

マナマコ種苗の放流手法の検討

草加耕司・泉川晃一・池田善平

Technical Developments in the Release of Artificial
Seedlings of Sea Cucumber *Stichopus japonicus*

Koji KUSAKA, Koichi IZUMIKAWA, and Zenpei IKEDA

キーワード：マナマコ，放流

マナマコ *Stichopus japonicus* は岡山県において冬季の漁獲対象種として重要であるが、近年、その漁獲量は低迷している。このため、人工生産種苗の大量放流による資源の回復をめざして、マナマコの種苗生産研究を進めた結果、体長10mmの稚マナマコ10万個体の生産が可能となった¹⁾。岡山県内におけるマナマコの生息状況は概ね把握された²⁾が、その放流手法については不明な部分が多い。種苗放流を漁獲量の増大に結びつけるには、放流種苗を資源に有効に添加させる技術の開発が不可欠である。

そこで、マナマコの人工生産種苗の適正な放流サイズ、

放流時期及び放流場所等を検討するため、1992～'94年にマナマコ漁場の人工礁内に稚マナマコを放流し、追跡調査を行った。また、上記の項目についてさらに詳細な検討を加えるため、マナマコが逸散しない条件下で試験を行ったのでその結果を報告する。

材料と方法

1. 放流追跡調査

放流試験を実施した場所は、図1に示した牛窓町前島地先である。マナマコを放流した人工礁の模式図を図2に示した。人工礁はポリエチレン製の籠を6個組合せて1.7

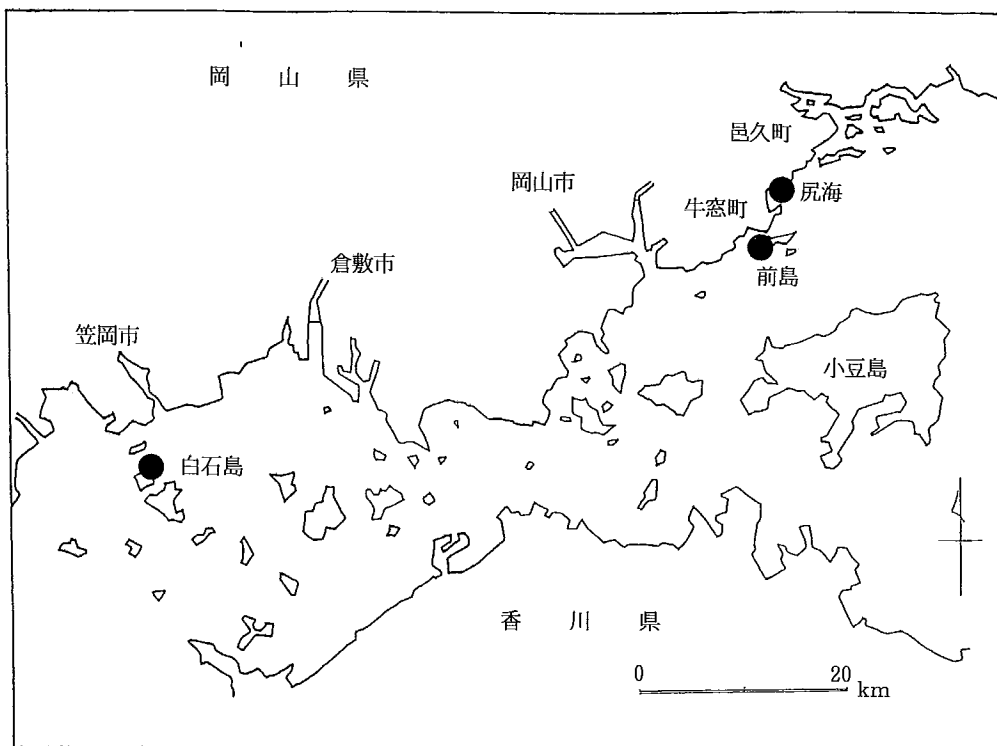


図1 放流試験場所

×1.6×0.4mの大きさとし、1試験区当り1基の人工礁を海岸線から50～60mの水深1mの海底に設置した。各人工礁はそれぞれの間隔が約30mになるように海岸線と平行に並べた。人工礁内の底面には10～20cmの転石を敷き詰め、その上に1基当り42個の建材用コンクリートブロックを無秩序に重ねた。なお、天然群の礁内への混入状況を把握するため、人工生産種苗を放流しない対照区を1基設定した。

供試したマナマコ種苗

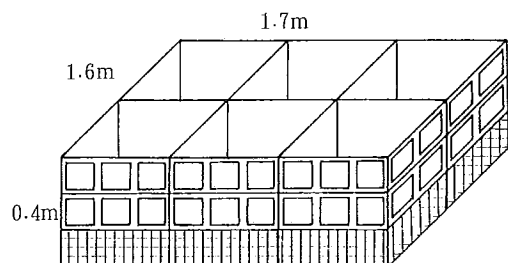


図2 放流追跡調査に用いた人工礁

は、試験年の4～5月に岡山県栽培漁業センターで種苗生産し、放流日まで海藻粉末(リビックBW, 理研ビタミンK, K)を投与して中間育成したアカナマコ, アオナマコ及びアカナマコ×アオナマコの雑種ナマコ(以下、雑種ナマコとする)である。'92年はアカナマコ, '93年はアオナマコ, '94年はアオナマコと雑種ナマコを用いた。

ナマコの放流は潜水によって行い、試験の終了時には人工礁を船上に引き上げてナマコを回収した。放流試験の開始時には、試験区当り30個体のナマコの体長と総重量を測定し、終了時には回収された全てのナマコの体長と体重を測定した。

1) '92年の調査

'92年の追跡調査における試験設定の概要を表1に示した。'92年の調査は適正な放流サイズ(体長)の検討を目的とした。体長別の区分は、0.5%の塩化カリウム水溶液で麻酔したナマコをオープニング2mmと4mmの2種類のふるいにかけて、同一群を3段階に分ける方法で行った。その結果、平均体長は4.3, 9.2, 17.7mmに選別された。放流個体数はそれぞれ2,000個体/礁とし、'92年7月23日に放流した。放流約1か月後の8月21

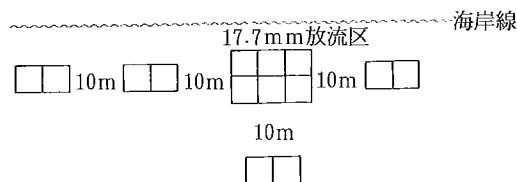


図3 ナマコ移動調査による人工礁の配置

日と3か月後の10月29日にそれぞれ人工礁の1/6ずつを取り上げて調査したあと、'93年5月6日に残りのすべてを回収した。また、ナマコの移動状況を把握するため図3に示すとおり、17.7mmのナマコを放流した人工礁の周辺10～20mに籠を2個組み合わせさせた小型の人工礁を4基設置した。

2) '93年の調査

'93年の追跡調査における試験設定の概要を表2に示した。'93年の調査は放流サイズの再検討と放流時期の検討を目的とした。放流サイズの検討では平均体長4.5mmの飼育群の中から、2mmのふるいを用いて特に成長の早い平均体長9.5mm群150個体を選別し、4.5mm群の1,800個体とともに'93年6月25日に放流した。また、放流時期を検討するため、8月2日に12.3mmを2,000個体と10月18日に19.5mmを1,000個体放流した。回収は'94年4月に行った。

3) '94年の調査

'94年の追跡調査における試験設定の概要を表3に示した。'94年の調査ではアオナマコとアカナマコの適性比較の検討を目的とした。しかし、'94年のナマコの種苗生産ではアカナマコの受精卵を得ることができず、やむなくアカナマコの雌とアオナマコの雄から発生した雑

表1 '92年の追跡調査における試験設定

ナマコ種類	放流時の体長* (mm)	放流個体数 (個体/礁)	放流日 (年. 月. 日)	取上げ日 (年. 月. 日)
アカナマコ	4.3±0.5	2,000	'92. 7. 23	'93. 5. 6
〃	9.2±0.8	〃	〃	〃
〃	17.7±1.3	〃	〃	〃

*50個体の平均値±95%信頼区間

表2 '93年の追跡調査における試験設定

ナマコ種類	放流時の体長* (mm)	放流個体数 (個体/礁)	放流日 (年. 月. 日)	取上げ日 (年. 月. 日)
アオナマコ	4.5	1,800	'93. 6. 25	'94. 4. 25
〃	9.5	150	〃	'94. 4. 13
〃	12.3	2,000	'93. 8. 2	'94. 4. 11
〃	19.5	1,000	'93. 10. 18	'94. 4. 25

*30個体の平均値

表3 '94年の追跡調査における試験設定

ナマコ種類	放流時の体長* (mm)	放流個体数 (個体/礁)	放流日 (年. 月. 日)	取上げ日 (年. 月. 日)
アオナマコ	16.8±2.4	1,200	'94. 7. 27	'95. 3. 31
雑種ナマコ	12.2±2.4	"	"	"

*30個体の平均値±95%信頼区間

表4 '92年の追跡調査結果

調査年月日	放流後 の日数	4.3mm放流区			9.2mm放流区			17.7mm放流区		
		回収率 (%)	体長 (mm)	体重 (g)	回収率 (%)	体長 (mm)	体重 (g)	回収率 (%)	体長 (mm)	体重 (g)
'92. 8. 21	29	0	-	-	10<	9.4±1.3	0.03	10<	17.4±2.0	0.10
'92. 10. 29	98	0	-	-	2.1	21.4±4.6	0.17	2.7	25.4±5.9	0.26
'93. 5. 7	285	0	-	-	1.7	74.0±9.2	6.05±2.3	1.4	74.0±11.4	6.13±2.8

体長, 体重は全回収個体の平均値±95%信頼区間

種ナマコを用いた。'94年7月27日に16.8mmのアオナマコ1,200個体, 12.2mmの雑種ナマコ1,200個体を放流し, '95年3月31日に回収した。

2. ナマコが逸散しない条件下における放流試験

放流試験は'94年に実施した。試験を実施した場所は, 邑久町尻海, 牛窓町前島及び笠岡市白石島地先(図1)の水深1~5mの海底に設置してある人工礁内とした。尻海と前島の人工礁は追跡調査と同一のもので, 白石島は1.5×1.5×1.0mの瓦魚礁である。供試したナマコ種苗は前述の'94年の追跡調査で用いたものと同じアオナマコと雑種ナマコで, これらを用途に応じてサイズ別に選別した後, 図4に示すとおりに1試験区当り50個体をカキ殻とともにオープニング0.5mmのネットで作製した袋に入れ, 43×27×14cmのポリエチレン製の籠(野菜籠)に收容した。人工礁への籠の設置期間は約1か月間とした。試験の開始と終了時には, 試験区当り30個体のナマコの体長と総重量を測定した。

1) 放流サイズの検討

平均体長2.4, 3.8, 8.8, 13.5mmの4段階に選別した雑種ナマコをネットに收容して, 8月12日に前島の人工礁内に設置し, 10日後と31日後に回収した。

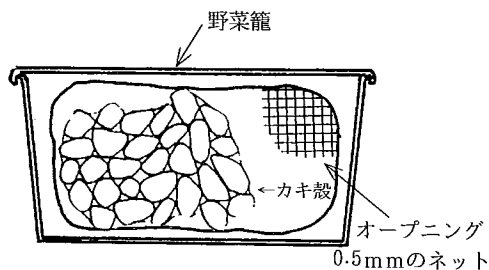


図4 ナマコが逸散しない条件下における放流試験に用いた籠の内容

2) 放流時期の検討

8月12日, 9月13日及び11月24日に10mmサイズ(平均体長12.4~14.6mm)の雑種ナマコをネットに收容して, 前島の人工礁内に設置し, それぞれ31日後, 34日後, 28日後に回収した。

3) 放流場所の違いによるアオナマコとアカナマコの適性の比較

9月13日に10mmサイズのアオナマコ(平均体長8.6~11.9mm)と雑種ナマコ(平均体長9.3~12.4mm)をネットに收容し, 尻海, 前島及び白石島の人工礁内に設置して, それぞれ34日後, 34日後, 35日後に回収した。

結 果

1. 放流追跡調査

試験場所の底質は砂泥混じりの転石帯で, 植生はアマモ*Zostera marina*, アナアオサ*Ulva pertusa*, ワカメ*Undaria pinnatifida*, マメタワラ*Sargassum piluliferum*, ハハキモク*Sargassum kjellmanianum*, フダラク*Aeodes lanceolata*など多様な種類が繁茂していた。

'92~'94年のいずれの年にも, 人工礁内には天然群と考えられる大型のナマコが生息していたが, 対照区には放流群と同サイズのナマコが観察されなかったことから, 天然群の当歳ナマコの混入は0と判断した。

1) '92年の調査

調査結果を表4に示した。放流約1か月後における回収率は9.2mmと17.7mm放流区では10~15%と推定されたが, 4.3mm区では0%であった。約3か月後の回収率は9.2mmと17.7mm区でそれぞれ2.1と2.7%となり, 約9か月後の回収時には1.7と1.4%となった。ナマ

表5 '93年の追跡調査結果

放流月日	回収までの日数	放流サイズ(mm)	回収率(%)	体長(mm)	体重(g)
6. 25	292	4.5	1.7	76.0±6.6	9.8±2.5
"	304	9.5	40.6	96.0±5.1	26.0±4.3
8. 2	252	12.3	11.0	59.7±2.6	5.8±0.7
10. 18	188	19.5	13.8	60.3±3.2	7.3±1.1

体長、体重は全回収個体の平均値±95%信頼区間

表6 '94年の追跡調査結果

ナマコの種類	回収までの日数	放流サイズ(mm)	回収率(%)	体長(mm)	体重(g)
アオナマコ	245	16.8	0.1	115.0	47.5
雑種ナマコ	"	12.2	0.4	97.8±31.8	32.1±29.9

体長、体重は全回収個体の平均値±95%信頼区間

表7 放流サイズの検討の試験結果

試験開始時		10日後		31日後	
体長(mm)	体重(mg)	生残率(%)	体長(mm)	体重(mg)	生残率(%)
2.4±0.3	2.3	50	5.4±1.0	10.3	44
3.8±0.4	6.6	68	9.2±1.1	30.3	60
8.8±0.7	31.0	84	11.4±1.8	60.0	80
13.5±1.1	92.7	96	21.2±1.5	226.0	94

体長は30個体の平均値±95%信頼区間。
体重は30個体の総重量を個体数で除した値。

コの成長は約1か月後まではほとんどみられなかったが、9か月後には両区ともに体長74.0mm、体重6g前後に成長した。

ナマコの移動状況は毎回調査したが、1か月後の調査時に17.2mm区の周辺1m以内の転石の下に放流ナマコが僅かに観察されたのみで、10~20m離れた小型の人工礁では全く採捕されなかった。

2) '93年の調査

調査結果を表5に示した。6月25日に放流した4.5mmと9.5mm区の約10か月後の回収率は、それぞれ1.7と40.6%となった。これらの回収時の大きさは4.5mm区が体長76.0mmで体重9.8g、9.5mm区はいわゆるトビ群を選別したことや放流密度が低かった影響か体長96.0mmで体重26.0gと大型化した。

8月2日放流区の約8か月後の回収率は11.0%であり、10月18日放流区の約6か月後の回収率は13.8%であった。放流サイズ、放流密度等が異なるため比較は困難であるが、6月、8月及び10月の放流時期の違いによる回収率の差は明瞭でなかった。

3) '94年の調査

調査結果を表6に示した。放流約8か月後の回収率は、アオナマコ区が0.1%で雑種ナマコ区は0.4%と両区とも

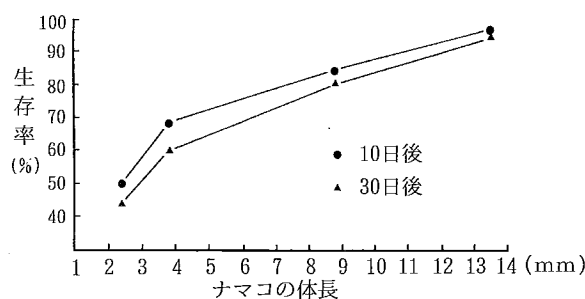


図5 サイズ別に4段階に選別したナマコの生残率

に低かった。回収されたナマコの大きさは、アオナマコ区が体長115mmで体重47.5g、雑種ナマコ区が体長97.8mmで体重32.1gであった。

'92~'94年追跡調査の結果をまとめると、4~5月に種苗生産したナマコは、満1年の翌年春には体長60~115mm、体重6~48g程度にまで成長し、その回収率は0~40.6%であった。

2. ナマコが逸散しない条件下における放流試験

放流サイズの検討試験の結果を表7に、サイズ別に4段階に選別したナマコの生残率を図5に示した。10日後の生残率は2.4mm区が50%、3.8mm区が68%、8.8mm区が84%及び13.5mm区が96%と小さいサイズでの減耗が激しく、サイズ別の生残率の差が顕著になった。特に、

表8 放流時期の検討の試験結果

放流時期 (月/日)	試験開始時		試験終了時		
	体長 (mm)	体重 (mg)	体長 (mm)	体重 (mg)	生残率 (%)
8/12~9/12	13.5±1.1	92.7	21.1±1.5	226.0	94
9/13~10/17	12.4±1.1	80.6	16.8±2.0	147.3	94
11/24~12/22	14.6±0.8	132.8	17.0±1.7	134.0	96

体長は30個体の平均値±95%信頼区間
 体重は30個体の総重量を個体数で除した値

表9 放流場所の違いによるアオナマコと雑種ナマコの適性比較試験結果

放流場所 時期	アオナマコ					雑種ナマコ				
	試験開始時		試験終了時			試験開始時		試験終了時		
	体長 (mm)	体重 (mg)	体長 (mm)	体重 (mg)	生残率 (%)	体長 (mm)	体重 (mg)	体長 (mm)	体重 (mg)	生残率 (%)
尻海 9/13~10/17	11.9±1.1	75.7	19.0±2.3	203.3	98	12.4±1.1	80.6	19.9±2.3	273.0	92
前島 "	"	"	14.8±1.3	110.7	86	"	"	16.8±2.0	147.3	94
白石島 9/20~10/25	8.6±0.7	42.3	13.6±1.7	74.3	82	9.3±0.8	54.3	14.3±1.4	91.3	76

体長は30個体の平均値±95%信頼区間
 体重は30個体の総重量を個体数で除した値

2.4mmと3.8mm区間での生残率の低下が著しかった。しかし、10日後から31日後にかけては、いずれの区でも大きな減耗はみられなかった。

放流時期の検討試験の結果を表8に示した。8月、9月及び11月の放流では水温が高い時期ほど成長はよい傾向がみられたが、生残率は94~96%と差がなかった。

放流場所の違いによるアオナマコと雑種ナマコの適性比較試験の結果を表9に示した。白石島で生残率が76と82%とやや低く、生残率の高い尻海の成長がよいなど場所の違いによる生残率と成長の差がみられた。しかし、特に同一場所におけるアオナマコと雑種ナマコとの生残率や成長に明瞭な差はなかった。

考 察

放流サイズ '92年の追跡調査における放流サイズの検討試験では、9.2mmと17.7mm区は人工礁へのナマコの定着が認められたが、4.3mm区は放流からわずか1か月後の調査においても1個体も採捕できなかった。これらの原因として、4.5mm区が'92年の飼育群中のピリ個体を用いたため定着できなかったことを疑い、'93年は飼育群中の平均的な成長を示す4.5mmの種苗を9.5mmとともに放流し、放流サイズを再検討した。そして、'93年の4.5mm区では10か月後に1.7%の回収率を得たが、同時に放流した9.5mmや8月と10月に放流した10mm以上の試験区と比べその回収率はきわめて低く、10mm以下での放流は効果的でない判断された。

放流サイズについては愛知県、大分県、福井県及び山口県による地域特産種増殖技術開発事業³⁻⁷⁾においても、同様な追跡調査や数々の放流試験によって検討されている。

これらによると、10mm以下の放流については否定的で、効果的な放流サイズは10~30mmであり、種苗が大きいほど回収率は高まるとしており、今回の追跡調査例はこれらを支持する結果となった。

稚ナマコの減耗要因として浮泥や砂による埋没、波浪による逸散及びイトマキヒトデ *Asterina pectinifera* 等による食害が指摘されている^{3,6,7)}。そこで、これらの減耗要因を排除した条件下における稚ナマコの生残性を検討するため、ナマコが逸散しないネット内での放流試験を実施した。その結果、小型のナマコほど10日目までの減耗が激しく、特に4mm以下でその傾向が顕著であった。種苗が小さいほど取り上げ時のダメージが大きく、また環境の変化への順応ができないのかもしれない。そして、その変曲点は4mm前後にあり、このことは稚ナマコの体表の着色が完了するこの時期に生態的な変化も起こっていることを示唆しているように思える。

また、'91年の稚ナマコの飼育⁸⁾において、体長2.5mmの種苗が10.1mmに成長するまでに40日間を要し、生残率は81.8%であった。ナマコが逸散しないネット内での試験では、3.8mm区が30日で9.2mmに成長し、その間の生残率は60%となっている。これらことは、ナマコの逸散や食害の少ない放流適地を厳選すれば、室内水槽で

の中間育成と同等の生残率が期待できることを示している。瀧口ら⁹⁾は0.3mmサイズでの放流について検討し、このサイズを用いて6mmサイズと同じ量の資源を増加させるには、100倍以上の個体数が必要であると思われるが、0.3mmサイズでは数千万個体の生産が可能なので、放流環境さえ良ければ十分放流効果があると述べている。今後さらに、種苗生産や中間育成での生産可能個体数やコスト等を考慮したうえで、4~10mmサイズでの詳細な検討と放流適地条件の探索が必要と思われる。

放流時期 4~5月に種苗生産した稚ナマコは、7~8月には10mmサイズとなるため、これ以下のサイズで放流する場合、ナマコは天然海域にですとすぐに梅雨期の低塩分と高水温を経験することになる。小林ら¹⁰⁾は稚ナマコは30℃以上の高水温に弱いとし、瀧口ら¹¹⁾は5mmサイズの稚ナマコの適応塩分下限値は10~15としている。これらのことから、放流時期は水温が低下し、ナマコの成長が促進される秋以降がよい^{7, 12)}とされている。

'93年の追跡調査はこれらのことを確認する目的で実施した。'93年は平年に比べて降水量が多い冷夏であり、夏期には試験地周辺でも塩分の低下が観測された。しかし、6月の放流区で40.6%と過去最高の回収率を得るなど、6月、8月及び10月の放流時期別の回収率からは一定の傾向はみられなかった。

また、'94年の夏期は記録的な猛暑で、試験地周辺でも30℃を越える高水温期もあったと推察できる。しかし、ナマコが逸散しない条件下での試験では、8月、9月及び11月の全ての放流区で94~96%の高い生残率を示し、放流時期による差はみられなかった。これらのことから、放流時期は特に考慮する必要がないと考えられた。

アオナマコとアカナマコの適性 アカナマコはアオナマコより経済価値が高く、さらに岡山県沿岸ではアオナマコの比率が高いため、標識法が確立されていないナマコの放流効果を判定する材料としてアカナマコの放流が望まれている。ところが、'92年のアカナマコによる追跡調査の回収率は1%台と低く、'93年のアオナマコの放流では10%以上の回収率を得たことから、'94年にはこれらの比較試験を実施した。

アオナマコとアカナマコの生息環境について崔¹³⁾は、アオナマコは内湾性の砂泥質地帯を生息場とし、アカナマコは河川水の影響が少ない外洋性の岩礁・小石地帯に生息すると述べている。また、小林ら¹⁴⁾は、放流適地は天然群の生息場が目安となり、天然にアカナマコが生息しない場所では放流効果は期待できないことを指摘し

ている。

'94年の試験において、アカナマコの代用として雑種ナマコを用いたことから、その体色を確認する目的で、放流した雑種ナマコと同じ飼育群を室内水槽で約1年間飼育し、腹部側の体色で判別したところ、アオナマコとアカナマコの出現比は54:46となった。'94年の追跡調査ではアオナマコ、雑種ナマコともに回収率がきわめて低く、両群の比較はできないが、回収された雑種ナマコは全てアオナマコであった。このことから、試験地周辺はアカナマコには不適な環境であった可能性もある。

一方、ナマコが逸散しない条件下における放流試験では、前島よりも河川水の影響が少なく天然のアカナマコの生息が多い尻海と白石島を選定したにもかかわらず、アオナマコと雑種ナマコの生残率に差はみられなかった。ただし、この結果はネット中のカキ殻内での試験、すなわち底質、浮泥の量及び植生等の条件が加味されていないものであった。

以上のことから、アオナマコとアカナマコの放流適地の差はあると考えられるが、その環境条件については今後、水質だけでなく底質や植生を考慮した検討が必要と思われる。

要 約

1. マナマコの人工生産種苗の適正な放流サイズ、放流時期及び放流場所等を検討するため、1992~'94年にナマコ漁場の人工礁内に稚ナマコを放流し、追跡調査を行った。また、それらの項目についてさらに詳細な検討を加えるため、ナマコが逸散しない条件下での2・3の試験を行った。
2. '92~'94年の追跡調査の結果をまとめると、4~5月に種苗生産したナマコは、満1年の翌年春には体長60~115mm、体重6~48g程度にまで成長し、その回収率は0~40.6%であった。
3. 放流サイズの検討を目的とした追跡調査では、体長4mm前後の放流は10mm以上の放流に比べてきわめて回収率が低かったことから、10mm以下の放流は効果的でないと考えられた。しかし、ナマコが逸散しないネット内での試験では、3.8mm区においても1か月後の生残率で60%が得られたことから、放流方法と適地を厳選すれば4~10mmの放流でも効果は期待できると思われる。
4. 放流時期の検討を目的として6~11月に時期を変えて放流した追跡調査及びナマコが逸散しないネットを用いた試験では、ナマコの回収率に明瞭な差はみられ

なかったことから、放流時期は特に考慮する必要はないと考えられた。

5. アオナマコとアカナマコ×アオナマコの雑種ナマコを同時に放流し適性を比較した。牛窓町前島における追跡調査ではアオナマコのみが回収されたが、県下3か所のナマコ漁場内で行ったナマコが逸散しないネットを用いた試験では、両者の生残率に差はみられなかった。

文 献

- 1) 池田善平・元谷 剛, 1993: マナマコの種苗生産, 岡山水試報, 8, 110-113
- 2) 草加耕司・鎌木昭久, 1993: 岡山県におけるナマコ漁業の実態, 岡山水試報, 8, 52-56
- 3) 愛知県・大分県・福井県・山口県, 1989: 昭和63年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(棘皮類)
- 4) 愛知県・大分県・福井県・山口県, 1990: 平成元年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(棘皮類)
- 5) 愛知県・大分県・福井県・山口県, 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) 愛知県・大分県・福井県・山口県, 1992: 平成3年度地域

特産種増殖技術開発事業報告書(棘皮類)

- 7) 愛知県・大分県・福井県・山口県, 1993: 平成4年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(棘皮類)
- 8) 池田善平・植木範行・草加耕司, 1992: マナマコの種苗生産と中間育成試験(1991年), 岡山水試報, 7, 137-140
- 9) 瀧口克己・藤本敏昭, 1989: マナマコ *Stichopus japonicus* SELENKA の増殖に関する研究-X, 福岡県豊前水産試験場研究報告, 2, 143-150
- 10) 小林 信・石田雅俊・尾田一成・鶴島治市, 1984: マナマコ *Stichopus japonicus* SELENKA の増殖に関する研究-IV, 昭和57年度福岡県豊前水産試験場研究業務報告, 111-116
- 11) 瀧口克己・小林 信, 1986, マナマコ *Stichopus japonicus* SELENKA の生理生態について-I, 成長段階別の塩分変化抵抗性および稚ナマコ期の摂餌量, 昭和59年度福岡県豊前水産試験場研究業務報告, 53-58
- 12) 荒川好満, 1990: なまこ読本, 緑書房, pp118
- 13) 崔 相, 1963: なまこの研究, 海文堂
- 14) 小林 信・鶴島治市, 1981: ナマコの増殖に関する研究, 昭和54年度福岡県豊前水産試験場研究業務報告, 55-65