

## マナマコ浮遊幼生の飼育餌料に関する研究

伊藤史郎・川原逸朗

マナマコ *Stichopus japonicus* は水産上有用な磯根資源であり、近年、その増殖を目的とした人工種苗の生産が行われ、放流事業が試みられようとしている<sup>1)</sup>。

今井ら<sup>2)</sup>は *Monas* を餌料として稚マナマコまでの飼育に成功し、その後、石田は<sup>3)</sup> *Pavlova lutheri* や *Chaetoceros gracilis* を用いて浮遊幼生から稚マナマコまでを同一水槽内で飼育する方法を開発した。それ以降、現在では、浮遊幼生の餌料としては *Chaetoceros gracilis* や *Chaetoceros sp.* の単独、または *Chaetoceros gracilis* や *Pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana*, *Nannochloropsis oculata* などが複合して使用されている<sup>4-9)</sup>。また、これらの海産微細藻類とは別に、マリンオメガAや粉ミルクなどの人工餌料単独での飼育実験も試みられている<sup>6,10)</sup>。

今回、マナマコ浮遊幼生のより安定した飼育技術の確立のため、浮遊幼生の飼育餌料として現在一般的に使用されている *C. gracilis*, *P. lutheri*, *I. galbana* それに、ウニ類の浮遊幼生の餌料として有効<sup>11,12)</sup>と言われている *Chaetoceros calcitrans* さらに人工餌料であるマリンオメガAの5種類の餌料を用いて、各餌料の単独投与による飼育実験を行い、マナマコ浮遊幼生に対する餌料価値について検討を行った。

既報<sup>13)</sup>で稚マナマコの種苗量産方式としては、浮遊幼生の飼育過程において最大体長(平均体長約900 $\mu$ m)に達した後、体長の縮小とともに摂餌量が減少し、*Doliolaria* 幼生の割合が高まったとき(平均体長約500 $\mu$ m前後)に採苗を行うのが効果的であることを報告した。今回の各種餌料別の飼育実験においても、*Doliolaria* 幼生の割合が高まった時点で浮遊幼生の飼育実験を終了し、その際の *Doliolaria* 幼生の割合や飼育期間中の生残率、発

育ステージ別の出現割合の推移などを比較し、各餌料の有効性について検討した。さらに、各種餌料で飼育した幼生を用いて小型水槽での採苗実験も行った。

また、マナマコには、水産上有用なものとしてアオナマコとアカナマコがあるが、これらは一般に形態や生息域など生態的特性が異なっている<sup>14)</sup>。そこで、アオナマコとアカナマコにわけて、それぞれの浮遊幼生について実験を行い、両変種の適正餌料の違いについて検討した。

本文に先立ち、*C. calcitrans*, *P. lutheri* 及び *I. galbana* の種株を分与くださった田崎真珠K.K.明楽秀作氏に厚く御礼を申し上げる。

### 材料及び方法

#### 実験1 ふ化幼生(囊胚期幼生)から *Doliolaria* 幼生までの飼育実験

供試した幼生は、アオナマコは1992年3月31日に採卵を行い4月1日にふ化した幼生を、アカナマコは1992年4月28日に採卵を行い4月29日にふ化した幼生をそれぞれ用いた。

実験は、珪藻類として *C. gracilis*, *C. calcitrans*, ハプト藻類として *P. lutheri*, *I. galbana*, それに市販の人工餌料であるマリンオメガA(日清ファインケミカル社製)をそれぞれ単独投与して幼生飼育を行い、各餌料での飼育経過に伴う浮遊幼生の発育ステージの割合や生残率の推移、幼生の大きさや摂餌量の変化などを観察し、実験終了時の *Doliolaria* 幼生または *Doliolaria* 以降の幼生の割合について比較を行った。なお、実験は各餌料で *Doliolaria* 幼生の割合が高まり採苗適期<sup>13)</sup>と判断された日に終了した。

浮遊幼生の飼育は、30 $\ell$ 円形ポリカーボネイト水槽を用い、この中に容積法で計数したふ化幼生

(囊胚期幼生)を $3 \times 10^4$ 個ずつ収容し、それぞれの餌料を、飼育水中の餌料濃度が $0.5 \times 10^4$ cells/mlから $2.5 \times 10^4$ cells/mlの濃度となるように投与した。飼育水槽は暗条件下の恒温室内に設置し、水温を $18^\circ\text{C}$ 程度に設定した。飼育水は簡易ろ過した海水を紫外線照射によって滅菌し、さらに、 $1 \mu\text{m}$ のカートリッジフィルターでろ過したものを使用した。各餌料はふ化幼生を収容した日から毎日与え、換水を行った日はその直後に投与した。飼育水の換水はふ化幼生収容後4日目から毎日行い、ニップ網製(200目、オープニング $111 \mu\text{m}$ )の換水ネットを用いて飼育水量の40%量を換水した。通気は径2cmのエアーストンを用いて水槽底面から行った。各餌料での飼育実験はいずれも飼育水槽を2組ずつ設けて行った。

ふ化幼生を収容した翌日から、毎朝9時頃、換水及び投餌前の飼育水中の各餌料の細胞数をフックス・ローゼンタールの計算盤を用いて計数し、前日の投餌時点からの飼育水中の減少量を求め、この減少量を本文中では摂餌量とした。浮遊幼生の生残数は、50mlピーカーで任意に10回サンプリングを行った計数結果から算出した。生残率は幼生収容直後の計数値を100%とし、各調査日の生残数を比率で表した。生残数の調査は幼生を収容した日から1日毎に行った。また、毎日任意に幼生のサンプリングを行い幼生の発育ステージの観察と体長及び胃長を測定した(図1)。大きさの測定は、顕微鏡下で接眼マイクロメーターを用いて行った。発育ステージの観察及び大きさの測定は、1回当たり15~30個体について行った。

*C. gracilis*の培養は伊藤らの方法<sup>15)</sup>によって行い、5ℓ平底フラスコで通気培養したものを餌として使用した。*C. calcitrans*、*P. lutheri*及び*I. galbana*は、200ml平底フラスコを用いて無通気で保存培養していたものを随時5ℓ平底フラスコで通気培養した。*P. lutheri*及び*I. galbana*ではさらに20ℓ角型スチロール水槽で拡大培養したものを使用した。*C. calcitrans*の培養は*C. gracilis*の培養方法に準じて行った。*P. lutheri*及び*I. galbana*はP-ES培養液<sup>16)</sup>を用いて培養した。

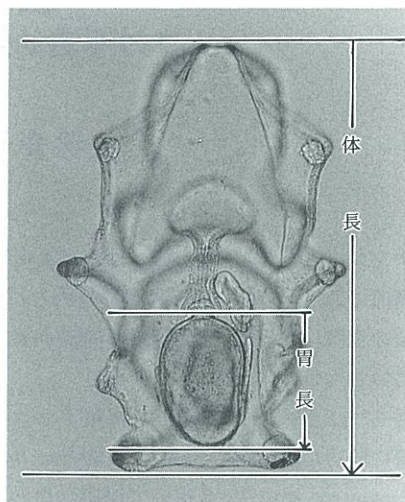


図1 Auricularia 幼生の測定部位

本報告では、Auricularia 幼生から稚ナマコになるまでの発育段階を便宜上次のように定めた。すなわち、Auricularia 幼生が最大体長(約 $900 \mu\text{m}$ )に達し5対の球状体が出現するまでを Auricularia 前期幼生、その後縮小期に入り、体長が約 $500 \mu\text{m}$ に縮小するまでを Auricularia 後期幼生とした。さらに、変態が進み、5本の繊毛環が完成した幼生を Doliolaria 幼生、その後、口部から第一触手を出すようになったものを Pentacutula 幼生、管足が形成されたものを稚ナマコとした。また、飼育日数はふ化幼生を収容した日を1日目とした。

なお、実験終了時における幼生の生残率のうち、Doliolaria 以降の幼生の割合は Doliolaria 幼生の生残率に含めて表した。

## 実験2 小型水槽での採苗実験

実験1終了時における各種餌料別の幼生を用いて小型水槽での採苗実験を行った。

採苗は、あらかじめ附着珪藻を繁殖させた附着板(40×32cm)10枚1セットを100ℓ水槽(0.57×0.44×0.35m)内に水槽底面に垂直に設置し、この中に容積法で計数した浮遊幼生 $1 \times 10^4$ 個を収容した。通気は直径13mmの塩ビパイプ(孔径1mm、間隔3cm)を通して行った。幼生収容後7日間は止水とし、8日目から微流水とした。各種餌料別の稚ナマコ附着状況の観察は、幼生収容後10日目



に付着板に付着した稚ナマコを全数計数して行った。それぞれの採苗実験では、水温コントロールは行わず自然水温とした。使用した付着珪藻板の付着珪藻密度は、アオナマコでは $84 \times 10^4$  cells/cm<sup>2</sup>、アカナマコでは $98 \times 10^4$  cells/cm<sup>2</sup>であった。また、その種類は小型の *Navicula* 類、*Nitzschia* 類が優占していた。なお、採苗に使用した幼生は、各餌料の2つの飼育例のうち *Doliolaria* 幼生の生残率が高いものを使用した。

## 結 果

### 実験1 ふ化幼生から *Doliolaria* 幼生までの飼育実験

飼育実験期間中における各餌料藻類の培養は順調で、投餌した際の各餌料藻類の培養密度は *C. gracilis*  $380 \sim 584 \times 10^4$  cells/ml, *C. calcitrans*  $832 \sim 1584 \times 10^4$  cells/ml, *P. lutheri*  $264 \sim 476 \times 10^4$  cells/ml, *I. galbana*  $304 \sim 540 \times 10^4$  cells/ml であった。また、各餌料藻類は対数増殖期のものを投餌した。

なお、実験期間中、飼育水槽内での餌料藻類以外の藻類等の発生はみられなかった。

#### 1) アオナマコ浮遊幼生の飼育実験

各種餌料別でのアオナマコ浮遊幼生の飼育経過に伴う成長、生残及び発育ステージの推移を図2に、飼育期間中の投餌量及び摂餌量の推移を図3にそれぞれ示した。

*C. gracilis* では2水槽ともほぼ同様な成長、生残の推移がみられた。成長では8日目と9日目に体長が最大 ( $882 \pm 37 \mu\text{m}$ ,  $879 \pm 46 \mu\text{m}$ ) となり以後、*Auricularia* 後期幼生の出現とともに縮小する傾向がみられ、11日目では $457 \pm 136 \mu\text{m}$ と $450 \pm 143 \mu\text{m}$ になった。胃長は2水槽とも8日目に最大となり、それぞれ $233 \pm 17 \mu\text{m}$ ,  $237 \pm 19 \mu\text{m}$ であった。発育ステージについては、9日目に *Auricularia* 後期幼生が、10日目に *Doliolaria* 幼生がそれぞれ出現した。11日目には *Doliolaria* 幼生の割合が75.9, 71.3%となり実験を終了した。生残では、2水槽とも大きな減耗はみられず、終了時(11日目)での生残率は86.9と77.6%, 平均82.3%であった。

また、実験開始時の幼生数からみた *Doliolaria* 幼生の生残率は平均60.6%であった。

*C. calcitrans* では、8日目と9日目にそれぞれ最大体長 ( $882 \pm 42 \mu\text{m}$ ,  $873 \pm 43 \mu\text{m}$ ) となり、*C. gracilis* と同様な成長がみられた。その後は *C. gracilis* に比べ若干緩やかに縮小する傾向がみられた。胃長は8日目と9日目にそれぞれ $222 \pm 14 \mu\text{m}$ と $212 \pm 20 \mu\text{m}$ で最大になった。発育ステージについては、9日目に *Auricularia* 後期幼生が出現したが、*Doliolaria* 幼生の出現がみられたのは11日目で *C. gracilis* に比べ1日遅かった。13日目に *Doliolaria* 幼生の割合が81.3, 66.9%となり実験を終了した。生残では1例で9日目から11日目にかけて若干減少がみられたが、特に大きな減耗はみられなかった。終了時(13日目)での生残率は73.9と79.6%, 平均76.8%であった。また、*Doliolaria* 幼生の生残率は平均56.9%であった。

*I. galbana* では、9日目にそれぞれ最大体長 ( $910 \pm 52 \mu\text{m}$ ,  $876 \pm 64 \mu\text{m}$ ) となり、*C. gracilis* や *C. calcitrans* と同様な成長がみられた。その後は *C. calcitrans* と同様に緩やかに縮小する傾向がみられた。胃長は9日目にそれぞれ $214 \pm 30 \mu\text{m}$ と $196 \pm 28 \mu\text{m}$ で最大であった。10日目に *Auricularia* 後期幼生が、11日目に *Doliolaria* 幼生がそれぞれ出現した。13日目に *Doliolaria* 幼生の割合が91.0, 56.8%となり実験を終了した。生残では1水槽で大きな減耗がみられ、実験終了時の生残率は46.7と85.3%, 平均65.5%であった。また、*Doliolaria* 幼生の生残率は平均48.4%であった。

*P. lutheri* では、2水槽とも9日目に最大体長 ( $854 \pm 50 \mu\text{m}$ ,  $827 \pm 45 \mu\text{m}$ ) となったが球状体の出現はみられず、さらに13日目以降 *Auricularia* 前期幼生は球状体の出現がみられないまま体が萎縮し、15日目では体長がそれぞれ $352 \pm 43 \mu\text{m}$ ,  $313 \pm 20 \mu\text{m}$ となり実験を終了した。また、このときの幼生の形態は体表には繊毛環らしきものがみられたものの、*C. gracilis*, *C. calcitrans* および *I. galbana* でみられた正常な *Doliolaria* 幼生とは異なっていた。生残では1水槽で大きな減耗がみられた。実験終了時の生残率は35.2と76.5%, 平均

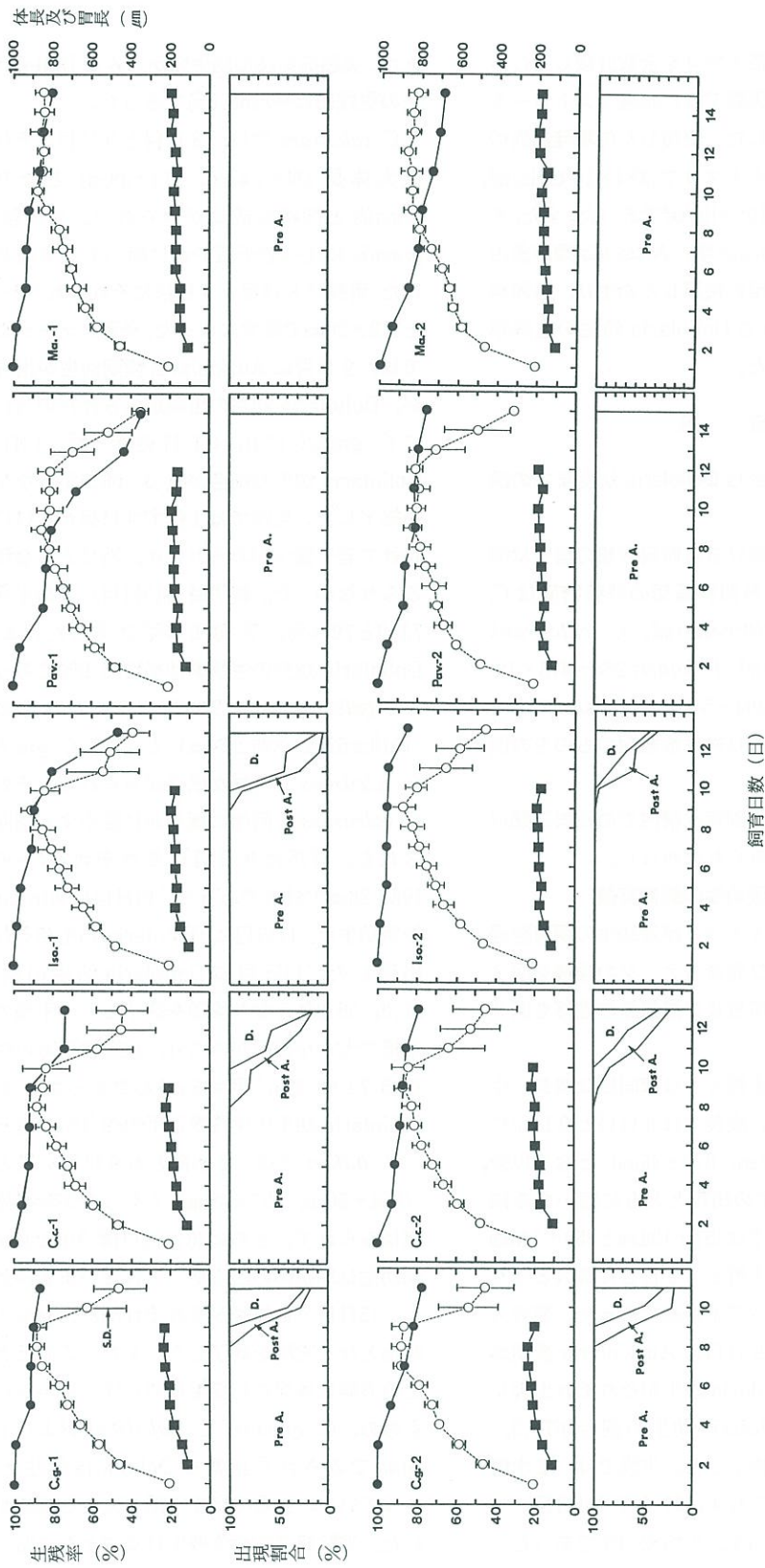


図2 アオナマコの飼育経過に伴う成長、生残及び发育ステージの推移  
 ●、生残率；○、体長；■、胃長。

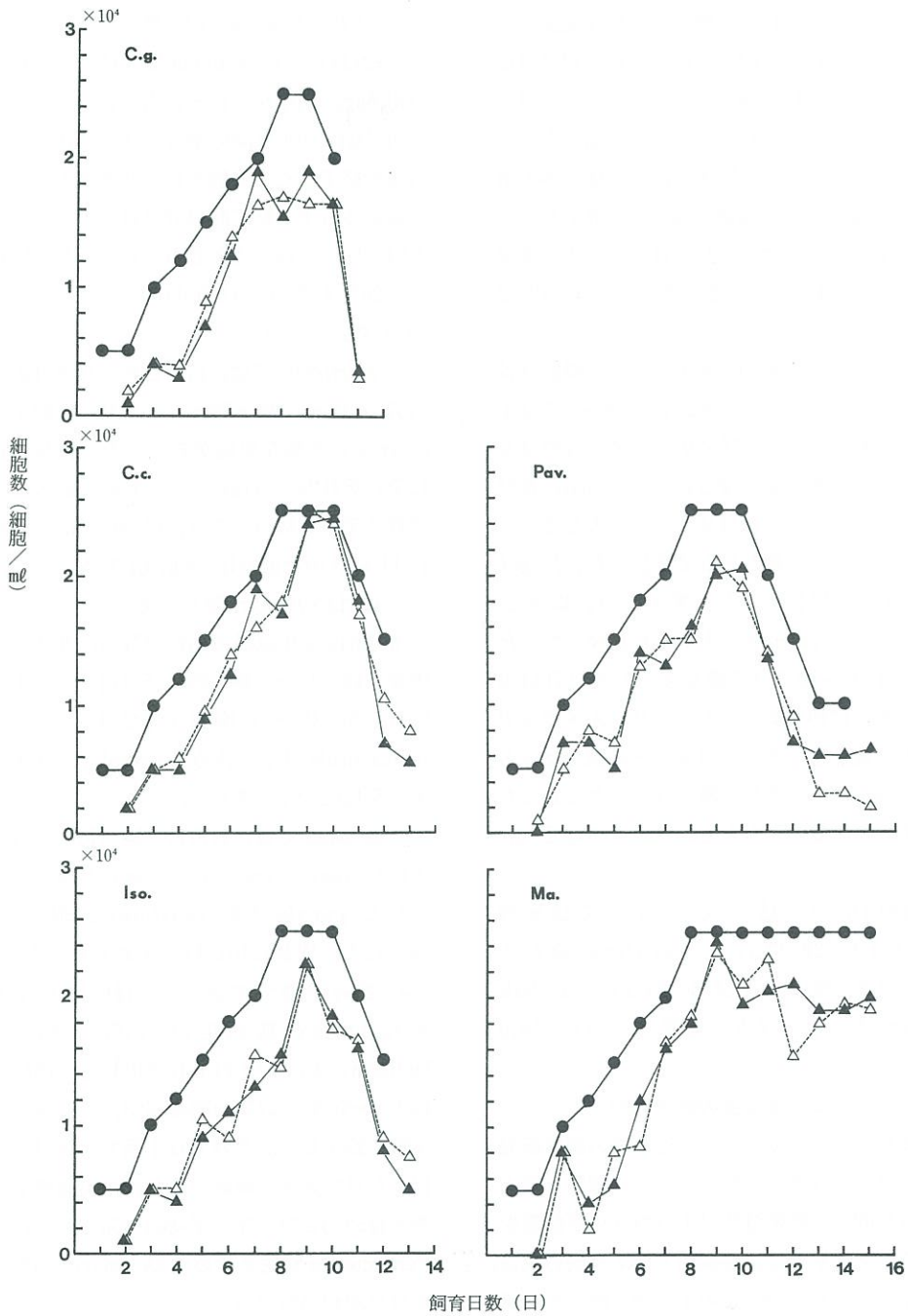


図3 アオナマコの飼育経過に伴う投餌量及び摂餌量の推移  
 ●, 投餌量; △, 摂餌量 (No. 1 水槽); ▲, 摂餌量 (No. 2 水槽).



55.9%であった。

マリンオメガAでは2水槽とも同様な成長、生残の推移がみられた。成長では9日目と12日目に最大体長(872±31μm, 866±37μm)となったが、その後の変態進行はみられず、幼生の縮小もみられなかった。また*P. lutheri*と同様に球状体の出現はみられなかった。実験は15日目に終了した。生残では2水槽とも大きな減耗はみられず、実験終了時の生残率は79.6と68.6%, 平均74.1%であった。

各餌料における浮遊幼生の1日当りの摂餌量は、*C. gracilis*, *C. calcitrans*及び*I. galbana*では4日目以降、*P. lutheri*及びマリンオメガAでは5日目以降にそれぞれ多くなった。*C. gracilis*及び*C. calcitrans*では7~10日にかけて最大となり、*Doliolaria*幼生の出現とともに減少した。*I. galbana*では9日目にもっとも多くなり、以後*C. gracilis*及び*C. calcitrans*と同様に減少した。*P. lutheri*では9~10日目で最も多くなり11日目以降は体の縮小に伴い減少した。マリンオメガAでは9日目に最も多くなり、以後若干の減少はみられたが、他のように著しい減少はみられなかった。また、最大摂餌量の最も大きかったものは*C. calcitrans*であった。

実験期間中の水温は、*C. gracilis*では平均19.2°C(18.0~20.2°C), *C. calcitrans*及び*I. galbana*では平均19.3°C(18.0~20.2°C), *P. lutheri*及びマリンオメガAでは平均19.3°C(18.0~20.2°C)であった。

## 2) アカナマコ浮遊幼生の飼育実験

各種餌料別でのアカナマコ浮遊幼生の飼育経過に伴う成長、生残及び発育ステージの推移を図4に、飼育期間中の投餌量及び1日当りの摂餌量を図5にそれぞれ示した。各餌料での2水槽の成長、生残の推移は、*I. galbana*の1水槽を除いてほぼ同様な推移であった。

*C. gracilis*では2水槽とも11日目に体長が最大(880±29μm, 897±28μm)となり以後、*Auricularia*後期幼生の出現とともに縮小する傾向がみられ、15日目では492±158μmと494±164μmであった。胃

長は10日目と11日目に最大となり、それぞれ225±13μmと225±17μmであった。発育ステージについては、12日目に*Auricularia*後期幼生が、13日目に*Doliolaria*幼生がそれぞれ出現した。15日目には*Doliolaria*幼生以降の割合が70.2, 70.6%となり実験を終了した。生残では、2水槽とも大きな減耗はみられず、終了時(15日目)での生残率は83.5と84.9%, 平均84.2%であった。また、*Pentacutula*幼生も含めた*Doliolaria*幼生の生残率は平均59.3%であった。

*C. calcitrans*では、11日目にそれぞれ最大体長(898±40μm, 888±28μm)となり以後縮小し、*C. gracilis*と同様な成長がみられた。胃長は11日目にそれぞれ241±11μmと242±15μmで最大であった。発育ステージについては、*C. gracilis*と同様に12日目に*Auricularia*後期幼生が、13日目に*Doliolaria*幼生の出現がみられた。15日目には*Doliolaria*幼生以降の割合が71.4, 70.0%となり実験を終了した。終了時(15日目)での生残率は85.6と90.3%, 平均88.0%であった。また、*Pentacutula*幼生も含めた*Doliolaria*幼生の生残率は平均62.2%であった。

*I. galbana*では、11日目と10日目にそれぞれ最大体長(887±31μm, 874±48μm)となり、以後縮小し*C. gracilis*や*C. calcitrans*と同様な成長がみられた。胃長は10日目にそれぞれ223±21μmと214±23μmで最大であった。12日目と11日目に*Auricularia*後期幼生が、13日目と12日目に*Doliolaria*幼生がそれぞれ出現した。15日目には*Doliolaria*幼生以降の割合が58.6, 68.8%となり実験を終了した。生残では1例で7日目から9日目に掛けて大きな減耗がみられ、実験終了時の生残率は52.5と74.7%, 平均63.6%であった。また、*Pentacutula*幼生も含めた*Doliolaria*幼生の生残率は平均40.5%であった。

*P. lutheri*では、2例とも11日目に最大体長(883±33μm, 857±34μm)となったが球状体の出現はみられず、さらに13日目以降*Auricularia*前期幼生は球状体の出現がみられないまま体が萎縮し、16日目では体長(体幅)がそれぞれ542±176

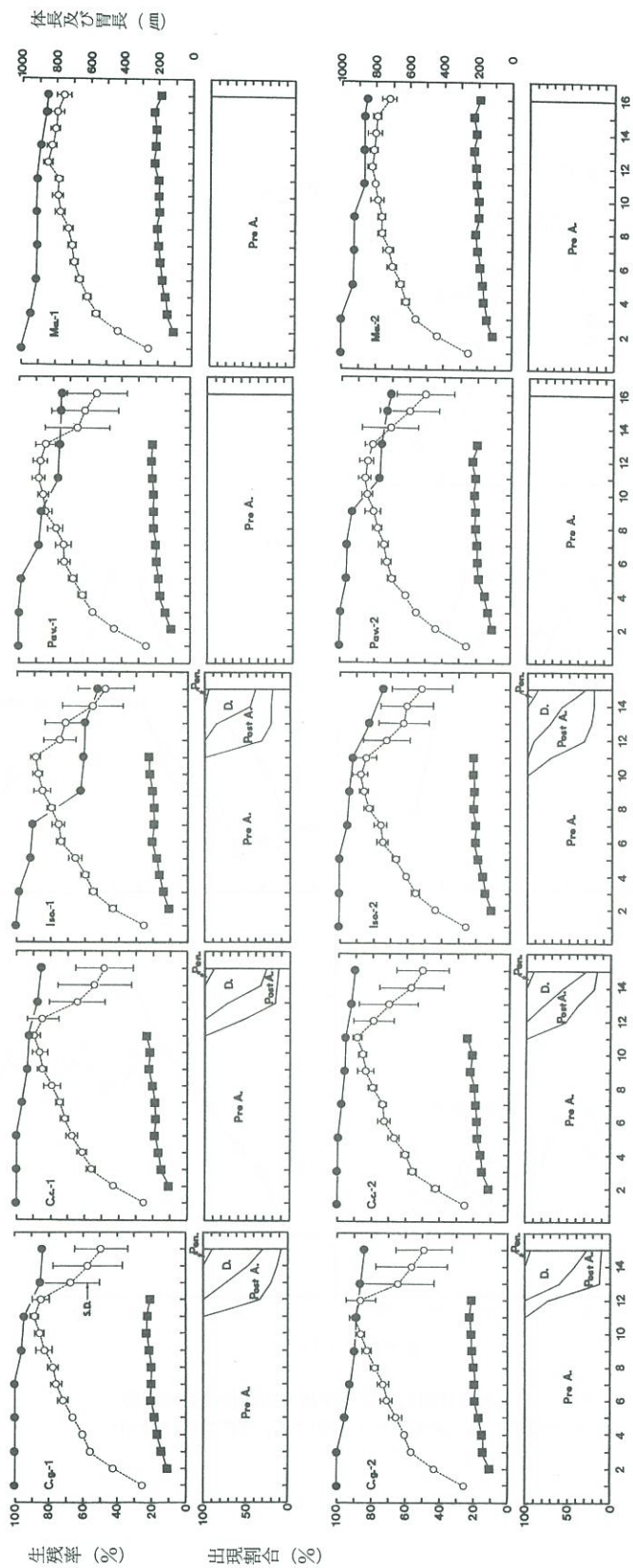


図4 アカナマコの飼育経過に伴う成長、生残及び発育ステージの推移  
●, 生残率; ○, 体長; ■, 胃長。

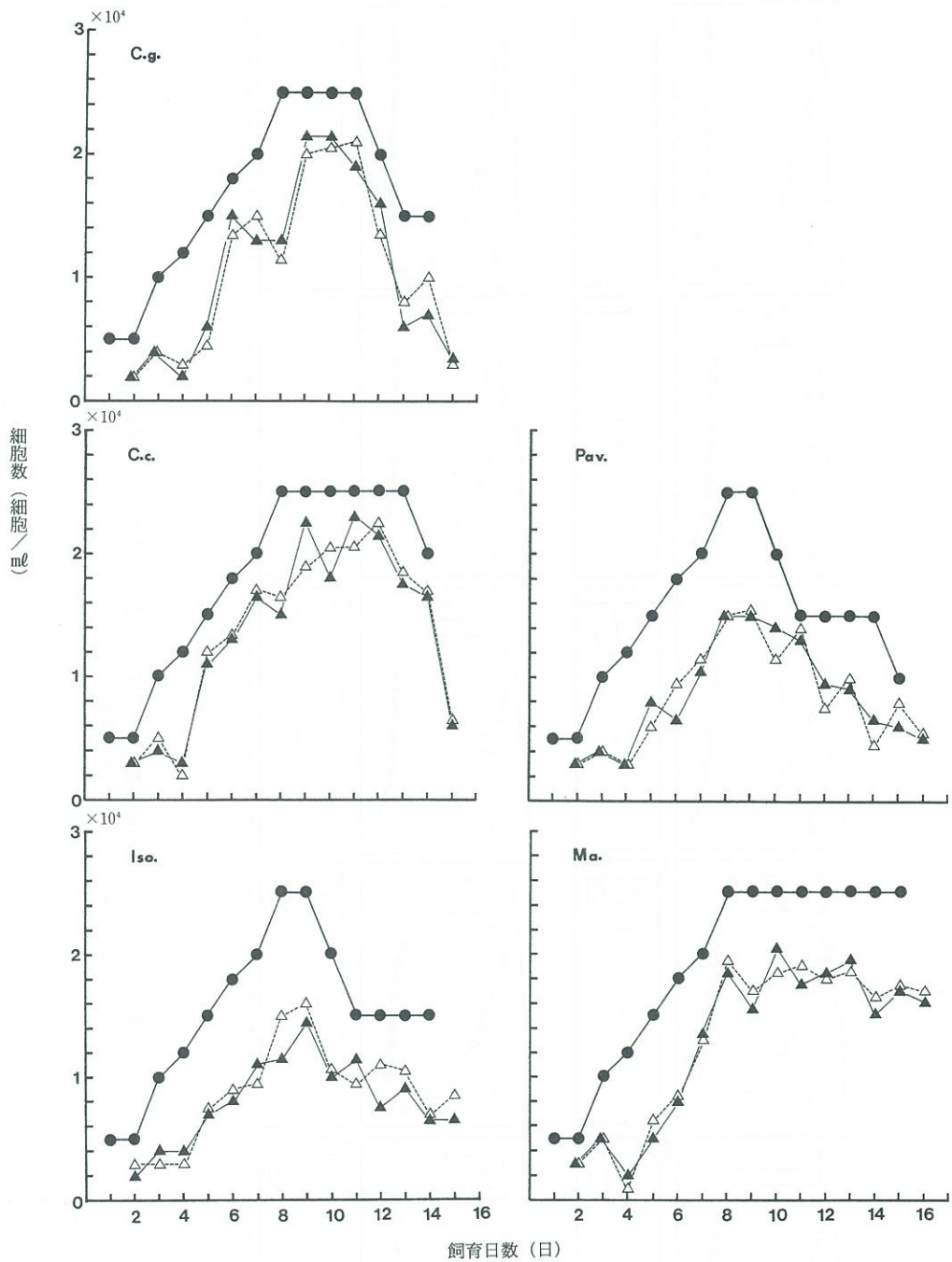


図5 アカナマコの飼育経過に伴う投餌量及び摂餌量の推移  
 ●, 投餌量; △, 摂餌量(No.1水槽); ▲, 摂餌量(No.2水槽).



$\mu\text{m}$  ( $357 \pm 123 \mu\text{m}$ ),  $505 \pm 168 \mu\text{m}$  ( $305 \pm 114 \mu\text{m}$ ) となり実験を終了した。またこのときの幼生の形態は *C. gracilis* や *C. calcitrans* でみられた正常な *Doliolaria* 幼生とは明らかに異なっていた。実験終了時の生残率は74.9と70.5%, 平均72.7%であった。

マリンオメガAでは2水槽とも同様な成長、生残の推移がみられた。成長では12日目に最大体長 ( $848 \pm 26 \mu\text{m}$ ,  $824 \pm 35 \mu\text{m}$ ) となったが、その後の変態の進行はなく、幼生の縮小はみられなかった。また、*P. lutheri* と同様に球状体の出現はみられず、実験は16日目に終了した。生残では2水槽とも大きな減耗はみられず、実験終了時の生残率は85.0と84.8%, 平均84.9%であった。

各餌料における浮遊幼生の1日当りの摂餌量は、4日目または5日目以降多くなり、*C. gracilis* 及び *C. calcitrans* では9~12日にかけて最大となり、*Doliolaria* 幼生の出現とともに減少した。*I. galbana* では9日目にもっとも多くなり、以後減少した。*P. lutheri* では8~9日目で最も多くなり以後ゆるやかに減少した。マリンオメガAでは8~13日目に最も多くなり、以後若干の減少はみ

られたが、他のように著しい減少はみられなかった。また、最大摂餌量の最も大きかったのはアオナマコと同様に *C. calcitrans* であった。

実験期間中の水温は、各水槽とも17.9~20.3°C (平均18.7°C) であった。

#### 実験2 小型水槽を用いた採苗実験

各餌料でのアオナマコ及びアカナマコ浮遊幼生の飼育実験で、*Doliolaria* 幼生の出現がみられたのは *C. gracilis*, *C. calcitrans* 及び *I. galbana* であったので、これらの幼生を使って採苗実験を行った。

各餌料におけるアオナマコ及びアカナマコ浮遊幼生の収容10日目の稚ナマコ付着状況を表1, 2にそれぞれ示した。付着率は稚ナマコの付着数を収容幼生数 (*Auricularia* 後期以降の幼生数) に対する割合で示した。稚ナマコの付着総数は、アオナマコでは *C. gracilis* が最も多く、次に *C. calcitrans* であった。*I. galbana* は *C. gracilis* 及び *C. calcitrans* に比べ若干少なかった。アカナマコでは *C. calcitrans* で付着数が最も多かったが他と大きな差はみられなかった。

また、*P. lutheri* でみられた縮小個体について、

表1 アオナマコ幼生収容10日目の稚ナマコ付着数

実験区	収容幼生数			付着数(付着率%)	飼育水温 (°C) (平均)
	Auri. 前期	Auri. 後期	Dolio.		
<i>C. gracilis</i>	1,670	740	7,590	4,430(53.2)	13.4~16.6(14.9)
<i>C. calcitrans</i>	1,470	400	8,130	3,975(46.6)	13.8~17.6(15.5)
<i>I. galbana</i>	3,560	760	5,680	1,772(27.5)	13.8~17.6(15.5)

付着率は収容幼生 (Auri. 後期幼生と *Doliolaria* 幼生) に対する稚ナマコ付着数の割合

表2 アカナマコ幼生収容10日目の稚ナマコ付着数

実験区	収容幼生数				付着数(付着率%)	飼育水温 (°C) (平均)
	Auri. 前期	Auri. 後期	Dolio.	Penta.		
<i>C. gracilis</i>	1,180	1,760	6,470	590	3,094(35.1)	18.4~22.5(19.9)
<i>C. calcitrans</i>	1,800	1,200	6,200	800	3,130(38.2)	18.4~22.5(19.9)
<i>I. galbana</i>	2,180	940	5,630	1,250	2,814(36.0)	18.4~22.5(19.9)

付着率は収容幼生 (Auri. 後期, *Doliolaria* 及び *Pentacutula* 幼生) に対する稚ナマコ付着数の割合

付着珪藻による稚ナマコへの変態が誘起されるか否かを観察した。すなわち、オートクレーブで処理した滅菌海水の入ったガラスシャーレー（直径5.5cm、深さ2.2cm）底面に付着珪藻の充分繁殖した付着板（3×3cm）を設置し、この中に幼生を20個体収容し、毎日全個体の変態進行状況を観察した。使用した幼生の大きさは、アオナマコは体長 $313.1 \pm 20.4 \mu\text{m}$ 、体幅 $182.8 \pm 12.4 \mu\text{m}$ 、アカナマコは体長 $352.3 \pm 43.4 \mu\text{m}$ 、体幅 $189.3 \pm 39.9 \mu\text{m}$ であった。ガラスシャーレーは水温 $18^\circ\text{C}$ の恒温ボックス内に設置した。その結果、アオナマコ及びアカナマコともに幼生収容後10日間の観察で幼生の変態進行はみられず *Pentacutula* 幼生や稚ナマコは出現しなかった。

## 考 察

現在行われているマナマコの種苗生産方式は大きくみて2つのタイプに分けられる。一つは、同一水槽内で浮遊幼生から着底初期またはそれ以降の稚ナマコまでの飼育を一貫して行う方式<sup>4-7)</sup>であり、他の一つは浮遊幼生末期に幼生を回収し別水槽に収容して、あらかじめ付着珪藻を繁殖させた付着板を用いて稚ナマコとして付着、変態させ飼育を行う方式<sup>8,9)</sup>である。佐賀県栽培漁業センターでの生産方式は後者であり、この方式によって近年、10mmサイズの稚ナマコを10万尾単位で生産することが可能となっている<sup>9)</sup>。この生産方式では、浮遊幼生の飼育においていかに効率よく *Doliolaria* 幼生を生産するかが重要である。このため、浮遊幼生の安定した飼育技術の確立が必要であり、そのためには、第一義的に餌料価値の高い飼育餌料の検索が必要である。今回の実験結果から、アオナマコ及びアカナマコの浮遊幼生の飼育では *C. gracilis* や *C. calcitrans* 及び *I. galbana* の単独投与でそれぞれ *Doliolaria* 幼生及びそれ以降の幼生が出現し、その割合はアオナマコ、アカナマコ幼生ともに珪藻類の *C. gracilis* 及び *C. calcitrans* で高かった。このことからアオナマコ、アカナマコの浮遊幼生の飼育では *C. gracilis* や *C. calcitrans* の単独投与で効率的に *Doliolar-*

ia 幼生までの飼育ができることが明らかとなった。一方、今回の実験では *I. galbana* と同じハプト藻類である *P. lutheri* ではアオナマコ、アカナマコ幼生ともに正常な発育がみられず、付着珪藻による稚ナマコへの変態も起こらなかった。*P. lutheri* については、*C. gracilis* や *Nannochloropsis oculata* などと併用して使用され、稚ナマコまでの飼育がなされている<sup>4,5)</sup>。また、石田は<sup>3)</sup> *P. lutheri* の単独投与で稚ナマコまでの飼育に成功している。一方、愛知県での餌料別飼育試験では<sup>17)</sup>、*C. gracilis* や *I. galbana* に比べ *P. lutheri* はマナマコ浮遊幼生期の餌料として不適であることが確かめられ、原<sup>18)</sup> は、*I. galbana* はその単独投与で幼生の成長や変態も順調に進み、マナマコ浮遊幼生の餌料として優れた餌料価値を持つのに対し、*P. lutheri* については、今回の実験結果と同様に餌料価値がないことを報告している。代田<sup>19)</sup> は微小藻類の餌料価値は、藻類の化学成分の違いによることを報告しているが、その化学成分は培養条件や培養ステージで変化することも報告<sup>20-23)</sup> され、*P. lutheri* の脂肪酸組成は培養温度によって変化することが確かめられている<sup>24)</sup>。このように、脂肪酸などの化学成分が餌料価値の1つの要因と考えるならば、今回のように石田の報告<sup>3)</sup> とは異なった結果が得られたのかもしれない。いずれにせよ、*P. lutheri* 単独ではマナマコ浮遊幼生に対する餌料価値は安定性に欠け、低いものと推察される。また、マリノメガAについても、柳澤ら<sup>6)</sup>、高橋<sup>25)</sup> はマナマコ浮遊幼生の餌料として十分に有効であることを報告しているが、池田らの報告<sup>26)</sup> や今回の実験結果からは餌料として問題があるようであり、この点については、今後さらに検証する必要がある。

マナマコ浮遊幼生の大量飼育を行うためには大量の餌料が必要であるが、*C. gracilis* についてはウニ類の種苗生産技術開発の過程においてほぼ大量培養技術が確立され<sup>15)</sup>、その大量培養法が実用化されている。また、*C. calcitrans* についても、その大量培養法が実用化されており<sup>27)</sup>、これらの安定した大量供給によって、マナマコ浮遊幼生の



飼育はよりいっそう安定化するものと考えられる。

なお、崔ら<sup>14)</sup>は、分類学上、同じマナマコであるアオナマコとアカナマコは形態及び生態的に異なり、分類学的には異なる群集体とすることが望ましいと報告しているが、今回得られた実験結果からは、アオナマコとアカナマコの浮遊幼生期における餌料選択等の特性については、差異は認められなかった。

## 要 約

1. マナマコ浮遊幼生の適正飼育餌料を検討するため、*C. gracilis*, *C. calcitrans*, *P. lutheri*, *I. galbana* と人工餌料であるマリンオメガAの5種類の餌料を用いて各餌料の単独投与による飼育実験を行った。
2. 各種餌料の有効性の検討は *Doliolaria* 幼生の出現割合、浮遊幼生の生残率及び発育ステージ別の出現割合の推移などを比較することによって行った。
3. 各種餌料での実験終了時の幼生を用いて採苗実験を行い、稚ナマコの出現数の比較を行った。
4. *Doliolaria* 幼生の出現割合はアオナマコ、アカナマコともに *C. gracilis* や *C. calcitrans* の珪藻類を餌料として与えたものが高く、次に *I. galbana* であった。*P. lutheri* やマリンオメガAでは正常な *Doliolaria* 幼生の出現はみられなかった。
5. *C. gracilis*, *C. calcitrans* 及び *I. galbana* の実験区での *Doliolaria* 幼生を使った採苗実験では、アカナマコでは大きな差はみられなかったが、アオナマコでは *C. gracilis*, *C. calcitrans* の実験区で稚ナマコ数が多く、次いで *I. galbana* 区であった。
6. アオナマコとアカナマコの浮遊幼生期における餌料の選択等の特性については差異は認められなかった。

## 文 献

- 1) 水産庁・日本栽培漁業協会 (1993) : 平成3年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国), 455-

457.

- 2) 今井丈夫・稲葉傳三郎・佐藤隆平・畑中正吉 (1950) : 無色鞭毛中に依るナマコ (*Stichopus japonicus* SELENKA) の人工飼育. 東北大学農学部研究所彙報, 2 (2), 269-277.
- 3) 石田雅俊 (1979) : マナマコの種苗生産. 栽培技研, 8 (1), 63-75.
- 4) 大橋 裕・山本 翠・藤村治夫・今井 厚 (1991) : 平成2年度地域特産種増殖技術開発事業報告書 (棘皮類).
- 5) 小川 浩・高野 傑・稗田賢治 (1991) : 平成2年度地域特産種増殖技術開発事業報告書 (棘皮類).
- 6) 柳澤豊重・田中健二・本田是人 (1991) : 平成2年度地域特産種増殖技術開発事業報告書 (棘皮類).
- 7) 池田善平・片山勝介 (1986) : マナマコの種苗生産と稚ナマコの飼育について. 岡山県水産試験場研究報告, 1, 65-70.
- 8) 畑中宏之・中島輝彦・嶋田雅弘 (1991) : 平成2年度地域特産種増殖技術開発事業報告書 (棘皮類).
- 9) 伊藤史郎・川原逸朗 (1993) : マナマコの付着珪藻板による大量生産 (予報). 佐賀県栽培漁業センター研究報告, 2, 1-11.
- 10) 瀧口克己 (1988) : マナマコの増殖に関する研究-VIII. 福岡県豊前水試研究報告, 1, 77-79.
- 11) 天神 僚 (1983) : 昭和55年度キタムラサキウニ種苗量産技術開発試験-II *Chaetoceros* 属3種のウニ幼生に対する餌料効果. 昭和54~56年度種苗量産技術開発研究報告書, 57-59.
- 12) 野田進治・伊東義信 (1987) : ムラサキウニ幼生の飼育餌料について. 佐賀県栽培漁業センター研究報告, 1, 45-47.
- 13) 伊藤史郎・川原逸朗 (1993) : マナマコ浮遊幼生の変態促進に関する研究-I (採苗ステージの検討). 佐賀県栽培漁業センター研究報告, 2, 13-22.
- 14) 崔 相・大島康雄 (1961) : ナマコにみられる「アオ」と「アカ」の形態および生態的差異について. 日水試, 27 (2), 97-106.
- 15) 伊藤史郎・有吉敏和・伊東義信 (1985) : *Chaetoceros gracilis* の大量培養法. 佐賀県栽培漁業センター事業報告書 (昭和55~58年度), 97-103.
- 16) 伊丹宏造・丹下勝義・山内幸児・竹田文弥・浜口章 (1970) : アカガイの種苗生産に関する研究-I 水槽採苗について. 水産増殖, 18 (1) 25~34.
- 17) 愛知県水産試験場 (1987) : 愛知県におけるナマコ増殖 (昭和58年~61年の試験研究のまとめ). 愛知県水試B集, 6, 17-20.
- 18) 原 修 (1980) : ナマコ受精卵の発生と水温ならびに幼生の初期餌料. 長崎県水産試験場研究報告,



- 6, 55-59.
- 19) 代田昭彦 (1975) : 水産餌料生物学. 恒星社厚生閣, 東京. pp. 303-333.
  - 20) Fabregas, J., J. Abalde, C. Herrero, B. Cabezas and M. Veiga (1984) : Growth of the marine micro alga *Tetraselmis suecica* in batch culture with different salinities and nutrient concentrations. *Aquaculture*, **42**, 207-215.
  - 21) Fabregas, J., C. Herrero, B. Cabezas and J. Abalde (1985) : Mass culture and biochemical variability of the marine microalga *Tetraselmis suecica* Kylin (butcher) with high nutrient concentrations. *Aquaculture*, **49**, 231-244.
  - 22) Fabregas, J., C. Herrero, J. Abalde and B. Cabezas (1985) : Growth, chlorophyll and protein of the marine microalga *Isochrysis galbana* in both cultures with different salinities and high nutrient concentrations. *Aquaculture*, **50**, 1-11.
  - 23) Fabregas, J., C. Herrero, R. Liano and B. Cabezas (1986) : Biomass production and biochemical variability of the marine microalga *Dunaliella tertiolecta* (butcher) with high nutrient concentrations. *Aquaculture*, **53**, 187-199.
  - 24) 立沢秀高・滝沢悦子 (1993) : 海産微細藻類 *Pavlova lutheri* の脂質組成. マリンバイオテクノロジー研究発表会講演要旨.
  - 25) 高橋和寛 (1992) : マナマコの人工種苗生産技術の現状について. 北水試だより, **17**, 13-15.
  - 26) 池田善平・植木範行・草加耕司 (1992) : ナマコ幼生期の飼育餌料の検討. 岡山県水産試験場研究報告, **7**, 47-52.
  - 27) 天神 僚・鈴木 信 (1984) : 餌料生物としての珪藻の大量培養. 福島県水産種苗研究所研究報告, **1**, 35-40.