

マナマコ幼生の採苗法に関する研究—I

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

真崎邦彦・伊藤史郎*・小澄千尋・金丸彦一郎

マナマコ (*Stichopus japonicus*) 幼生の量産飼育に関する研究は、石田¹⁾が幼生の餌料として *Monocrysis lutheri*, *Chaetoceros gracilis* が有効であることを示して以来、小林・鶴島^{2,3)}、池田ら⁴⁾等の報告があり、現在、幼生の飼育技術が確立されつつある。当センターでのマナマコの種苗生産研究においても、幼生の餌料として、アオナマコでは *Chaetoceros gracilis* が、アカナマコでは *Chaetoceros calcitrans* が有効であることが確かめられ、これらの餌料を投与して、稚ナマコ初期までの飼育を行ってきた。

しかし、これらの幼生飼育方法は、浮遊幼生期から着底した稚ナマコ初期まで、浮遊珪藻、鞭毛藻を投与して行なう方法であり、この方法によって幼生の飼育を行なった場合、Auricularia 幼生が最大体長に成長した後、体が縮小し始め、Doliolaria 幼生、Pentactula 幼生へと変態が進んで着底生活に移行していく段階に大量減耗がみられ、飼育上の大きなネックとなっている。従って、この着底移行時期の大量減耗の対策として、変態をスムーズに進行させる方法や、採苗に適した幼生のステージについて検討する必要があると思われた。

当センターで採苗方法が実用化されている、アカウニ幼生の付着、変態に関して、谷・伊東⁵⁾は、付着珪藻が有効に作用することを示している。そこで、本研究では、マナマコ幼生の変態に対する付着珪藻の効果について検討し、併せて、マナマコ幼生の浮遊期から着底期に至るまでの摂餌生態を調べるとともに、採苗に適した幼生のステージについて検討を行なった。その結果、マナマコ幼生の採苗は体が縮小していく Auricularia 後期に発育した段階に、付着珪藻を用いて行なうのが最も有効と考えられたので報告する。

材料および方法

1. マナマコ幼生の変態着底実験

アオナマコ、アカナマコ幼生の、稚ナマコへの変態に対する付着珪藻の効果を、幼生の発育段階別に検討した。

本報告では、マナマコがふ化した後、Auricularia から稚ナマコになるまでの発育段階を、稲葉^{6,7)}、今井ら⁸⁾の報告を参考にして次のように定義した。すなわち、マナマコはふ化後、囊胚期幼生を経て Auricularia 期幼生となる。Auricularia 期幼生は、最大体長 (800~900 μ m) に達して球状体が形成された後、縮小していくことから、最大体長に達するまでを Auricularia 前期、その後縮小期に入り、体長500 μ m に縮小するまでを Auricularia 後期とした。さらに、変態が進み、5本の繊毛環が完成した樽状の幼生を Doliolaria 期とし、その後、繊毛環の消失にともなって着底していき、口部から第一次触手を出すようになったものを Pentactula 期とした。これ以後の、管足および体表の骨片が形成された段階から稚ナマコとした。

(1) アオナマコ幼生

アオナマコ幼生を用いた実験は、付着珪藻区、付着珪藻+*Chaetoceros gracilis* 区、海水のみの対照区を各々1例ずつ設け、それぞれ発育段階別の幼生を収容して行なった。

実験には、昭和59年5月2日にふ化した幼生を、500 ℓ ポリカーボネイト水槽 (以下、500 ℓ 水槽とする) で *Chaetoceros gracilis* を投与して飼育し、ふ化後12日目に Auricularia 後期幼生を、13日目に Doliolaria 期幼生を、14日目に Pentactula 期幼生を、各々30個体ずつ取り出して、付着珪藻区、付着珪藻+*Chaetoceros gracilis* 区、および対照区の3区の200 ml ビーカーにそれぞれ

* 佐賀県水産試験場

収容した。Auricularia 後期で収容した場合は、幼生収容後 3 日目に、Doliolaria 期で収容した場合は 2 日目に、Pentactula 期で収容した場合は 1 日目に、各実験区の全個体の観察を行ない、各発育段階別幼生の変態状況を比較した。

実験に用いた付着珪藻は、屋外の水槽で繁殖していたものを 200 ml ビーカーに接種し、栄養塩を添加して、照度 5,000 lux (白色蛍光灯) の条件下でビーカーの底面に繁殖させたもので、その中から同程度に褐色を呈したものを選択して用いた。なお、繁殖した付着珪藻は、主に *Navicula* 類が優占し、他に *Nitzschia* 類、*Cocconeis* 類、*Melosira* 類などであった。

また、付着珪藻 + *Chaetoceros gracilis* 区の *Chaetoceros gracilis* については、通常の幼生飼育時の投餌量である 2.0×10^4 細胞/ml の濃度になるように毎日添加した。

実験は、水温 20°C 前後、照度約 100 lux、無通気で行った。

(2) アカナマコ幼生

アカナマコ幼生を用いた実験は、付着珪藻区、*Chaetoceros calcitrans* 区および海水のみの対照区の 3 区を設け、それぞれ各発育段階別の幼生を収容して行った。

実験には、昭和 59 年 5 月 16 日にふ化した幼生を、500 l 水槽で *Chaetoceros calcitrans* を投与して飼育し、ふ化後 13 日目に Auricularia 後期幼生を、14 日目に Doliolaria 期幼生を、15 日目に Pentactula 期幼生を各々 20 個体ずつ取り出して、付着珪藻区、*Chaetoceros calcitrans* 区、対照区の 3 区の 50 ml ビーカーに収容した。なお、Auricularia 後期で収容するものは 50 ml ビーカーを 4 個ずつ、Doliolaria 期の場合は 3 個ずつ、Pentactula 期の場合は 2 個ずつ設定し、幼生収容後、各実験区とも毎日、無作為に 1 個ずつビーカーを取り出して、全個体の形態組成を調

べ、幼生の変態状況を比較した。

実験に用いた付着珪藻は、アオナマコの実験の場合と同じ方法で培養し、同程度に繁殖しているものを選択して用いた。また、*Chaetoceros calcitrans* は、幼生飼育の通常での投餌量である 5.0×10^4 細胞/ml の濃度になるように、毎日添加した。

実験期間中の水温、照度はアオナマコの場合と同様で、無通気で行った。

2. 付着珪藻を用いたアオナマコ幼生の採苗実験

付着珪藻の変態促進効果を実用化するため Auricularia 後期および Doliolaria 期の幼生を、底面に付着珪藻を繁殖させた 30 l ポリカーボネイト水槽 (以下、30 l 水槽とする) に収容し、アオナマコ幼生の採苗実験を行った。

実験の内容は表 1 に示したとおりである。

実験には、昭和 59 年 5 月 1 日にふ化した幼生を、500 l 水槽で *Chaetoceros gracilis* を投与して飼育し、ふ化後 12 日目に Auricularia 後期、13 日目に Doliolaria 期のものを 8,000 個体ずつ容積法で取り出し、付着珪藻を繁殖させた 30 l 水槽に各期 2 例ずつ収容した。Auricularia 後期で収容したものは幼生収容後 4 日目、Doliolaria 期の場合は 3 日目に、採苗水槽の底面の稚ナマコ数を計数し、採苗率を算出した。

実験に使用した 30 l 水槽の底面には、あらかじめ屋外水槽で繁殖していた天然の付着珪藻を接種し、栄養塩の添加や照度調節 (10,000 lux 以下) を行ない、付着珪藻を褐色になるように、均等に繁殖させた。

実験は、屋内の東側に面した窓際で行ない、水温 20°C、照度を 2,000 lux 以下に調整し、無通気で行った。

表 1 付着珪藻を用いたアオナマコ幼生の採苗実験の内容

収容幼生ステージ	No.	幼生の収容		測定	実験条件	
		収容数(個体)	収容時のステージ組成		水温(°C)	照度(lux)
Auricularia 後期	1	8,000	Auricularia 前期 20% " 後期 78% Doliolaria 期 2%	幼生収容後 4 日目	18.1 ~20.6	2,000 以下
	2	8,000				
Doliolaria 期	3	8,000	Auricularia 前期 8% " 後期 16% Doliolaria 期 73% Pentactula 期 3%	幼生収容後 3 日目		
	4	8,000				

結 果

1. マナマコ幼生の変態着底実験

(1) アオナマコ幼生

各実験区における幼生の發育段階別の変態状況を図1に示した。これを、収容幼生期ごとに付着珪藻区、付着珪藻+ *Chaetoceros gracilis* 区および対照区での変態状況を比較してみると、次の様な結果が得られた。

1) Auricularia 後期幼生で収容

収容後3日目の稚ナマコ出現率についてみると、付着珪藻区で77.3%、付着珪藻+ *Chaetoceros gracilis* 区で41.7%と付着珪藻区がかなり高い割合を示し、対照区では、稚ナマコに変態した個体はみられなかった。なお、付着珪藻+ *Chaetoceros gracilis* 区では斃死個体のみられ、その割合は24.9%であった。

2) Doliolaria 期幼生で収容

収容後2日目の稚ナマコ出現率は、付着珪藻区で73.9%と高く、付着珪藻+ *Chaetoceros gracilis* 区では58.3%と低くなっている。対照区では、稚ナマコに変態した個体はみられなかった。

3) Pentactula 期幼生で収容

収容後1日目の稚ナマコ出現率は、付着珪藻区で88.9%、付着珪藻+ *Chaetoceros gracilis* 区で95.2%とかなり高い割合を示した。対照区では36.7%が稚ナマコへ変態していたものの低い割合であった。

(2) アカナマコ幼生

各実験区における幼生の發育段階別の変態進行状況を図2に示した。アオナマコ幼生の実験の場合と同じように、収容幼生期ごとに、付着珪藻区、*Chaetoceros calcitrans* 区、対照区における変態状況を比較すると、次の様な結果が得られた。

1) Auricularia 後期幼生で収容

付着珪藻区では、収容後3日目に稚ナマコが55.6%出現し、4日目には80.0%となった。*Chaetoceros calcitrans* 区では、Pentactula 期までは変態しているのが確認されたが、4日目まで稚ナマコは出現しなかった。なお、4日目には、36.9%が斃死していた。対照区では、*Chaetoceros calcitrans* 区と同じように、Pentactula 期までは変態が進行したが、稚ナマコまで変態が進まなかった。

2) Doliolaria 期幼生で収容

付着珪藻区では収容後1日目に稚ナマコが33.3%出現し、2日目には95.0%、3日目には100%となった。*Chaetoceros calcitrans* 区では、1日目に85.0%がPentactula 期になっていたが、3日目まで稚ナマコは出現し

なかった。対照区では、*Chaetoceros calcitrans* 区と同じように、1日目には90.0%がPentactula 期になっていたが、3日目まで稚ナマコの出現はみられなかった。

3) Pentactula 期幼生で収容

付着珪藻区では収容後1日目に90.0%が、2日目には100%が稚ナマコに変態した。*Chaetoceros calcitrans* 区、対照区では2日目まで稚ナマコの出現はみられなかった。

2. 付着珪藻を用いたアオナマコ幼生の採苗実験

実験中の水温は18.1~20.6℃、pHは7.93~8.10であった。

実験結果を表2に示した。Auricularia 後期で収容した場合、稚ナマコの採苗数は平均5,873.5個体(5,301個体, 6,446個体)、採苗率は平均73.5%(66.3%, 80.6%)と高い割合を示した。Doliolaria 期で収容した場合は、採苗数は平均6,076.5個体(6,074個体, 6,079個体)、採苗率は平均76.0%(75.9%, 76.0%)と、Auricularia 後期で収容した場合と、ほぼ同様の高い割合を示した。

表2 付着珪藻を用いたナマコ幼生の採苗実験結果

収容幼生ステージ	容器No.	収容数 ◎(個体)	稚ナマコ数 ◎(個体)	採苗率 ◎/◎×100%
Auricularia 後期	1	8,000	5,301	66.3
	2	8,000	6,446	80.6
Doliolaria 期	3	8,000	6,074	75.9
	4	8,000	6,079	76.0

考 察

マナマコ幼生の浮遊期から着底までの各發育段階、すなわち、Auricularia 後期、Doliolaria 期、Pentactula 期の3段階の幼生を、アオナマコの場合は、付着珪藻区、付着珪藻+ *Chaetoceros gracilis* 区、および対照区に、アカナマコの場合は、付着珪藻区、*Chaetoceros calcitrans* 区、および対照区に収容して、稚ナマコへの変態状況について検討した。

アオナマコ幼生については、Auricularia 後期、またDoliolaria 期で収容した場合、付着珪藻区が稚ナマコへの変態促進には最も効果があり、次いで、付着珪藻+ *Chaetoceros gracilis* 区の順であった。Pentactula 期で収容した場合は、付着珪藻区および付着珪藻+ *Chaetoceros gracilis* 区とも、90%近くが稚ナマコに変態した。これらの結果は、Auricularia 後期からPentactula 期に至るまでのアオナマコ幼生が稚ナマコに変態するのに、

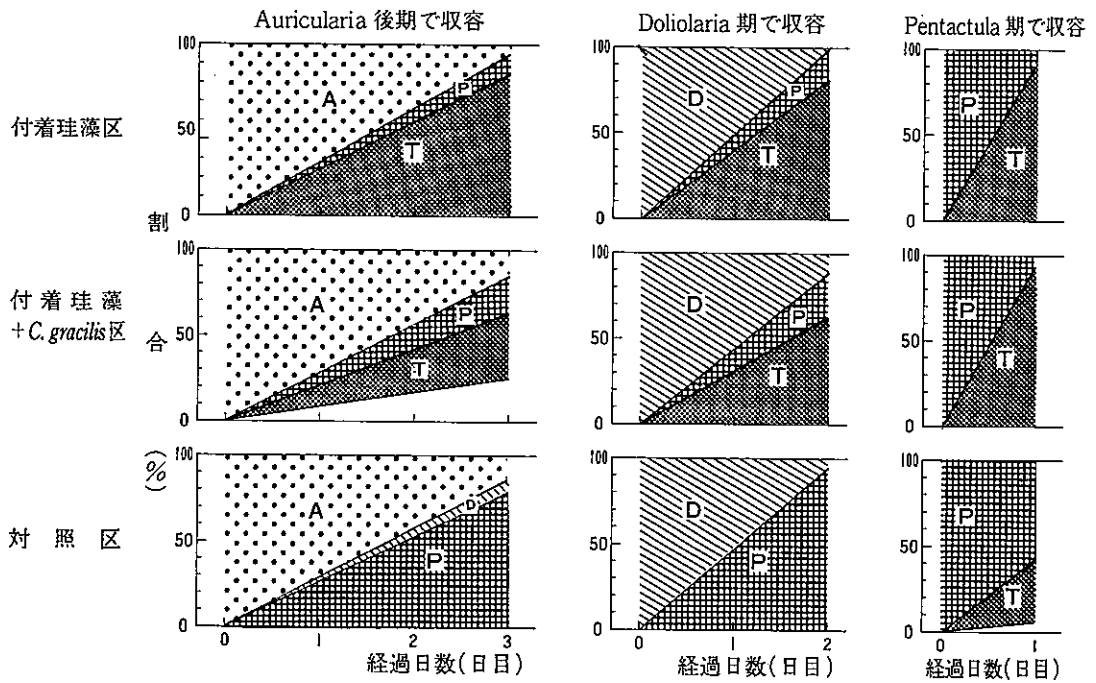


図1 アオナマコ幼生の各実験区の変態状況
 ●A● Auricularia 後期 ■T■ 稚ナマコ期
 ▨D ▨ Doliolaria 期 □ 斃死
 ▩P ▩ Pentactula 期

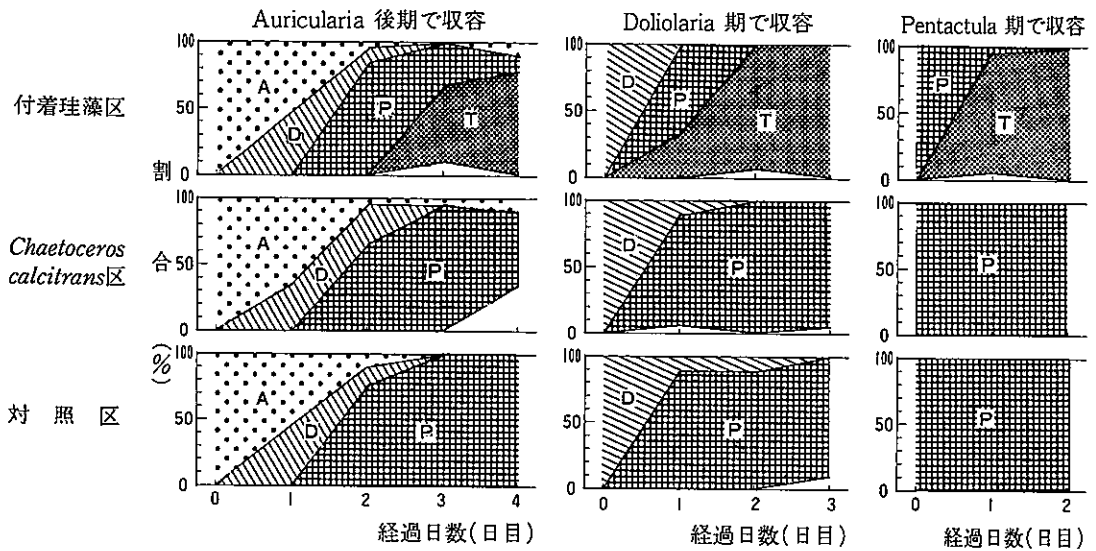


図2 アカナマコ幼生の各実験区の変態状況
 ●A● Auricularia 後期 ■T■ 稚ナマコ期
 ▨D ▨ Doliolaria 期 □ 斃死
 ▩P ▩ Pentactula 期

付着珪藻が効果的に作用していることを示唆している。

アカナマコ幼生については、稚ナマコへの変態が認められたのは、付着珪藻区に *Auricularia* 後期, *Doliolaria* 期および *Pentactula* 期の幼生を収容した場合のみであった。一方, *Chaetoceros calcitrans* 区, 対照区では, *Auricularia* 後期, *Doliolaria* 期, *Pentactula* 期のいずれの段階の幼生を収容しても, *Pentactula* 期までしか変態が進まなかった。これらの結果は, アオナマコ幼生の場合と同様, アカナマコ幼生の稚ナマコへの変態促進に, 付着珪藻が効果的に作用していることを示唆していると思われる。

以上のように, アオナマコ, アカナマコとも, 幼生が稚ナマコへ変態着底するためには, 収容した幼生の発育段階, すなわち *Auricularia* 後期, *Doliolaria* 期, *Pentactula* 期の全てに対して, 付着珪藻の役割が非常に重要であり, 付着珪藻の存在により変態着底が速やかに進行することが確認された。

柳橋ら⁹⁾は, 付着珪藻 *Navicula sp.* が存在することによって, アオナマコ, アカナマコ浮遊幼生の着底が

促進されることを報告している。本実験ではこれらの結果とほぼ同様な結果を得たが, より詳細な実験により, アオナマコおよびアカナマコの各期幼生の稚ナマコへの変態着底に, 付着珪藻が非常に重要な役割を果たしていることを明らかにすることができた。

本実験と並行して, マナマコ幼生の摂餌生態を, 幼生の発育段階別に調べた結果, *Auricularia* 前期までは成長にともなって摂餌量は増加するが, 体が縮小し始める *Auricularia* 後期では, 消化器官も収縮し始め, 摂餌が殆んど認められなくなる。さらに *Doliolaria* 期になると, 口, 肛門が移動し, 稚ナマコ期の消化器官が形成され始める。また, 本実験結果においても, *Auricularia* 後期幼生は, 海水のみが入った対照区に収容した場合に, *Pentactula* 期までは変態することから, *Auricularia* 後期から *Doliolaria* 期の幼生は, 殆んど摂餌しないものと考えられる。

図3に, 当センターにおけるアオナマコ幼生の大量生産飼育時の成長および生残の経過を示した(真崎ら未発表資料)。この図に示しているように, *Auricularia*

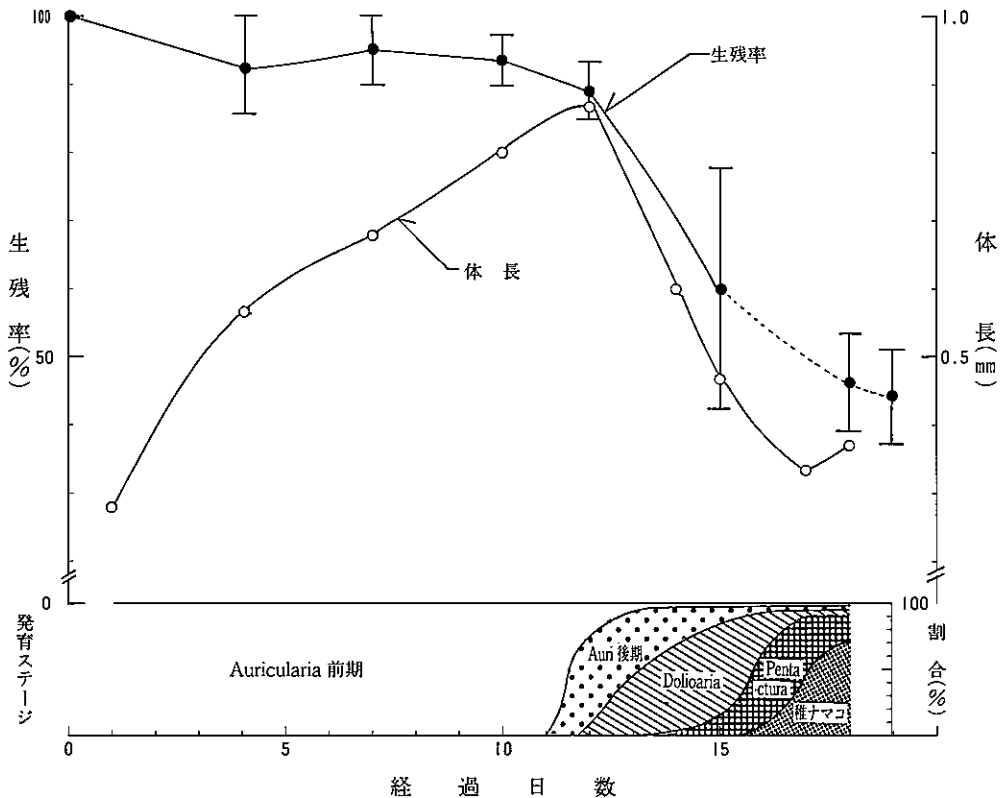


図3 量産飼育におけるアオナマコ幼生の発育と生残の経過

後期までは生残率80%以上と減耗が少ないが、Doliolaria 期になると65%、Pentactula 期では50%、稚ナマコ期では45%前後の生残率に低下する。一方、付着珪藻を用いたアオナマコ幼生の採苗実験において、Auricularia 後期およびDoliolaria 期で収容したものは、両方とも採苗率70%台と高い割合を示した。計画的な安定採苗を行なうためには、高い採苗率と幼生の安定供給が必要である。採苗実験の結果、Auricularia 後期、Doliolaria 期とも高い採苗率が得られたが、幼生飼育時の生残率は、Auricularia 後期で高い割合を示したものの、Doliolaria 期では減耗の大きいステージであるため低い割合となり、採苗可能な幼生数の確保が困難になることが懸念された。

以上の、アオナマコ、アカナマコ幼生の変態着底実験結果、各期の摂餌状況、および大量生産事例での各期の生残率、さらに、アオナマコ幼生の採苗実験結果を総合して考えると、今後、マナマコ幼生の採苗を行なう場合、幼生飼育時に生残率が高く、稚ナマコへの変態率も良好で、餌料を必要としない Auricularia 後期幼生の段階で、付着珪藻を用いた採苗を行なうことが、最も効果的であると思われる。

今後は、採苗に適した付着珪藻種の探索や、付着基盤の選択、また、採苗水槽における付着器の設置方法など採苗方法についての具体的な検討が望まれる。

要 約

マナマコ幼生の変態着底に対する付着珪藻の効果、浮遊期から着底に至るまでの幼生の摂餌生態および採苗に適した幼生のステージについて検討を行なった。

- 1) アオナマコ、アカナマコ幼生は、Auricularia 後期に発育すると、付着珪藻の存在により稚ナマコへの変態が促進される。
- 2) アオナマコ、アカナマコ幼生は、Auricularia 後期からDoliolaria 期には殆んど摂餌しないものと思われた。
- 3) 付着珪藻を用いたアオナマコ幼生の採苗実験の結果、採苗率は、Auricularia 後期、Doliolaria 期の幼生で70%台の高い割合を示したが、Doliolaria 期は採苗可能な幼生数の確保が困難になることが懸念された。
- 4) 以上の結果から、マナマコ幼生の採苗は、幼生飼育時の生残率が高く、投餌が不要で、しかも採苗率が高い Auricularia 後期の段階で付着珪藻を用

いて行なうのが最も有効であると思われた。

文 献

- 1) 石田雅俊(1979). マナマコの種苗生産・栽培漁業技術開発研究, 8(1), 63~75.
- 2) 小林信・鶴島治市(1982). マナマコの増殖に関する研究(第2報). 昭和55年度福岡県豊前水産試験場研究業務報告, 75~81.
- 3) 小林信・鶴島治市(1983). マナマコ *Stichopus japonicus* SELENKA の増殖に関する研究-III. 昭和56年度福岡県豊前水産試験場研究業務報告, 81~86.
- 4) 池田善平・片山勝介・杉野博之(1985). マナマコの幼生と稚ナマコの飼育方法の検討. 昭和59年度岡山県水産試験場事業報告書, 48~56.
- 5) 谷雄策・伊東義信(1979). アカウニ幼生の付着および変態におよぼす付着珪藻の影響について. 水産増殖, 27(3), 148~150.
- 6) 稲葉伝三郎(1937). ナマコの発生について(第一報). 動物学雑誌, 49, 118~119.
- 7) 稲葉伝三郎(1943). ナマコの発生について(第二報). 動物学雑誌, 55, 79.
- 8) 今井大夫・稲葉伝三郎・佐藤隆平・畑中正吉(1950). 無色鞭毛虫に依るナマコ (*Stichopus japonicus* Selenka) の人工飼育. 東北大学農学研究所彙報, 2(3), 269~277.
- 9) 柳橋茂昭・柳沢豊重・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.