

## マナマコの間育成について

池田善平・草加耕司・植木範行

Rearing Experiment of the Settled Juveniles of Sea Cucumber *Stichopus japonicus*

Zenpei IKEDA, Koji KUSAKA, and Noriyuki UEKI

減少傾向が続いているマナマコ *Stichopus japonicus* の資源を回復するため、放流用種苗を確保するための一環として過去6年間<sup>1-6)</sup>にわたり主に種苗生産や中間育成の方法について検討してきた。その結果、体長5~10mmの放流用種苗の量産がある程度可能となった。しかし、マナコの増殖技術を確立するためには、中間育成や放流の方法等、まだ多くの課題が残されている。本年度は中間育成期の餌料の種類と量産方法について検討したので結果の概略を報告する。報告に当たり、付着珪藻の同定をお願いした東海区水産研究所、高野秀昭博士に深謝の意を表す。

### 材料と方法

**餌料試験** 現在、稚マナコの飼育では塩化ビニール等の波板に繁殖させた付着珪藻を餌料として流水で飼育する方法が一般的である。しかし、この方法では体長1~2mmまでの飼育初期に大量へい死することが多い。そこで、生残率の向上を図るため、大きさや種類の異なる数種の付着珪藻や乾燥海藻を餌料として飼育し、成長や生残を比較した。

付着珪藻の試験には、1987年4月16日に採卵し、人工生産した体長0.3mmとその後中間育成して体長3.0mmに成長した2種類のマナコを用いた。飼育水槽は21×22cmの波板13枚を入れた30l容ポリカーボネート水槽で、それに体長0.3mmのマナコを1000個体、体長3mmのマナコを500個体収容して飼育した。珪藻はあらかじめ波板に繁殖させておいた。珪藻の種類は体長0.3mmのマナコでは、A(頂軸長×切頂軸長、6×3μm)、B(14×5μm)及びC(36×7μm)と大きさの異なる *Navicula* sp. の3種類、3.0mmのものではそれに *Melosira arctica* を加えた4種類で、各区とも3水槽を用いた。飼育水は流水とし、1日当たりの注水量は飼育水の約24倍量程度とした。

乾燥海藻の試験では、0.4kl塩ビ角型水槽に目合114

μmのプランクトンネットで作った39×32×23(H)cmのマナコ収容槽2槽を水中に約10cm没するように設置し、それに体長2.9mmまで中間育成したマナコを400個体ずつ収容し、市販の乾燥海藻を与えて飼育した。海藻の種類はワカメ *Undaria pinnatifida* アナアオサ *Ulva pertusa* 及びノリ *Porphyra* sp. の3種で、200メッシュのふるいを通したものを1日1回与えた。

**量産試験** 飼育は図1に示すように餌料系列の異なる3方法で行った。すなわち、種苗生産した体長0.3mmのマナコを図2に示す水槽に収容し、付着珪藻のみを餌料として飼育する方法と同様のマナコを図3に示す水槽に収容し、*Chaetoceros glaciris* を与えて体長2mm程度まで飼育した後、それを図2と図4に示す水槽に移し、付着珪藻か、あらかじめ採集し冷凍した珪藻(以後、冷凍珪藻とする。)を餌料として飼育する2方法の計3方法である。付着珪藻と *C. glaciris* を餌料とする飼育は前報<sup>6)</sup>とほぼ同様の方法で行った。冷凍珪藻を餌料とする飼育は、愛知県水産試験場の方法<sup>7)</sup>に準じて行った。すなわち、水槽壁等から採集し、-20℃で冷凍保存していた珪藻を投餌前に解凍し、約30秒間ミキサーにかけたものを投餌した。投餌は1日1回とし、投餌量は毎朝ネットに付着した残餌量を見ながら決定した。飼育水は砂ろ過海水で、餌料の流失を防ぐため投餌後2~3時間止水とした後流水とした。1日当たりの注水量は飼育水の3~4倍量とした。

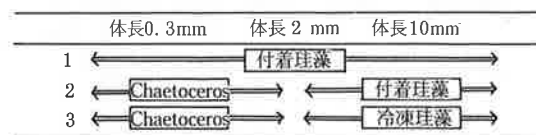


図1 量産試験の餌料系列

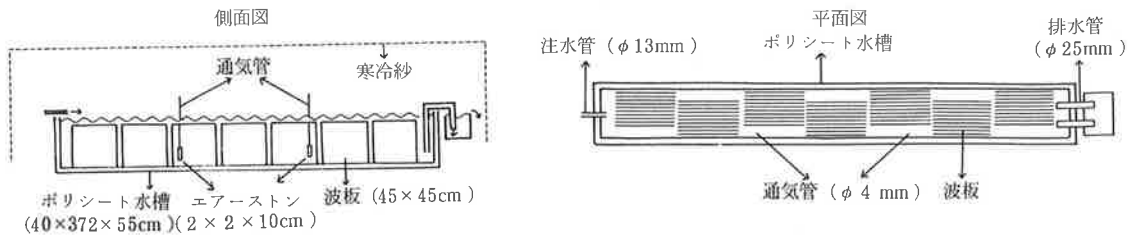


図2 稚ナマコの飼育水槽-1 (付着珪藻)

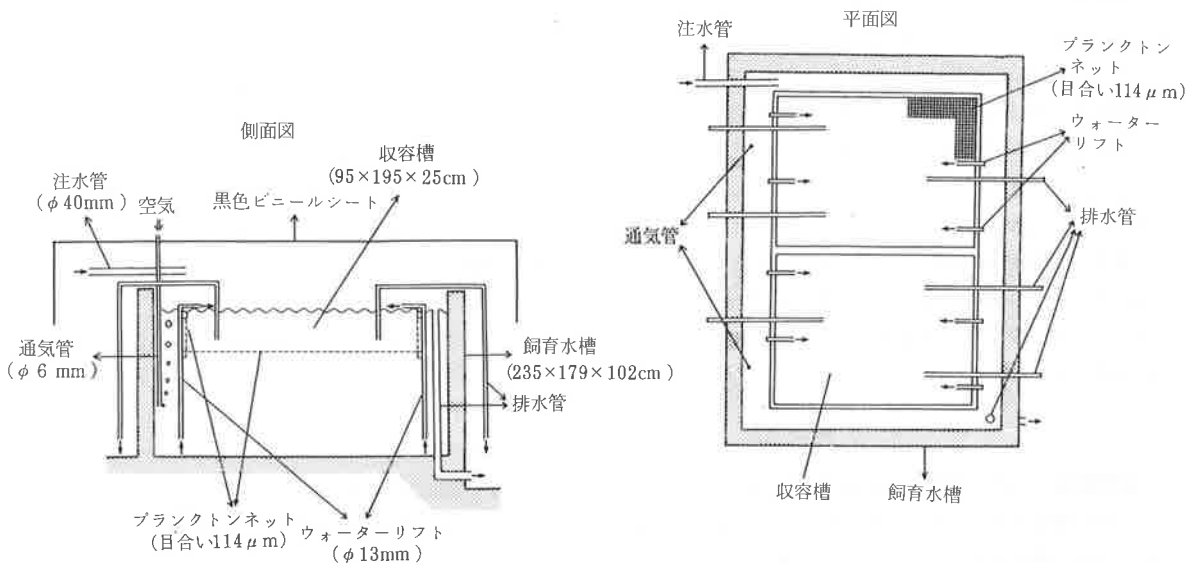


図3 稚ナマコの飼育水槽-2 (*Chaetoceros glaciris*)

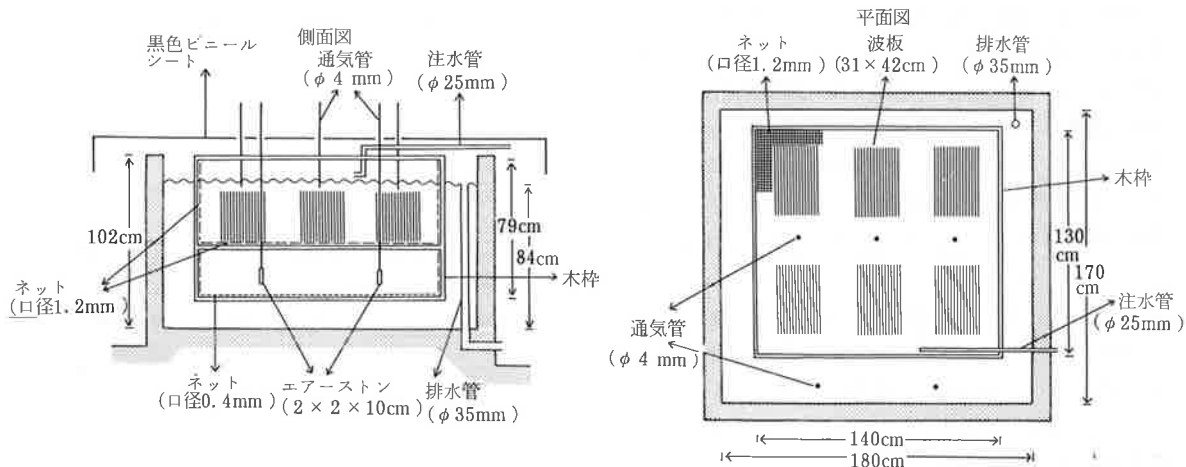


図4 稚ナマコの飼育水槽-3 (冷凍珪藻)

## 結果と考察

## 餌料試験

1) 附着珪藻 体長0.3mmのナマコでの飼育結果を表1, 体長3mmの飼育結果を表2に示した。体長0.3mmのナマコでは5月9日から5月28日までの19日間飼育した。その結果, 体長は *Navicula* sp. A区が1.3~1.5

mm, B区が0.9~1.1mm, C区が0.5~0.6mmで, 珪藻の大きさが小さいほど成長が良かった。また生残率は3区とも50%前後でほぼ同じであった。あらかじめ波板や水槽壁に繁殖させていた3種の *Navicula* は, いずれも取り上げまで優占していた。

体長3.0mm, 体重1.2mgのものは6月2日から飼育を始め, 10日後の12日に取り上げた。ナマコは成長する

表1 餌料試験結果-1 (附着珪藻)

水槽 No.	開始時の 餌料の種類 (長さ×幅, $\mu$ m)	供試ナマコ		取り上げナマコ			飼育期間 (月・日)	水温* ( $^{\circ}$ C)
		個体数 (個)	体長 (mm)	個体数 (個)	生残率 (%)	体長 (mm)		
1	<i>Navicula</i> sp. A (6×3)	2,800	0.3	1,496	53.4	1.5	5.9~5.28	18.03
2	"	"	"	1,388	49.6	1.4	"	17.84
3	"	"	"	1,304	46.6	1.3	"	17.81
4	<i>Navicula</i> sp. B (14×5)	"	"	1,190	42.5	1.0	"	17.84
5	"	"	"	1,563	55.8	1.1	"	17.80
6	"	"	"	1,188	42.4	0.9	"	17.80
7	<i>Navicula</i> sp. C (36×7)	"	"	1,528	54.6	0.5	"	17.76
8	"	"	"	1,847	59.9	0.6	"	17.75
9	"	"	"	1,677	66.0	0.5	"	17.81

\* 15時に測定した水温の平均値

表2 餌料試験結果-2 (附着珪藻)

水槽 No.	開始時の 餌料の種類	供試ナマコ			取り上げナマコ				飼育期間 (月・日)	水温 ( $^{\circ}$ C)
		個体数 (個)	体長 (mm)	体重 (mg)	個体数 (個)	生残率 (%)	体長 (mm)	体重 (mg)		
1	<i>Navicula</i> sp. A	500	3.0	1.2	309	61.8	4.2	5.5	6.2~6.12	21.19
2	"	"	"	"	428	85.6	4.6	7.9	"	21.13
3	"	"	"	"	443	88.6	3.2	5.5	"	21.14
4	<i>Navicula</i> sp. B	"	"	"	396	79.2	5.2	7.1	"	21.21
5	"	"	"	"	481	96.2	5.2	6.1	"	21.17
6	"	"	"	"	588	117.6	4.4	3.8	"	21.06
7	<i>Navicula</i> sp. C	"	"	"	539	107.8	4.1	3.1	"	21.26
8	"	"	"	"	527	105.4	3.5	2.5	"	21.15
9	"	"	"	"	586	117.2	3.3	2.3	"	21.14
10	<i>Melosira arctica</i>	"	"	"	505	101.0	2.5	1.7	"	21.22
11	"	"	"	"	551	110.2	2.7	1.8	"	21.17
12	"	"	"	"	485	97.0	2.3	1.2	"	21.12

ほど伸縮差が大きくなり、体長では成長差が明確にならないことから、ここでは体重で比較した。Navicula sp. A, B区は6 mg前後とほぼ同じであったが、C区は2.3~3.1mgと他区より成長が劣っていた。また、M. arctica 区は1.2~1.8mgとほとんど成長していなかった。生残率は Navicula sp. A区が61.8~88.6%で、B, C及び M. arctica 区の100%前後より劣っていた。Navicula sp. B, C及び M. arctica 区で生残率が100%を越えたのはナマコを容量法により計数して供試したためと思われる。餌料の珪藻は Navicula sp. A区を除いて、3種とも取り上げまで繁殖していた。Navicula sp. Aは飼育6日後にはほとんど摂餌され、それ以後ナマコの成長は停滞していた。したがって、Navicula sp. A区が生残率が低かったのは餌不足が原因とも考えられる。しかし、ほとんど成長しなかった M. arctica 区でへい死がみられないこともあり、判然としなかった。

小型餌料区の成長が良いのは、摂餌しやすいことや殻が薄く消化しやすいことなどが原因として考えられる。しかし、中間育成初期の餌料として小型の種が良いか否かはその増殖力や付着の仕方等を含め、今後さらに検討する必要がある。また、ほとんど成長がみられな

った M. arctica は連鎖状の群体を形成する種である。柳橋<sup>B)</sup> はナマコの咽喉にある石灰環の直径は体長の約1/10で、それより大きなものは摂餌できないと述べており、M. arctica 投与区の成長が悪かったのは長く伸びた群体を摂餌できなかったためと考えられた。

2) 乾燥海藻 飼育結果を表3に示した。6月3日から23日まで20日間飼育後の体重はワカメ区が18.5と19.2 mg, アナアオサ区が15.4と14.1mg, ノリ区が5.6と5.9 mgで、いずれの区でも成長はみられたが、ワカメ区の成長が最も良かった。生残率はそれぞれ76.2と65.3%, 83.5と66.2%, 86.3と74.5%で3区ともほぼ同じであった。

#### 量産試験

1) 付着珪藻を餌料とする飼育 飼育結果を表4に、波板上に繁殖した珪藻の優占種の変化を表5に示した。No. 1, 2水槽で5月9日から、No. 3, 4水槽は5月27日から10月19日までそれぞれ164日, 146日間飼育した。その結果, No. 1, 2水槽で体長10mm程度のもの0.3と0.7×10<sup>3</sup>個体, No. 3, 4水槽では体長7 mm前後のもの1.5と2.3×10<sup>3</sup>個体を生産した。生残率はNo. 1, 2水槽で0.3, 1.4%, No. 3, 4水槽で4.6, 14.4%と

表3 餌料試験結果-3 (乾燥海藻)

収容槽 No.	餌料の種類	供試ナマコ			取り上げナマコ			飼育期間 (月・日)	水温* (°C)	
		個体数 (個)	体長 (mm)	体重 (mg)	個体数 (個)	生残率 (%)	体長 (mm)			体重 (mg)
1	ワカメ	400	2.9	1.5	305	76.2	6.5	18.5	6.3~6.23	22.09
2	"	"	"	"	261	65.3	6.8	19.2	"	-
3	アナアオサ	"	"	"	334	83.5	5.9	15.4	"	22.07
4	"	"	"	"	265	66.2	6.9	14.1	"	-
5	ノリ	"	"	"	345	86.3	4.2	5.6	"	22.19
6	"	"	"	"	298	74.5	4.8	5.9	"	-

\* 15時に測定した水温の平均値

表4 量産試験結果-I (付着珪藻)

水槽 No.	供試ナマコ		取り上げナマコ			飼育期間 (月・日)	水温 (°C)	
	個体数 (×10 <sup>3</sup> 個)	体長 (mm)	個体数 (×10 <sup>3</sup> 個)	生残率 (%)	体長 (mm)			体重 (mg)
1	97.2	0.3	0.3	0.3	10.0	64.5	5.9~10.19	16.3~28.0
2	48.6	"	0.7	1.4	10.2	38.7	"	-
3	32.7	1.8	1.5	4.6	6.3	16.5	5.27~10.19	17.8~28.0
4	16.4	"	2.3	14.0	7.1	19.0	"	-

表5 附着珪藻の優占種の変化

年月日	No.1	No.2	年月日	No.3	No.4
'87. 5. 8	<i>Nitzschia</i> sp.	<i>Nitzschia</i> sp.	'87. 5. 27	<i>Nitzschia</i> sp. <i>Neosynedra</i> sp. (?)*	<i>Navicula</i> sp. <i>Nitzschia</i> sp. <i>Neosynedra</i> sp. (?)
5. 20	<i>Melosira arctica</i> * <i>Nitzschia</i> sp.	不明種 <i>Melosira arctica</i>	6. 5	不明種	不明種 <i>Melosira arctica</i> <i>Navicula</i> sp.
5. 29	同上	<i>Melosira arctica</i> 不明種	6. 15	<i>Neosynedra</i> sp. (?) <i>Navicula</i> spp. <i>Nitzschia</i> sp.	<i>Melosira arctica</i>
6. 8	<i>Melosira arctica</i>	同上	6. 27	<i>Bacillaria paxillifer</i> 不明種 <i>Navicula</i> spp.	<i>Melosira arctica</i> <i>Bacillaria paxillifer</i>
6. 24	<i>Bacillaria paxillifer</i> *	<i>Melosira arctica</i> <i>Bacillaria paxillifer</i>	7. 26	<i>Bacillaria paxillifer</i> <i>Navicula</i> sp. <i>Melosira</i> sp.	<i>Bacillaria paxillifer</i> <i>Navicula</i> sp.
7. 10	<i>Bacillaria paxillifer</i> <i>Melosira arctica</i>	同上	8. 11	<i>Melosira</i> sp.	同上
7. 26	<i>Bacillaria paxillifer</i> 不明種 <i>Synedra</i> sp*	<i>Melosira arctica</i> <i>Nitzschia recitlonga</i> <i>Bacillaria paxillifer</i> <i>Synedra</i> sp.	8. 27	<i>Grammatophora oceanica</i> <i>Melosira arctica</i>	<i>Navicula grevilleana</i> <i>Bacillaria paxillifer</i> <i>Navicula</i> sp.
8. 11	<i>Melosira arctica</i> <i>Bacillaria paxillifer</i>	同上	9. 26	同上	<i>Grammatophora oceanica</i>
9. 26	<i>Cocconeis stauroneiformis</i>	<i>Grammatophora Oceanica</i>	10. 19	<i>Cocconeis stauroneiformis</i> <i>Neosynedra</i> sp. (?)	<i>Biddulphia gruencleri</i> *
10. 19	<i>Cocconeis stauroneiformis</i>	同上			

\* 群形成種

いずれも低かったが、体長1.8mmの大型ナマコを収容したNo. 3, 4水槽の生残率は体長0.3mmの小型ナマコを収容したNo. 1, 2水槽よりやや高かった。

餌料となる珪藻の優占種の変化は4水槽ともほぼ同じ経過を示した。すなわち、飼育当初には *Nitzschia* sp. 等が優占していた。飼育10日前後から *M. arctica* が目立ち始め、1か月から3か月後の8月頃までは *M. arctica* や *Bacillaria paxillifer* が優占していた。その後、これから枯死して、9月以降は *Cocconeis stauroneiformis* や *Grammatophora oceanica* 等が優占していた。波板上には飼育開始2週間前に長さ6  $\mu\text{m}$  の *Navicula* sp. を植えつけたが、培養の不手際から飼育当初には長さ40~60  $\mu\text{m}$  の *Nitzschia* sp. に変わっていた。

飼育途中のナマコの成長や生残は調べていないが、4水槽とも飼育後1か月から3か月頃までの間は成長が停滞し、そのままへい死して白化した個体が多数観察された。前年度<sup>6)</sup>も *M. arctica* や *B. paxillifer* が優占していた時期に同様のことが観察されていることや前述の餌料試験結果などから、群体を形成し、大型となる珪藻の長期間繁殖は成長の停滞やへい死をもたらす原因になるものと考えられた。

この飼育方法で成長や生残の向上を図るためには、餌料として適した種の繁殖を維持することが必要である。しかし、流水飼育では特定種を長期間維持することはきわめて困難と思われる。この方法で量産するためには、餌料となる特定の付着珪藻を維持できる1か月程度でナマコを新しい水槽に移しかえるか、乾燥ワカメや冷凍珪藻などを投餌して飼育する方法に切り換えることが必要であろう。

2) *C. glaciris* を餌料とする飼育 飼育結果を表6に、*C. glaciris* の餌料濃度を表7に示した。飼育21日後の5月27日に、No. 1, 2の収容槽で体長1.6mmのナマ

コを58.6 $\times 10^3$ 個体、No. 3, 4の収容槽で体長2.0mmもの84.1 $\times 10^3$ 個体を生産した。生残率はそれぞれ48.1, 49.4%とほぼ同程度であった。No. 3, 4の体長がNo. 1, 2のものより大きかったのは水温が高かったためと思われる。へい死原因としては供試時のナマコの活力、取扱方法、及び餌料の種類などが考えられるものの、判然とはしない。

3) 冷凍珪藻を餌料とする飼育 飼育結果を表8に、投餌量を表9に餌料の珪藻の主な構成種を表10に示した。5月27日から6月26日まで30日間飼育し、体長7.5mm、体重34.8mgのナマコ27.8 $\times 10^3$ 個体を生産した。生残率は85.0%と高く、成長も非常に良かった。

珪藻は投餌2~3時間後にはネットや波板に厚く付着していたが、ナマコは翌朝までにそれをほとんど摂餌しており、摂餌は非常に活発であった。珪藻の主な構成種には群体を形成して大型となる *M. arctica*, *B. paxillifer* 及び *Synedra* sp. や長いゼリー状のチューブに入っている *Berkeleya rutilans* 等が多かった。前述したように、これらの群体形成種は餌料として不適であると考えられる。にもかかわらず、成長や生残が優れていたのは、これらの種をミキサーにかけることにより、長い連鎖やチューブが切断されて、摂餌しやすい大きさになったためであろう。

この飼育方法は成長や生残が優れていること、飼育水1kl当たりの生産個体数が体長7.5mmで1万個体以上と高密度飼育が可能なこと、さらに飼育にあまり手間がかからないことから、現在ナマコの量産に最も適した飼育方法と言える。しかし、餌料の適正投餌量、珪藻の種類、体長0.3mmのナマコでの飼育及び珪藻の採集方法などまだ検討しなければならない課題も多く残されている。

表6 量産試験結果-2 (*Chaetoceros glaciris*)

収容槽* No.	飼育水量 (kl)	供試ナマコ		取り上げナマコ			飼育期間 (月, 日)	水温 ( $^{\circ}\text{C}$ )
		個体数 ( $\times 10^3$ 個)	体長 (mm)	個体数 ( $\times 10^3$ 個)	生残率 (%)	体長 (mm)		
1	2.7	60.9	0.3	58.6	48.1	1.6	5.6~5.27	19.8~21.2
2		〃	〃					
3	3.7	85.1	〃	84.1	49.4	2.0	〃	19.9~22.0
4		〃	〃					

\* 収容槽の大きさはNo. 1と2が85 $\times$ 135 $\times$ 25 (H) cm, No. 3と4が95 $\times$ 145 $\times$ 25 (H) cmである。

表7 1日当たりの *Chaetoceros glaciris* の投餌濃度

飼育日数 (飼育後日数)	濃度 (cells / 1 ml)
- 3* ~ 8	8,000
9 ~ 11	12,000
12 ~ 15	16,000
16 ~ 18	24,000
19 ~ 20	32,000

\* 飼育開始3日前

表8 量産試験結果-3 (冷凍珪藻)

供試ナマコ		取り上げナマコ			飼育期間 (月. 日)	水温 (°C)	
個体数 ( $\times 10^3$ 個)	体長 (mm)	個体数 ( $\times 10^3$ 個)	生残率 (%)	体長 (mm)			体重 (mg)
32.7	1.8	27.8	85.0	7.5	34.8	5.27~6.26	18.6~22.4

表9 1日当たりの冷凍珪藻の投餌量

飼育日数 (飼育, 日後)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
投餌量 (g)	90	30	50	100	200	400	800	1,600	1,400	1,600						

表10 冷凍珪藻の主な構成種

投餌年月日	構成種
'87. 5. 27	<i>Berkeleya rutilans</i> <i>Navicula</i> sp. <i>Cylindrotheca closterium</i>
'87. 6. 9	不明藻類 (緑藻or藍藻) <i>Bacillaria paxillifer</i> <i>Synedra</i> sp. <i>Melosira arctica</i> <i>Berkeleya rutilans</i> <i>Navicula</i> sp. <i>Nitzschia</i> sp.
'87. 6. 23	<i>Berkeleya rutilans</i> <i>Navicula</i> sp. <i>Melosira arctica</i> <i>Bacillaria paxillifer</i> <i>Synedra</i> sp. <i>Nitzschia</i> sp.

## 要 約

1. 中間育成初期の稚ナマコを対象に4種類の付着珪藻と3種類の乾燥海藻を用いて餌料試験を行った。

2. 付着珪藻の *Navicula* sp. 3種のうちでは小型種を餌料とした方が成長が良かった。また、群体を形成する *Melosira arctica* ではほとんど成長しなかった。

3. 乾燥粉末としたワカメ, アナアオサ及びノリのうちではワカメを与えたものの成長が最も良かった。

4. 中間育成初期から付着珪藻のみを餌料として飼育する方法, 初期には *Chaetoceros glaciris* を餌料とし, その後は付着珪藻あるいは冷凍珪藻を餌料として飼育する3方法でナマコの量産試験を行った。

5. 体長0.3mmと約2mmのナマコを用い付着珪藻を餌料として飼育し, 飼育5~6か月後に体長7mmと10mm程度のナマコ $3.8 \times 10^3$ 個体を生産した。生残率は0.3~14.4%と低く, 成長も劣った。

6. 体長0.3mmのナマコを用い *C. glaciris* を餌料として20日間飼育し, 体長約2mmのナマコ $142.7 \times 10^3$ 個

体を生産した。生残率は約50%であった。

7. 体長2mmのナマコを用い、冷凍珪藻を餌料として30日間飼育し、体長7.5mmのナマコ $27.8 \times 10^3$ 個体を生産した。生残率は85.0%と高く、成長も良かった。この飼育法はまだ残された課題はあるものの、量産に適した飼育方法と考えられた。

## 文 献

- 1) 池田善平・片山勝介, 1982: マナマコの種苗生産について, 昭和56年度岡山水試事報, 84-89
- 2) ———・———, 1983: マナマコの種苗生産と稚ナマコの飼育について, 同誌57年度, 40-43
- 3) ———・———, 1984: マナマコの種苗生産と稚ナマコの飼育方法の検討, 同誌58年度, 37-42
- 4) ———・———・杉野博之, 1985: ———, 同誌59年度, 48-56
- 5) ———・———, 1986: ———, 岡山水試報, 1, 71-75
- 6) ———・植木範行・———, 1987: マナマコの種苗生産と放流, 同誌, 2, 90-98
- 7) 愛知県水産試験場, 1987: 愛知県におけるナマコの増殖, 愛知水試B集, 6, 59pp
- 8) 柳橋茂昭, 柳沢豊重, 1987: ナマコの種苗生産, さいばい, 42, 27-30