

バカガイ幼生の成長と生残に与えるPavlova lutheriと Chaetoceros gracilisの単独給餌と混合給餌の効果につい て

誌名	北海道立水産試験場研究報告 = Scientific reports of Hokkaido Fisheries Experimental Station
ISSN	09146830
著者	中島, 幹二 奥村, 裕弥 高島, 信一
巻/号	50号
掲載ページ	p. 27-33
発行年月	1997年3月

バカガイ幼生の成長と生残に与える *Pavlova lutheri* と *Chaetoceros gracilis* の単独給餌と混合給餌の効果について

中島幹二*, 奥村裕弥*, 高島信一*

Effect on growth and survival of reared larvae of Sunray surf clam, *Macra chinensis* PHILIPPI of single and mixed feeds of *Pavlova lutheri* and *Chaetoceros gracilis*.

Kanji NAKAJIMA, Hiroya OKUMURA and Shin-ichi TAKABATAKE *

Single and mixed feed of *Pavlova lutheri* and *Chaetoceros gracilis* were given to larvae of Sunray surf clam, *Macra chinensis*. Good growth was observed for the mixed-fed larvae. Mixed-fed larvae were significantly larger than single-fed ones when the experiment finished. However, survival rates seemed did not differ. Therefore we calculated the daily growth values during the periods of measurement, and drew curves for the values. The 3 curves of the growth values have the following characteristic patterns: ① the curve for *Pavlova lutheri* feed is lower than that for the mixed feed, ② the one for the mixed feed indicated the highest values forming peak in the middle of each experiment, and ③ the one for *Chaetoceros gracilis* feed reached the highest values at the end of the experiment. These features are thought to be related to the morphology of the larva and feed, and to the nutritional requirements of the for larvae. We consider that a mixture of *P.lutheri* and *C.gracilis* is more effective than single feeds.

キーワード: バカガイ, 幼生飼育, 混合給餌, *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros gracilis*

はじめに

二枚貝の人工種苗生産技術開発課題として幼生や稚貝と餌料藻類との関係は重要であり, 対象種に有効な餌料種の選定や給餌方法の検討は, 生産の安定化や大量生産さらに事業の効率化や省力化につながるものである。

二枚貝人工種苗生産に関連して幼生期, 稚貝期と餌料との関係を報告した例は多く, 特に幼生飼育の好適餌料や餌料価値について, アコヤガイ¹⁻³⁾, アサリ⁴⁾, クロチョウガイ⁵⁾, トリガイ⁶⁾, ウバガイ⁷⁾, バカガイ^{8, 9)}, カキ等¹⁰⁻¹²⁾で研究され, これらの中では混合給餌の有効性が報告されている^{1, 2, 6, 8-12)}。

北海道は1989年からバカガイの人工種苗生産研究を行っているが, 愛媛県¹³⁾, 福岡県⁸⁾ではすでに混合給餌による生産が事業的規模で行われている。しかし, 混合給餌と行った事例についての紹介にとどまり, 給餌方法の違いによる本種幼生期での成長や生残についての詳しい研究報告はない。

本研究では, 北海道でウバガイやウニの幼生飼育に用

いている *Pavlova lutheri* と *Chaetoceros gracilis* を供試餌料として, バカガイの幼生飼育での単独給餌と混合給餌について実験を行い, それぞれの成長と生残を調べ, 本種に対する好適給餌方法について検討した。

材料と方法

1. 給餌と幼生飼育方法

餌料藻類は, *Pavlova lutheri* (以下 *P.l.*) と *Chaetoceros gracilis* (以下 *C.g.*) を用いた。これらを単独および混合して給餌しバカガイ幼生の飼育期間中の成長と生残を比較した。餌料濃度は1または2万細胞/mlとし, 混合給餌の場合は細胞数の合計がこの値になるようにして毎日給餌し, 残餌の計数は行わなかった。1993年と1994年の試験は *P.l.* と *C.g.* に混合の割合について, 1995年と1996年は両餌料の給餌の切り換えについて検討した。

供試幼生は人工受精から2日目のD型幼生を用いた。

飼育密度は1個体/mlとし、飼育水は0.04mmセラポアフィルター(日本濾水機製)で濾過した。飼育は18~20℃に空調した室内で止水にして行い、水槽の中央からガラス管にて通気した。原則として毎日測温し、換水は全量とした。幼生個体数の計数は換水時に容積法にて行い、殻長はホルマリンで固定し、万能投影機で拡大して計測した。飼育試験は1993年から1996年にかけて年1回、合計4回行い、1回の飼育日数は15日とした。

2. 各年の試験方法

1) 1993年の試験

9月18日から10月2日に行った。1cmの厚さに砂を敷いた12ℓ容のスチロール角型水槽10槽に飼育水量を10ℓとして幼生を收容した。試験は、*P.l.*単独給餌(P区)、*P.l.*対*C.g.*が2対1で混合給餌(2P/C区)、*P.l.*対*C.g.*が1対1で混合給餌(P/C区)、*P.l.*対*C.g.*が1対2で混合給餌(P/2C区)、*C.g.*単独給餌(C区)の5区とし、各2槽ずつ設けた。餌料濃度は期間を通して1万細胞/mlとした。換水は毎日行い、計数と計測は2日毎に行った。

2) 1994年の試験

8月4日から8月18日に行った。1993年と同様の水槽5槽に飼育水量10ℓとして幼生を收容した。試験区は1)と同様の5区とし、各区1槽とした。餌料濃度は7日目までは1万細胞/ml、8日目以降は2万細胞/mlとした。換水は最初は5日目に、以降2日毎に行った。計数は4日毎と終了日に、計測は換水日毎に行った。

3) 1995年の試験

7月27日から8月10日に行った。試験開始後7日間は、35ℓ容のスチロール角型水槽2槽に飼育水量30ℓとして*P.l.*と*C.g.*を単独給餌し、また、20ℓ容のスチロール角型水槽1槽に飼育水量15ℓとして*P.l.*と*C.g.*を1対1で混合給餌した。7日目に*P.l.*と*C.g.*それぞれの単独給餌から混合給餌に切り換えるため合計5槽の20ℓ水槽で試験を継続した。それぞれの試験区は、終始*P.l.*単独給餌(P区)、*P.l.*単独給餌の後*P.l.*と*C.g.*の混合給餌(P→P/C区)、終始*P.l.*と*C.g.*の混合給餌(P/C区)、*C.g.*単独給餌の後*P.l.*と*C.g.*の混合給餌(C→P/C区)、終始*C.g.*単独給餌(C区)とした。給餌濃度は、7日まで1万細胞/ml、8日目からは2万細胞/mlとした。換水と計数は3日毎に、計測は換水日毎に行った。

4) 1996年の試験

7月17日から7月31日に行った。試験開始後7日間は、100ℓ容のバンライト水槽で*P.l.*と*C.g.*の単独給餌2槽と*P.l.*対*C.g.*が1対1の混合給餌の3槽で飼育し、8日目からは給餌方法を切り換えるため各飼育水槽の幼生を3等分し20ℓ水槽3槽に飼育水量15ℓとして收容し、合

計9槽として試験を継続した。試験区は、終始*P.l.*単独給餌(P区)、*P.l.*単独給餌の後*P.l.*と*C.g.*の混合給餌(P→P/C区)、*P.l.*単独給餌の後*C.g.*単独給餌(P→C区)、*P.l.*と*C.g.*の混合給餌の後*P.l.*単独給餌(P/C→P区)、終始*P.l.*と*C.g.*の混合給餌(P/C区)、*P.l.*と*C.g.*の混合給餌の後*C.g.*単独給餌(P/C→C区)、*C.g.*単独給餌の後*P.l.*単独給餌(C→P区)、*C.g.*単独給餌の後*P.l.*と*C.g.*の混合給餌(C→P/C区)、終始*C.g.*単独給餌(C区)とした。給餌濃度は7日まで1万細胞/ml、8日目からは2万細胞/mlとした。換水と計数は3日毎に、計測は換水日毎に行った。

結果

1. 各年の試験結果

1) 1993年の試験

試験区別の殻長と水温の変化をFig. 1に示した。水温は20.0~20.4℃でほぼ一定に推移した。混合給餌の2P/C、P/C、P/2C区での成長が単独区のP、C区を上回っていた。混合給餌区の中では*C.g.*の割合が高い区ほど成長が良かった。特にP/2C区は最も大型であった。単独区では11日目まではP区の方が成長が良かったが、その後C区の成長が良くなり、15日目には逆転した。この時の殻長はそれぞれP区:235.8μm、2P/C区:247.5μm、P/C区:252.2μm、P/2C区:259.6μm、C区:242.8μmであった。15日目の殻長の差をノンパラメトリック法によって試験区間で検定した結果、特にP/C区とP区、P/2C区と単独区・2P/C区間に有意な差(P<0.001)が認められた。

試験区別の生残率の変化をFig. 2に示した。飼育前期はP、2P/C、P/C区が高い傾向があったが、後期はP区の減耗が大きく、15日目の生残率はP/2C区:71.5%、2P/C区:70.0%、P/C区:67.0%、C区:61.0%、P区:25.0%の順で、混合区での生残が高かった。

2) 1994年の試験

試験区別の殻長と水温の変化をFig. 3に示した。水温は18.5~21.0℃で、3、15日目に20℃以下となった。成長は1993年と同様混合給餌区が良く、*C.g.*の割合が多い区ほど良く成長し、P/2C区は常に他の区を上回った。単独区は1993年と異なり、終始C区の方が大きかった。15日目の殻長はそれぞれP区:257.5μm、2P/C区:281.7μm、P/C区:279.3μm、P/2C区:290.9μm、C区:260.6μmであった。この殻長の差を1993年同様検定した結果、混合給餌区と単独給餌区間に有意差(P<0.001)のあるものが認められた。

試験区別の生残率の変化を Fig. 4 に示した。P, 2 P/C, C 区で収容後急激な減耗が認められ, 13日目には P/C 区で 40% 以下となった。5 日目以降は P/2C 区の減耗も大きく, 15 日目の生残率は P/C 区: 56.0%, P 区: 45.4%, 2 P/C 区: 37.4%, P/2C 区: 34.6%, C 区: 29.4% の順となり, 単独給餌区, 混合給餌区での違いは明らかではなかった。

3) 1995 年の試験

試験区別の殻長と水温の変化を Fig. 5 に示した。水

温は 19.1~20.2℃ で, ほぼ一定に推移した。成長は 7 日目までは混合給餌区, P.l. 単独給餌区, C.g. 単独給餌区の順で良く, 殻長はそれぞれ 138.3 μm, 131.8 μm, 110.9 μm であった。8 日目以降, P 区は P/C 区に比べ成長が遅くなった。しかし, P→P/C 区は混合給餌とすることによって成長が良くなり, P/C 区とほぼ同等の大きさになった。一方 C→P/C 区は混合給餌により P 区に迫る成長を示し, また C 区は 10 日目以降急速に成長して P→P/C 区, P/C 区と同等の大きさに達した。

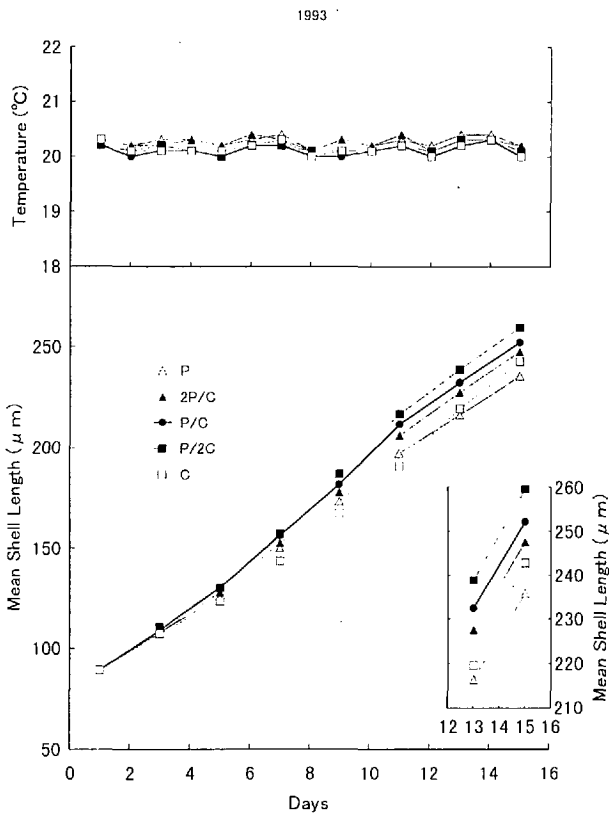


Fig. 1 Growth of larvae and culturing temperature of experiment in 1993

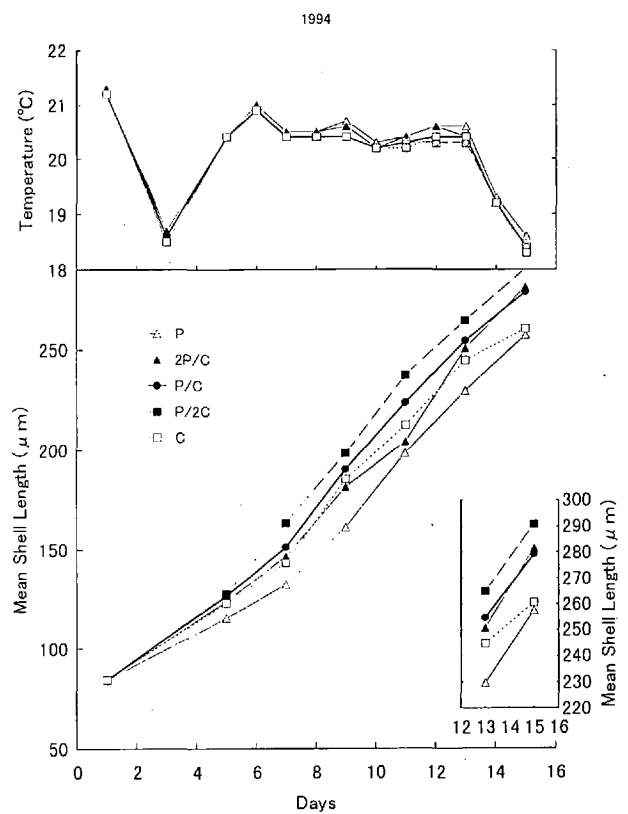


Fig. 3 Growth of larvae and culturing temperature of experiment in 1994

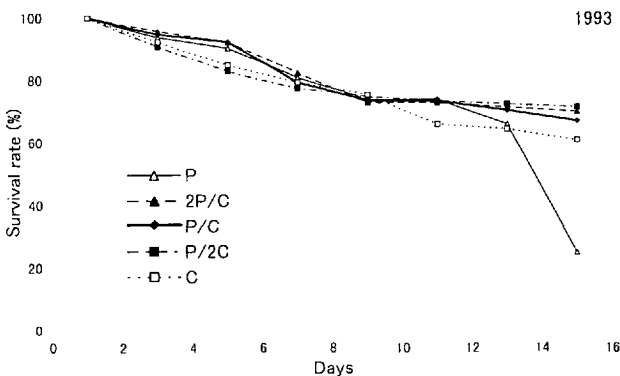


Fig. 2 Survival of larvae of experiment in 1993

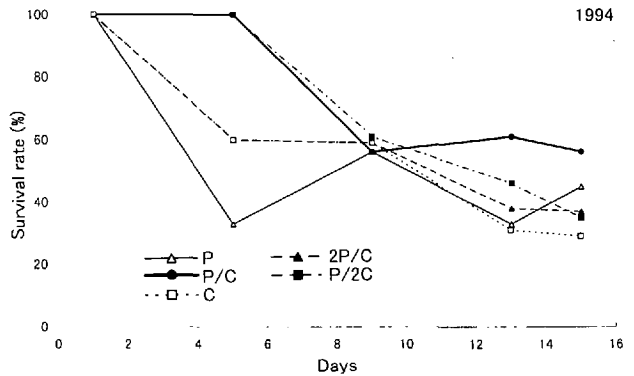


Fig. 4 Survival of larvae of experiment in 1994

15日目の各区の殻長は、それぞれP区：231.0 μm 、P→P/C区：247.8 μm 、P/C区：250.3 μm 、C→P/C区：225.3 μm 、C区：247.8 μm であった。この殻長を同様に検定した結果、P区とC→P/C区、P→P/C区とP/C区とC区でそれぞれ有意差($P>0.05$)がなく、P区とP→P/C・P/C・C区、C→P/C区とP→P/C・P/C・C区で有意差($P<0.05$)が認められた。

試験区別の生残率の変化を Fig. 6 に示した。飼育初期にC区で減耗が見られたが、1994年同様、飼育方法に

よる違いは明らかではなかった。各区の生残率は、P→P/C区：74.0%、C区：63.8%、C→P/C区：62.9%、P/C区：62.7%、P区：62.5%の順であり、P→P/C区のみが他に比べて高かった。

4) 1996年の試験

試験区別の殻長と水温の変化を Fig. 7 に示した。水温は17.0~19.0 $^{\circ}\text{C}$ で、他の年に比べ約2 $^{\circ}\text{C}$ 程低く推移した。成長は7日目までは1994年と同様混合給餌区、P.l. 単独給餌区、C.g. 単独給餌区の順で成長が良く、殻長

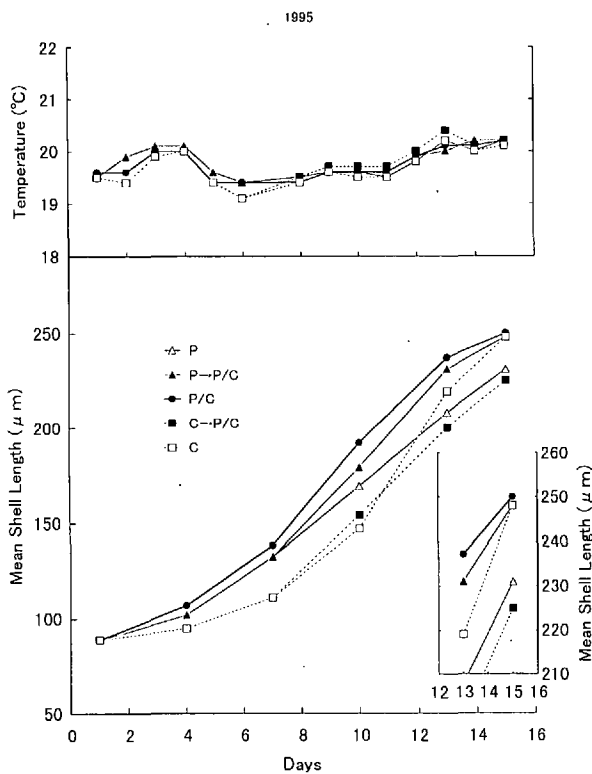


Fig. 5 Growth of larvae and culturing temperature of experiment in 1995

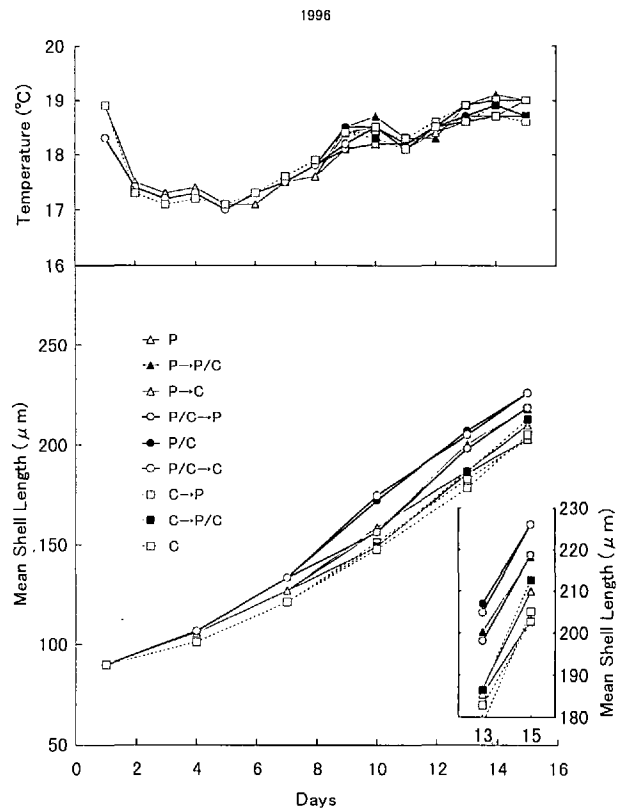


Fig. 7 Growth of larvae and culturing temperature of experiment in 1996

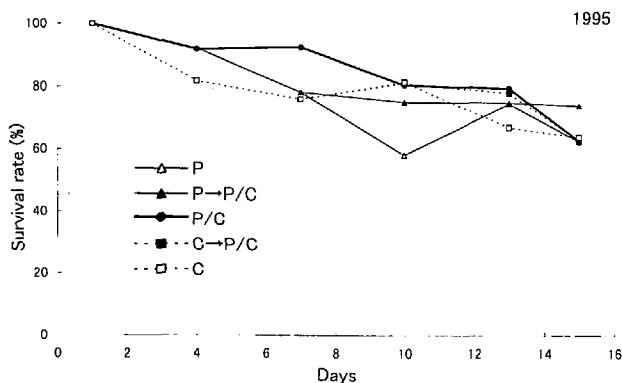


Fig. 6 Survival of larvae of experiment in 1995

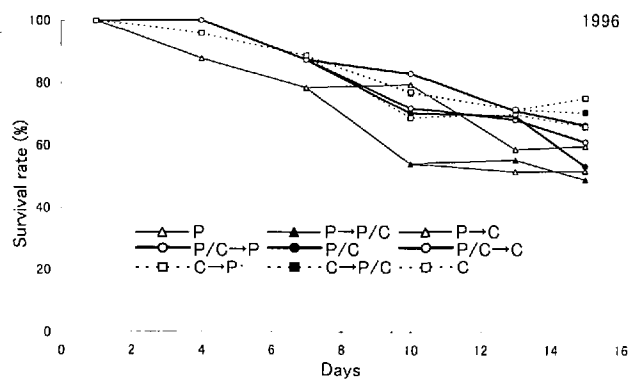


Fig. 8 Survival of larvae of experiment in 1996

はそれぞれ133.2 μm , 126.6 μm , 121.1 μm , であった。8日目以降はP/C, P/C→C区, P→P/C区, C→P/C区がそれぞれ成長が良くなり, 8日目まで混合給餌とした区が単独給餌したものより良好となった。15日目の殻長はそれぞれP/C区: 226.0 μm , P/C→C区: 225.9 μm , P/C→P区: 218.7 μm , P→P/C区: 218.2 μm , C→P/C区: 212.2 μm , P→C区: 209.9 μm , C区: 205.1 μm , P区: 203.0 μm , C→P区: 202.7 μm の順となった。飼育水温が低く経過したため他の年より成長が遅かった。この殻長を同様に検定した結果, 成長の良いP→P/C, P/C→P, P/C, P/C→C区は, 成長の劣るP, C→P区より有意 ($P < 0.05$) に大きかった。前期に混合給餌区であった区は成長が良く, 後期にP.I.単独給餌した区は成長が悪かった。

試験区別の生残率の変化を Fig. 8 に示した。P.I.単独給餌区の生残率は, 混合給餌区, C.g.単独給餌区に比べ低く, P, P→P/C区は半数が減耗した。15日目の各生残率は, C区: 75.3%, C→P/C区: 70.5%, P/C→C区: 66.5%, C→P区: 66.0%, P/C→P区: 61.1%, P→C区: 59.8%, P/C区: 53.3%, P区: 51.8%, P→P/C区: 48.9%の順であった。

5) 各年次の日間成長量

各年に共通するP.I.の単独給餌区(P区), P.I.対C.g.が1:1の混合給餌区(P/C区), C.g.の単独給餌区(C区)について日間成長量を算出し, その経日変化を Fig. 9 に示した。1993年と1996年は日間成長量が低く最高値はそれぞれP/C区での15.0 $\mu\text{m}/\text{日}$, C区での13.5 μm であった。1994年と1995年はこれらより高く最高値はそれぞれC区での21.0 $\mu\text{m}/\text{日}$, C区での24.0 $\mu\text{m}/\text{日}$ であった。P/C区とC区で最も高いピークが認められ, P区は全体的に低く推移した。

考 察

1993年, 1994年では, 混合の割合について検討したが, 単独の区と混合の区で回収時の大きさに明らかな違いが認められた。中でもC.g.の割合が高い方が良好な成長を示した。1995年, 1996年では, 飼育途中で給餌方法を変えたが, 混合区は飼育期間中終始他の区より良かったが, P.I.を単独で給餌したものでも混合に換えると, それ以降に成長が良くなることが認められた。また, C.g.の単独給餌の場合はP.I.と異なり, 飼育後期に成長の伸びの良いたことが注目される。これら4回の試験を通して, 混合給餌がより成長に効果的であるといえる。一方, 生残りは1993年のP区が極端に劣るが, 全体的にはそれぞれの区で明確な差は認められない。従って生残りに

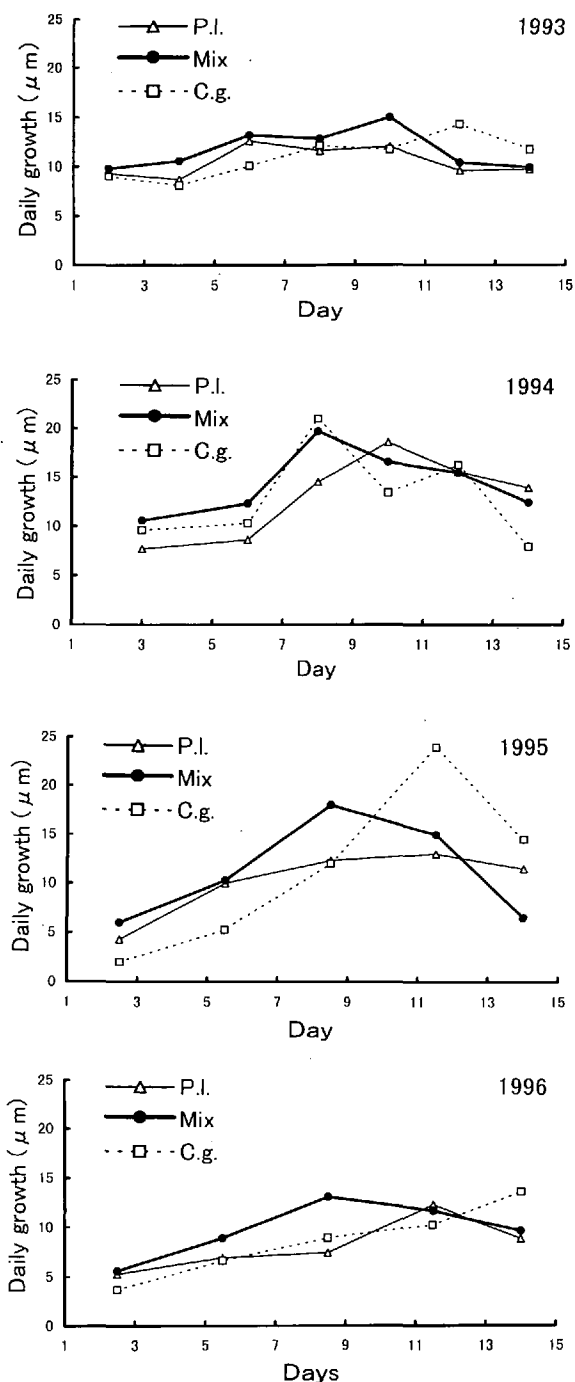


Fig. 9 The curves of daily growth of single and mixed-fed larvae in 1993-1996

これらの餌料とは別の要因が関係していると考えられる。一般に二枚貝の成長は混合給餌の結果が良好で, アコヤガイ幼生^{1,2)}, トリガイ幼生⁶⁾, アコヤガイ稚貝¹⁴⁾, ミルクイガイ稚貝¹⁵⁾等でその有効性が報告されている。C.g.とChlorella sp.を混合給餌した場合バカガイ幼生⁹⁾でもその効果は明らかであり, 餌料の混合投与が, 幼生の成長を良くする要因の1つになると考えられる。

次に各年の日間成長量の推移を給餌方法別にみると、3つの試験区で3様の形を示した。それぞれで成長量のピークをもつが、急速な成長は150 μm 前後に認められる。二枚貝の幼生は発育過程でD型幼生からアンボ期となり沈着期を迎える。この大きさは、丁度このうちのアンボ期にあたり、この時期以降に急成長すると思われる。アンボ期の変態に伴い摂餌能力が高まるものと考えられる。また、飼育期間の終わりには成長量が低下している。この時期は幼生が沈着期となり、底生生活に移行するための変態が起こるため、成長が停滞すると考えられる。

これらのことは、各年でそれぞれ類似した型として認められ、1994年のC.g.区で他の場合と異なるが、次の3種類にパターン化することができる。①型、P.l.単独給餌区は飼育期間を通じて混合給餌区より日間成長量は低い値を示す。②型、混合給餌区は飼育期間を通じて日間成長量が高く推移し、特に飼育期間の中間で最高値となる。③型、C.g.単独給餌区は飼育後期にかけて日間成長量が向上する。これらは1995年に特に典型的な形として認められる。これら3型の違いは、餌料の形状や大きさと幼生の摂餌機能、栄養要求に起因していると思われる。P.l.とC.g.はバカガイ幼生の餌として好適であることが確かめられており⁹⁾、単独でも変態期まで飼育可能であるが、これらを混合して用いると、単独で与えた場合より成長の良くなることが明らかになった。

トリガイやアサリでは混合給餌が幼生の栄養要求の相互補完になっている可能性が報告され^{6, 16)}、本研究においてバカガイ幼生でも同様の効果が示された。これに対し、C.g.単独給餌区では飼育初期に成長が遅れた。C.g.は刺毛を有し、P.l.より大型のため、ウバガイ幼生の初期はC.g.を摂餌できないことが報告されている⁷⁾。また、田中⁵⁾は摂取可能な細胞種を限定する要因は摂餌構造の差異に起因するのが妥当とし、クロチョウガイの幼生は刺毛のないP.l.は物理的に利用可能な細胞であるとしている。これらのことから、C.g.での初期成長の遅れは幼生の摂餌能力によるものと考えられる。P.l.とC.g.の餌料価値を栄養面から直接比較したものはないが、鳥羽ら¹⁶⁾は高度不飽和脂肪酸が二枚貝の餌料価値を決定する大きな要素の1つと報告しており、今後幼生の栄養要求について検討が必要である。

以上のことから、本種の幼生にP.l.とC.g.を単独または混合で与えた場合の成長様式の違いが明らかとなった。人工種苗生産を行う場合、幼生の飼育期間を通して混合給餌を行うことが最も望ましいと考えられるが、単独であっても、飼育期間のうち短期間でも混合給餌にすることで、その効果が期待できると思われた。

人工種苗生産事業を推進していくうえで餌料の選定は

重要な要素となる。餌料について田中¹⁷⁾はその大きさ、形状など幼生が摂餌可能なものとしているが藤本・瀧口⁹⁾は増殖が速くて安定したものを、林・羽田¹⁴⁾は常温で簡単に安定して培養できるものとしており、培養効率を重視している。混合給餌は効率的な幼生飼育に有効なものとなると考えられるが、2種類以上の餌料を常に培養しておく必要がある。これに対し、単独給餌は混合給餌より効果は劣るものの省力化が図れる。これらのことは、今後バカガイの幼生飼育を事業規模で行う場合での検討すべき課題である。

要約

1993から1996年に計4回、*Pavlova lutheri*と*Cheatoceros gracilis*を用いてバカガイ幼生飼育での単独給餌と混合給餌の試験を行い、各給餌方法での幼生の成長と生残を調べた。

- 1993と1994年は混合比率を変えて行ったが、どちらの年もP.l.対C.g.の割合を1対2とした区が最も良く成長し、単独給餌区はどちらも混合給餌区に比べて成長が劣った。
- 1995と1996年は飼育の前期と後期で給餌方法を変えて行ったが、P.l.は混合に変えると成長が促進された。
- 生残は単独給餌区、混合給餌区とも同じような減少傾向を示し、双方の生残率に明らかな違いは認められなかった。
- 飼育期間中の日間成長量の経日変化は、①P.l.単独区は混合区より低く推移、②混合区は飼育期間の中間で最高値、③C.g.は右上がり後期にかけて成長量が向上、の3つにパターン化できた。
- 混合給餌による良好な成長は2種の餌料による栄養の相互補完と考えられたが、C.g.での初期の成長不振は、幼生の摂餌能力に起因するものと思われた。
- バカガイの幼生飼育では飼育期間を通して混合給餌が最も有効であるが、短期間の混合給餌でもその効果が期待できるものと思われた。

謝辞

本研究を進めるにあたり、*Cheatoceros gracilis*の餌料の確保に快く協力いただいた、北海道栽培漁業振興公社鹿部支所職員諸氏、ならびに当センター名畑進一主任研究員に深く感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 和田克彦：三種類の微細藻類を与えたアコヤガイ幼生の成長。国立真珠研報. 17, 2075-2083(1973)
- 2) 西村昭史： *Monochrysis lutheri* の培養方法の簡素化と四種餌料を与えたアコヤガイ幼生の成長三重県浜島水産試験場年報. 昭和50年度. 40-45 (1977)
- 3) Okauchi, Masanori : Food value of *Isochrysis* aff. *galbana* for the growth of Pearl Oyster Spat. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 56(8), 1343 (1990)
- 4) 深山義文, 鳥羽光晴：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 (1990)
- 5) 田中弥太郎, 伊野波盛仁, 嘉数清：沖縄におけるクロチョウガイの種苗生産に関する基礎研究－Ⅲ. 東海区水研報. 63, 79-85 (1970)
- 6) 西広富夫：トリガイの人工種苗に関する研究－Ⅱ浮遊幼生の投与餌料と飼育密度について. 京都海洋センター研究報告. 4, 18-21 (1980)
- 7) 天神僚, 石井孝幸：ウニ類と二枚貝の幼生飼育のための餌料生物. 福島種苗研報. 1, 29-34 (1984)
- 8) 藤本敏昭, 瀧口克己：バカガイ *Mactra chinensis* PHILIPPI の種苗生産企業化試験－Ⅱ50トン水槽における量産化試験. 福岡豊前水試研報. 2, 95-106 (1989)
- 9) 藤本敏昭・瀧口克己：バカガイ *Mactra chinensis* PHILIPPI の種苗生産企業化試験－Ⅲ明るい条件化における幼生飼育技術開発. 福岡豊前水試研報. 3, 77-87 (1990)
- 10) Davis, H. C. : On food and feeding of larvae of the American Oyster, *C. virginica*. *Biol. Bull.* 104(3), 334-350 (1953)
- 11) Davis, H. C. and Guillard, R. R. : Relative value of ten genera of Micro-Organisms as foods for oyster and larvae. *Fish. Bull.* 136, 293-304 (1958)
- 12) Helm, M. M. and I. Lang : Preliminary observations on the nutritional value of 'Tahichi *Isochrysis*' to bivalve larvae. *Aquaculture*. 62, 281-288 (1987)
- 13) 武智昭彦, 弓立春樹：バカガイの種苗生産. 平成4年度愛媛中予栽培センター業務報告書. 27-34 (1992)
- 14) 林政博, 羽田好孝：アコヤガイ稚貝の餌料について. 昭和58年度三重県栽培漁業センター事業報告書. 55-64 (1983)
- 15) 大澤博, 山田智：インクリシスのミルクイガイ初期稚貝に対する餌料価値. 愛知水試研報. 2, 1-5 (1995)
- 16) 鳥羽光晴, 深山義文, 境美恵：インクリシス・タヒチ株の大量培養－Ⅳ 単一藻類給餌でのアサリ稚貝に対する餌料価値. 栽培技研. 22(2), 75-81 (1994)
- 17) 田中弥太郎：二枚貝の種苗生産技術. さかな. 13, 28-31 (1974)