また、成長速度(G: μm・日⁻¹)と飼育水温(T:)との関係は $G = 0.641 \times T - 7.45$ ($R^2 = 0.992$) と線形で近似され、ここから成長速度G= 0となる水温は 11.6 と推測された。

摂 餌

飼育期間中の各実験区の投餌密度を図3に示した。一方、1日毎に補間した幼生密度と、餌料密度の減少から計算した1個体・1日当りの摂餌速度は産卵後の経過日数とともに大きくなる傾向を示し、着底行動を確認した日もしくはその直後には、それ以前の2倍以上に増大していた(図4)。ただし、19区では13日目以降、15区では11日目以降、摂餌速度の増加傾向は認められなかった。

なお、産卵後5日目は、換水時の1日1回のみでの投餌であり、他の日と条件が異なるため、以降の解析に含めなかった。

幼生による飼育水の濾水速度は摂餌速度とは対照的に鋸状に大きく変動し、濾水速度の大幅な低下は投餌密度を上げた際に顕著であった(図5)。

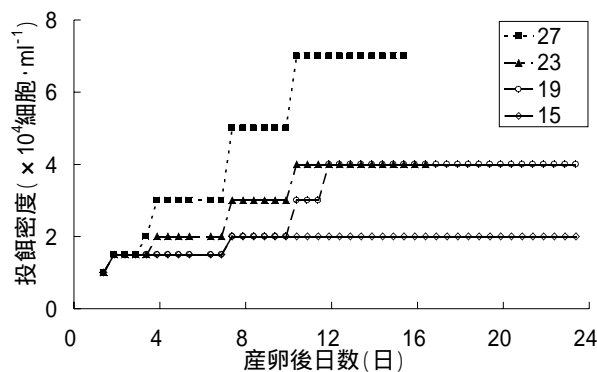


図3 投餌密度

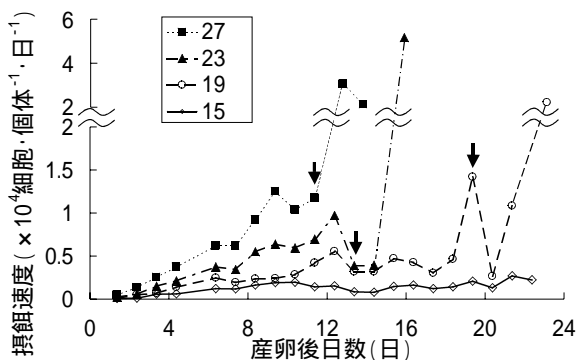


図4 幼生の摂餌速度 矢印は着底行動確認日

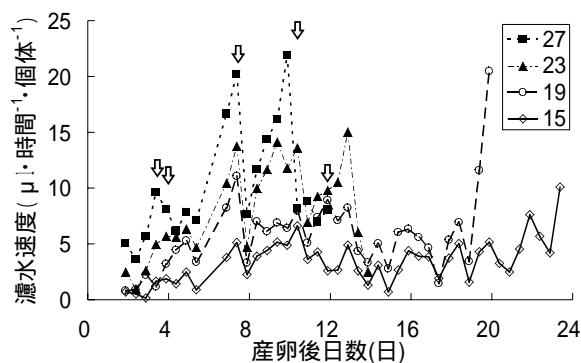


図5 幼生の濾水速度 矢印は投餌密度増加時

着底行動を確認するまでのアサリ幼生による *P. lutheri* の累積摂餌量は27区, 23区, 19区でそれぞれ, 60000, 49800, 53300細胞・個体⁻¹であり, 温度による大きな差は見られなかった。

餌料・幼生の窒素・リン含有量

培養液及びその濾液の全窒素・全リン濃度と細胞密度から計算した *P. lutheri* 1細胞あたりの窒素・リン含有量はそれぞれ, 1.16×10^{-3} , 2.13×10^{-4} ngであった。

一方, 貝殻長 $106 \pm 6.14 \mu\text{m}$ のD型期, $194 \pm 6.28 \mu\text{m}$ の着底期の幼生の窒素含有量はそれぞれ1個体当たり, 14.6, 37.8ngNであった。

定式化

27区, 23区では, 着底行動の確認と前後して摂餌速度が著しく大きくなる傾向が見られた(図4)ため, 幼生サイズと摂餌速度との関係解析については, 着底行動を確認する以前, すなわち27, 23, 19区でそれぞれ産卵後9日, 11日, 17日目までのデータに限った。ここで, 19, 15区では着底行動確認以前に摂餌速度及び成長速度の鈍化が見られ, その原因ははっきりしなかったが, 両者の時期が近接していることもあり, 摂餌, 成長の鈍化以降のデータも含めて解析した。

着底行動が確認される以前には, 摂餌速度はどの水温

区においても幼生のサイズが大きいくほど大きくなる傾向が見られた(図6)。それぞれの温度区について, 貝殻長(L: μm)と摂餌速度(U: 細胞・個体⁻¹・日⁻¹)との関係は次式に直線回帰された。

27区: $U = 135 \times L - 14200$ ($R^2 = 0.906$)

23区: $U = 99.2 \times L - 10400$ ($R^2 = 0.961$)

19区: $U = 57.8 \times L - 6060$ ($R^2 = 0.865$)

15区: $U = 33.1 \times L - 2980$ ($R^2 = 0.530$)

ここから, 摂餌速度U=0となる貝殻長Lは, 水温の高い区からそれぞれ, 105, 105, 105, 90.2 μm と推測され, その平均は101 μm ()であった。

得られた4つの回帰式の傾き(a)と, 水温(T:)との関係は次式に近似された。

$a = 8.71 \times T - 102$ ($R^2 = 0.99$) ()

ここから, 摂餌速度U=0となる水温Tは, 11.7度と推測された。

これらの数値, 数式 から, アサリ幼生の *P. lutheri* 摂餌速度を次式により, 水温(T:)と, 貝殻長(L: μm)とで一義的に表した。

$U = 8.71 \times (T - 11.7) \times (L - 101)$ ()

ただし, U: 摂餌速度(細胞・個体⁻¹・日⁻¹)である。

P. lutheri 1細胞あたりの窒素・リン含有量を に代入することにより, アサリ幼生の窒素・リンの取込速度はそれぞれ,

$U_N = 1.01 \times 10^{-2} \times (T - 11.7) \times (L - 101)$

$U_P = 1.83 \times 10^{-3} \times (T - 11.7) \times (L - 101)$

と見積もられた。ただし, U_N : 窒素摂取速度($\text{ngN} \cdot \text{個体}^{-1} \cdot \text{日}^{-1}$), U_P : リン摂取速度($\text{ngP} \cdot \text{個体}^{-1} \cdot \text{日}^{-1}$), T: 水温(), L: 貝殻長(μm)である。

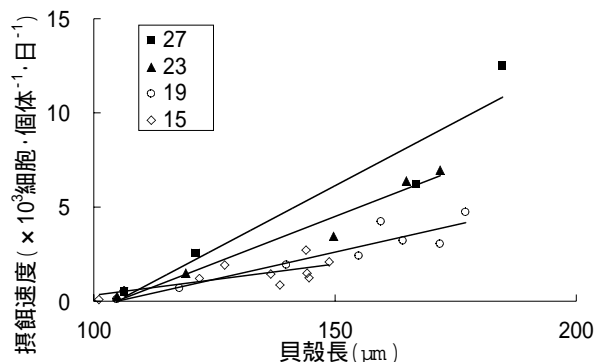


図6 幼生サイズと摂餌速度

考 察

幼生の生残密度の急激な減少は, 着底個体の確認と時期が一致しており, 同時期に平均貝殻サイズの縮小が見られることがあった(図1,2)。二枚貝の種苗生産の際には, 浮遊期後期から沈着初期のステージで大量斃死す

る例が知られている^{12,13)}ことから、着底変態のステージに至った個体に斃死が多く起こり、その一方で成長が遅かった小型の個体が多く残ったため、生残密度の減少とともに平均貝殻サイズの縮小が起こったと考えられる。

15区においては、産卵後15日目及び19日目にCoulter Multisizerで1 μ m程度の粒子が大量に検出されており、*P. lutheri*は4 μ m前後であったことから、細菌等何らかの微生物の増殖が疑われる。藤原ら¹⁴⁾は、*Vibrio*属の細菌がトリガイ*Fulvia mutica*幼生の大量斃死の原因となり、感染させた幼生には異常な遊泳行動が見られたり、ペラムを殻外に出したまま、あるいは出さずに底に横たわり、斃死が起こると報告している。本研究においても大量斃死の前には水底で不自然な回転運動を見せる個体が多く見られたことから、15区では細菌等の感染によって斃死し、生残密度が低下したものと思われる。

鳥羽¹⁵⁾は9から30の範囲でアサリ幼生を飼育し、この温度範囲では水温が高いほど成長は早く、成長を概略的に表現するには直線で十分であるとしている。また、水温(T)と成長速度($\mu\text{m}\cdot\text{日}^{-1}$)との関係は、 $G = 0.377 \times T - 2.96$ で表現することができ、成長率が0となる水温を7.9と報告している。¹⁵⁾本研究で得られた結果はこれと異なるが、鳥羽の実験は1日1回の投餌であったのに対し、本研究では投餌は1日2回であり、より豊富な餌料環境だったと考えられる。こうした餌料条件の違いが成長の違いとして現れた可能性が考えられる。

幼生の摂餌速度は飼育期間中おおむね一方的に増加傾向を示していたのに対し、濾水速度は大きく増減を繰り返す鋸状の変動をしており、濾水速度の大幅な減少は投餌密度を上げた際に顕著であった(図5)。二枚貝幼生は、餌密度が少ない場合には濾水速度が定常的となり、これに対し餌密度が十分に多い場合には消化速度を反映して摂餌速度が定常的となり、濾水速度が小さくなると報告されている。^{7,8)}本研究では幼生の摂餌により半日間で餌密度が半減する程度を目安に投餌しており、餌の枯渇によって摂餌速度が制限されることはほとんどなかったと考えられる。このため、本研究の結果は餌料消化の最大値に近い速度を示していると思われる。

従来の研究では、二枚貝幼生の摂餌速度は水温、幼生サイズとそれぞれ関連することが示されているが、^{7,8)}本研究では幼生の摂餌速度を水温及び幼生サイズとそれぞれ線形で近似して一つの数式として整理した。このことは、必ずしも厳密とはいえないかもしれないが、天然海域でのアサリ幼生の餌料環境を検討する際には、その基礎的な知見として簡易ながら十分有益な情報が引き出せるものと思われる。

窒素含有量から、アサリ幼生は原殻完成直後の106 μ mから着底期である194 μ mに至る間に1個体当たり23.2ngNの窒素が増加すると考えられた。一方、着底行動を見せるまでに幼生が摂取した*P. lutheri*の累計は、水温にかかわらず1個体当たり50000~60000細胞であり、窒素に換算すると約58~70ngNであった。このことは、産卵されてから着底に至るまでにアサリ幼生が必要とする餌量はほぼ一定で、水温や、水温の違いによる成長速度の大小には影響されないということを示しており、幼生の代謝や同化について考える上で非常に興味深い。

飼育水の窒素・リン含有量は測定しておらず、また着底確認時の幼生サイズには飼育水温によりばらつきがあるため、数値の解釈には慎重を要するが、これらの結果からアサリ幼生の*P. lutheri*からの窒素同化率は3~4割程度と見積もられた。

著者らのグループでは現在、三河湾を対象としてアサリ浮遊幼生の時空間分布ならびに、アサリ幼生が捕食できると考えられる10 μ m以下の植物プランクトン量の調査を行っている^{16,17)}が、こうした現場観測値と本研究で示された概算式とを組み合わせることで、今後は天然海域でのアサリ幼生の餌料環境の良否を評価することができ、さらに沿岸域での物質循環におけるアサリ幼生の役割を定量的に評価することが可能となろう。

本研究では、十分量の*P. lutheri*を投餌してアサリ幼生を飼育することでアサリ幼生の窒素・リン摂取速度を概算し、餌料同化率の一例を提示した。しかし、藻類は種類¹⁸⁾や培養条件によって含有成分やその含有量が異なることが知られている。また、藻類の種類によりアサリ幼生の成長率や生残率が異なることが指摘されている。^{18,19)}さらに、餌量が少ない場合のアサリ幼生の応答についても検証されていない。天然の海域ではアサリ幼生の餌料は多様で餌料密度も変動し、幼生の密度も本研究とは異なることが容易に推測されるが、こうした場合には摂餌や成長の速度が本研究での推測と異なることも十分考えられる。本研究の結果を用いる際には、こうした条件をふまえ、十分な配慮が必要であろう。

謝 辞

本研究を行うにあたり、3ヶ月に渡って各種施設を快く使用させていただいた瀬戸内海区水産研究所浅海生物生産研究室の好意には大変に感謝している。薄治則博士をはじめとする同研究室の諸賢には、研究から健康まで、あらゆる面でサポートしていただいた。また、同時期に実験をしていた九州大学大学院の井上英氏には、実験の操作やディスカッションの点で非常にお世話になった。

漁業生産研究所の諸氏には、3ヶ月間の不在中、有形無形の助力をいただいた。日本ウミガメ協議会の松沢慶将博士には、多忙にもかかわらず英文の校閲をしていただいた。ここに厚く御礼申し上げます。

本研究は農林水産技術会議の重点課題研究交流事業による職員派遣で行われた。

要 約

Pavlova lutheri を餌料としてアサリ *Ruditapes philippinarum* 浮遊幼生の飼育実験を行い、摂餌速度の定式化及び同化率の概算を行った。アサリ幼生は $U=8.71 \times (T-11.7) \times (L-101)$ (U : 摂餌速度 細胞・個体⁻¹・日⁻¹, T : 水温, L : 貝殻長 μm) の速度で *P. lutheri* を摂餌していた。また、*P. lutheri* の窒素・リン含有量から、アサリ幼生の窒素・リン取込速度はそれぞれ、 $U_N=1.01 \times 10^{-2} \times (T-11.7) \times (L-101)$, $U_P=1.83 \times 10^{-3} \times (T-11.7) \times (L-101)$ (U_N : 窒素摂取速度 $\text{ngN} \cdot \text{個体}^{-1} \cdot \text{日}^{-1}$, U_P : リン摂取速度 $\text{ngP} \cdot \text{個体}^{-1} \cdot \text{日}^{-1}$, T : 水温, L : 貝殻長 μm) と表された。アサリ幼生は着底期までに50000~60000細胞の *P. lutheri* を摂餌しており、アサリ幼生による窒素同化率は3~4割程度と見積もられた。

文 献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 黒田伸郎・落合真哉 (2002) 三河湾におけるアサリ D型幼生の分布. 愛知水試研報, **9**, 19-26.
- 4) 佐々木克之 (1989) 干潟域の物質循環. 沿岸海洋研究ノート, **26**, (2), 172-190.
- 5) 青山裕晃・鈴木輝明 (1996) 干潟の水質浄化機能の定量的評価. 愛知水試研報, **3**, 17-28.
- 6) 青山裕晃・鈴木輝明 (1997) 干潟上におけるマクロベントス群集による有機懸濁物除去速度の現場測定. 水産海洋研究, **61**(3), 265-274.
- 7) Riisgard H. U., Rabdlov A, Kristensen P. S. (1980) Rates of water processing, oxygen consumption and efficiency of particle retention in veligers and young post-metamorphic *Mytilus edulis*. *Ophelia*, **19**, 37-47.
- 8) Fritz L. W., Lutz R. A., Foote M. A., Van Dover C. L., Ewart J. W. (1984) Selective feeding and grazing rates of oyster (*Crassostrea virginica*) larvae on natural phytoplankton assemblages. *Estuaries*, **7**, 513-518.
- 9) Baldwin B. S., Newell R. I. E. (1995) Feeding rate responses of oyster larvae (*Crassostrea virginica*) to seston quantity and composition. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **189**, 77-91.
- 10) Tomaru Y., Kawabata Z. and Nakano S. (2000) Consumption of picoplankton by the bivalve larvae of Japanese pearl oyster *Pinctada fucata martensii*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **192**, 195-202.
- 11) Coughlan J. (1969) The estimation of filtering rate from the clearance of suspensions. *Mar. Biol.*, **2**, 356-358.
- 12) 鳥羽光晴 (1987) アサリ種苗生産試験-I 人工種苗生産したアサリの成長. 千葉水試研報, **45**, 41-48.
- 13) 藤原正夢・岩尾敦志・岡部三雄・西尾富夫 (1988) トリガイ種苗量産技術の開発 - 沈着初期稚貝飼育方法の検討 - . 栽培技研, **17**(1), 1-7.
- 14) 藤原正夢・上野陽一郎・岩尾敦志 (1993) トリガイ浮遊幼生の斃死因と考えられる *Vibrio* 属細菌について. 魚病研究, **28**(2), 83-89.
- 15) 鳥羽光晴 (1992) アサリ幼生の成長速度と水温の関係. 千葉水試研報, **50**, 17-20.
- 16) 黒田伸郎・落合真哉・岩崎員郎 (2001) 二枚貝栄養物質循環機能評価調査. 平成12年度愛知県水産試験場業務報告, 15-17.
- 17) 黒田伸郎・落合真哉・荒川純平 (2002) 二枚貝栄養物質循環機能評価調査. 平成13年度愛知県水産試験場業務報告, 15-17.
- 18) 千代窪孝志・平田豊彦・鈴木信 (2001) 微小藻類3種のアサリに対する餌料効果. 福島種苗研報, **3**, 67-74.
- 19) 深山義文・鳥羽光晴 (1990) アサリ種苗生産試験 - III アサリ浮遊幼生に対する8種の微小藻の餌料価値. 千葉水試研報, **48**, 93-96.