

微粒子人工配合飼料を用いた大型水槽でのクルマエビ種苗 生産

誌名	水産増殖 = The aquiculture
ISSN	03714217
著者	與世田, 兼三 芦立, 昌一 村上, 直人
巻/号	44巻4号
掲載ページ	p. 503-510
発行年月	1996年12月

微粒子人工配合飼料を用いた大型水槽での クルマエビ種苗生産

與世田兼三¹⁾・芦立昌一¹⁾・村上直人¹⁾・金澤昭夫²⁾

(¹⁾日本栽培漁業協会志布志事業場, ²⁾鹿児島大学水産学部)

Mass Seed Production of *Penaeus japonicus* Bate Fed with a Microparticulate Diet

Kenzo YOSEDA, Masakazu ASHIDATE, Naoto MURAKAMI, and Akio KANAZAWA

Abstract

The effects of initial diets on the growth and survival rate of *P. japonicus* from nauplius₆ to postlarva₁ under mass seed production were investigated. Four live foods: *Chaetoceros gracilis* (*C.g.*), *Tetraselmis* sp. (*T.sp.*), *Brachionus plicatilis* (*B.p.*), *Artemia* sp. nauplii and a microparticulate diet were used as food. All four live foods and the microparticulate diet were fed in the control.

Four dietary treatments were compared in which the following live foods were removed from the control: 2) *B.p.*, 3) *B.p.* + *C.g.*, 4) *B.p.* + *C.g.* + *T.sp.*, and 5) all four live foods. Treatments 2), 3), and 4) promoted higher survival rates than the control whereas the lowest survival rate was obtained in treatment 5). These results indicated that a microparticulate diet may be used as substitute for *C. gracilis*, *Tetraselmis* sp., and *B. plicatilis*, but not for *Artemia* sp. nauplii in the mass production of *P. japonicus* from nauplius₆ to postlarva₁.

クルマエビ *Penaeus japonicus* の種苗生産に関しては、これまでに多くの研究が行われてきた¹⁻⁴⁾。これらの成果が民間の養殖現場や公的な機関で応用されることにより年間約6.7億尾の稚エビが生産されるようになっており、その内、日本栽培漁業協会(日栽協)志布志事業場では約1億尾の放流用種苗を生産している⁵⁾。

クルマエビ種苗生産における初期餌料としては、キートセロス *Chaetoceros gracilis*, テトラセルミス *Tetraselmis* sp. などの植物プランクトン, また, シオミズツボムシ *Brachionus plicatilis*, およびアルテミア幼生 *Artemia* sp. nauplii などの動物プランクトンが各

機関で一般的に用いられている。しかし、これらの培養は天候などの自然条件に左右されることから、所要量の生物餌料を確保するのが困難で、生物餌料に依存した種苗生産においては、大量生産を制限する因子の一つとなっている。また、餌料培養は大規模な設備と労力を必要とすることから、種苗生産過程における作業上の省力化、および生産方式の自動化を妨げる要因となっている。このような問題点を克服するための解決策の一つとして、近年は生物餌料に替わる栄養価の高い人工飼料の開発が行われている⁶⁻¹¹⁾。本報告では種苗の大量生産を安定的に行うことを目的とし、人工飼料を用いて稚エビ変態までの初期餌料の種類の差が

受領日: 1996(H 8)年4月28日

索引語: クルマエビ/種苗生産/微粒子人工配合飼料/初期餌料

連絡先: 〒899-71 鹿児島県曾於郡志布志町夏井 日本栽培漁業協会志布志事業場 與世田兼三

Address: K. YOSEDA, Shibushi Station, Japan Sea-Farming Association, Shibushi, Kagoshima 899-71, Japan

クルマエビ幼生の成長と生残に与える影響について検討した。なお、本研究の一部の実験は、社団法人マリノフォーラム21人工配合飼料研究会との共同研究として実施したものである。

実験方法

供試エビ 採卵に用いた成熟エビは1994年4月16日～8月20日の間に宮崎県延岡市、および大分県佐伯市、別府市、杵築市の仲買業者、さらに、鹿児島県出水市漁協から合計7回購入したものをを用いた。購入した成熟エビは1.7 m³のFRP製輸送水槽に収容し、ブローアで通気を施し約4～7時間を要して日裁協志布志事業場に搬入した。採卵に用いた成熟エビはそれぞれ産地および購入時期が異なっているが、志布志事業場の過去10ケ年にわたる平均全長14 mmでの生残率は約50%と安定しており、産地および時期による生残率への影響はあまり認められていない。

産卵および卵の回収 搬入した成熟エビは上屋付き35 m³コンクリート角型水槽に収容し、水温は25～29℃で1～3晩で産卵させた。卵は産卵水槽からの排水とともに採卵ネット(目合100 μm)で受けて回収した。回収した卵は全てバキュロウイルス性中腸腺壊死症の発生を予防するため海水で洗卵処理を行った¹²⁾。

実験区 実験区は、餌料系列を変えた5区を設定し

た。対照区には日裁協志布志事業場がこれまでの種苗生産で用いている餌料系列に従い、キートセロス、テトラセルミス、シオミズツボワムシ(以下、ワムシ)、アルテミア幼生(北米産)および市販の微粒子人工配合飼料(以下、微粒子飼料)の5種類全てを給餌した(Fig. 1, 1区)。実験区としては、対照区からワムシを省いた区(Fig. 1, 2区)とキートセロスおよびワムシを省いた区(Fig. 1, 3区-1および2区)を設け、3区については反復区を設けた。さらに、市販の微粒子飼料に変え、マリノフォーラム21で共同開発した微粒子飼料(以下、MF 21微粒子飼料)とアルテミア幼生を給餌する区(Fig. 1, 4区)およびMF 21微粒子飼料のみを給餌する区(Fig. 1, 5区)を設けた。

飼育方法 実験には屋外400 m³コンクリート角型水槽2面を用い、実験は対照区および2区から別々に開始し、終了時点で3区-1および2を同時に開始した。さらに、4区および5区についても3区の試験が終了した時点で同時に実験を開始した。実験水槽には上述した洗卵処理後の1,400～2,200万粒の卵を対照区では3日間、3～5区では2日間、2区では1日間かけて収容した。しかし、成熟エビの産卵数が各事例で異なり、また、ふ化率が44～91%と変動が大きかったため、実験区の収容尾数は対照区で921.6万尾、2区で1,403.6万尾、3区-1および2でそれぞれ1,552.5

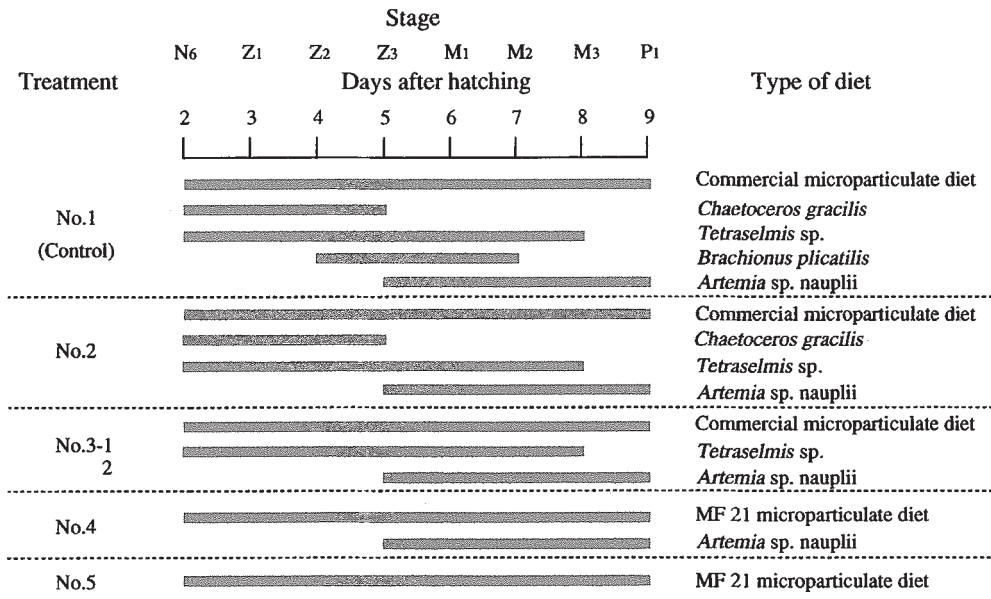


Fig. 1. Feeding scheme for mass production of *P. japonicus* fed on microparticulate diet with or without live foods.

万尾, 1,596.0万尾, 4区で1,167.0万尾, および5区で1,260.0万尾となった。実験はノープリウス6期から開始し, クルマエビ幼生が稚エビに50%以上の割合で変態した段階で終了とした。

水槽上部の天井は寒冷紗(遮光率95%)で覆い, pHが8.70を越えないよう随時開閉して調節を行った。但し, 4区および5区については藻類の繁殖を抑さえる目的で終日寒冷紗で水槽上面を覆った。対照区~3区の水量は200 m³, 4区および5区の水量は300 m³で実験を開始し, いずれも400 m³の水量に達するまで植物プランクトンおよび濾過海水を適宜添加した。換水はクルマエビ幼生がミス期に変態してから開始し, 換水率は0.2~1.0回/日まで適宜増加させた。対照区および2区の水温は25℃を維持するように熱交換器で加温した。3~5区は海水温が25℃を超えていたため自然水温とした。各実験における水温は対照区~3区の間では顕著な差は認められなかったが, 8月に試験を行った4区および5区では対照区より2~3℃高くなった。pHは各実験区で異なり7.7~8.5の間で推移した(Fig. 2)。

なお, 本報ではクルマエビ幼生のステージ表記は, ノープリウス1~6期をN_{1~6}, ゾエア1~3期をZ_{1~3}, ミス1~3期をM_{1~3}, および変態直後の稚エビをP₁と記すことにする。実験で使用するキートセロ

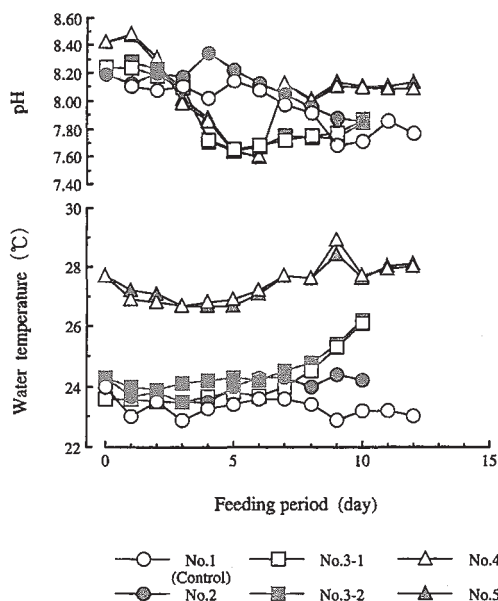


Fig. 2. Daily water temperature and pH in rearing tanks of *P. japonicus* fed on microparticulate diet with or without live foods.

スとテトラセルミスはいずれも純粹培養したものであり, いずれも細胞密度が20~30万細胞/mlとなるように拡大培養後, 幼生の餌料として用いた。飼育水中の植物プランクトンの細胞数は, 毎日8時と15時の2回, 血球計算盤で計数した。キートセロスはN₆~Z₃に, テトラセルミスはN₆~M₃にかけて給餌し, 飼育水中の細胞密度が一方あるいは両方で3万細胞/mlを維持するようにした。ワムシはZ₂~M₂, アルテミア幼生はZ₃~P₁にかけて給餌した。給餌量はクルマエビ幼生のステージに合わせて, ワムシで40~100個体/尾, アルテミア幼生で30~90個体/尾を基準に1~2回/日に分け, いずれも栄養強化は行わずに給餌した。市販の微粒子飼料とMF 21微粒子飼料は幼生のステージに合わせて0.08~0.36 mg/尾を2~6回/日に分けて与えた。微粒子飼料の粒径はいずれもZ₁で53 μm以下, Z₂~M₁で53~125 μm, M₂~P₁で125~250 μmのものを用いた。微粒子飼料はいずれも凍結乾燥法により製造したものであり, MF 21微粒子飼料は市販の微粒子飼料に比べて高タンパクおよび低脂質であった(Table 1)。

Table 1. Composition of microparticulate diet for *P. japonicus*

Ingredient (%)	Type of microparticulate diet	
	Commercial	MF 21
Moisture	6.5	6.8
Crude protein	44.0	54.4
Crude lipid	21.5	11.9
Crude ash	8.3	8.5
Crude fiber	-*	1.7
Ca	-*	0.8
P	-*	0.9

* Not analysed.

生残および成長の測定 稚エビ変態までのクルマエビ幼生数は, 毎日柱状サンプリングにより, 水槽の24ヶ所から合計20 lを採水し容量法で計数した。

全長の測定は試験終了時に行った。測定は, 各実験区とも無作為に30~50個体の稚エビを採集し, 万能投影機(NIKON V-12)を用い, デジタルノギス(MITUTOYO CORP.)により行った。また, 湿重量と乾燥重量は50~100尾をまとめて電子天秤(METTLER AE-20)で測定し1尾当りの重量を算出した。湿重量の測定は取り上げたサンプルを水道水で洗浄後, 濾紙上で水分をとり除いてから行った。湿重量を測定したサンプルは, 恒温器で80℃, 24時間の乾

燥を行った後に乾燥重量を測定した。

結 果

各餌料の給餌量 実験で用いたキートセロス、テトラセルミス、ワムシ、アルテミア幼生および微粒子飼料の総給餌量を Table 2 に示した。キートセロスは対照区と 2 区へほぼ計画通りに供給できた。また、テトラセルミスも対照区では同様に供給できた。一方、2 区では飼育水中でテトラセルミスが増殖したため、計画よりも少ない給餌量で給餌基準を維持できた。しかし、3 区-1 および 2 では、いずれも飼育水中に鞭毛虫が発生してテトラセルミスが食害されたため、給餌基準を大幅に上回り、42.0~45.5 m³ (100万細胞/m³換算) となった。2~5 区における微粒子飼料は、餌料系列から除外したそれぞれの生物餌料の代替餌料として給餌した。このため、3 区-1 および 2 を除いては、微粒子飼料の給餌量はほぼ一定の割合で増加した。3 区-1 および 2 については、食害されたテトラセルミスの不足分を微粒子飼料で補ったので、給餌量が増加した。アルテミア幼生の給餌量は、対照区に比べて 3 区-1 および 2 のみは約 4 倍多くなったが、この理由は、微粒子飼料で上述したことと同様である。逆に、4 区の給餌量は対照区の約 1/3 に減少しているが、この理由は、微粒子飼料の有効性を確認するため、任意にアルテミア幼生の基準量を低くしたからである。

総給餌量のみでは、稚エビ 1 尾を生産するために供給された各餌料の内訳が判断できないため、Fig. 3 に稚エビ変態までに使用した各餌料毎の 1 尾当りの給餌量を示した。これによると、アルテミア幼生を除く生物餌料では、対照区よりも 2 および 3 区の実験区で給餌量が少なく、逆に、微粒子飼料では、2~5 区の実験区で段階的に増加している傾向が認められる。

飼育水中のキートセロス、テトラセルミス、およびワムシ密度の変遷を Fig. 4 に示した。これを見ると、キートセロスとテトラセルミスを併せた飼育 3~10 日目までの細胞密度は、対照区で平均 2.5 万細胞/ml (1.0

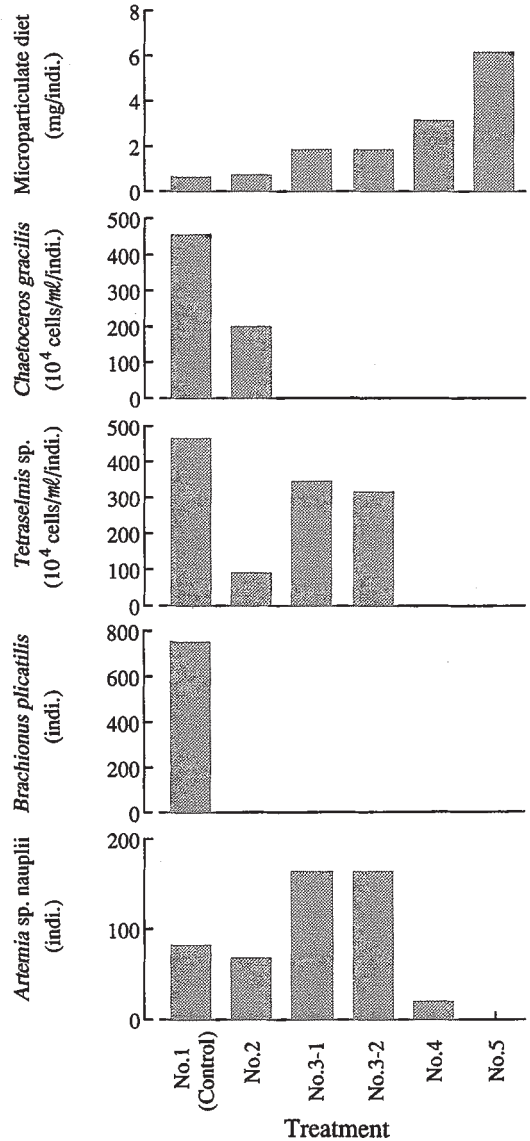


Fig. 3. Amounts of *Chaetoceros gracilis*, *Tetraselmis* sp., *Brachionus plicatilis*, *Artemia* sp. nauplii, and microparticulate diet per individual *P. japonicus* (nauplius₆ to postlarva₁).

Table 2. Total amount of feeds supplied to *P. japonicus* in treatment No. 1-5

Type of diet	Treatment No.					
	No.1 (Control)	No.2	No.3-1	No.3-2	No.4	No.5
Microparticulate diet (kg)	4.3	9.5	24.5	24.5	28.5	36.9
<i>Chaetoceros gracilis</i> (m ³)	31.7*	27.4*	0	0	0	0
<i>Tetraselmis</i> sp. (m ³)	32.4*	12.5*	45.5*	42.0*	0	0
<i>Brachionus plicatilis</i> (×10 ⁸ indi.)	52.8	0	0	0	0	0
<i>Artemia</i> sp. nauplii (×10 ⁸ indi.)	5.7	9.3	21.8	21.9	1.8	0

* The value was calculated at 100 × 10⁴ cells/ml.

～4.5万細胞/ml), 2区で平均3.6万細胞/ml (0.9～5.4万細胞/ml) とほぼ給餌基準値を維持できた。一方, 餌料系列からキートセロスを省いた3区-1および2ではいずれも水槽内で珪藻(キートセロス)が自然発

生したのに対し, テトラセルミスはいずれも鞭毛虫による食害のため飼育水中ではほとんど観察されず, 飼育3～10日目までの両者を併せた細胞密度は3区-1で平均1.4万細胞/ml (0.2～3.7万細胞/ml), 3区-2で平均1.7万細胞/ml (0.2～4.2万細胞/ml) と基準値を下回った (Fig. 4)。4区および5区では終日寒冷紗で水槽上面を覆っていたため, 珪藻の自然発生は認められなかった。

ワムシは対照区のみ飼育7日目から2日間にわたり供給した。しかし, ワムシ密度は3.0～7.4個体/mlとかなり高密度で推移しており, この理由がクルマエビ幼生に餌料として利用されなかったことによるのか, また, 飼育水中で増殖したことに起因するのかわかり不明である (Fig. 4)。

成長と生残 稚エビ変態時の生残率を比較すると, 対照区からワムシを省いた2区で生残率が98.7%と最も高く, ついでキートセロスとワムシを省いた3区-1, および2でそれぞれ85.5%, 84.0%, MF 21微粒子飼料とアルテミア幼生を併用した4区で78.6%, 対照区で76.0%, MF 21微粒子飼料のみを給餌した5区で47.8%の順となった (Table 3, Fig. 5)。

稚エビ変態時の平均全長は対照区で5.91 mmと最も大きく, 2区で, 5.82 mm, 3区-1および2でそれぞれ5.52 mm, 5.60 mm, 4区で4.38 mm, 5区で4.03 mmと順番に小さくなっていった。このため, 平均全長についてt検定を行ったところ, 対照区と2区では有意差 ($P > 0.1$) が認められなかった。しかし, 対照区に比べて3～5区間では有意 ($p < 0.001$) に小さかった。また, 体重でも全長と同様の傾向が認められた。一方, 各実験区の $N_6 \sim P_1$ までに要した日数は, 7～9日となり, 対照区に比べて大差なかった。(Table 3)。

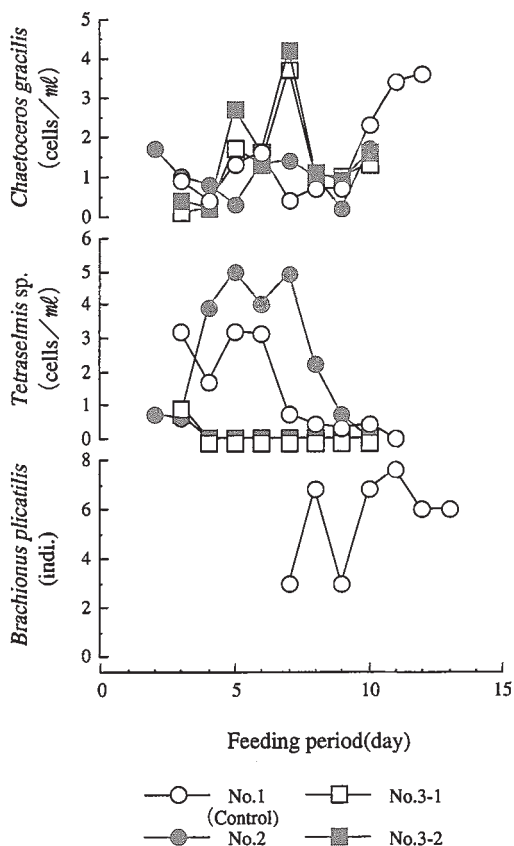


Fig. 4. Daily counts of *Chaetoceros gracilis*, *Tetraselmis* sp., and *Brachionus plicatilis* in rearing tanks of *P. japonicus* in treatment No. 1-3.

Table 3. Survival rate, total length, body weight, and metamorphosis of *P. japonicus* fed with or without microparticulate diet

	Treatment No.					
	No.1 (Control)	No.2	No.3-1	No.3-2	No.4	No.5
Initial No. of larvae ($\times 10^4$)	921.6	1,403.6	1,552.5	1,596.0	1,167.0	1,260.0
Final No. of larvae ($\times 10^4$)	700.0	1,385.7	1,328.0	1,340.0	917.0	602.0
Survival rate (%)	76.0	98.7	85.5	84.0	78.6	47.8
Total length(mm) Mean \pm S.D.	5.91 \pm 0.357	5.82 ^{NS} \pm 0.192	5.52* \pm 0.338	5.60* \pm 0.352	4.38* \pm 0.197	4.03* \pm 0.175
Mean wet body weight (mg)	—	0.859	0.868	0.850	0.345	0.251
Mean dry body weight (mg)	—	0.131	0.185	0.187	0.078	0.074
Larval metamorphosis (days) (N_6 to post-larva ₁)	8	7	8	8	7	9

NS: Not significant. * : $p < 0.001$.

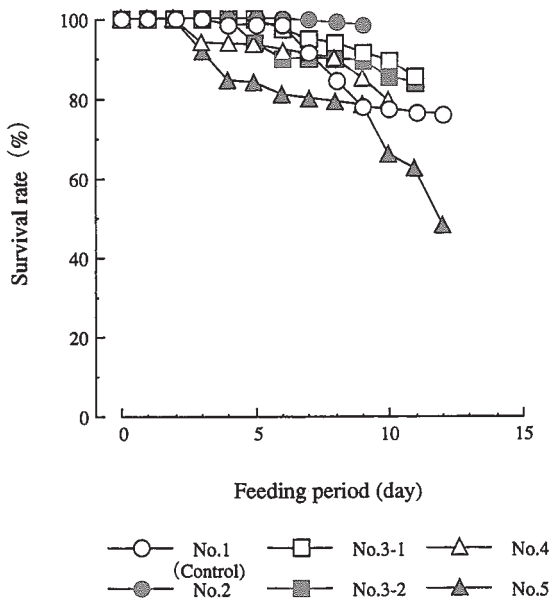


Fig. 5. Survival rate of *P. japonicus* fed on microparticulate diet with or without live foods.

考 察

Liao *et al.*¹³⁾はクルマエビ類の幼生に必要な餌料として、珪藻類、テトラセルミス、ワムシ、およびアルテミア幼生などの生物餌料をあげているが、これらの餌料を用いた稚エビ変態までの生残率は10~90%と安定していない。この原因としては、キートセロスおよびテトラセルミスなどの植物プランクトンを餌料として用いる場合、細胞の状態、水温の条件、飼育水中の鞭毛虫の有無などに給餌基準が左右されやすく、予定の基準値を安定的に維持できないためと考えられる。また、クルマエビ幼生は、Z₁からM₁までの間は植物性プランクトンを好んで摂餌するため、摂餌量を補うだけの餌料を確保できない場合が多いこと、さらに、植物プランクトンの栄養的な問題などが理由として考えられる。今回行った実験でも、2区のように、飼育水中でテトラセルミスが増殖し、対照区の給餌量よりも約1/2の量で給餌基準が維持できる事例がある一方で、3区-1および2のように鞭毛虫による食害のため、対照区の約1.5倍多くテトラセルミスを供給しても給餌基準を維持できないこともあり、植物プランクトンを餌料として用いる際の利点と欠点が同時に露呈された (Table 2, Fig. 4)。これに対して、微粒子餌料は動・植物プランクトンと違って、天候および飼

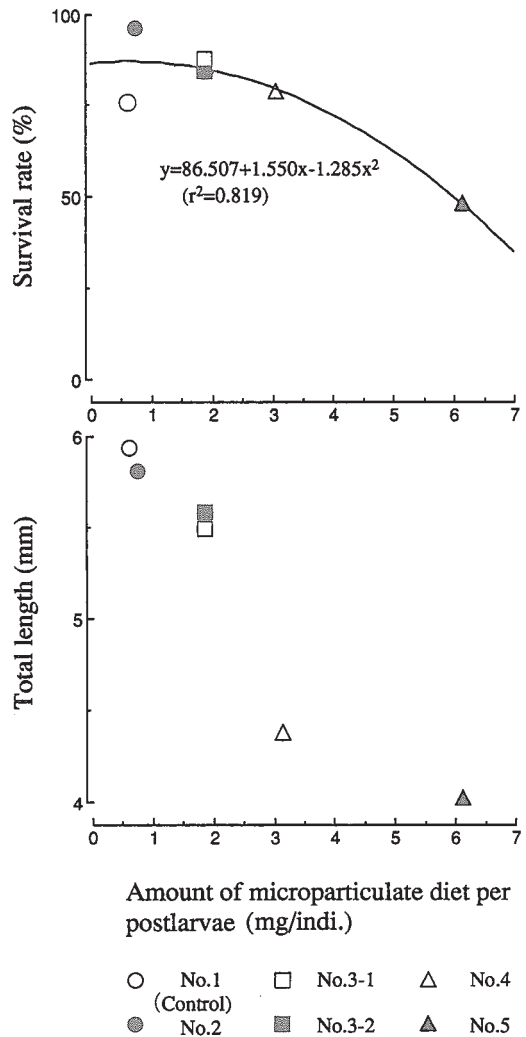


Fig. 6. Effects of microparticulate diet on the survival rate and growth of *P. japonicus* larvae in treatment No. 1-5.

育条件などに左右されず安定的に供給することが可能であり、3区-1および2で生じたような餌料不足に陥っても直ちに対処できる利点がある。また、微粒子餌料の組成は、クルマエビ幼生のタンパク質、脂質、炭水化物、ビタミン、およびミネラルなどの栄養素の要求量におおむね基づいて決定されているため¹⁴⁻¹⁷⁾、栄養価は高い。実際、今回の実験では対照区に比べて生残率が劣ったのは5区のみであった。このため、微粒子餌料がクルマエビ幼生の成長と生残に与えている影響を把握するため、Fig. 6に稚エビ1尾を生産するまでに用いた微粒子餌料の給餌量と成長および生残の

関係を示した。これを見ると、生物餌料の種類が削減され、微粒子飼料の給餌量が増加するにしたがい、生残率が緩やかに低下しているのが認められ、3 mg/尾以内の給餌量であれば、微粒子飼料の生残に与える効果はあると判断できる。この根拠としては、2区では対照区からワムシ、3区-1および2ではキートセロスとワムシ、4区ではキートセロス、テトラセルミス、およびワムシなどの生物餌料を削除し、微粒子飼料でこれらの生物餌料の不足分を補っているにもかかわらず、生残率は対照区よりも高く、また、Liao *et al.*¹³⁾の実験結果に比べても高く安定しているからである (Fig. 3)。このことから、微粒子飼料は生物餌料の栄養的な欠陥を補い、安定剂的な役割を果たしているものと推察される。ただし、生物餌料の完全な代替餌料として微粒子飼料を用いる場合は、5区が生残率が示すように約50%まで低下しているため、微粒子飼料単独による種苗生産は無理があると言わざるを得ない。本実験では、市販飼料の単独区を設けて比較していないが、與世田¹⁹⁾は小型水槽で微粒子飼料の開発試験を行っており、今回用いた市販飼料単独での生残率は低い(36%)と報告している。したがって、市販飼料およびMF 21 微粒子飼料は生物餌料の完全な代替餌料としては利用できないが、少なくともキートセロスおよびワムシの代替餌料としては十分に餌料価値があると判断できる。つぎに、微粒子飼料がクルマエビ幼生の成長に与える影響を見ると、微粒子飼料の給餌量が増加するにしたがい、稚エビ変態時の平均全長が直線的に小さくなっており、成長の遅れが認められる。この現象はクルマエビが発育する上で微粒子飼料の単独給餌では成長に限界があることを示しており、さらなる飼料組成の改善が必要であることが示唆された。

このため、今回使用した市販およびMF 21 微粒子飼料を稚エビ変態までの初期餌料として用いる場合には、植物プランクトンではテトラセルミス、また、動物プランクトンではアルテミア幼生を併用して給餌すれば、成長および生残の面からも問題なく安定的に使用することが可能である。微粒子飼料を用いることによって、キートセロスおよびワムシなどの動植物プランクトンの培養が軽減されることは作業上の省力化および給餌作業の自動化を進める上でそれが果たす役割は甚大なものであり、廖¹⁸⁾が述べているよりも、その価値は高く評価すべきであろう。今後はクルマエビ幼生のエネルギー代謝の面から適性な給餌量および必須餌料を詳細に検討する必要があると考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、この試験の機会を与えられた、日本栽培漁業協会志布志事業場の山崎哲男場長、また、飼育作業に協力いただいた職員の方々と鹿児島大学学生山本恵之氏に厚く御礼申し上げる。また、有益なご助言をくださった東京水産大学河野博士に心から感謝の意を表する。

要 約

クルマエビ種苗の安定生産を目的とし、稚エビ変態までの初期餌料が幼生の成長と生残に与える影響を検討した。対照区には、生物餌料としてキートセロス、テトラセルミス、ワムシ、およびアルテミア幼生の4種類と、人工飼料としては微粒子飼料を用いた。実験区には、対照区の餌料系列から生物餌料を1種類ずつ順次削除した4つの区を設け、微粒子飼料は共通して用いた。その結果、生残率は対照区に比べ、生物餌料と微粒子飼料を併用した3つの実験区で高くなったが、逆に微粒子飼料を単独で用いた実験区では低下した。このため、今回用いた微粒子飼料は生物餌料の完全な代替餌料としては利用できないが、珪藻、テトラセルミス、ワムシなどの補足的な餌料としては充分活用できることが示唆された。

文 献

- 1) Hudinaga, M. (1942): Reproduction, development and rearing of *P. japonicus* Bate. *Japan. Jar. Zool.*, 10(2), 305-393.
- 2) Hudinaga, M. and J. Kittaka (1966): Studies on food and growth of larval stages of a prawn, *P. japonicus*, with reference to the application to practical mass culture. *Japan. Inf. Bull. Planktol.*, 13, 83-94.
- 3) Hudinaga, M. and J. Kittaka (1967): The last scale production of the young Kuruma Prawn, *Penaeus japonicus* Bate. *Japan. Inf. Bull. Planktol.*, Commemoration of Dr. Matsue, 35-46.
- 4) Lim, B. K. and K. Hirayama (1993): Effects of stocking density on the yield of larval mass production of Kuruma prawn. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(2), 229-235.
- 5) 水産庁・日本栽培漁業協会 (1995): 平成5年度栽培漁業種苗生産, 入手, 放流実績 (全国), 水産庁・日栽協, 東京, pp. 29-73.

- 6) Jones, D. A., A. Kanazawa and S. A. Rahman (1979): Studies on the presentation of artificial diets for rearing the larvae of *Penaeus japonicus* Bate. *Aquaculture*, 17, 33-43.
- 7) Kanazawa, A., S. Teshima, H. Sasada, and S. A. Rahman (1982): Culture of the prawn larvae with micro-particulate diets. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 48(2), 195-199.
- 8) Teshima, S., and A. Kanazawa (1983): Effects of several factor on growth and survival of the prawn larvae reared with microparticulate diets. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 49(12), 1893-1896.
- 9) Bautista, M. N., O. M. Millamena and A. Kanazawa (1989): Use of kappa-carrageenan maicrobound diet (C-MBD) as feed for *Penaeus monodon* larvae. *Marine biology*, 103, 169-173.
- 10) Koshio, S., A. Kanazawa, and S. Teshima (1989): Nutritional evaluation of crab protein for larval *Penaeus japonicus* fed microparticulate diets. *Aquaculture*, 81, 145-154.
- 11) Koshio, S., A. Kanazawa, and S. Teshima (1992): Search for effective protein combination with crab protein for the larval Kuruma prawn *Penaeus japonicus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58(6), 1083-1089.
- 12) 日本水産資源保護協会 (1992): クルマエビの病気. 魚類防疫技術書シリーズ X, 日本水産資源保護協会, 東京, 28-33.
- 13) Liao, I. C., H. M. Su and J. H. Lin (1983): Larval foods for Penaeid prawns, in "CRC Handbook of Mariculture" (ed. by J. P. Mc Vey), Vol 1, CRC Press Inc., Florida, pp. 43-69.
- 14) Kanazawa, A., S. Teshima, and S. Tokiwa (1977): Nutritional requirements of prawn. VII. Effect of dietary lipids on growth. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 43(7), 849-856.
- 15) Teshima, S., A. Kanazawa, and H. Sasada (1983): Nutritional value of dietary cholesterol and other sterols to larval prawn. *Penaeus japonicus* Bate. *Aquaculture*, 31, 159-167.
- 16) Teshima, S., A. Kanazawa, and M. Yamashita (1986): Dietary value of several protein and supplemental amino acids for larvae of the prawn *Penaeus japonicus*. *Aquaculture*, 51, 225-235.
- 17) Teshima, S. and A. Kanazawa (1984): Effects of protein, lipid and carbohydrate levels in purified diets on growth and survival rates of the prawn larvae reared with microparticulate diet. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 50(10), 1709-1715.
- 18) 廖一久 (1990): エビ幼生の餌料とその適用. 「世界のエビ類養殖」(CHAVEZ JUSTO C. 編), 緑書房, 東京, pp. 305-318.
- 19) 與世田兼三 (1996): III-2-O 人工配合飼料の開発, 導入. 平成6年度日本栽培漁業協会事業年報, 107-109.