

マナマコの種苗生産と放流

池田善平・植木範行・片山勝介

Studies of Mass Production and Release of Settled juveniles
of Sea Cucumber *Stichopus japonicus*

Zenpei IKEDA, Noriyuki UEKI, and Katsusuke KATAYAMA

近年、減少傾向の続いているマナマコ *Stichopus japonicus* 資源の回復を目的として、過去5年間^{1~5)}、主にその種苗生産や中間育成の方法について検討してきた。そして、技術的にも5~10mmサイズの放流種苗の量産化が可能となった。また、前年度からは放流試験も併せて実施している。

ここでは1986年における種苗生産と中間育成結果及び前年に放流した種苗のその後の経過について報告する。

報告に先立ち、中間育成期の餌料として用いた珪藻の種類と同程をお願いした東海区水産研究所、高野英明博士に感謝の意を表する。

材料と方法

親ナマコ '86年3月下旬に和気郡日生町地先で採捕した通称アオナマコ90個体と広島県江田島周辺で採捕したクロナマコ29個体である。採卵まで、容量12klのコンクリート水槽に収容し、流水で飼育した。飼育水はヒーターで2°C程度加温した。餌料として2mm以下の大きさの乾燥ワカメ *Undaria pinnatifida* を週1回約400g与えたが、前もって水槽壁に繁殖させていた付着珪藻も摂餌していた。産卵直前の親ナマコの体重(全重量・以下同じ)はアオナマコで220~800g・クロナマコで180~750g・平均は467gと403gであった。

採卵と幼生の飼育 前報⁵⁾とはほぼ同様の方法で行った。なお、アオナマコとクロナマコは別々の水槽に収容し、加温等の刺激を加えて採卵した。両種の交雑は放卵を始めたクロナマコを小型水槽に移して採卵し、アオナマコの産卵誘発水槽から採取した精子をそれに添加して行った。飼育水槽は、0.4kl、4槽、0.5kl、2槽及び1.0kl、5槽の計11槽で、それにふ化2日後の *Auricularia* を飼育水1ml当たり0.5個体の密度に収容し、*Chaetoceros* sp. のみを与えて餌育した。餌料濃度は飼育水1ml当たり1.0~1.5万 cells とし、毎朝残餌を計数

してその不足分を与えた。

中間育成期の量産化試験 種苗生産した約0.4mmの稚ナマコを用い前報⁵⁾と同様に *Chaetoceros* sp. と付着珪藻を餌料とする2種類の飼育方法で飼育した。*Chaetoceros* sp. を餌料とする飼育では2.3×1.8×1.0(H)mと1.8×1.7×1.0(H)mのコンクリート水槽2槽(水量3.6と2.7kl)に45×105×40(H)cmのプランクトンネットで作ったナマコ収容槽を前者に4槽、後者に3槽浮かべ、それに体長0.4mmの稚ナマコを約50.0×10⁶個体ずつ収容して飼育した。餌料の投与量は毎日ネットへの餌料の着色程度や稚ナマコの成長を見ながら調節したが、残餌がみられるように十分量を与えた。飼育水は止水とし、飼育20日後までは毎日、その後は2、3日に1回、飼育水の約半量を注水して換水を行った。

付着珪藻を餌料とする飼育では45×45cmのポリカーボネート製波板10枚1セットのもの、7セットずつを縦に並べた0.4×3.7×0.5(H)mのポリシート水槽4槽に同様の稚ナマコ約50.0×10⁶個体ずつ収容して飼育した。波板には付着珪藻の *Nitzschia* sp. と *Amphora helenensis* を別々に、あらかじめ繁殖させておいたものを各2槽ずつに分けて入れた。そして遮光率の異なる2種の寒冷しゃで水槽上を覆い、付着珪藻の増殖状況をみて、晴天日正午頃の水槽上の照度を4,000luxあるいは900lux前後に調節した。飼育水は流水とし、注水量は1時間当たり0.7kl前後とした。

餌料試験 付着珪藻と乾燥ワカメを餌料とする2種類の方法で行った。

付着珪藻を餌料とする試験では、21×22cmの波板13枚を入れた25lポリカーボネート水槽9槽を用い、体長約0.4mmの稚ナマコを2.5×10⁶個体ずつ収容して飼育した。餌料の付着珪藻は *Navicula* sp. と量産試験に用いた *Nitzschia* sp., *A. helenensis* の3種で、各3槽の波板に別々にあらかじめ止水で繁殖させておいた。

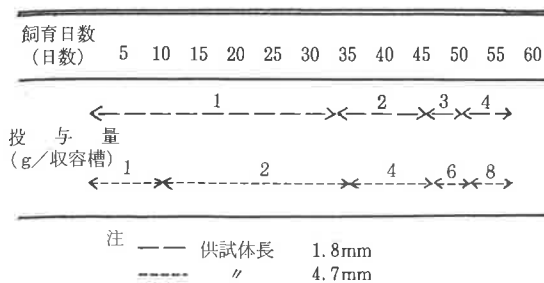


図1 1収容槽当たりの乾燥ワカメの投与量

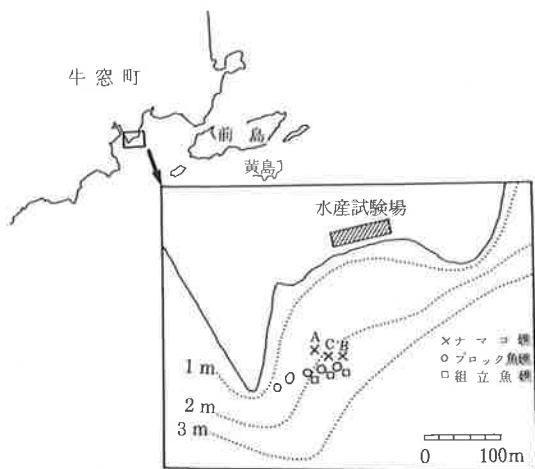


図2 ナマコの放流場所

試験開始前日より流水とし、注水量は1時間当たり25 l前後とした。なお、水槽上の照度は晴天日正午頃3,500 lux前後とした。

乾燥ワカメを餌料にした試験は、前述の *Chaetoceros* sp. を餌料とする飼育に用いた稚ナマコ収容槽各2槽に体長1.8と4.7mmのものを 2.5×10^6 個体ずつ収容して行った。餌料には市販の乾ワカメを70°Cで4時間乾燥し、ミキサーで粉碎後目合0.29mmの篩を通したものをを用い、残餌を見ながら図1のように毎日投与した。飼育水は止水とし、2~3日に1回飼育水量の1/2量を注水して換水を行った。ネットの洗浄は4日に1回、ネット外側より海水を吹きつける方法により行った。

なお、原則として体長は30個体、体重は100個体の生標本の平均値で示した。また、水温は15時頃測定した。

放流 図2に示す邑久郡牛窓町、水産試験場地先の水深2mの海底2か所にナマコ礁を設置した。両所の距離は約40mで、底質は砂泥であった。ナマコ礁は図3に

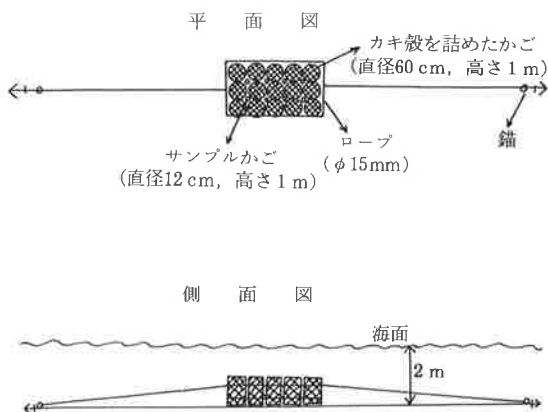


図3 ナマコ礁

示すように目合3cmのトリカルネットで作った直径60 cm、高さ1mの円筒型のかごにカキ殻を詰めたもので、15個を1ブロックとして、放流約1か月前海底に設置した。

'85年7月8日に体長5.6mm体重8.4mgの稚ナマコ 8.7×10^3 個体Aに、11月19日に体長6.9mm、体重10.0mgのもの 2.9×10^3 個体をBに放流した。その後の成長や生存数はナマコ礁内にセットした直径12 cm、高さ1mのかご3個中のかき殻に付着していたものを取上げて調査した。両ナマコ礁の中間付近に稚ナマコを放流しない対照区として同様のかご4個を1ブロックとしたものを設置した。

結果と考察

1. 種苗生産

産卵誘発 産卵誘発結果を表1, 2に示した。

アオナマコについては、4月10日と12日に常法により加温刺激を加えて採卵を試みたが、放精しかみられなかった。15日には、別グループの親ナマコ25個体を収容していた0.5k l槽の飼育水を14時から約3時間止水とした後、別の水槽に移したところ雄7個体、雌2個体が放精、放卵した。以後この方法(以下換水法という。)による採卵を試みることにした。しかし、5月2日には雄3個体しか反応しなかった。3日には止水開始時刻を9と14時とするもの、また14時のものは止水後別の海水に移すものとそのまま放置するもの3グループに分けて採卵を試みた。9時開始の場合は雄1個体しか反応しなかったが、14時の場合は雄10個体、雌1個体、止水のまま放置した場合には雄1個体が反応した。15日にも同様に採卵を試みたが、雄しか反応しなかった。しかし、そ

表1 アオナマコの産卵誘発結果

| 月 日 | 温度変化 ℃ | 誘 発 個体数 | 放精放卵 雄 雌 | 止水時間 (時) | 誘発開始時刻 (時) |
|-------|-----------|------------|-------------|-------------|---------------|
| 4. 10 | 15.6→20.8 | 25 | 6 0 | | 17 |
| 12 | 15.9→20.8 | 〃 | 5 0 | | 〃 |
| 15 | 14.6→15.6 | 〃 | 7 2 | 14~17 | 〃 |
| 5. 2 | 15.6→16.0 | 〃 | 3 0 | | 〃 |
| 3 | 15.2→16.0 | 〃 | 1 0 | 9~12 | 12 |
| | 16.2→17.2 | 23 | 3 1 | 14~20 | 〃 |
| | 〃 | 〃 | 10 1 | 14~17 | 17 |
| 15 | 16.5→17.9 | 29 | 1 0 | 9~12 | 12 |
| | 16.6→17.3 | 〃 | 1 0 | 14~15 | 〃 |
| | 16.6→17.3 | 〃 | 4 0 | 14~17 | 17 |

表2 クロナマコの産卵誘発結果

| 月 日 | 温度変化 ℃ | 誘 発 個体数 | 放精放卵 雄 雌 | 止水時間 (時) | 誘発開始時刻 (時) |
|-------|-----------|------------|-------------|-------------|---------------|
| 4. 10 | 15.6→20.8 | 25 | 4 1 | | 17 |
| 12 | 15.9→20.9 | 〃 | 4 0 | | 〃 |
| 5. 2 | 15.6→16.0 | 〃 | 6 2 | 14~17 | 〃 |
| 15 | 16.7→17.4 | 28 | 9 2 | 〃 | 〃 |

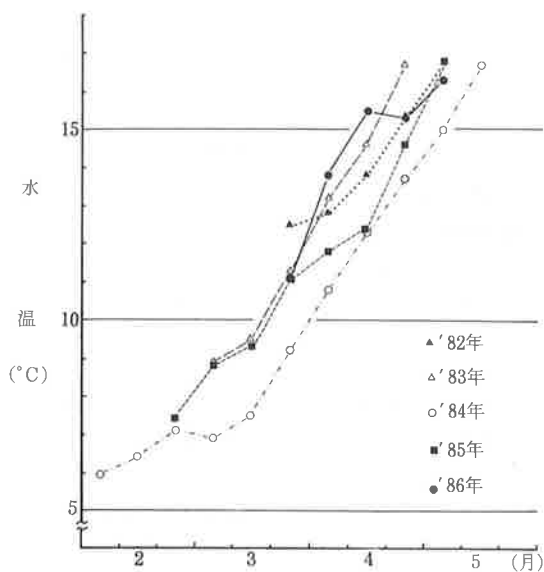


図4 親ナマコの旬別飼育水温

の放精個体数は止水とした後、別の海水に移したグループで4個体と多かった。

クロナマコについては4月10日と12日に加温刺激を加

え、10日には雄4個体と雌1個体が放精、放卵したが、12日には雄4個体しか反応しなかった。その後は換水法で、5月2日に雄6個体、雌2個体、15日に雄9個体、雌2個体が放精、放卵した。

上記の換水法は、親ナマコの飼育水を3時間程度止水にすると海水はかなり粘性をおびるがその後に新しい海水に移すことが刺激になるものと考えられる。この方法が温度刺激法に比べ誘発率が高いか否かは分からないが、マナマコの産卵誘発効果のあることは確認できた。

本年度の採卵が4月中旬と早かったのは、親ナマコの飼育水温が図4に示したように加温したため例年に比べて高かったためであろう。

幼生の飼育 種苗生産結果を表3に示した。クロナマコでは4月12日、アオナマコでは17日、クロナマコ(雌)とアオナマコ(雄)の交雑種では5月4日から始めた。そして、飼育14日から24日の間に体長0.4mmのクロナマコ 5.5×10^4 個体、アオナマコ 100.4×10^4 個体、クロナマコとアオナマコの交雑種 32.3×10^4 個体、計 138.2×10^4 個体を生産した。歩留りはクロナマコが7.1と4.5%、アオナマコが12.5~88.6%、クロナマコとアオナマコの交雑種が32.3%であった。クロナマコで Auricularia 後期に

表3 種苗生産結果

| 水 No | 槽 大きさ (kℓ) | 親ナマコ の種 類 | 供 試 幼 生 | | 取 上 げ 稚 ナ マ コ | | | 飼育日数 (日) | 飼育水温 (℃) |
|---------|------------------|------------------|-----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | 個 体 数 ($\times 10^4$ 個) | 体 長* (mm) | 個 体 数 ($\times 10^4$ 個) | 歩 留 り (%) | 体 長 (mm) | | |
| 1 | 1.0 | ク ロ | 50.4 | 0.34 | 3.6 | 7.1 | 0.4 | 18 | 18.0~21.0 |
| 2 | 0.4 | " | 20.1 | " | 1.9 | 4.5 | " | " | 18.2~21.0 |
| 3 | " | " | 21.7 | " | | | | | |
| 4 | 1.0 | ア オ | 49.5 | 0.27 | 9.8 | 19.8 | " | 14 | 19.4~22.8 |
| 5 | " | " | " | " | 22.0 | 44.4 | " | " | 19.6~22.8 |
| 6 | " | " | " | " | 6.2 | 12.5 | 0.5 | 19 | 18.4~22.2 |
| 7 | 0.5 | " | 25.0 | " | 13.9 | 55.6 | 0.4 | " | 17.4~20.6 |
| 8 | " | " | " | " | 18.8 | 75.2 | " | " | 17.4~20.7 |
| 9 | 0.4 | " | 20.2 | " | 11.8 | 58.4 | " | " | 17.6~22.2 |
| 10 | " | " | " | " | 17.9 | 88.6 | " | " | 18.4~23.1 |
| 11 | 1.0 | クロ×アオ (♀) (♂) | 42.7 | " | 32.3 | 75.6 | " | 24 | 18.4~23.0 |

*固定標本30個体の平均

表4 量産化試験結果-1 (*Chaetocerus* sp.)

| 飼育水槽 | 收容槽 No | 種 類 | 供 試 ナ マ コ | | 取 上 げ ナ マ コ | | | 体 重 (mg) | 飼育日数 (日) | 飼育水温 (℃) |
|---------|-----------|-------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | 個 体 数 ($\times 10^3$ 個) | 体 長 (mm) | 個 体 数 ($\times 10^3$ 個) | 歩 留 り (%) | 体 長* (mm) | | | |
| 2.7kℓ水槽 | 1 | ク ロ | 45.7 | 0.4 | 8.1 | 17.7 | 6.2 | 16.5 | 81 | 17.1~26.4 |
| | 2 | ア オ | 48.8 | " | 8.0 | 8.2 | 7.0 | 20.3 | 81 | 17.2~26.4 |
| | 3 | " | 49.2 | " | | | | | | |
| | 4 | クロ×アオ | 25.0 | " | 4.2 | 16.8 | 6.4 | 20.9 | 54 | 20.0~26.4 |
| 3.6kℓ水槽 | 5 | ア オ | 50.2 | " | | | | | | |
| | 6 | " | " | " | 8.9 | 4.4 | 6.7 | 20.0 | 80 | 17.2~26.2 |
| | 7 | " | " | " | | | | | | |
| | 8 | " | " | " | | | | | | |

*50個体の平均値

大量へい死がみられ、最終的に歩留りが低くなった原因として供試幼生に問題があったことも考えられるが、アオナマコでは歩留りが高かったことから特に問題はなかったと思われた。しかし、同一親から得た幼生を用いたにもかかわらず、歩留りに大きな差を生じた原因については判然としなかった。

2. 中間育成期の量産化試験

Chaetoceros sp. を餌料とする飼育 飼育結果を表4に示した。

2.7 k l 水槽では体長0.4mmのクロナマコを収容槽1槽、アオナマコを収容槽2槽のそれぞれに45.7~49.2×10⁶個体収容し、5月1日から飼育を始めた。クロナマコの飼育途中の体長は経時的に測定していないが、飼育20日後に体長1mm、50日後に4mm程度と前年度のアオナマコに比べ遅く、飼育後81日目の取上げ日における体長は6.2mm、体重は16.5mgであった。生産個体数は8.1×10⁹個体で、歩留りは17.7%と前年度並であった。

アオナマコの成長も遅く、飼育開始後20日目に体長1mm程度であった。しかし、その直後に2収容槽とも大量へい死が起きたため、24日目からは1槽にまとめて飼育を継続した。成長はその前後一時停滞していたが、以後は順調に成長し、取上げ日の飼育開始後81日目には体長7.0mm、体重20.3mgとなっていた。しかし、2収容槽分の生産数は8.0×10⁹個体と少なく、歩留りも8.2%と低かった。体長1mm前後でのへい死原因は判然としないが、収容槽の底にはへい死して白化した個体と共に放散虫様の生物が多数みられた。

クロナマコとアオナマコの交雑種については同様の収容槽に25.0×10⁶個体収容し、5月28日から飼育を始めた。成長は前年度のアオナマコ並で、飼育開始後54日目

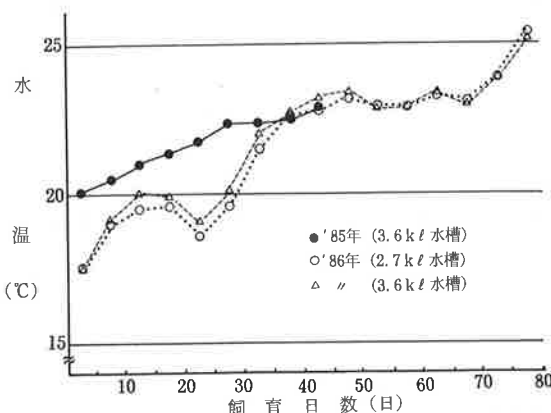


図5 稚ナマコの飼育水温（5日毎の平均水温）

に体長6.4mm、体重20.9mgの稚ナマコを4.2×10⁹個体生産し、歩留りは16.8%であった。アオナマコとクロナマコの成長が前年度のアオナマコのそれより悪かったのは飼育密度が高かったことや図4に示すように飼育初期の水温が低かったこと等も一因として考えられる。

3.7 k l 水槽ではアオナマコを収容槽4槽に50.2×10⁶個体ずつ入れて5月2日から飼育を始めた。成長は2.7 k l 水槽の場合と同様遅く、飼育後20日目に体長1mm、40日後に2mm程度で、40日目以後は大型の一部の個体を除いてほとんど成長がみられなかった。その後、60日目から70日目の間に体長約3mm以下の小型ものが大量へい死し、飼育密度が低下したためか、成長が良く、80日目には体長6.7mm、体重20.0mgと2.7 k l 水槽のものとはほぼ同じ大きさになっていた。4収容槽の総生産数は8.9×10⁹個体で、歩留りは4.4%と低かった。

前述のへい死原因については、飼育密度が前年度の約2倍と高かったこと、表5に示すように飼育開始後65日目前後に餌料濃度が低くなって餌不足を生じたことなどによるものと考えられる。

本年度の量産化試験における1収容槽当たりの最多生産数は、8.1×10⁹個体であった。この方式で量産するとして、10万個体程度生産するには収容槽が13槽程度必要という計算となる。ただ、この方法は餌料の培養や飼育後期に収容槽のネットの目づまりを防ぐための洗浄に多

表5 餌料 (Chaetoceros sp.) の濃度*1

| 飼育日数 (開始後, 日) | 餌料濃度 (×10 ⁴ cells / ml) | |
|------------------|------------------------------------|-------------|
| | 2.72 k l 水槽 | 3.74 k l 水槽 |
| 3*2~5 | 0.4 | 0.4 |
| 6~10 | " | " |
| 11~15 | 0.6 | 0.6 |
| 16~20 | 1.0 | 1.0 |
| 21~25 | " | " |
| 26~30 | 1.2 | 1.8 |
| 31~35 | " | 2.6 |
| 36~40 | 1.6 | 2.1 |
| 41~45 | 2.9 | 2.9 |
| 46~50 | 3.8 | 5.5 |
| 51~55 | 4.1 | 6.4 |
| 56~60 | 6.2 | 10.0 |
| 61~65 | 7.5 | 9.3 |
| 66~70 | 6.5 | 6.9 |
| 71~75 | 9.7 | 8.5 |
| 76~80 | 11.3 | 7.9 |
| 81~ | 11.7 | 9.1 |

*1 5日毎の平均濃度
*2 飼育3日前

表6 量産化試験結果-2 (付着珪藻)

| 水槽No. | 飼育当初の種類 (長さ×幅, μm) | 供試ナマコ | | 取上げナマコ | | | 飼育日数 (日) | 飼育水温 ($^{\circ}\text{C}$) |
|-------|--|---------------------------|------------|---------------------------|------------|-------------|-------------|--------------------------------|
| | | 個体数 ($\times 10^3$ 個) | 体長 (mm) | 個体数 ($\times 10^3$ 個) | 歩留り (%) | 体長* (mm) | | |
| 1 | <i>Nitzschia</i> sp. (18×3) | 52.0 | 0.4 | 3.7 | 7.1 | 10.6 | 108.2 | 135 15.8~28.6 |
| 2 | " | " | " | 3.4 | 6.5 | 10.9 | 107.0 | " - |
| 3 | <i>Amphora helenensis</i> (20×9) | " | " | 3.4 | 6.5 | 7.7 | 30.7 | " 15.6~28.6 |
| 4 | " | " | " | 3.0 | 5.8 | 9.0 | 64.5 | " - |

* 50個体の平均

くの労力を要する欠点がある。

付着珪藻を餌料とする飼育 飼育結果を表6に示した。波板や水槽壁に付着珪藻が十分繁殖したのを確認後、5月6日に体長0.4mmのアオナマコを1槽当たり 52.0×10^3 個体ずつ収容して4槽で飼育を始めた。

飼育当初のへい死は明らかでないが、飼育開始後55日目から65日目の間に体長1~3mmのへい死個体が多数観察された。

付着珪藻は4水槽とも飼育期間を通じて繁殖していたが、その優占種は表7に示すように変化した。すなわち、No.1水槽では飼育開始から1ヶ月間程度は *Nitzschia* sp. が優占していたが2ヶ月以後は *Bacillaria paxillifer* や *Melosira arctica* 等に変っていた。No.3水槽では飼育開始時に *Amphora helenensis* が優占していたが、約1ヶ月後にはこの他に *Cylindrotheca closterium* が増殖し、約2ヶ月以後は *B. paxillifer* *M. arctica* 等に変っていた。後述する餌料試験の場合も同様であるが、前もって繁殖させた種類が優占している期間は1ヶ月程度で、流水飼育では長期間維持することは困難である。ただ、前年度と異なり、飼育期間を通じて付着珪藻を維持できたのは、水槽を細長くして流速を早めたことや浅くして水中照度を上げたこともその一因と考えてよからう。

へい死個体がみられた飼育開始後60日目前後には群体を形成する *B. paxillifer* や *M. arctica* が優占していたことから、これ等の種類はナマコ初期の餌料として不適とも考えられ、更に検討する必要がある。飼育開始後135日目の取上げ日には No.1 と 2水槽で平均体長が

10.6と10.9mm、体重が108.2と107.0mgに、No.3, 4水槽では7.7と9.0mm, 30.7と64.5mgに成長しており、No.1, 2水槽の方がNo.3, 4水槽より大きかった。生産個体数はNo.1, 2水槽で3.7と 3.4×10^3 個体、No.3, 4水槽で3.4と 3.0×10^3 個体であった。歩留りは7.1, 6.5%と6.5, 5.8%で、飼育当初繁殖させた付着珪藻の種類に関係なく4水槽ともほぼ同じであった。また、表8に示すように取上げたナマコの大半は波板に付着していた。

小林^{6,7)}らは波板120枚を入れた1.2kl水槽を用い、付着珪藻を餌料として1水槽当たり最高5,298個体の稚ナマコを生産している。このときの体長は12.7mmと少し大きいのが、飼育水1kl当たりの生産個体数で比較すると、今回の生産個体数の4,286~5,286個は先の例の4,415個体とほぼ同じであった。

餌料試験 体長0.4mmの稚ナマコを対象に、3種の付着珪藻についての比較試験の結果を表9に示した。あらかじめ波板や水槽壁に *Navicula* sp., *Nitzschia* sp. 及び *A. helenensis* の3種を別々に繁殖させ、各試験区とした。しかし、飼育開始後30日目には3区とも *B. paxillifer* が増殖し、元の種と共に2種が混生し、60日目の取上げ日には *B. paxillifer* が大半を占めていた。

飼育60日目のホルマリン固定したナマコの体長は、表10に示すように *Navicula* sp. 区が1.0-1.3mmで他の2区より劣っていた。逆に歩留りは25.2~44.6%でかなり高くなっている。

3区とも試験途中から *B. paxillifer* が増殖していたこと、取上げ直前にへい死個体が各区で見られたことな

表7 付着珪藻の優占種の変化

| 月. 日. | 飼育日数 | 優 占 種 | |
|-------|------|---|--|
| | | No. 1 水槽 | No. 3 水槽 |
| 4. 21 | | <i>Nitzschia</i> sp. | <i>Amphora helenensis</i> |
| 5. 6 | 0 | " | " |
| 6. 4 | 29 | <i>Nitzschia</i> spp. | <i>Cylindrotheca closterium</i> <i>Amphora helenensis</i> |
| 7. 8 | 63 | <i>Bacillaria paxillifer</i> | <i>Bacillaria paxillifer</i> <i>Melosira arctica</i> |
| 8. 15 | 101 | <i>Melosira arctica</i> | <i>Amphora helenensis</i> <i>Bacillaria paxillifer</i> |
| 9. 18 | 135 | <i>Nitzschia</i> sp.* <i>Berkeleya</i> sp. <i>Navicula</i> sp. <i>Melosira arctica</i> | <i>Amphora helenensis</i> <i>Navicula</i> sp. |

* 飼育当初優占していたものとは別種

どからどの種類が餌料として優れているかを定めるには至らなかった。しかし、付着珪藻の種類により、歩留りに差を生じたともとれるので、再度詳細に検討する予定である。

なお、稚ナマコを10%ホルマリンで固定して、体長を測定したが、生体長と固定後の体長との比較を表10に示した。逆転する場合はないと思われるが、大きさにより収縮率に差があるようである。

次に乾燥ワカメを用いた試験結果を表11に示した。体長1.8mmの稚ナマコは飼育60日後に体長5.8と6.8mm、全重量27.2と35.7mgに、また、4.6mmのものは9.2と9.7mm、99.2と115.0mgに成長した。4收容槽の歩留りは42.0~46.7%で、ほぼ同じであった。へい死個体は、No. 1, 2收容槽では、飼育開始後25日直後に少し観察されただけであった。しかし、No. 3, 4收容槽では飼育10~27日の間に体長2~3mmのへい死個体が多数みられ、飼育11, 16日前後は特に多かった。

柳橋⁸⁾は、体重0.1g(体長13~14mm)以上の稚ナマコの餌料として乾燥したアラメ(*Eisenia bicyclis*)、ミル(*Codium fragile*)、アオサ(*Ulva pertusa*)とともにワカメの粉末が有効であると述べている。また、長崎県増養殖研究所⁹⁾でも歩留りは30%と低かったが、ワカメの粉末で体長3.1mmから12.3mmまで飼育している。

本試験結果も含め、ワカメの粉末は稚ナマコの餌料になり得ると判断されるが、今回の結果でも体長1.8mm以上のやや大型のものをを用いた割には歩留りが低くなっている。しかし、成長や歩留りは、粉末の大きさや投与量、

表8 ナマコの付着場所別個体数

| 水槽No. | 個体数(×10 ³ 個) | | |
|-------|-------------------------|-----|-----|
| | 波板 | 水槽壁 | 計 |
| 1 | 3.1 | 0.6 | 3.7 |
| 2 | 2.7 | 0.7 | 3.4 |
| 3 | 2.6 | 0.8 | 3.4 |
| 4 | 2.2 | 0.8 | 3.0 |

また、高水温条件等に影響されたと考えられることから、その有効性については更に検討する必要がある。

放流 放流試験結果を表12に示した。'86年7月4日の調査ではサンプルかご3本分の付着個体数、平均体長及び体重はA区で19個体、7.5cm、9.2g、10月20日には14個体、3.5cm、3.6gであった。B区では7月4日に3個体、6.0cm、4.3g、10月20日に4個体、3.3cm、4.0gであった。また対照のC区ではナマコは全く認められなかった。採集個体数から生存個体数と定着率を推算すると、7月4日にA区で 2.4×10^6 個体、27.6%、B区で 0.4×10^6 個体、13.8%、10月20日にA区で 1.7×10^6 個体、19.5%、B区で 0.6×10^6 個体、20.7%となる。放流後のナマコの成長や生存数の経過は明確でないが、約1年後でも20%前後が生残しており、また、対照区には全くナマコが見られないことから、放流したナマコの多くがかなり長期にわたってナマコ礁に留まっているものと推

表9 餌料試験結果-1 (付着珪藻)

| 水槽 No. | 飼育当初の付着珪藻の種類 (長さ×幅, μm) | 供試ナマコ | | 取上げナマコ | | | 飼育日数 (日) | 飼育水温 ($^{\circ}\text{C}$) |
|--------|--|------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|--------------------------------|
| | | 個体数 (個) | 体長* (mm) | 個体数 (個) | 体長 (mm) | 歩留り (%) | | |
| 1 | | 2,500 | 0.4 | 630 | 1.0 | 25.2 | 60 | |
| 2 | <i>Navicula</i> sp. | " | " | 917 | 1.3 | 36.7 | " | |
| 3 | (7×3) | " | " | 1,115 | 1.3 | 44.6 | " | 16.3~22.8 |
| 4 | | " | " | 670 | 1.8 | 26.8 | " | |
| 5 | <i>Nitzschia</i> sp. | " | " | 458 | 2.1 | 18.3 | " | |
| 6 | (18×3) | " | " | 52 | 2.3 | 2.1 | " | 16.3~23.0 |
| 7 | <i>Amphora</i> | " | " | 133 | 2.8 | 5.3 | " | |
| 8 | <i>helenensis</i> | " | " | 368 | 1.7 | 14.7 | " | |
| 9 | (15×5) | " | " | 569 | 1.9 | 22.8 | " | 16.5~23.0 |

* 50個体の平均値

定された。

小林⁶⁾は、砂泥域に割石を用いたナマコ礁を設置し、体長19.5mmのナマコを 10×10^6 個体放流し、約1年後に11.5cmに成長して 3×10^6 個体生存していたが、周辺ではほとんど認められなかったと述べている。このことは今回の結果とよく一致している。

ナマコの放流試験例^{6, 7, 10, 11)}はその量産技術が確立していないため少なく、放流場所、密度、種苗の大きさ等については多くの検討課題が残されており、放流効果についても確定的な判断はまだできる段階ではない。しかし、前述の事例を含め稚ナマコの放流効果が比較的高いものであると考えられる。

要 約

1. 人工種苗の放流によるナマコ資源の回復を目的として、種苗生産方法や放流について検討した。

2. 産卵誘発には、主に換水法を採用したが、有効な方法であると思えた。

3. 幼生の飼育は0.4~1.0klの水槽を用い、*Chaetoceros* sp. を餌料として行った。そして、体長0.4mmのクロナマコ 5.5×10^4 個体、アオナマコ 100.4×10^4 個体、クロナマコとアオナマコの交雑種 32.3×10^4 個体を生産した。

4. 中間育成は *Chaetoceros* sp. と付着珪藻を餌料として行った。

5. *Chaetoceros* sp. を投餌した場合、体長6, 7mm・体重20mg前後のクロナマコ 8.1×10^3 個体、アオナマコ 16.9×10^3 個体、クロナマコとアオナマコの交雑

表10 ホルマリン固定によるナマコの体長*(mm) 変化

| 生標本 (A) | ホルマリン固定標本 (B) | B/A |
|------------|------------------|------|
| 1.1 | 0.8 | 0.73 |
| 3.6 | 1.8 | 0.50 |
| 5.4 | 3.0 | 0.56 |
| 7.4 | 4.8 | 0.65 |

* ほぼ同じ大きさのもの30個体の平均

種 4.2×10^6 個体を生産し、歩留りは4.4~17.7%であった。この方法では成長は早いですが、飼育に多大な手間を要する欠点がある。

6. 付着珪藻を餌料とする方法では、体長8~10mm、体重31~108mgのナマコを 13.5×10^6 個体生産した。歩留りは6.5%と低く、かつ長期間を要した。

7. 中間育成初期の餌料として *Navicula* sp. など3種類の付着珪藻について比較検討した。*Navicula* sp. 区の歩留りが高い傾向がみられたが、途中から他種の混生がみられたため、明確に優劣を判断するまでには至らなかった。

8. 稚ナマコに対する乾燥ワカメの粉末の餌料価値について検討した結果、餌料として有効性がうかがえた。

9. カキ殻を用いたナマコ礁を水深2mの海底に設置し、体長5.6と6.9mmの稚ナマコを放流して調査した。放流後の成長や生存数の経過は明確でなかったが、放流1年後でも20~30%の生存が確認されかなり長期間ナマコ礁に留っていることがわかった。

表11 餌料試験結果-2 (ワカメ粉末)

| 収容槽 No. | ワカメの 投与量 (g/日) | 供 試 ナ マ コ* | | | 取 上 げ ナ マ コ | | | | 飼育日数 (日) | 飼育水温 (℃) |
|------------|----------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 個 体 数 (個) | 体 長 (mm) | 体 重 (mg) | 個 体 数 (個) | 歩 留 り (%) | 体 長 (mm) | 体 重 (mg) | | |
| 1 | | 2100 | 1.8 | — | 962 | 45.8 | 5.8 | 27.2 | 62 | 24.4~29.2 |
| 2 | 1~4 | " | " | — | 881 | 42.0 | 6.8 | 35.7 | " | " |
| 3 | | 2000 | 4.6 | 6.3 | 920 | 46.0 | 9.2 | 99.2 | " | " |
| 4 | 1~8 | " | " | " | 933 | 46.7 | 9.7 | 115.0 | " | " |

* クロとアオナマコの交雑種

表12 ナマコ放流試験結果

| 放 流 場 所 | ナ マ コ 種 類 | 調 査 年 月 日 | 放 流 後 日 数 (日) | 採 集 個 体 数 (個) | 生 存 個 体 数 (×10 ³ 個) | 定 着 率 (%) | 体 長 (cm) | 体 重 (g) |
|------------|--------------|-------------|------------------|------------------|-----------------------------------|--------------|-------------|------------|
| A | アオナマコ | '85. 7. 8 | 0 | | 8.7 | [100] | 0.56 | 0.008 |
| | | '86. 7. 4 | 361 | 19 | 2.4 | 27.6 | 7.5 | 9.2 |
| | | " 10. 20 | 469 | 14 | 1.7 | 19.5 | 3.5 | 3.6 |
| B | アオナマコ | '85. 11. 19 | 0 | | 2.9 | [100] | 0.69 | 0.010 |
| | | '86. 7. 4 | 227 | 3 | 0.4 | 13.8 | 6.0 | 4.0 |
| | | " 10. 20 | 335 | 4 | 0.6 | 20.7 | 3.3 | 4.3 |
| 対 照 | | '85. 7. 8 | 0 | | 0 | | | |
| | | '86. 7. 4 | 361 | | 0 | | | |
| | | " 10. 20 | 469 | | 0 | | | |

注：ナマコ礁はカキ殻を詰めた直径60 cm、高さ100 cmのカゴ15個を1ブロックとしたもの。

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) 小林 信・石田雅俊・尾田一成・鶴島治市, 1985: マナマコの増殖に関する研究-V, 昭和58年度福岡豊前水試研報, 115~130
- 7) ———・瀧口克己・鶴島治市, 1986: ——— - VI, 同誌昭和59年度, 45~52
- 8) 柳橋茂昭・河崎 憲, 1985: マナマコ種苗生産, 昭和59年度愛知水試事報, 16~19
- 9) 長崎県増養殖研究所, 1986: 南西海区ブロック会議, 昭和61年度介類研究会資料, pp. 8
- 10) 山口県内海水産試験場, 1982: マナマコの増殖技術に関する研究, 昭和56年度指定調査研究報告書, pp. 17
- 11) ———, 1983: ———, 昭和57年度指定研究報告書, pp. 14
- 12) ———, 1985: 昭和60年度南西海区ブロック会議介類研究会資料, pp. 7
- 13) 山口県内海水産試験場, 1986: 昭和61年度同誌, pp. 13
- 14) 福岡県豊前水産試験場, 1986: 同誌, pp. 6