

マナマコ浮遊幼生の変態促進に関する研究—I (予報)

— 採苗ステージの検討 —

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¹⁾。

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マナマコまでの飼育を一貫して行う方式²⁻⁵⁾であり、他の一つは、浮遊幼生末期に幼生を回収し別の水槽に收容して、付着器に稚マナマコとして付着、変態させ飼育を行う方式^{6,7)}である。佐賀県栽培漁業センターでは、当初、前者の生産方式であった。しかし、この方式では着底初期は、100万尾単位での生存が可能であったが、その後の減耗が著しく、体長10mm程度までの生産はできなかった。その後、*Auricularia* 後期幼生以降の稚マナマコへの変態促進に関する付着珪藻の効果について検討⁸⁾し、ウニ類の種苗生産方式⁹⁾に準じた、後者の生産方式を開発した。その結果、1989年以降採苗後約3か月間の飼育で体長10mmの稚マナマコを10万尾単位で生産できるようになり、稚マナマコの量産化が可能となってきた¹⁰⁾。しかし、稚マナマコを大量に安定して生産するには、まだ、種々の問題点が残されており、例えばその一つとして、浮遊幼生を効率良く、すみやかに付着器へ稚マナマコとして付着、変態させることなどが重要となっている。

当センターにおけるマナマコ浮遊幼生の採苗適期については、これまでの浮遊幼生の飼育経過からみて、*Auricularia* 幼生が最大体長に成長した後、*Doliolaria* 幼生への変態移行過程で大きな減耗がみられることや、付着珪藻が *Auricularia* 後期幼生に対して稚マナマコへの変態を促進させる効果があることなどから、浮遊幼生飼育時に生残率

が高く、稚マナマコへの変態率も良好な *Auricularia* 後期幼生の段階で、付着珪藻を用いた採苗を行うことが効果的であると報告⁸⁾した。その後、親マナマコ仕立て技術の検討による良質な卵の安定確保¹¹⁾、浮遊幼生の飼育適水温¹²⁾や飼育餌料¹³⁾などの飼育技術の検討、改良を行った結果、*Doliolaria* 幼生までの飼育を高い生残率で可能としたこと、また、マナマコ種苗生産における *Auricularia* 後期幼生を用いた採苗率が、同様な採苗方式をとっているウニ類に比べて全般的に低いことなどから、再び、マナマコ浮遊幼生の採苗のための好適ステージについて検討することとした。

前報⁸⁾では、*Auricularia* 後期幼生及び *Doliolaria* 幼生を用いた場合、採苗率では両者の間に差はみられなかった。しかし、このときの実験水温は18~20°Cであり、浮遊幼生飼育期の水温と採苗時の水温との較差の影響は考慮していなかった。現在行っている当センターでのマナマコ種苗生産は、3月下旬から4月上旬にかけて採卵を行い、浮遊幼生の飼育は、水温を18°C前後に加熱して行っており、採苗時期が4月中旬から下旬の場合、自然水の水温は12~16°Cで浮遊幼生飼育時の水温との間に大きな差があり、この水温差が稚マナマコへの変態に影響を与えているのではないかと考えられた。また、採苗水槽が屋外にあるため降雨時の塩分低下による変態への影響も懸念された。そこで、*Auricularia* 後期幼生と *Doliolaria* 幼生について、稚マナマコまでへの変態過程における水温と塩分の影響について小型容器での実験を行った。さらに、スケールアップした実用化試験として500ℓ水槽で浮遊幼生を飼育し、幼生の発育ステージが *Auricularia* 後期幼生が主体のときと、*Doliolaria* 幼生が主体のときに、それぞれ自然水

温下で、100 l 水槽規模での採苗実験を行った。その結果、マナマコの採苗は低水温や低塩分の影響を受けにくい *Doliolaria* 幼生が主体のときに行うのがより効果的であることがわかったので、その概要を報告する。

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ようである¹⁴⁾。そこで、アオナマコとアカナマコのそれぞれについて前述した実験を行い比較検討を行った。

材料および方法

アオナマコおよびアカナマコの *Auricularia* 後期幼生および *Doliolaria* 幼生を用いて、稚ナマコへの変態に及ぼす水温と塩分の影響について検討を行った。さらに、実験規模を拡大した採苗実験として同じ採卵群から飼育した浮遊幼生を用いて採苗適期に関する実験を行った。

アオナマコ幼生を用いた実験は、1991年4月10日に採卵した群を使って *Doliolaria* 幼生から稚ナマコへの変態に及ぼす水温の影響について、1992年3月31日に採卵した群を使って *Auricularia* 後期幼生及び *Doliolaria* 幼生から稚ナマコへの変態に及ぼす塩分の影響、*Auricularia* 後期幼生から稚ナマコへの変態に及ぼす水温の影響、さらに採苗適期に関する実験を行った。アカナマコ幼生を用いた実験は、1992年4月28日に採卵した群を使って *Doliolaria* 幼生から稚ナマコへの変態に及ぼす水温の影響および採苗適期に関する実験、1992年5月12日に採卵した群を使って *Auricularia* 後期幼生及び *Doliolaria* 幼生から稚ナマコへの変態に及ぼす塩分の影響、*Auricularia* 後期幼生から稚ナマコへの変態に及ぼす水温の影響に関する実験を行った。

本報告では、*Auricularia* 幼生から稚ナマコになるまで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 μ m)に達するまでを *Auricularia* 前期幼生、その後縮小期に入り、体長が約500 μ 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、口部から第一次触手を出すようになったものを *Pentacutula* 幼生、管足および体表の骨片が形成

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。

浮遊幼生の飼育は、500 l ポリカーボネイト水槽(以下、500 l 水槽とする)を用い、餌料として *Chaetoceros gracilis* を1日あたり 0.5×10^4 cells/ml から 2.5×10^4 cells/ml を投与した。*Chaetoceros gracilis* の培養は伊藤ら¹⁵⁾の方法によって行った。幼生の飼育はウォーターバス方式で水温を18°C程度に加温して行った。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 μ 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。照度は100lux以下とし、他の藻類の発生を防いだ。*Chaetoceros gracilis* 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(200目、オープニング111 μ 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5 cmのエアーストンを用いて水槽底面から行った。

マナマコ浮遊幼生の稚ナマコへの変態に及ぼす水温の影響 供試した *Auricularia* 後期幼生は、アオナマコでは、飼育日数11日目、アカナマコでは12日目の幼生から、*Doliolaria* 幼生はアオナマコ、アカナマコともに13日目の幼生からそれぞれ選んで使用した。このときの *Auricularia* 後期幼生の平均体長はアオナマコで $648.8 \pm 64.8 \mu$ m、アカナマコで $644.0 \pm 72.4 \mu$ m、*Doliolaria* 幼生の平均体長はアオナマコで $388.0 \pm 14.5 \mu$ m、アカナマコで $376.3 \pm 21.6 \mu$ mであった。実験に使用した幼生の飼育水温はアオナマコの *Auricularia* 後期幼生で使用したものが17.6~19.6°C(平均18.9°C)、

Doliolaria 幼生で使用したものが17.0~19.2°C (平均18.2°C), アカナマコの Auricularia 後期幼生で使用したものが19.0~20.6°C (平均19.8°C), Doliolaria 幼生で使用したものが19.0~20.5°C (平均19.5°C) であった。

実験区は、アオナマコでは水温12, 14, 16, 18°C の4段階, アカナマコでは12, 14, 16, 18, 20°C の5段階について行った。各温度に設定した多段式恒温ボックス内に、幼生収容1日前から200mlガラスビーカーにオートクレーブ処理海水100mlを入れ、この中に付着珪藻板(4×4cm)を設置し、キャピラリーピペットを使って弱通気を施した。その際、海水の蒸発を防ぐためビーカーにふたをした。幼生は20個体ずつ収容し、幼生収容後1日目、3日目、6日目に幼生の変態進行状況を観察した。各実験区とも6組のビーカーを設置し、観察毎に任意に2組ずつ取り出して幼生の発育ステージを観察した。また、各実験区へ収容したときの浮遊幼生の飼育水温はアオナマコの Auricularia 後期幼生での実験が18.6°C, Doliolaria 幼生で18.7°C, アカナマコの Auricularia 後期幼生で20.2°C, Doliolaria 幼生で19.8°Cであった。

使用した付着珪藻板での付着珪藻密度はアオナマコの Auricularia 後期幼生を使った実験では 84×10^4 cells/cm², Doliolaria 幼生を使った実験では 73×10^4 cells/cm², アカナマコの Auricularia 後期幼生を使った実験では 88×10^4 cells/cm², Doliolaria 幼生を使った実験では 98×10^4 cells/cm²であった。また、その種類はともに小型の *Navicula* 類, *Nitzschia* 類が優占していた。

マナマコ浮遊幼生の稚ナマコへの変態に及ぼす塩分の影響 供試した Auricularia 後期幼生及び Doliolaria 幼生は、アオナマコでは飼育日数11日目、アカナマコでは飼育日数12日目の幼生からそれぞれを選んで使用した。このときの Auricularia 後期幼生の平均体長はアオナマコで $648.8 \pm 64.8 \mu\text{m}$, アカナマコで $644.0 \pm 72.4 \mu\text{m}$, Doliolaria 幼生の平均体長はアオナマコで $399.3 \pm 23.1 \mu\text{m}$, アカナマコで $398.0 \pm 19.9 \mu\text{m}$ であった。

実験区は、通常使用しているオートクレーブ処

理海水の塩分34‰を基準に31, 28, 25, 22‰の5段階について行った。各実験区での塩分の調整は水温18°Cに調温したオートクレーブ処理海水に、同様に調温した蒸留水で希釈して行った。実験はそれぞれの濃度の海水40mlを入れたガラスシャーレー(直径5.5cm, 深さ2.2cm)底面に付着珪藻板(4×4cm)を設置し、これに各幼生を20個体ずつ収容し、2日後の全個体の変態進行状況を観察した。各シャーレーにはふたをして海水の蒸発を防いだ。各実験区とも2組ずつ設けて水温18°C, 止水, 無通気の下とした。使用した付着珪藻板はあらかじめ塩化ビニール製の付着板に付着珪藻を繁殖させたもので、アオナマコで使用した板の付着珪藻の密度は 84×10^4 cells/cm², アカナマコで使用した板の付着珪藻の密度は 88×10^4 cells/cm²であった。また、その種類はともに小型の *Navicula* 類, *Nitzschia* 類が優占していた。なお、浮遊幼生の飼育期間中の水温はアオナマコで17.6~19.6°C (平均18.9°C), アカナマコで19.0~20.6°C (平均19.8°C) であった。

マナマコ浮遊幼生の採苗実験 採苗実験は、同一水槽で飼育した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、Auricularia 後期幼生の割合が高まったときと、さらに発育が進み、Doliolaria 幼生の割合が高まったときの2回行った。

供試した幼生は、アオナマコでは1992年3月31日に採卵を行い、4月1日にふ化した幼生45万個を、アカナマコでは1992年4月28日に採卵を行い、4月29日にふ化した幼生43万個を、それぞれ500ℓ水槽に収容して飼育したものである。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 *Chaetoceros gracilis* 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 *Chaetoceros gracilis* の減少量を求めた。なお、この減少量を本文中では摂餌量とした。生残数の調査は、幼生収容直後と、アオナマコでは飼育日数5, 10, 11, 12, 13日目に、アカナマコでは飼育日数5, 7, 9, 10, 11, 12, 14日目にそれぞれ行った。計数

方法は50mlビーカーを用いて任意に10回サンプリングを行い計数し全幼生数を算出した。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。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(図1)、採苗実験を行う期日を決定した。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。

採苗は、あらかじめ付着珪藻を繁殖させた付着板(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、1水槽あたり浮遊幼生1万個を容積法で計数後収容し、直径13mmの塩ビパイプ(孔径1

mm, 間隔3cm)を通して弱通気を施した。幼生収容後7日間は止水とし、8日目から微流水とした。各実験区の稚ナマコ付着状況の観察は、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はいずれも採苗水槽を2組ずつ設けて行った。なお、各実験区での採苗期間中の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 84×10^4 cells/cm²、アカナマコでは 98×10^4 cells/cm²であった。また、その種類はともに小型の *Navicula* 類, *Nitzschia* 類が優占していた。

結 果

マナマコ浮遊幼生の稚ナマコへの変態に及ぼす水温の影響 アオナマコの Auricularia 後期幼生を使った各実験区における稚ナマコの出現率(2例の平均)を図2に示した。

幼生収容後1日目での稚ナマコの出現はいずれの温度区でもみられなかった。3日目では0~12.8%といずれの実験区とも低い値であったが飼育水温が高いほど、稚ナマコの出現が多くみられた。6日目では12℃区は0%であったが、他の温度区では7.7~27.5%で飼育水温が高いほど高

く、それらの値は3日目よりもそれぞれ高い値を示した。

アオナマコの Doliolaria 幼生を使った各実験区における稚ナマコの出現率(2例の平均)を図3に示した。

1日目で稚ナマコの出現した割合は、17.5~40%と飼育水温が高いほど高く、いずれの

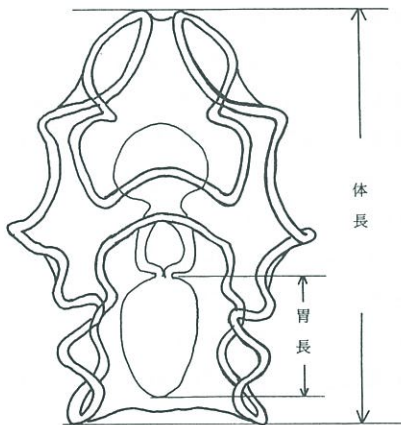


図1 Auricularia 幼生の測定部位 (Inaba 原図より改写)

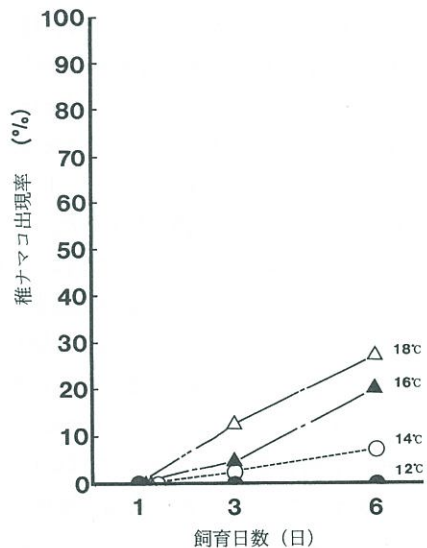


図2 アオナマコ Auricularia 後期幼生から稚ナマコへの変態に及ぼす飼育水温の影響

温度区でも *Auricularia* 後期幼生を用いた実験に比べ高い値であった。3日目での稚ナマコの出現率は50~57.5%となり1日目よりも高い出現率を示したが温度別の稚ナマコの出現率はいずれも50%台であった。6日目での稚ナマコの出現率も飼育水温が高いほど高く、18°C区では最高値の88%を示した。

アカナマコの *Auricularia* 後期幼生を使った各実験区における稚ナマコの出現率（2例の平均）を図4に示した。

1日目での稚ナマコの出現はアオナマコと同様に、いずれの温度区でもみられなかった。3日目では12~16°C区では0~2.7%であったが、18および20°C区では35.9と42.1%で他の温度区に比べ稚ナマコへの変態が促進された。6日目での稚ナマコの出現率は、16°C以上の区で49.5~54.3%となり、また、アオナマコの場合に比べて高かった。

アカナマコの *Doliolaria* 幼生を使った各実験区における稚ナマコの出現率（2例の平均）を図5に示した。

1日目での稚ナマコの出現した割合は、7.5~48.8%で12~18°C区の範囲ではアオナマコに比べ若干低い値であった。3日目での稚ナマコ

の出現率は、1日目に比べ、各温度区とも高まった。6日目でもこの傾向はみられ、16~20°C区では71.8~84.2%で12、14°C区の15、21.6%に比べ著しく高い値であった。

以上のように、アオナマコ、アカナマコともに実験を行った水温範囲においては、水温が高いほど、また、幼生収容後の経過日数につれて稚ナマコの出現する割合は高まり、さらに、*Auricularia* 後期幼生と *Doliolaria* 幼生を比較すると、*Doliolaria* 幼生の方がいずれの温度区でも稚ナマコへの変態がすみやかに進んだ。

マナマコ浮遊幼生の稚ナマコへの変態に及ぼす塩分の影響 アオナマコ及びアカナマコの *Auricularia* 後期幼生を使った各実験区における2日後の変態進行状況（2組の平均）を表1、2にそれぞれ示した。

稚ナマコの出現した割合は、アオナマコでは塩分34‰で7.5%、25~31‰で2.6%であった。22‰では稚ナマコの出現はみられなかった。アカナマコではいずれの実験区でも稚ナマコの出現はみられなかったが、*Pentacutula* 幼生の割合は34‰が81.8%、31‰が71.8%で22~28‰の39.5~44.8%に比べ高かった。また、アオナマコ、アカナマコ

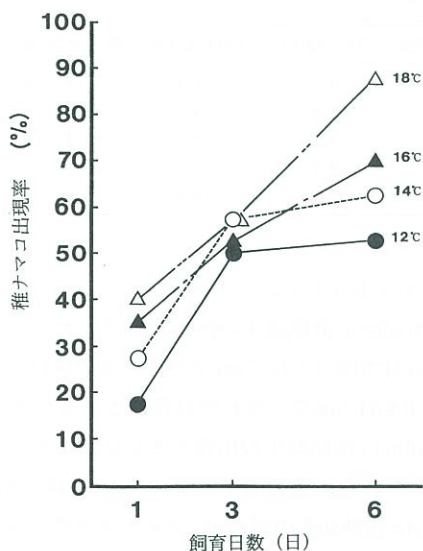


図3 アオナマコ *Doliolaria* 幼生から稚ナマコへの変態に及ぼす飼育水温の影響

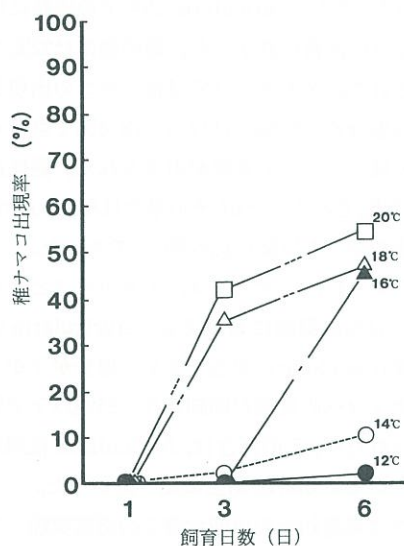


図4 アカナマコ *Auricularia* 後期幼生から稚ナマコへの変態に及ぼす飼育水温の影響

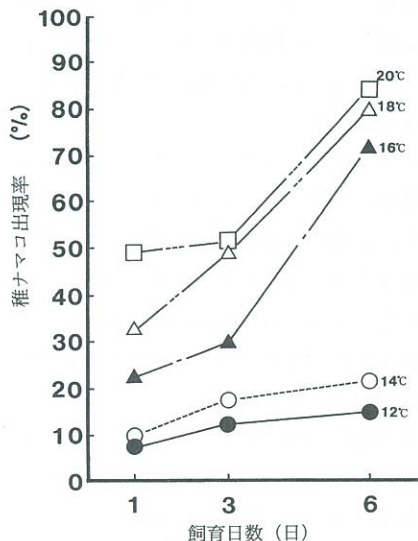


図5 アカナマコ Doliolaria 幼生から稚ナマコへの変態に及ぼす飼育水温の影響

ともに22, 25%で斃死個体がみられた。

アオナマコ及びアカナマコの Doliolaria 幼生を使った各実験区における2日後の変態進行状況(2組の平均)を表3, 4にそれぞれ示した。

アオナマコでは, 稚ナマコの出現した割合は塩分25~34%では16.2~22.5%で差はみられず, Pentacutula 幼生の出現割合でも大きな差はみられなかった。また, Auricularia 幼生での実験に比べ稚ナマコの割合は高かった。斃死個体は22%でのみみられた。アカナマコでは稚ナマコの出現した割合は塩分22~34%では12.8~78.4%で塩分が低いほど稚ナマコへの変態が阻害された。斃死個体は22, 25%のみみられたが, その割合はAuricularia 後期幼生を使った実験に比べ約1/2であった。

以上のように, アオナマコ, アカナマコともに, 塩分22~34%の範囲においては, Auricularia 後期幼生及び Doliolaria 幼生ともに, 塩分が下がるほど稚ナマコへの変態が抑制され, 25%以下で斃死がみられたが, その割合は, Auricularia 後期幼生のほうが Doliolaria 幼生に比べ高かった。

マナマコ浮遊幼生の小型水槽での採苗実験 アオナマコ及びアカナマコ浮遊幼生の飼育経過に伴う成長, 生残および発育ステージの推移を図6,

表1 アオナマコ Auricularia 後期幼生収容2日目の変態進行状況 (%)

塩分(%)	Auricularia 後期	Doliolaria	Pentacutula	稚ナマコ	斃死
34	0	80	12.5	7.5	0
31	0	79.5	17.9	2.6	0
28	0	76.3	21.1	2.6	0
25	2.6	42.1	13.2	2.6	39.5
22	5.4	21.7	10.8	0	62.1

表2 アカナマコ Auricularia 後期幼生収容2日目の変態進行状況 (%)

塩分(%)	Auricularia 後期	Doliolaria	Pentacutula	稚ナマコ	斃死
34	0	18.2	81.8	0	0
31	7.7	20.5	71.8	0	0
28	2.6	52.6	44.8	0	0
25	5.6	44.4	44.4	0	5.6
22	2.6	44.7	39.5	0	13.2

表3 アオナマコ Doliolaria 幼生収容2日目の変態進行状況 (%)

塩分(%)	Doliolaria	Pentacutula	稚ナマコ	斃死
34	17.5	60	22.5	0
31	16.2	67.6	16.2	0
28	18.4	60.5	21.1	0
25	10.8	73	16.2	0
22	13.9	36.1	13.9	36.1

表4 アカナマコ Doliolaria 幼生収容2日目の変態進行状況 (%)

塩分(%)	Doliolaria	Pentacutula	稚ナマコ	斃死
34	0	21.6	78.4	0
31	2.6	35.9	61.5	0
28	5.1	38.5	56.4	0
25	2.4	51.2	44	2.4
22	7.7	74.4	12.8	5.1

7にそれぞれ示した。

Auricularia 前期幼生の体長は, アオナマコでは9日目に $886.4 \pm 42.7 \mu\text{m}$, アカナマコでは11日目に $869.0 \pm 34.9 \mu\text{m}$ で, それぞれ最大となり以後, Auricularia 後期幼生の出現とともに縮小する傾向がみられた。発育ステージについては, Auricularia 後期幼生の割合が, アオナマコでは11日目に62.5%(平均体長 $668.8 \pm 134.2 \mu\text{m}$), アカナマコでは13日目に63.3%(平均体長 $651.3 \pm 131.7 \mu\text{m}$)

と高まり、それぞれ、第1回目の採苗実験を行った。Doliolaria 幼生の割合はアオナマコでは13日目に78.6% (平均体長 $410.8 \pm 80.5 \mu\text{m}$)、アカナマコでは14日目に69.4% (平均体長 $518.7 \pm 178.8 \mu\text{m}$)と高くなり第2回目の採苗実験を行った。また、

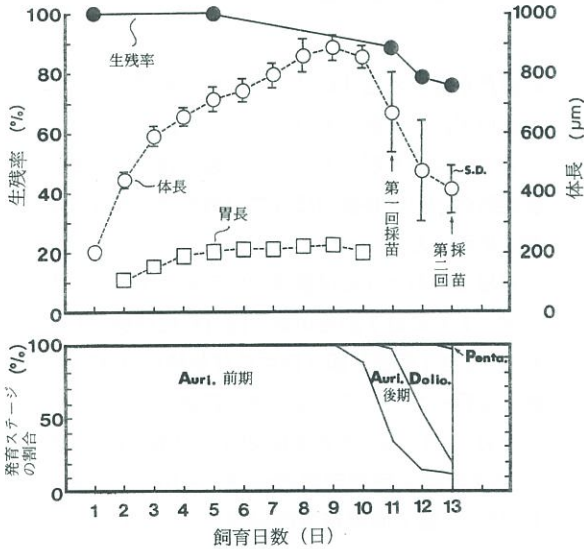


図6 アオナマコ浮遊幼生の飼育経過に伴う成長, 生残及び发育ステージの推移

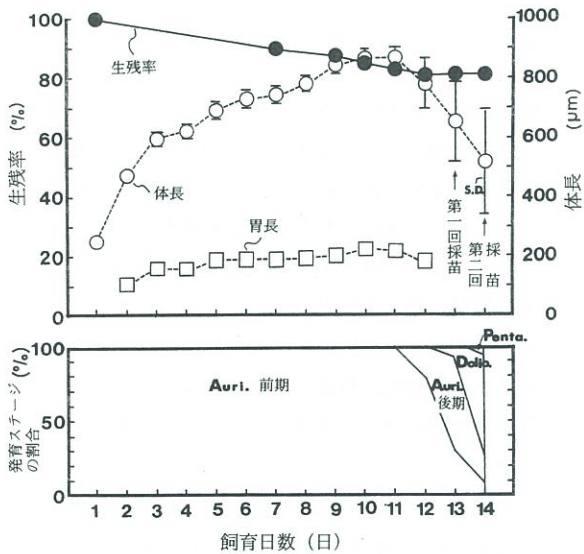


図7 アカナマコ浮遊幼生の飼育経過に伴う成長, 生残及び发育ステージの推移

最大体長がみられた以降の发育ステージでは、アカナマコのほうがアオナマコに比べ成長遅れのAuricularia 前期幼生の割合が若干多かった。浮遊幼生の生残数は、飼育期間を通して大きな減耗はみられず、アオナマコでは13日目で76.4%、アカナマコでは14日目で80.9%であった。

アオナマコ及びアカナマコ浮遊幼生の飼育期間中の投餌量及び1日あたりの摂餌量を図8, 9にそれぞれ示した。

浮遊幼生の1日あたりの摂餌量は、アカナマコ, アオナマコともに3日目以降に多くなり、アオナマコでは平均体長が最大となった9日目に、アカナマコでは最大となった翌日に最も多くなった。その後は平均体長の縮小に伴い摂餌量も減少した。胃長も成長に伴い大きくなり、アオナマコでは9日目に $226.0 \pm 22.1 \mu\text{m}$, アカナマコでは10日目に $221.3 \pm 18.8 \mu\text{m}$ と最大であった。また、その後は、平均体長の縮小に伴い胃長も小さくなり、アオナマコでは11日目, アカナマコでは13日目に、多数の個体で測定できないほど縮小した。浮遊幼生飼育期間中の水温はアオナマコが $17.6 \sim 19.6^\circ\text{C}$ (平均 18.9°C), アカナマコが $19.0 \sim 20.5^\circ\text{C}$ (平均 19.5°C)でアカナマコのほうが、アオナマコに比

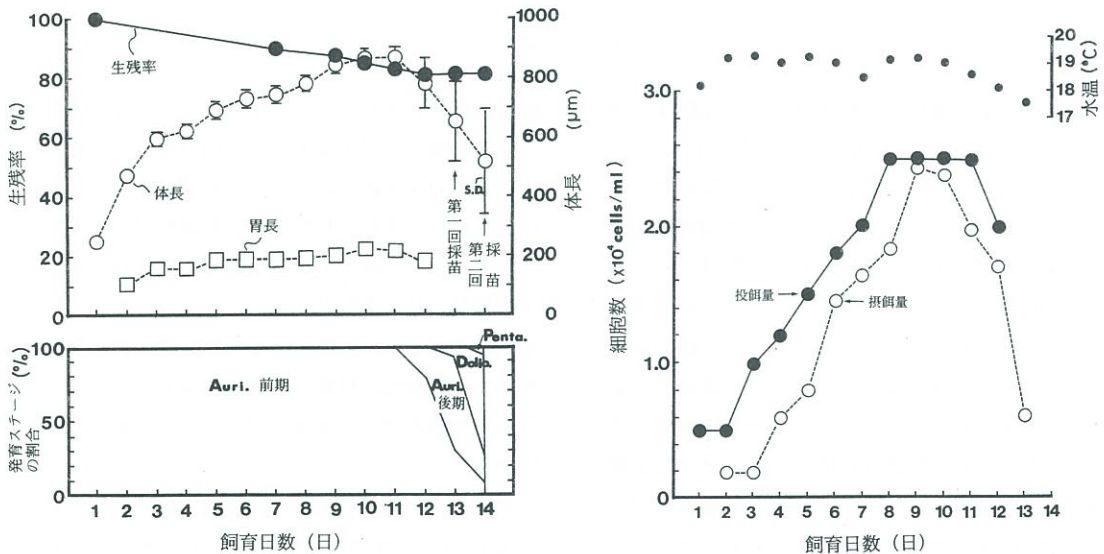


図8 アオナマコ浮遊幼生の飼育経過に伴う投餌量及び摂餌量の推移

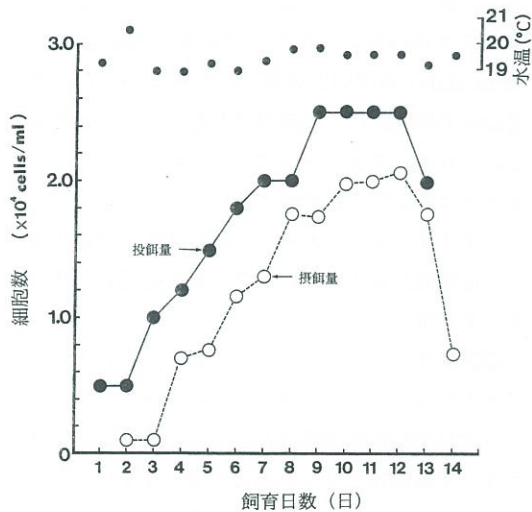


図9 アカナマコ浮遊幼生の飼育経過に伴う投餌量及び摂餌量の推移

べ若干高く推移した。アオナマコ及びアカナマコの浮遊幼生収容時の飼育水温と採苗水槽での水温は、アオナマコの第1回目が18.6°Cと15.1°C、第2回目が18.7°Cと14.3°C、アカナマコの第1回目が19.8°Cと17.8°C、第2回目が19.6°Cと18.2°Cでアオナマコでの採苗実験の方がアカナマコでの実験に比べ水温差が大きかった。また、幼生収容時

考

石田¹⁶⁾は、温度刺激法により大量の成熟卵を得ることに成功し、浮遊幼生期の餌料として *Pavlova lutheri* や *Chaetoceros gracilis* を用いて、浮遊幼生から稚ナマコまで同一水槽内で飼育し稚ナマコを生産する方法を開発した。その後、いくつかの機関では、この生産方式をもとにした飼育法で稚ナマコの生産が行われている^{4,5)}が、陸上水槽において大量の大型種苗(体長10mm程度以上)を生産するまでには至っていない。一方、真崎・伊藤ら⁸⁾が開発した採苗方式による稚ナマコの生産は、ウニ類で行っている⁹⁾ように、付着珪藻を使って浮遊幼生を稚ナマコへ変態促進させ、さらに、稚ナマコの初期餌料として付着珪藻を利用するものである。この採苗方式によって、近年、佐賀県

表5 幼生収容10日目の付着板1枚あたりの稚ナマコ付着数

水槽	第1回採苗		第2回採苗	
	アオナマコ	アカナマコ	アオナマコ	アカナマコ
1	73.5	75.5	244.5	305.0
2	59.2	85.1	307.1	317.7
平均	66.4	80.3	275.8	311.4

の採苗水槽での塩分はアオナマコおよびアカナマコのいずれの実験でも33‰であった。

アオナマコ及びアカナマコの第1回、第2回採苗実験の幼生収容後10日目での稚ナマコ付着数を表5に示した。

波板1枚あたりの付着数は、アオナマコ、アカナマコともに第2回目が第1回目に比べ著しく多かった。第1回目と第2回目の付着数についてF₀検定を行ったところ5%水準で有意であった。

なお、100ℓ水槽での実験期間中の水温は、アオナマコの第1回採苗実験が13.4~16.6°C(平均15.1°C)、第2回採苗実験が13.8~17.5°C(平均15.8°C)、アカナマコの第1回採苗実験が17.8~20.5°C(平均19.1°C)、第2回採苗実験が18.2~20.6°C(平均19.5°C)であった。

察

栽培漁業センターでは、アオナマコ、アカナマコともに10mmサイズの稚ナマコを10万単位で生産することができるようになり¹⁰⁾、大型種苗の放流が可能となってきた。しかし、この採苗方法については、いまだ、改良すべき点が多く残されており、特に採苗に供する浮遊幼生のステージについては不明な点が多い。柳橋ら¹⁷⁾も同様な採苗方式で稚ナマコの量産化が可能なることを報告しているが、具体的な浮遊幼生の採苗時期については言及していない。

今回、前報⁸⁾に引き続き、採苗技術の安定化をはかるため、アオナマコ及びアカナマコの *Auricularia* 後期幼生と *Doliolaria* 幼生について、稚ナマコへの変態過程での水温や塩分の影響につい

て検討した。さらに、規模を拡大した実験として、同一飼育群の浮遊幼生を用いた採苗適期に関する実験を行った。すなわち、浮遊幼生の飼育過程において *Auricularia* 後期幼生の割合が高まったとき、さらに、発育が進んで *Doliolaria* 幼生の割合が高まったときの2回採苗実験を行い浮遊幼生期の採苗のための好適ステージを検討した。その結果、前報⁹⁾と同様に、*Auricularia* 後期幼生、*Doliolaria* 幼生はともに付着珪藻の存在によって稚ナマコへの変態が促進されるが、水温や塩分の条件が同じ場合、*Doliolaria* 幼生の方が *Auricularia* 後期幼生に比べて、稚ナマコへすみやかに変態することが確認された。また、アオナマコの *Auricularia* 後期幼生は12°Cでは幼生収容後6日目でも稚ナマコの出現はみられず、アカナマコについても、12、14°Cでの稚ナマコの出現割合は、6日目でも *Auricularia* 後期幼生、*Doliolaria* 幼生ともに16~20°Cでの稚ナマコ出現割合に比べて著しく低かった。このように、アオナマコおよびアカナマコの浮遊幼生はともに、採苗時の水温が浮遊幼生の飼育水温より低い場合、その水温差が少ないほど、換言すれば20°Cまでの実験では水温が高いほど稚ナマコの出現割合が高まることが明らかとなった。また、塩分についても、水温と同様に *Doliolaria* 幼生の方が *Auricularia* 後期幼生に比べ稚ナマコへの変態過程において低塩分の影響を受けにくいことがわかった。さらに、同一飼育群の浮遊幼生を使った採苗実験結果からも明らかのように、アオナマコ及びアカナマコの浮遊幼生はともに飼育過程において最大体長に達した後、体長や胃長の縮小とともに、摂餌量が減少し、

着底期に入る前の *Doliolaria* 幼生の割合が高まったとき(平均体長約500 μ m前後)に採苗を行うのが効果的であることが示唆された。このように、採苗時の水温や塩分、さらに、採苗に供する幼生のステージが稚ナマコの出現割合に大きく影響していることが明らかとなった。これらのことから、採苗は *Doliolaria* 幼生の割合が高まった時点で行うことはもちろんのこと、採苗水槽での水温コントロールができないような水槽施設では、自然水温を考慮した採苗時期(採卵及び浮遊幼生の飼育時期)を検討する必要がある。また、塩分についても、25%以下で斃死などの弊害がみられることから、屋外水槽で採苗を行う場合は塩分の低下に十分注意し、流水状態で採苗を行った場合でも幼生の流失を防ぐような水槽施設の工夫が必要である。なお、崔¹⁴⁾らは、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的にも生態的にも異なり、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。今回得られた種苗生産過程における採苗に関する実験結果からは、アオナマコとアカナマコの浮遊幼生期では両者に、形態からも性質からも大きな差異は認められなかった。

以上の結果、マナマコ浮遊幼生の採苗ステージやその時期について、一応のめどがたち、より安定した採苗率が得られるものと考えられる。さらに、今後は *Doliolaria* 幼生を使った効果的な採苗方法の確立のため、ウニ類で言われているような、採苗の際の付着珪藻の密度と採苗率との関係や、付着板の設置方法の違いによる採苗率への影響などについての検討を行っていきたい。

文 献

- 1) 水産庁・日本栽培漁業協会(1992):平成2年度栽培漁業種苗生産,入手・放流実績(全国). 425-428.
- 2) 池田善平・片山勝介(1986):マナマコ種苗生産と稚ナマコの飼育について.岡山水試報告,1, 71-75.
- 3) 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)愛知県.
- 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)山口県.

- 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)大分県。
- 6) 野口弘三・伊藤史郎・有吉敏和(1990)：マナマコの種苗生産に関する知見と今後の検討課題。西海区ブロック藻類・介類研究会報, 6, 67-81。
- 7) 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)福井県。
- 8) 真崎邦彦・伊藤史郎・小澄千尋・金丸彦一郎(1987)：マナマコ幼生の採苗に関する研究-1, マナマコ幼生の変態着底におよぼす付着珪藻の効果と採苗ステージについて。佐賀県栽培漁業センター研究報告, 1, 65-70。
- 9) 伊東義信・山田 徹・有吉敏和・野田進治・伊藤史郎(1985)：ウニ類(アカウニ, パンウニ, ムラサキウニ)の種苗生産の現状と問題点。昭和55~58年度佐賀県栽培漁業センター事業報告書, 79-96。
- 10) 伊藤史郎・川原逸朗(1993)：マナマコの付着珪藻板飼育による大量生産(予報)。佐賀県栽培漁業センター研究報告, 2, 1-11。
- 11) 伊藤史郎・川原逸朗：マナマコの親仕立てに関する研究-1。(未発表)
- 12) 伊藤史郎・小早川淳・谷 雄作(1987)：マナマコ(アオナマコ)浮遊幼生の飼育適水温について。水産増殖, 34(4), 257-259。
- 13) 伊藤史郎・川原逸朗：マナマコ(アオナマコ, アカナマコ)浮遊幼生の飼育餌料の検討。(未発表)
- 14) 崔相・大島泰雄(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。日本水試, 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。昭和55~58年度佐賀県栽培漁業センター事業報告書, 97-103。
- 16) 石田雅俊(1979)：マナマコの種苗生産。栽培技研, 8(1), 63-75。
- 17) 柳橋茂昭・柳澤豊重・河崎 憲(1984)：マナマコ種苗生産における浮遊幼生の着底および着底以後の幼若個体の餌料と飼育方法について。水産増殖, 32(1), 6-14。