

異なる量のパブロバ・ルテリを給餌した アサリ稚貝の総成長効率

鳥羽 光晴・深山 義文*

Gross Growth Efficiency in Juvenile Manila Clam *Ruditapes philippinarum* Fed Different Levels of *Pavlova lutheri*

Mitsuharu TOBA and Yoshifumi MIYAMA

Abstract

Two sizes, 0.033mg (clam A) and 0.93mg (clam B) in mean dry tissue weight (DTW), of juvenile Manila clams *Ruditapes philippinarum* were reared for 2 weeks using closed recirculating upwelling system. Clams were fed 8 levels, 1,000 cells/ml to 320,000 cells/ml in daily initial density, of cultured microalga *Pavlova lutheri* under a feeding regime of one food addition per day.

The growth in DTW of both sizes of clam was highest in 80,000 cells/ml at ingestion rate of 12.0 and 17.7%/day respectively, however the reduction in growth rate with pseudofecal production was observed at higher than 160,000 cells/ml. Relative growth rate in DTW (G, %) was positively correlated with the amount of food ingested (W, $\mu\text{g}/\text{ind.}/\text{day}$ in clam A and $\text{mg}/\text{ind.}/\text{day}$ in clam B); clam A, $G=35.2 \times W - 36.2$ ($r=1.00$); clam B, $G=662 \times W - 14$ ($r=1.00$). Maintenance rations, therefore, were calculated to 1.03 $\mu\text{g}/\text{ind.}/\text{day}$ (3.1%/day in ingestion rate) and 0.021 $\text{mg}/\text{ind.}/\text{day}$ (2.3%) respectively. Filtration rate was highest at 5,000 cells/ml in both sizes of clams and continuously declined with increasing algal density. Maximal gross growth efficiencies, 77% and 40% in clam A and B respectively, were obtained at the density of highest growth rate, 80,000 cells/ml. Rapid and effective growth in juvenile Manila clams under present feeding regime is supposed to be achieved at higher algal density below the range which pseudofecal production occurs.

はじめに

アサリ稚貝の効率的な飼育のためには、アサリの摂餌生理やエネルギー代謝を理解することが基本的に重要である。すでにイガイ類^{1,3)}やホタテガイ類²⁾をはじめとして他の二枚貝³⁾ではそれらに関する多くの研究があり知見の蓄積は多いが、アサリについては飼育に関する研究の歴史が浅いこともあってまだデータは十分でない。

二枚貝の摂餌生理には種間に多くの共通する特性が認められており、たとえばろ水率は個体の大きさと相

関関係を示すことや、餌料密度と摂取速度およびろ水率の3者は対応した変化を示すこと、さらに摂餌量と総成長効率が比例関係を示すこと²⁾などが知られている。これらの関係は多くの種において同様の関係式で表現できるが、その関係式中のパラメータは種間でさまざまな違いがあり、アサリについてもそれらについて詳細な検討を行っておく必要がある。

著者らはパブロバ・ルテリ *Pavlova lutheri* (以後パブロバと呼ぶ) を餌料とし、種苗生産現場で一般的に行われている1日1回の給餌方式を想定してアサリ稚貝の小規模な飼育実験を行い、給餌細胞密度、摂餌量、

*現在の所属、千葉県東京湾栽培漁業センター

成長量および成長効率等について若干の知見を得たので参考に供したい。

材料と方法

アサリ 供試したアサリ稚貝は、1989年4月に東京湾産の天然の親貝から人工産卵誘発によって得た受精卵をふ化させ、育成した個体である。育成は室内水槽で人工培養したパプロバを餌として与えつつ自然水温で行った。

パプロバ 餌料として使用したパプロバは3ℓの三角フラスコを用いて恒温室内で培養した。培養に用いた海水は富津市地先の東京湾から取水し、あらかじめ過（日本ろ水機：S-81、公称粒子捕捉効率は粒径0.45μmで93%）してから、約90℃で2時間以上加熱殺菌した。

培養水温は20℃、照明は白色蛍光灯による3,000~4,000 lux（培養フラスコ設置位置の底面台上で計測）の連続照明、通気は約2ℓ/フラスコ/分とした。栄養添加剤は改変PES⁶⁾を用いた。

実験方法 飼育実験には閉鎖循環式のアップウェリグ飼育装置を使用した（Fig. 1）。

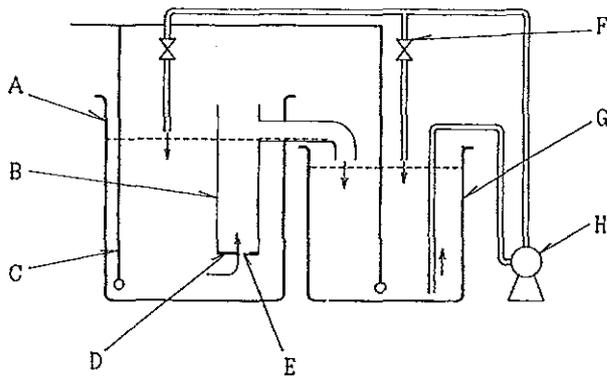


Fig. 1 Schematic diagram of the recirculating upwelling system for the rearing experiment of Manila clam *Ruditapes philippinarum*. A, rearing tank (50ℓ); B, rearing container (10cm diameter×30cm height); C, air supplier; D, clams; E, mesh support; F, regulation valve; G, reservoir tank (40ℓ); H, recirculating pump.

飼育容器は内径100mm×長さ30cmの塩化ビニルパイプの一端にナイロン製の網（オープニング0.3mm×0.3mm）を張って製作した。アサリ稚貝を入れた飼育容器は、水量50ℓの飼育水槽内に設置し、飼育容器の上部

側面の開口部に接続した排水パイプで飼育水槽に固定した。排水パイプは飼育水槽の側壁を貫通させ、流出水を水量40ℓの循環水槽へ導くようにした。飼育水は、循環水槽から小型マグネットポンプによって飼育水槽に送られ、飼育容器の下端の網を通して容器内に流入し、上部の排水パイプから循環水槽へ戻るように循環させた。飼育容器を通る流量は約12ℓ/容器/分に調整した。

アサリ稚貝の収容量は、飼育容器1台あたり湿重量で6gとした。給餌量は、給餌時の飼育水中の細胞密度を1,000細胞/mlから320,000細胞/mlまで8段階に設定し、それぞれの給餌量ごとに飼育装置を1台充当した。また対照としてアサリ稚貝を入れない飼育装置を2台用意し、それらにはパプロバだけを1,000細胞/mlおよび320,000細胞/mlになるように加えた。

飼育海水は、餌料培養に用いた海水と同様に取水してからろ過し、さらに紫外線照射（千代田工販：SF-4NSM、照射量約100mWh/ℓ）した。海水の交換と飼育装置の洗浄は毎日行った。

給餌は換水直後に培養細胞を培養液とともに飼育水に設定密度になるように加えて行った。日間摂餌量（I）は、給餌密度（D）と翌日の換水直前に計測した飼育水中の残餌密度（R）を、対照水槽の餌料密度の変化に基づき次のように補正して算出した。

$$I = (D \times A - R) \times B$$

$$A = \frac{R_1}{1,000} + \left[\frac{R_2}{320,000} - \frac{R_1}{1,000} \right] \times \frac{D-1,000}{319,000}$$

〔B, 飼育水量（90ℓ）；R₁とR₂, 1,000細胞/mlと320,000細胞/mlの対照水槽の残餌密度〕

細胞密度は微粒子計測装置（コールターエレクトロニクス：TA-II）で計測した。

実験は平均殻長1mmおよび4mmの稚貝を用いて1回ずつ行った。実験期間は2週間とし、それぞれ1989年6月30日から7月14日、同9月5日から9月19日まで実施した。この間の水温は19.3~24.3℃、および22.2~26.3℃であった。

乾燥重量の計測 アサリ稚貝の乾燥重量は、実験開始時に供試稚貝と同一群から、また終了時に各実験区からそれぞれサンプルとして1gずつ分取したアサリ稚貝を、真空凍結乾燥法によって乾燥させた後計測した。貝殻乾燥重量は、乾燥させたアサリ稚貝を希釈した次亜塩素酸ナトリウム溶液（有効塩素約3%）に浸

漬して軟体部を溶解させ、蒸留水で洗浄後常圧加熱乾燥法 (105°C) で乾燥させて秤量した。軟体部乾燥重量は稚貝の乾燥重量と貝殻乾燥重量の差とした。

パブロバの乾燥重量は、既知の細胞密度の培養液一定量を0.5Mギ酸アンモニウムで洗浄したガラスフィルター (ワットマン: GF/C) 上で吸引ろ過して細胞を捕集し、常圧加熱乾燥法によって求めた。計測は異なる培養から3回行い、その結果1細胞あたりの重量は $1.71 (SD=0.22) \times 10^{-8}$ mgであった。以降の各計算にはこの値を用いた。

ろ水率, 摂取速度, 総成長効率および軟体部貝殻重量比の計算 ろ水率 (F, ml/mg軟体重/日), 摂取速度 (I, %/日), 総成長効率 (K_1 , %) および軟体部貝殻重量比 (C) は以下の式によって計算した。

$$F = \frac{\frac{T}{P}}{\frac{(S_I + S_F)}{2}} \cdot \frac{1}{U} \cdot \frac{1}{D}$$

$$I = \frac{\frac{T}{P}}{\frac{(S_I + S_F)}{2}}$$

$$K_1 = \frac{(S_F - S_I)}{T} \times 100$$

$$C = \frac{S_F}{V_F}$$

[T, 各群の累積摂餌量; P, 飼育期間 (14日間); U, パブロバの細胞重量; D, 給餌密度; S_I , 実験開始時の軟体部重量; S_F , 終了時の軟体部重量; V_F , 終了時の貝殻重量]

結 果

成長 1 mm稚貝と4 mm稚貝の実験開始時の殻長 (±標準偏差), 軟体部乾燥重量, および貝殻乾燥重量はそれぞれ1.10 (±0.21) mm, 33.1 μg, 169.7 μgおよび4.09 (±0.65) mm, 0.93 mg, 8.02 mgであった (Table 1, 2)。

1 mm稚貝では給餌細胞密度が5,000細胞/ml以下の場合には貝殻重量は増加したものの軟体部重量は減少し, 正常な成長は認められなかった (Table 1)。10,000細胞/ml以上では, 給餌細胞密度が高まるに従って成長量は増加し, 軟体部の相対成長率は80,000細胞/mlの場合に362.8%で, また貝殻の相対成長率は160,000細胞/mlの場合に389.3%でそれぞれ最高となった。しかしそれ以上の細胞密度では軟体部および貝殻とも増加が鈍り, 高密度給餌による成長阻害が認められた。

4 mm稚貝の成長と給餌細胞密度との関係は, 1 mm稚貝の場合とほぼ同様の傾向を示した (Table 2)。すなわち, 5,000細胞/ml以下では軟体部重量が減少して正常な成長は認められなかったが, 10,000細胞/ml以

Table 1. Growth of juvenile Manila clam *Ruditapes philippinarum* fed different levels of *Pavlova lutheri* for 2 weeks - I: 1 mm clams.

Algal density (cells/ml)	Shell length			Dry tissue weight			Dry shell weight		
	initial (mm)	final (mm)	relative growth rate (%)	initial (μg)	final (μg)	relative growth rate (%)	initial (μg)	final (μg)	relative growth rate (%)
1,000	1.10(0.21)	1.16(0.20)	5.5	33.1	30.8	-6.9	169.7	261.9	54.3
5,000		1.17(0.18)	6.4		30.4	-8.2		263.7	55.4
10,000		1.30(0.25)	18.2		37.0	11.8		322.5	90.0
20,000		1.42(0.24)	29.1		49.3	48.9		346.4	104.1
40,000		1.64(0.30)	49.1		78.2	136.3		496.7	192.7
80,000		1.92(0.38)	74.5		153.2	362.8		703.0	314.3
160,000		2.05(0.50)	86.4		141.2	326.6		830.4	389.3
320,000		1.77(0.52)	60.9		133.0	301.8		614.7	262.2

Numerals in parentheses are standard deviation.

Table 2. Growth of juvenile Manila clam *Ruditapes philippinarum* fed different levels of *Pavlova lutheri* for 2 weeks - II: 4 mm clams.

Algal density (cells/ml)	Shell length			Dry tissue weight			Dry shell weight		
	initial (mm)	final (mm)	relative growth rate (%)	initial (mg)	final (mg)	relative growth rate (%)	initial (mg)	final (mg)	relative growth rate (%)
1,000	4.09(0.81)	4.26(0.82)	4.2	.93	.78	-16.1	8.02	8.32	3.7
5,000		4.28(0.79)	4.6		.88	-5.4		8.95	11.6
10,000		4.47(0.93)	9.3		1.02	9.7		10.13	26.3
20,000		4.85(1.01)	18.6		1.37	47.3		12.23	52.5
40,000		5.43(1.14)	32.8		1.89	103.2		14.87	85.4
80,000		5.74(1.20)	40.3		2.79	200.0		18.54	131.2
160,000		5.54(1.26)	35.5		2.73	193.5		15.74	96.3
320,000		5.04(1.08)	23.2		2.36	153.8		11.85	47.8

Numerals in parentheses are standard deviation.

上では給餌細胞密度とともに成長量は増加した。そして80,000細胞/mlで軟体部および貝殻の相対成長率は最高となったが、それ以上の細胞密度では成長は低下した。

ろ水率 ろ水率は1mm稚貝, 4mm稚貝ともに5,000細胞/mlで最大となり, それぞれ224, 248ml/mg軟体重/日であった (Table 3, 4)。給餌細胞密度が高まるに従ってろ水率は低下し, 最大成長を示した80,000細胞/ml

ではそれぞれ88, 129ml/mg軟体重/日となったが, 軟体部の成長が阻害される高密度給餌では急激に低下し, 320,000細胞/mlでは両者とも30ml/mg軟体重/日以下となった。また1,000細胞/mlでもろ水率は低下し, 餌料不足によるろ水活動の低下が認められた。

摂取速度 1mm, 4mm稚貝ともに, 軟体部重量が減少した5,000細胞/ml以下では, 摂取速度は約2%/日以下であった (Table 3, 4)。摂取速度は給餌細胞

Table 3. Filtration rates, ingestion rates, gross growth efficiencies and gravimetric ratios of soft tissue to shell of juvenile Manila clam *Ruditapes philippinarum* fed different levels of *Pavlova lutheri* for 2 weeks - I: 1 mm clams.

Algal density (cells/ml)	Filtration rate*1 (ml/mgDTW/day)	Ingestion rate (%/day)	Dry tissue weight increase [A] (μg/ind./2weeks)	Ingested algal dry weight [B] (μg/ind./2weeks)	Gross growth efficiency [K ₁ =(A/B)×100] (%)	T/S ratio*2
initial						.195
1,000	170	.3	-2.3	1.3	-176.9	.118
5,000	224	1.9	-2.7	8.6	-31.4	.115
10,000	209	3.6	3.9	17.6	22.2	.115
20,000	181	6.2	16.2	35.8	45.3	.142
40,000	137	9.4	45.1	73.0	61.8	.157
80,000	88	12.0	120.1	156.8	76.6	.218
160,000	68	18.5	108.1	226.1	47.8	.170
320,000	26	14.0	99.9	162.8	61.4	.216

* 1 DTW, dry tissue weight

* 2 final DTW/final dry shell weight

Table 4. Filtration rates, ingestion rates, gross growth efficiencies and gravimetric ratios of soft tissue to shell of juvenile Manila clam *Ruditapes philippinarum* fed different levels of *Paulova lutheri* for 2 weeks - II: 4 mm clams.

Algal density (cells/ml)	Filtration rate* ¹ (ml/mgDTW/day)	Ingestion rate (%/day)	Dry tissue weight increase [A] (mg/ind./2weeks)	Ingested algal dry weight [B] (mg/ind./2weeks)	Gross growth efficiency [K ₁ =(A/B)×100] (%)	T/S ratio* ²
initial						.117
1,000	164	.3	-.15	.03	-500.0	.094
5,000	248	2.1	-.05	.27	-18.5	.098
10,000	232	4.0	.09	.57	15.8	.100
20,000	215	7.4	.44	1.19	37.0	.112
40,000	174	11.9	.95	2.36	40.4	.127
80,000	129	17.7	1.86	4.61	40.3	.151
160,000	110	30.2	1.80	7.77	23.2	.174
320,000	30	16.4	1.42	3.78	37.6	.199

* 1 DTW, dry tissue weight

* 2 final DTW/final dry shell weight

密度とともに上昇し、160,000細胞/mlの時に1mm, 4mm稚貝でそれぞれ18.5, 30.2%/日と最高になった。しかしこれらは軟体部の相対成長率が最高となった給餌細胞密度とは一致しなかった。軟体部の相対成長率が最高であった80,000細胞/mlの場合の摂取速度はそれぞれ12.0, 17.7%/日であった。

5,000~80,000細胞/mlでは、軟体部の相対成長率(G, %)は摂餌量(W, 1mm稚貝ではμg/個体/日, 4mm稚貝ではmg/個体/日)と比例関係を示し、両者の関係はそれぞれ、

$$1\text{ mm稚貝 } G = 35.2 \times W - 36.2 \quad (r = 1.00)$$

$$4\text{ mm稚貝 } G = 662 \times W - 14 \quad (r = 1.00)$$

と近似された (Fig. 2)。これらの関係から軟体部の相対成長率が0となる摂餌量、つまり維持摂餌量は、それぞれ1.03μg/個体/日, 0.021mg/個体/日と計算された。さらにこのときの摂取速度 (維持摂取速度) は3.1%/日, および2.3%/日であった。

総成長効率 餌料細胞密度と総成長効率の関係は1mm, 4mm稚貝ともに同様の傾向を示し、5,000細胞/ml以下ではいずれも負の値であったが、細胞密度が上昇するに従って高くなり、軟体部の相対成長率が最も高かった80,000細胞/mlでそれぞれ約77%, 40%と最高になった (Table 3, 4)。

軟体部貝殻重量比 軟体部貝殻重量比は、軟体部の増重が認められなかった5,000細胞/ml以下では1mm,

4mm稚貝ともに0.10前後で低かったが、給餌細胞密度の上昇とともに値は高くなり、成長阻害が認められた320,000細胞/mlで0.216, 0.199と最も高くなった。

考 察

総成長効率(K₁)は摂餌量の増加とともに上昇し、軟体部が最大成長を示した餌料密度で最高となった。この最大成長を示した餌料密度 (80,000細胞/ml) は1mm稚貝と4mm稚貝で共通しており、アサリ稚貝の効率の良い飼育を考えると目の目安としてある程度の大きさ範囲の稚貝に適用できるだろう。なおこのときの1日あたりの摂餌量はそれぞれ軟体重の約12, 18%にあたり、さらにこれはそれぞれの稚貝1個体がパブロバを1日あたり0.65×10⁶, 19.58×10⁶細胞摂食したことになる。維持摂取速度は1mm, 4mm稚貝でそれぞれ3.1, 2.3%/日と計算された。これはムラサキイガイで計算された値⁷⁾とほぼ同じである。正常な成長を期待するためには少なくともこれ以上の摂餌を可能にする給餌量が必要であろう。

160,000細胞/ml以上では摂取速度は高かったものの成長はかえって低下し、高密度給餌による悪影響が現れた。本実験の条件の下では、80,000~160,000細胞/mlの間に効率的な成長を与える餌料の上限密度があったと考えるべきである。軟体部貝殻重量比は双方の稚貝とも320,000細胞/mlで最高値かあるいはそれに近い値となり、高密度餌料条件で蓄積栄養レベルが高くなったことを示していた。しかしこれは、高栄養条件下で

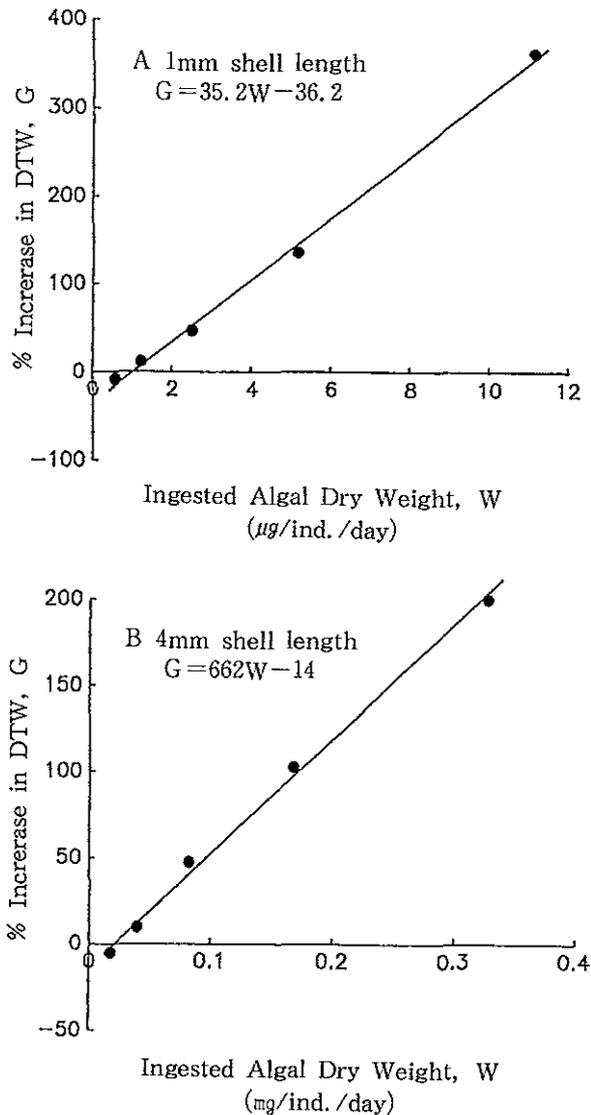


Fig. 2 Relationship between dry weight of ingested microalgae *Pavlova lutheri* and relative growth rate in dry tissue weight of Manila clam *Ruditapes philippinarum* within the range from 5,000 to 80,000 cells/ml in algal density. A, 1mm shell length; B, 4mm shell length.

の軟体部形成増進というよりはむしろ、高密度餌料条件によるろ水活動の低下が海水中からの Ca^{2+} の取り込みを阻害し、その結果貝殻形成が減退したためとみるべきであろう。

成長量が最大となる摂餌量で総成長効率が最も高くなる現象は、同様にムラサキイガイ^{1,2)}やバージニアガキ⁸⁾でも観察されている。アサリの飼育においても総成長効率を高めるためには、成長に悪影響がでない範

囲内で、つまり摂餌量と相対成長率が比例関係を示す範囲内で、餌料密度をできるだけ高めることが必要と考えられる。このとき注意すべきことは、1mmおよび4mm稚貝で軟体部重量が2週間の実験中にそれぞれ4.6, 3.0倍に達している点である。これは一定の摂取速度を保つためには、特に成長の速い稚貝期には給餌量を頻繁に修正し、短期間に大幅に増加させて行かなくてはならないことを示している。

上記の餌料密度と総成長効率の関係は1日あたりの給餌回数つまり給餌方式の決定にもあてはめることができる。アサリの摂餌は連続的であるため、本実験のような1日1回の給餌では給餌直後と翌日の換水直前では飼育水中の実際の餌料密度は異なる。貝の摂餌に合わせて連続的に給餌を行うことによって餌料密度を常時最適な状態に保持することができれば、さらに大きな成長率を達成することができよう⁹⁾。

摂餌量と総成長効率が一定の範囲内で対応関係を示す理由は、摂取速度で示されるエネルギー摂取とろ水率で示される摂餌のためのエネルギー消費との関係から説明できるかもしれない。一定の餌料密度範囲では、餌料密度が高くなるに従って摂餌可能な餌料量は増加し、同時に摂餌のためのろ水活動すなわちエネルギー消費は少なくなると思われるからである。本実験の条件下では、アサリ稚貝は自然条件下と異なって定位のための運動エネルギーをほとんど必要とせず、成長と外分泌を除けばエネルギー消費の多くは摂餌と呼吸のためのろ水活動に充てたものと考えられる。一般的に二枚貝は十分な餌料量を効率良く摂取するために水中の餌料密度に応じてろ水率を変化させることが知られており^{2,3)}、本実験結果にもそうしたアサリの摂餌特性が反映していると推察できる。

アサリの総成長効率に関する報告は少ないが、殻長14mmの個体で33.3~49.6% (N)であったといわれ¹⁰⁾、本実験の4mm稚貝での最高値(41%)はこれに近い。これらの値はムラサキイガイ *Mytilus edulis* [-3~42% (カロリー)⁹⁾, 30%以下 (乾重)¹¹⁾] やヨーロッパヒラガキ *Ostrea edulis* [10~20% (乾重)]¹²⁾、あるいはバージニアガキ *Crassostrea virginica* [11~23% (乾重)]⁸⁾ など他の二枚貝と比較して高い。成長効率は、餌料種類^{13,15)}や計算ベース (N, 乾重, カロリー) によって異なるため、これらの数値を直接比較することはできないが、概括的にはアサリ稚貝の総成長効率が二枚貝の中でも高い部類に属すると推察される。1mm稚貝での最高値(77%)はやや過大であるとも感じられ、餌料培養液中に含まれる細菌等の夾雑生物によ

る成長促進効果⁶⁾が小型稚貝で現れた可能性なども否定できない。

5,000細胞/ml以下の餌料密度では、双方の稚貝とも軟体部重量は減少したが、貝殻重量は増加した。これは低栄養条件下で自らの軟体部をエネルギー源として貝殻を増大させたことを意味し、これらの稚貝では貝殻の増大に対する生理的要請が大きいことがわかる。生態的には、捕食や外部環境の変化に弱い稚貝期をできるだけ速やかに経過する必要性の現れと解釈することができる。稚貝の成長を貝殻の増大だけで表現した場合には、これらの餌料密度でも稚貝は成長したことになるが、明らかにこれは正常な成長とはいえない。同様の現象はバージニアガギ⁹⁾でも観察されていることから、これは二枚貝に共通する成長生理であると考えられる。

要 約

- 1) 殻長約1mmおよび4mmのアサリ稚貝を、循環式アップウェリング装置を用いて、餌料としてパブロバ *Pavlova lutheri* を1日1回の給餌方式で1,000~320,000細胞/mlの給餌密度で与えて飼育し、摂取速度、ろ水率、成長、総成長効率の違いを比較した。
- 2) アサリ稚貝は80,000細胞/mlで最大成長を示し、そのときの摂取速度は1mm、4mm稚貝で約12.0、17.7%/日であった。160,000細胞/ml以上では成長は低下し、高密度給餌による悪影響が現れた。軟体部の相対成長率は摂取量と比例関係を示し、維持摂取量と維持摂取速度はそれぞれの稚貝で1.03 μ g/個体/日、3.1%/日、および0.021mg/個体/日、2.3%/日と計算された。
- 3) ろ水率は5,000細胞/mlで最も高く、1mm、4mm稚貝でそれぞれ224、248 ℓ /mg軟体重/日であったが、餌料密度の上昇とともに低下し、最大成長を示した80,000細胞/mlでは88、129ml/mg軟体重/日であった。
- 4) 総成長効率は最大成長を示した80,000細胞/mlで最も高く、それぞれ約77、40%であった。アサリの効率の良い飼育のためには、高密度給餌による悪影響が現れない範囲で、できるだけ餌料密度を高く保つことが必要と思われた。
- 5) Their Ecology and Physiology (ed. by B. L. Bayne).", Cambridge Univ. Press, London, UK., pp. 121-206.
- 6) Winter, J. E. (1978) : A review of the knowledge of suspension feeding in lamellibranchiate bivalves, with special reference to artificial aquaculture systems. *Aquaculture*, 13, 1-33.
- 7) Navarro, J. M. and J. E. Winter (1982) : Ingestion rate, assimilation efficiency and energy balance in *Mytilus chilensis* in relation to body size and different algal concentrations. *Mar. Biol.*, 67, 255-266.
- 8) Bricelj V. M. and S. Shumway (1991) : Physiology : Energy acquisition and utilization. In "Scallops : Biology, Ecology and Aquaculture (ed. by S. E. Shumway)", Elsevier, Amsterdam, Netherlands, pp. 305-346.
- 9) Malouf R. E. and V. M. Bricelj (1989) : Comparative biology of clams : Environmental Tolerances, Feeding, and Growth. In "Clam Mariculture in North America (eds. by J. J. Manzi and M. Castagna)", Elsevier, Amsterdam, Netherlands, pp. 23-73.
- 10) 大橋 裕, 河本良彦 (1980) : アカガイ種苗の量産化にともなう技術的開発. 栽培漁業技術開発報告 (山口県内海水産試験場), 6, 80-135.
- 11) Bayne, B. L. (1975) : Reproduction in bivalve molluscs under environmental stress. In "Physiological Ecology of Estuarine Organisms (ed. by J. F. Vernberg).", Springer-Verlag, Berlin, East Germany, pp. 181-193.
- 12) Urban, Jr., Edward R., G. D. Pruder and C. J. Langdon (1983) : Effect of ration on growth and growth efficiency of juveniles of *Crassostrea virginica* (GMELIN), *J. Shellfish. Res.*, 3 (1), 51-57.
- 13) Thompson, R. J. and B. L. Bayne (1974) : Some relationships between growth, metabolism and food in the mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.*, 27, 317-326.
- 14) Langton, R. W., J. E. Winter and O. A. Roels (1977) : The effect of ration size on the growth and growth efficiency of the bivalve mollusc *Tapes japonica*. *Aquaculture*, 12, 283-292.
- 15) Winter, J. E. and R. W. Langton (1976) : Feeding

文 献

- 1) Bayne, B. L., R. J. Thompson and J. Widdows (1976) : Physiology 1. In "Marine Mussels,

- experiments with *Mytilus edulis* L. at small laboratory scale. I. The influence of the total amount of food ingested and food concentration on growth. In "Proceeding of 10th European Symposium on Marine Biology (eds. by G. Persoone and E. Jaspers), Universa Press, Wetteren, Belgium, pp. 565-581.
- 12) Walne, P.R. and B.E. Spencer(1974) : Experiments on the growth and food conversion efficiency of the spat *Ostrea edulis* L. in a recirculation system. *Cons. Int. Explor. Mer.*, **35**, 303-318.
- 13) Laing, I. and P. F. Millican (1986) : Relative growth and growth efficiency of *Ostrea edulis* L. spat fed various algal diets. *Aquaculture*, **54**, 245-262.
- 14) Wikfors, G.H., G.E. Ferris and B.C. Smith(1992) : The relationship between gross biochemical composition of cultured algal foods and growth of the hard clam, *Mercenaria mercenaria*. *Aquaculture*, **108**, 135-154.
- 15) O' Connor, W. A., J. A. Nell and J. A. Diemar (1992) : The evaluation of twelve algal species as food for juvenile Sydney rock oysters *Saccostrea commercialis*(Iredale & Roughley). *Aquaculture*, **108**, 277-283.
- 16) 京都府 (1992) : トリガイ各県報告, 地域特産種増殖技術開発事業報告書 (二枚貝グループ), 京都1-60.