

平成 8 年度

地域特産種量産放流技術開発事業報告書

棘 皮 類  
(ナマコ)

1 9 9 7 年 6 月

石川県水産総合センター

担当機関及び担当者

・石川県水産総合センター

担当部・職名	氏名
所長	中道 五郎
次長	田島 迪生
技術開発部 部長 研究専門員 研究専門員 研究専門員 技師 技師	伊藤 勝昭 町田 洋一 沢矢 隆之 大慶 則之 戒田 典久 *田中 正隆

\*とりまとめ

# 目 次

平成7年度までの総括	石1
技術開発の方向と全体計画	石2
全体計画及び平成8年度のフローチャート	石2
I 種苗生産技術開発	石3
1. 産卵誘発	石3
2. 浮遊幼生飼育	石3
3. 浮遊幼生飼育餌料試験	石4
4. 稚ナマコ飼育	石5
5. ナマコ及びコペポータに対するディプレックス乳剤の影響試験	石6
II 放流技術開発	石7
1. 放流条件調査	石7
2. 放流追跡調査	石8
(1) 放流種苗の死亡調査	石8
(2) 試験礁を用いた放流追跡調査と放流方法の検討	石10
(3) 平成7年度からの継続長期追跡調査	石14
3. 総合考察	石15
III 参考文献	石15

## 平成7年度までの総括

平成6年度より地域特産種産放流技術開発事業（棘皮類）に着手し、ナマコの種苗生産から放流までの一貫した技術開発に取り組んでいる。

### 1. 種苗生産技術開発

七尾湾におけるアオナマコの産卵盛期は5月下旬から6月上旬と推定されていることから、産卵誘発は、5月中旬に親ナマコを採集して、冷却海水による2日から7日程度の産卵抑制及び馴致期間において、加温刺激を行う方法が妥当と考えられた。平成7年度では、冷却海水による1ヶ月以上の産卵抑制、また産卵誘発を複数回行った個体からでも採卵することができた。

後期浮遊幼生の収容密度試験では、1トンポリカーボネート水槽に波板200枚を収容した生産水槽の場合、収容個体数は16万個体付近が最も生産効率が高く、5mmサイズの稚ナマコ1万個体の生産が可能であった。

餌料試験では、濃縮クロレラ単独及びキートセロス・グラシリス単独よりも、キートセロス・グラシリスとパプロバ・ルーテリの併用により成長は上回ったが、試験を開始してからいずれも平均体長が小さく萎縮する結果となった。これは、キートセロス・グラシリスが口器に詰まり、空胃になったこと、濃縮クロレラはナンノクロロプシスに比べて脂肪酸の含有量に大きな相違があり餌料価値が低いことが原因と考えられた。

5トンFRP水槽における大量生産試験では、浮遊幼生から5mmサイズのナマコまでの生残率は10.3～15.8%であり、5mmサイズのナマコ25,000個体前後が最大生産量と考えられた。5トンFRP水槽における選別試験では、4mm以上の大型群の生残率は3.9～5.5%であり、生残率の高い生産水槽では大型群の生産率は低かった。

平成6年度は平均体長4.60mmのナマコを136,000個体生産した。平成7年度は平均体長9.13mmのナマコを17,900個体生産した。

### 2. 放流技術開発

試験礁における放流初期の大量減耗の原因解明と、長期間に亘る追跡調査を中心に行った。放流追跡調査に先立ち、室内にて放流条件調査を実施した。

試験礁の材質によるナマコの滞留試験では、生きたカキと碎石の組み合わせにより、碎石単独よりもナマコの滞留効果が認められた。

ナマコが運搬時に水槽内の揺れによって傷害を受け、死亡率の増大に関与しているかを検討した。振とう培養器を使用した試験の結果、揺れによる活力の低下や死亡は認められなかった。

放流初期の大量減耗の原因として種苗の死亡を想定した。試験礁に放流した2,000個体のナマコは、放流1日後に1,551個体、2日後に1,162個体、3日後に667個体に減少したが、同時にネットで覆っていた籠の中のナマコ

の個体数はほとんど変わらなかった。従って放流初期の大量減耗は死亡ではないと考えられた。

放流初期の大量減耗の原因として種苗の移動を想定した。放流当日から1日後までの時間経過毎の試験礁の表面に分布するナマコの個体数を計数し、観察した結果、ナマコは波によって流されていたと考えられた。従って放流初期の大量減耗の原因はナマコの能動的な移動ではないと考えられた。

放流初期の大量減耗の原因として種苗の流出を想定した。試験礁の周囲に網を張り、流出したナマコを捕捉するように調査した結果、試験礁での減少は認められたが、網にはナマコは見られなかった。従って放流初期の大量減耗の原因は流出ではないと考えられた。

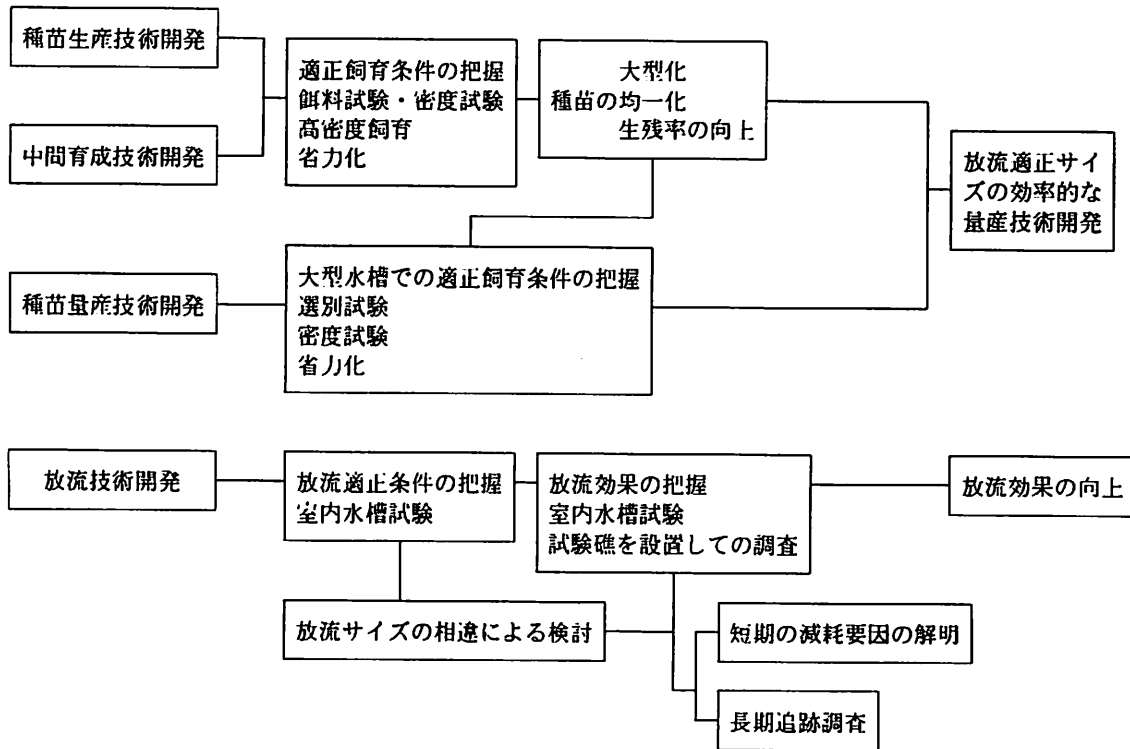
放流初期の大量減耗の原因として外敵による食害を想定した。室内水槽でナマコの食害を試験した結果、減少が見られた外敵生物はイシガニ、イトマキヒトデ、カワハギであった。このうち、イトマキヒトデが有力な食害生物であると考えられた。試験礁周辺にセルピンと籠を使用したトラップを設置したが、外敵と特定できるような生物は採集されなかった。ナマコの密度を変えたイトマキヒトデの食害量の試験を行ったが、食害量は不安定であった。また、試験礁を観察した結果、イトマキヒトデの試験礁でのナマコへの際立った蟻集は見られなかった。以上のことから、外敵生物による食害は、放流初期の減耗の一因とはなるものの、大量減耗の原因ではないと考えられた。

長期放流追跡調査では、生きたカキと碎石を入れた籠を並べた3.6m四方の試験礁に平均体長10.2mm、17,000個体のナマコを放流した。また、試験礁の周囲1mと3mをロープで区切って移動を調査した。さらに、籠を網で包んで死亡調査を行った。試験礁におけるナマコの放流個体数からの残存率は、18.5%（放流23日後）、8.9%（71日後）、4.8%（122日後）であった。各調査時において、3m枠内のナマコの個体数の、試験礁内の総個体数に対する割合を求めた結果、約10%が常に試験礁外へ移動していることが示された。礁内と礁外3m枠内のナマコの平均体長を比較すると、いずれも3m枠内のナマコの方が大きかったことから、ナマコは大きい個体から試験礁外へ移動していくと思われた。死亡調査の結果、生残率と平均体長はそれぞれ47.6%、12.1mm（23日後）、35.8%、21.4mm（122日後）であり、試験礁と比較すると生残率は上回ったが、成長は下回った。死亡調査でのナマコの生育環境は悪いことから、真の生残率は高くなると考えられた。仮に死亡調査の生残率と試験礁の残存率を同じとした場合、放流したナマコの31.0%が自然死亡以外の移動、逸散、流出、食害等により、試験礁から減少していくと考えられた。この値は、死亡調査での真の生残率により、高くなると考えられた。

●技術開発の方向と全体計画

対象種	技術開発課題	年次計画					備考
		6	7	8	9		
ナマコ	種苗生産技術開発試験	0.5～1トン水槽を用いて種苗サイズの大型化、均一化、生残の安定化を図るため、浮遊期から初期稚ナマコの適正飼育条件（餌料種類、飼育密度等）を検討する。	○	○	○	○	
	量産技術開発試験	大型水槽（5トン）を用いた種苗の効率的な育成技術を開発する。	○	○	○	○	
	中間育成技術開発試験	種苗生産に引き続き0.5～1トン水槽を用いて稚ナマコ（2～3mm）以降の育成目的サイズ別の適正飼育条件を検討する。	○	○	○	○	
	量産技術開発試験	大型水槽を用いた5～20mm種苗の効率的な飼育条件を検討する。					
	放流適正条件調査	底質や 料条件または害敵生物の影響を水槽実験を中心として検討する。	○	○	○	○	
	放流効果調査	放流試験礁を設置し、潜水等による追跡調査を実施することによって、放流効果、移動範囲等を調査する。	○	○	○	○	

●全体計画及び平成8年度のフローチャート



# I 種苗生産技術開発

## 【目的】

当県では昭和55年度からナマコの種苗生産技術の開発に取り組み、産卵誘発と稚ナマコまでの種苗生産技術の開発に成功した。しかし、放流サイズまでの生産技術は確立されていなかった。このため、平成6年度から餌料、飼育密度等の飼育条件を検討し、放流サイズの種苗を大量かつ安定的に生産する技術開発を行っている。その結果、餌料として浮遊幼生期は*Pavlova lutheri*（以下パプロバ）と*Cheatozeros gracilis*（以下キートセロス）の併用、着底後はキートセロスとリビックBW（理研ビタミン社）の併用により平成6年度には平均体長4.60mm、136千個体、平成7年度には平均体長9.13mm、17.9千個体生産された。今年度は餌料試験、5トンFRP水槽を用いた種苗量産、着底期における付着基質の検討を行い、種苗生産における更なる適正条件を模索する。

## 1. 産卵誘発

### 【材料及び方法】

産卵誘発に用いたアオナマコは、七尾北湾の能登島町箱名入江及び穴水町新崎地区において、潜水、底引き網にて採集した。採集したナマコは自然産卵を抑制するために、産卵誘発を行うまで2トンFRP水槽にて約13℃の冷却海水の流水下で飼育した。餌料として粉末リビックB

表1 産卵誘発結果

月日	親ナマコの採集月日及び場所	誘発個体数	平均体重(g)(範囲)	反応個体数			採卵数(万個)
				雄	雌	計	
5/7	4/26箱名入江+5/2新崎	30	513.9(142.7~837.4)	10	4	14	3,930
6/24	同上	30	521.5(187.9~855.1)	7	2	9	130

## 2. 浮遊幼生飼育

### 【材料及び方法】

誘発により放卵及び放精を開始した個体は30リットルポリカーボネート水槽に取り上げ、引き続き卵及び精子を放出させた。放卵が終了したらナマコを取り上げ、卵を計数後、複数のナマコ由来の混合精子を経験的に約100ml加えて受精させた。受精させた卵は20℃恒温室にて500リットルポリカーボネート水槽に収容した。通気はエアストーン（直径2.5cm）でごく微弱に行った。なお、5月7日採卵分を主体に浮遊幼生飼育を行い、6月24日採卵分は後記の幼生飼育餌料試験に用いた。孵化した囊胚期及びアウリクラリア幼生は、常温下の1トンポリカーボネート水槽及び5トンFRP水槽へ飼育密度0.6~3.3個体/mlで収容した。飼育水は、10μmのカートリッジフィルター（キューノ株式会社）で濾過した常温海水を用いた。換水は2~3日に1回、40μmのミューラーガーゼ（NBC工業株式会社）で覆ったカゴを用いてカゴ内の海水を排水する方法で、約1/2量行った。通気はエアストーン

Wを適量投与した（約2g/日）。

産卵誘発は5月7日、6月24日の計2回行った。誘発前に親ナマコの飼育水槽に黒色のビニール幕をかぶせ、誘発時にナマコを収容する200リットルポリカーボネート水槽も黒色ビニールで覆った。誘発には、腹部の軟らかい成熟個体を選別し、各日とも30個体を用いた。産卵誘発は夕刻より開始し、0.2μmの精密濾過海水（無菌海水/クロレラ濃縮用精密濾過膜装置、三井造船株式会社）を用いて、飼育水温から約5℃の加温刺激にて行った。

### 【結果及び考察】

産卵誘発の結果を（表1）に示した。5月7日には雄10、雌4の計14個体が反応し、3,930万個の卵を得た。6月24日には雄7、雌2の計9個体が反応し、130万個の卵を得た。穴水町新崎にて採集したナマコは、数個体の腹部を切開したところ、大型個体よりも中型個体の方が成熟率が高い傾向にあった。また、成熟した個体は腹部が軟らかい傾向にあり、産卵誘発を行う時は予め腹部の軟らかい個体を選別することが有効であると考えられた。また、誘発の際、単に5℃の加温刺激を与えるだけでなく、水温の昇降の繰り返しや、ナマコを収容している水槽の水位の上下操作を行うことで比較的容易に産卵を促すことができた。

（直径3cm）で微弱に行った。飼育期間中の水温は14.8~21.1℃であった。

餌料は、初期アウリクラリア幼生出現まではパプロバを約5,000cells/ml、それ以降はパプロバ及びキートセロスを計約10,000~15,000cells/ml、1日に1回投与した。ドリオラリア幼生出現直前の、後期アウリクラリア幼生期に各水槽の浮遊幼生数を計数し、生残率を求めた。

### 【結果及び考察】

採卵2日後の孵化個体数及び孵化率を（表2）に示した。5月7日採卵分は孵化個体数が計3,215万個、孵化率が81.8%となった。6月24日採卵分は孵化個体数が計60万個体、孵化率が46.2%となった。

後期浮遊幼生期の生残数と、浮遊幼生収容時に対する生残率を（表3）に示した。1トンポリカーボネート水槽では生残数が計478万個体、生残率が35.9%となった。5トンFRP水槽では生残数が計676.5万個体、生残率が37.9%となった。各水槽の生残率を見ると、8.4~68.9%

でばらつきが見られた。浮遊期の飼育時に水槽への照射量が少なかった5トFRP水槽-1及び2は生残率がそれぞれ12.5%、8.4%と著しく低かった。また、5トFRP水槽-

表2 産卵数及び孵化個体数、孵化率  
5月7日採卵

個体番号	産卵数(万個)	孵化個体数(万個)	孵化率(%)
1	2,187	2,115	96.7
2	960	585	60.9
3	300	245	81.7
4	483	270	55.9
計	3,930	3,215	81.8

表3 浮遊幼生飼育結果

水槽番号	浮遊幼生収容時		後期浮遊幼生			
	月日	収容数(万個)	月日	生残数(万個)	生残率(%)	平均体長(ミクロン)
1t-1	5/10	230	5/28	29.5	12.8	806
2		240		38.5	16.0	806
3		255		145	56.9	760
4		332.5		125	37.6	799
5		122.5		73	59.6	802
6		150		67	44.7	787
合計		1,330		478	35.9	793

### 3. 浮遊幼生飼育餌料試験

#### 【材料及び方法】

6月24日に採卵した浮遊幼生を使用して200リットルポリカーボネート水槽による餌料試験を行った。餌料区分は、パプロバ区、キートセロス区、*Tetraselmis tetraathele* (以下テトラセルミス)区、対照区(パプロバとキートセロスの併用)を設定した。初期浮遊幼生の密度は0.75個体/mlとし、水温21.1~23.5℃の範囲で飼育した。給餌量はパプロバ区、キートセロス区とも各10,000cells/ml、テトラセルミス区は2,500cells/ml、対照区はパプロバ、キートセロスそれぞれ5,000cells/mlとした。

飼育1週間後にアウリクラリア幼生を任意に25個体回収し、体長、頭長、胃長(図1)を測定した。

#### 【結果及び考察】

餌料試験の結果を(表4)に示した。生残率は対照区が85.3%、キートセロス区が100.0%と良好であったが、パプロバ区が68.0%、テトラセルミス区が30.7%と低い値を示し、やがて全滅した。平均体長を比較すると、対照区は718μmで最も成長が良く、一方テトラセルミス区は465μmで最も成長が悪かった。胃長も同様に対照区で最も大きく、テトラセルミス区で最も小さい値となった。後期アウリクラリア幼生期になると、(図1)に示した頭長の、体長に対する比率が大きくなるので、頭長/体長を算出し比較したが、各区に差はなかった。テトラセルミス区は成長、生残ともに悪く、ナマコ浮遊幼生の餌料としてテトラセルミスは不適切であると考えら

2ではアウリクラリア幼生の平均体長が他の水槽と比較して小さかった。これらの結果から浮遊幼生の成長、生残には光条件が関与している可能性が疑われた。

#### 6月24日採卵

個体番号	産卵個数(万個)	ふ化個体数(万個)	ふ化率(%)
1	130	60	46.2
2	---	---	---
計	130	60	46.2

水槽番号	浮遊幼生収容時		後期浮遊幼生			
	月日	収容数(万個)	月日	生残数(万個)	生残率(%)	平均体長(ミクロン)
5t-1	5/13	180	5/28	22.5	12.5	722
2		429		36	8.4	534
3		279		165	59.1	713
4		483		333	68.9	688
5		414		120	29.0	716
合計		1,785		676.5	37.9	675

れた。顕微鏡テレビ観察装置を用いて、アウリクラリア幼生の摂餌の光景を観察したところ、テトラセルミスは口器から胃に運ばれるが、細胞が分解されずにそのままの形状で排泄されていた。このようにテトラセルミス区は餌が消化されずに排泄されたことが生残率、成長の低下に結びつuitとと考えられた。

平成6年度に行った餌料試験において、アウリクラリア幼生の口器にキートセロスがフロックとなって詰まり、成長が停滞する事例が見られた。今年度の顕微鏡テレビ観察装置を用いた長時間の観察では、キートセロスは通常口器から胃へ運ばれ、消化されていたが、フロックとなった餌を直接取り込んだ際に口器に詰まり、空胃となることが分かった。つまり、投与するキートセロスの質が問題となり、フロックの少ない餌を投与すれば口器に詰まることはないと思われた。

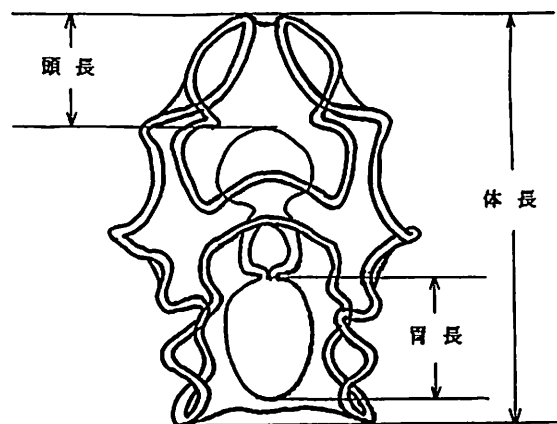


図1 アウリクラリア幼生の測定部位

表4 餌料試験結果 (カッコ内の範囲は最小、最大を示す)

	体長(μm)	頭長(μm)	胃長(μm)	頭長/体長	生残率(%)
対照区	718 (420~840)	198 (120~236)	208 (120~262)	0.28 (0.24~0.31)	85.3
ハ <sup>o</sup> フ <sup>o</sup> ハ <sup>o</sup> 区	683 (456~798)	176 (112~216)	202 (126~236)	0.26 (0.21~0.32)	68.0
キートセロス区	656 (504~766)	181 (136~214)	194 (160~236)	0.28 (0.23~0.32)	100.0
テラセリス区	465 (370~554)	123 (80~160)	108 (78~134)	0.27 (0.20~0.33)	30.7

#### 4. 稚ナマコ飼育

##### 【材料及び方法】

ドリオラリア幼生が出現した時点で、付着珪藻を付けた波板ホルダー(40×40cm、高さ30cmのホルダーにポリカーボネート製波板20枚を並べたもの)、あるいはタマゴパック(吾商化成工業株式会社)を稚ナマコの付着器として水槽に投入した。付着珪藻は、屋外において投入2週間前から海水の流水下で波板上に培養した。培養では、栄養塩(硫酸:尿素:過リン酸石灰=100:15:10、すべて全農)を穴をあけた100mlのポリ瓶に入れて、自然に拡散するようにした。

波板ホルダーは、付着珪藻の付いていないホルダーも含めて1トンポリカーボネート水槽へは7セット、5トンFRP水槽へは30セットを投入した。タマゴパックはタネモミ袋に収容したもの(タマゴパックどうしをシーラーで接着し、これを5個収容、=10パック)、垂下方式にしたもの(タマゴパックどうしが重ならないように10パック連結)を作成した。タマゴパックは、タネモミ袋のセットが1トンポリカーボネート水槽へは13セット、5トンFRP水槽へは30セットを、また、垂下方式のセットは1トンポリカーボネート水槽へ10セットそれぞれ投入した。

付着期以降は10μmのカートリッジフィルターで濾過した海水を微流水のかけ流し(0.25回転/日)にして飼育した。通気はエアストーン(直径3cm)で行った。飼育期間中の水温は19.3~28.1℃であった。

餌料はキートセロスを5,000~10,000cells/ml、及びリビクを1~10g/トン投与した。チグリオパス類のコペポダを駆除するために、ディプテレックス乳剤(DEP50%含有、日本農薬株式会社)を有効濃度1ppmにて、約1ヶ月に1回投与した。稚ナマコの生残数を把握するために、着底後約3ヶ月が経過した8月8日に各水槽の稚ナマコを全部あるいは一部取り上げた。取り上げの際には筆や刷毛を用いた。密度調整した後、最終取り上げ日まで継続飼育した。稚ナマコの最終取り上げは、5トンFRP水槽では室内飼育試験用に10月1日、10月18日に行い、放流追跡調査用に11月27~29日に行った。1トンポリカーボネート水槽では、9月下旬頃より皮膚のびら

んした個体が目立ち始め、生残数が激減したため、試験用に取り上げることを止め、最終的に12月25日に取り上げた。取り上げの際には8月8日の中間取り上げの時と同様、筆や刷毛を用いた。

##### 【結果及び考察】

後期浮遊幼生から稚ナマコの取り上げサイズまでの飼育結果を(表5)に示した。水槽への十分な照射量がなく、アウリクラリア幼生の成長、生残率ともに芳しくなかった5トンFRP水槽-2は稚ナマコが出現する前に全滅した。一方、20W蛍光灯2灯を1日に10時間程度点灯した5トンFRP水槽-3では稚ナマコが得られた。中間取り上げ後、密度調整した後は、20W蛍光灯2灯を新たに取り付けた照度の高い5トンFRP水槽-1及び2では、最終の取り上げ時の生残率がそれぞれ41.2%、49.7%と高い歩留まりを示した。このことから浮遊幼生の成長、生残だけでなく、稚ナマコへの変態やその後の生残にも光条件が関与している可能性が疑われた。この点に関しては、一般にナマコの種苗生産においては、暗い方が成長がよいという見解があるので、今後光条件がもたらすナマコの成長、生残への影響を検討する必要がある。

タマゴパックを稚ナマコの付着器として用いた1トンポリカーボネート水槽-1及び2、5トンFRP水槽-1については、付着珪藻を付けず、リビクを単独で投与したが、波板ホルダーを投入した水槽と同様、稚ナマコを得ることができた。タマゴパックは安価な為、今後比較試験を数値的に行い、付着基質としての有効性を再検討する必要があると思われる。

1トンポリカーボネート水槽の稚ナマコは、9月下旬頃より皮膚のびらんした個体が目立ち始め、生残数が激減したため、最終取り上げ時の生残率は0.43%と非常に低い値となった。これは、9月中旬に水槽の底に溜まったリビク等の残餌や排泄物を掃除したことによる、飼育水の水質の変化が一因となっていると考えられた。

最終的に1トンポリカーボネート水槽にて平均体長23.1mm、494個体、5トンFRP水槽にて平均体長10.6mm、37,670個体の計約38,000個体の稚ナマコを生産した。



表5 後期浮遊幼生から取り上げサイズまでの飼育結果

水槽番号	後期浮遊幼生		稚ナマコ中間取り上げ			稚ナマコ最終取り上げ				
	月日	収容 (万個)	月日	生残数 (万個)	生残率 (%)	調整後個体数 (万個)	月日	生残数 (個)	生残率 神隠り出陣(%)	平均体長 (mm)
1t-1	5/28	29.5	8/8	2.0	6.8	2.0	12/25	32	0.16	35.3
2		38.5		1.0	2.6	1.0		42	0.42	24.9
3		145		0.2	0.1	1.8		112	0.62	20.1
4		125		3.7	2.9	2.5		4	0.016	18.8
5		73		1.3	1.8	1.1		233	2.08	21.0
6		67		4.8	7.1	2.9		71	0.24	28.5
合計		478		13.0	2.7			494	0.43	23.1
5t-1	5/28	22.5	8/8	0.1	0.4	2.1	10/18+11/28	8,560	41.2	10.7
2		36		生産中止	---	1.2	10/1+10/18	5,880	49.7	---
3		165		11.6	7.0	8.3	11/27	20,200	24.3	9.4
4		333		0.04	0.01	1.5	11/29	984	6.7	16.8
5		120		0.3	0.2	0.4	11/28	2,046	53.0	18.3
合計		676.5		12.0	1.8			37,670	28.1	10.6

5. ナマコ及びコペポーダに対する

ディプテレックス乳剤の影響試験

【材料及び方法】

稚ナマコの飼育において水槽内に発生するコペポーダを駆除する目的で、ディプテレックス乳剤を投与することが慣例となっている。今回は、コペポーダの駆除にはどれくらいの濃度が有効か、またその時に稚ナマコに対して影響はないのかどうか試験を行った。

サンプル瓶(40ml容量)に、飼育中の体長約4mmの稚ナマコ約20匹あるいは飼育水槽内に発生したコペポーダ約10匹を入れ、ディプテレックス乳剤を0.5、1、2ppmとなるように添加し、24時間後の生存数を調べた。さらに、稚ナマコとコペポーダを単独あるいは混合して収容し、薬浴しない試験区を設定し、同様に24時間後の生存数を調べた。

【結果及び考察】

各試験区における、24時間後の生存割合を(表6)に示した。その結果、ディプテレックス乳剤の濃度がどの場合でも、稚ナマコはほぼすべての個体が生存し、また、コペポーダは全滅していた。従って、コペポーダの駆除にはディプテレックス乳剤は0.5ppmで充分有効であることが分かった。稚ナマコとコペポーダを共存させた試験区において、稚ナマコはすべて生存していたので、コペポーダが稚ナマコに与える影響は分からなかった。

表6 コペポーダに対するディプテレックス乳剤

(DEP)の薬浴効果とナマコへの影響試験

試験区	24時間後生存割合(生存数/収容数)	
	ナマコ	コペポーダ
ナマコのみ	20/20	---
コペポーダのみ	---	10/10
コペポーダ+ナマコ	19/19	10/10
ナマコ+DEPO. 5ppm	18/19	---
ナマコ+DEP 1ppm	18/18	---
ナマコ+DEP 2ppm	21/21	---
コペポーダ+DEPO. 5ppm	---	0/11
コペポーダ+DEP 1ppm	---	0/12
コペポーダ+DEP 2ppm	---	0/9

## Ⅱ 放流技術開発

### 【目的】

平成7年度の放流技術開発では、試験礁における放流初期の大量減耗の原因の解明と長期間に亘る追跡調査を中心に行った。放流初期の大量減耗の原因は特定できなかったものの、放流3日後に体長7mm未満の個体の減少が見られたことは生残率に大きく影響していると考えられた。そこで、今年度は、放流サイズや放流方法の違いによる生残率の検討を中心に、室内での放流条件調査及び放流追跡調査を実施した。

### 1. 放流条件調査

#### 【材料及び方法】

試験礁に放流したナマコは種苗生産水槽から取り上げて放流までの間の剥離や運搬の影響で活力が低下し、放流初期の減耗の大きな要因となっていると考えられた。そこで、種苗生産水槽から取り上げたナマコをサイズ別に水槽に再収容し、時間の経過に伴う生残率の変化を調べた。

種苗生産水槽の壁面及び波板から筆や刷毛を用いてナマコを剥離し、100リットルポリカーボネート水槽に集めた。集めたナマコはパッドに取り、目視により大サイズ（約15mm以上）、中サイズ（約7mm～15mm）、小サイズ（約7mm未満）に選別した。一部を測定用に回収した後、各サイズとも200匹ずつ、サイズ別に90リットルアクリル水槽に収容した。測定用に回収したナマコは0.5%メントール溶液にて麻酔した後、体長を測った。1回の試験毎にナマコを取り上げられるよう、各サイズとも試験区を4区ずつ設置した。飼育水は微流水によるかけ流しで、飼育期間中の水温は15.1～21.8℃であった。餌料は1週間に1度リビックを1g投与した。

収容2、3、4、5週間後に各サイズの生残しているナマコを計数した。計数したナマコは0.5%メントール液にて麻酔した後、体長を測った。

付着しているナマコをKCl溶液で麻酔し、剥離する方法が知られているが、麻酔がナマコに与える影響は分かっていない。そこで、筆を用いた剥離方法と、KCl溶液の麻酔による剥離方法における生残数の違いを調べた。200リットルポリカーボネート水槽に0.25%KCl溶液を満たし、その中にナマコの付着した波板ホルダーを投入した。数分間浸漬した後、波板を揺すってナマコを剥離した。集めたナマコは上記と同様にサイズによる選別を行い、90リットルアクリル水槽に収容した。各サイズとも試験区を1区ずつ設置した。5週間後に各サイズの生残しているナマコを計数し、筆を用いて剥離した時の5週間後の結果と生残数を比較した。

魚類の取り扱いの際、擦れによる病原菌の感染を防ぐために、合成抗菌剤の一種であるニフルスチレン酸ナト

リウムによる薬浴を行うことがある。また、アカウニの種苗生産期において、滑走細菌が原因による、棘の抜ける症状が見られた際、5ppmニフルスチレン酸ナトリウムによる薬浴により、一時的に斃死が少なくなったとの報告もある。そこで今回、ナマコを剥離する際、表皮や管足が擦れることを想定し、薬浴により生残数に相違が生じるかを検討した。筆または刷毛で剥離したナマコを上記と同様にサイズによる選別を行い、90リットルアクリル水槽に収容した。各サイズとも試験区を1区ずつ設置した。飼育開始時にニフルスチレン酸ナトリウムを5ppmとなるように飼育水に混合した。5週間後に各サイズの生残しているナマコを計数し、薬浴しなかった場合の5週間後の結果と生残数を比較した。

#### 【結果及び考察】

大、中、小各サイズについて、飼育開始時、2、3、4、5週間後、及びKCl溶液による剥離、薬浴を行ったときの飼育5週間後の取り上げたナマコの数を（表7）に示した。併せて括弧内に取り上げたナマコの平均体長を示した。各試験区とも収容するナマコをランダムに取り上げたが、同サイズでも平均体長にややばらつきがみられた。取り上げ時期が進むにつれて平均体長の値は増加せず、むしろ小さくなっていったため、この間の成長はなかったと思われる。

表7 取り上げナマコ室内飼育試験

	個体数 (平均体長mm)		
	大	中	小
開始時 (10.18)	200 (24.8)	200 (12.7)	200 (8.2)
2週目 (11.01)	195 (20.3)	200 (13.4)	175 (7.7)
3週目 (11.07)	197 (18.9)	197 (12.2)	162 (7.5)
4週目 (11.15)	189 (15.5)	191 (10.6)	170 (7.2)
5週目 (11.21)	182 (15.8)	140 (10.5)	155 (7.5)
KCl剥離 (11.21)	197 (15.7)	188 (10.2)	163 (5.9)
薬浴 (11.21)	197 (15.9)	176 (10.7)	174 (7.0)

大、中、小各サイズについて、取り上げ時期の経過に伴う生残数の変化を（図2）に示した。大サイズは飼育3週間後まではほとんど数に変化がなく、飼育5週間後には約90%が生存していた。中サイズは大サイズと同様、飼育3週間後まではほとんど数に変化がなかったが、飼育5週間後には生残数が70%にまで減少した。小サイズは他のサイズとは異なり、飼育2週間後に生残数が87.5%に減少した。飼育5週間後には生残数が77.5%となった。体長10mm未満のサイズは筆を用いて剥離した場合、その後の生残に影響があることが示唆された。特に体長7mm未満の小さなサイズは比較的短期の間にその影響が生じると考えられた。

KCl溶液を用いて剥離した場合、及び筆で剥離した後ニフルスチレン酸ナトリウム浴をした場合の、飼育5週間後の生残数を、筆で剥離し薬浴しなかった場合の生残数（対照区）と比較した結果を（図3）に示した。どのサイズにおいても、KCl溶液を用いた場合、及び薬浴した場合ともに対照区（筆）の生残数を上回った。KCl溶液で麻酔し、剥離する方法は筆を用いて直接剥離するよりも、基

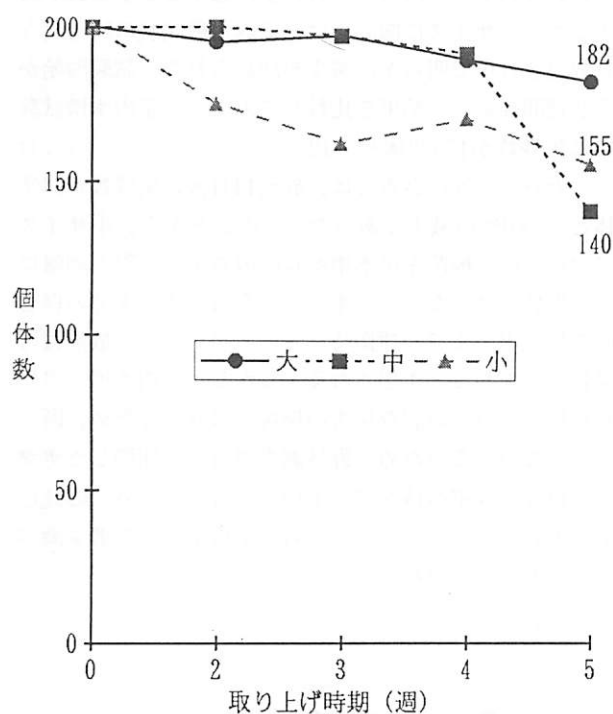


図2 取り上げ時期の経過に伴うサイズ別の生残数の変化

## 2. 放流追跡調査

### (1) 放流種苗の死亡調査

#### 【材料及び方法】

野外での放流追跡調査では、まず、室内水槽試験の結果から想定された、小さいサイズの個体の死亡が、放流後の減耗に結びついているという考えに焦点を絞り、試験を設定することにした。放流追跡調査は、能登半島東岸の七尾北湾に面した（図4）に示す穴水町新崎地先海

質に付着しているナマコの管足に対する影響が少ないと考えられる。損傷を受けた管足から徐々にびらんし、やがて死亡することが生残数の低下につながると考えられた。また、ニフルスチレン酸ナトリウムの薬浴により、損傷を受けた管足のびらんが多少抑制されると考えられた。

平成7年度においては、野外で放流追跡調査を行った場合には、2、3日という極短時間で放流ナマコの大量減耗が認められている。しかし、今回の室内水槽飼育試験では、小サイズが2週間でやや減少したものの、大量な減耗ではなかった。また飼育開始から3日間飼育水槽内のナマコの数を目視で計数した結果、ほとんど減少していなかった。従って、大量減耗の原因に死亡が関与しているとしても、それが種苗生産水槽からの取り上げの際の剥離による影響だけではないと思われる。剥離してから放流するまでのナマコの管理方法や放流場所までの運搬方法等、一連の作業がナマコの活力の低下に関係してくると考えられる。

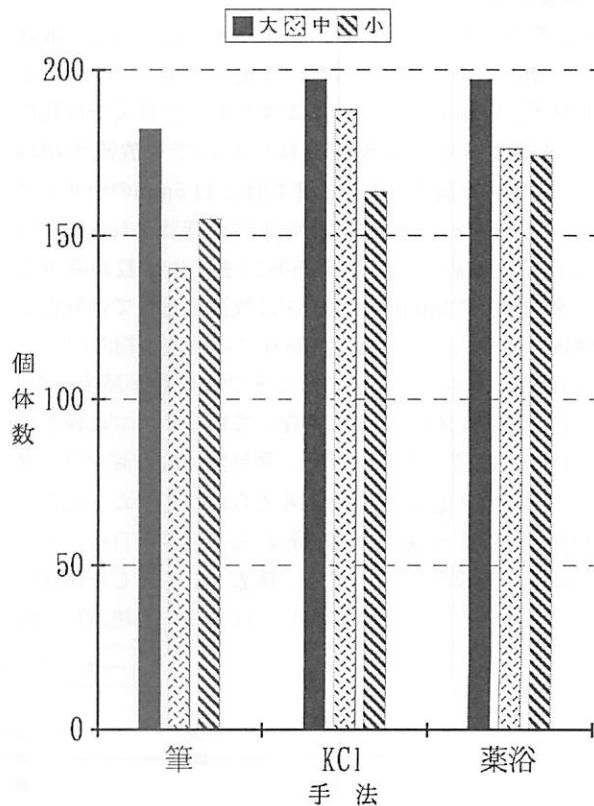


図3 ナマコの取り扱い手法の違いによる生産数の比較

域で行った。調査海域は小島東岸の水深1.5m以浅の海域である。

ナマコの死亡を推定した調査（以下、死亡調査）では、40×60cm、高さ18cmの野菜籠（以下、籠）に拳大の碎石を入れたものを試験礁として使用した。中の碎石は予め流水で表面の泥を洗い流し、籠はナマコの流出を防ぐために40目のニップ強力網で包んだ。試験礁は放流10日前（11月22日）に設置した。放流用のナマコは11月27日から11月29日にかけて筆を用いて剥離し、室内水槽試験

の時と同様、目視により大サイズ（約15mm以上）、中サイズ（約7mm～15mm）、小サイズ（約7mm未満）に選別した。測定用に各サイズ200匹ずつ回収し、残りをサイズ別に40目のニップ強力網で作成した袋にキンラン（アース株式会社）と併に収容し、放流日（12月2日）まで水温約15℃の流水下で保管した。この際、袋の内側には番線を張り、袋の形状を円柱状に固定することでナマコが潰れることの無いようにした。測定用に回収したナマコは0.5%メントール溶液にて麻酔した後、体長を測った。放流当日、水槽に約15℃の海水を溜め、袋ごと放流種苗を収容し運搬した。現地にてサイズ別に200匹ずつ網で包んだ籠の中へ収容した。各サイズとも5区ずつ設置した。

放流1、2、8、14、42日後に1区ずつ籠内のナマコを取り上げ、計数した。取り上げたナマコは実験室に持ち帰り、0.5%メントール溶液にて麻酔した後、体長を測定した。

#### 【結果及び考察】

死亡調査における大、中、小各サイズについて、取り上げ時期の経過に伴う生残数の変化を（図5）に示した。平均体長26.8mmの大サイズは放流1、2日後では死亡した個体は無く、放流42日目においても放流当初の93.5%の個体が確認された。平均体長11.5mmの中サイズは放流14日目までは90%以上の生残が確認されたが、放流42日目には放流当初の58.5%にまで生残数が減少した。平均体長7.3mmの小サイズは放流1日後では死亡した個体は無かったが、放流2日後には放流当初の72.5%、8日後には放流当初の45.0%にまで生残数が減少した。さらに、放流42日後では、生存しているナマコは僅かに3個体しか確認できなかった。発見個体数の減少は、籠内のナマコが死亡したためと考えられた。また、死亡した個体は溶けて消失したと思われる。放流1日後に生存が確認できた個体においても、体表がびらんした個体が多くみられた。中サイズに関しては、室内水槽試験の時

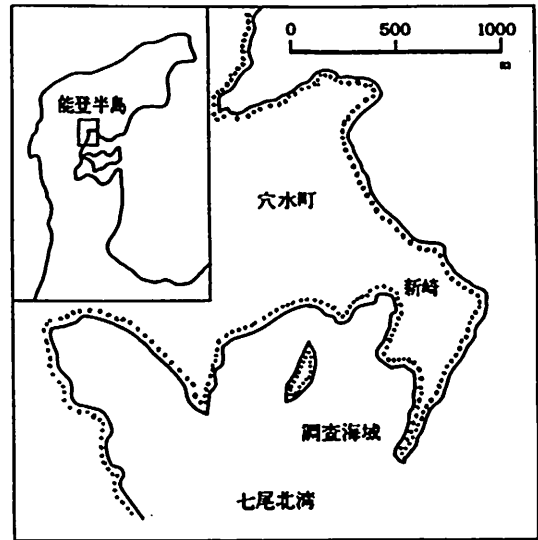


図4 放流追跡調査海域

と同じように、初めのうちは死亡に結びつくような影響は現れないが、放流後1ヶ月以上経過すると生残数が減少した。小サイズに関しては、室内水槽試験の時と異なり放流2日後で明らかに減少が認められた。試験開始から2週間経過後の結果を比較してみても、室内水槽試験では生残数が175個体と、12.5%の減少であったのに対し、野外での死亡調査では、放流14日後の生残数が94個体と、53.0%の減少であった。このことから、小サイズについては、種苗生産水槽からの取り上げの際の剥離による影響だけでなく、剥離してから放流するまでの保管時や放流場所までの運搬時に受けるダメージが放流後の減耗につながると予想される。しかし、室内水槽での飼育環境と野外での調査場所の環境とは異なるため、断言はできない。このため、野外調査場所まで運搬したナマコを再度実験室へ持ち帰り水槽で飼育し、野外での死亡調査と比較するなど、さらに各種条件下での影響を調べる必要があると思われる。

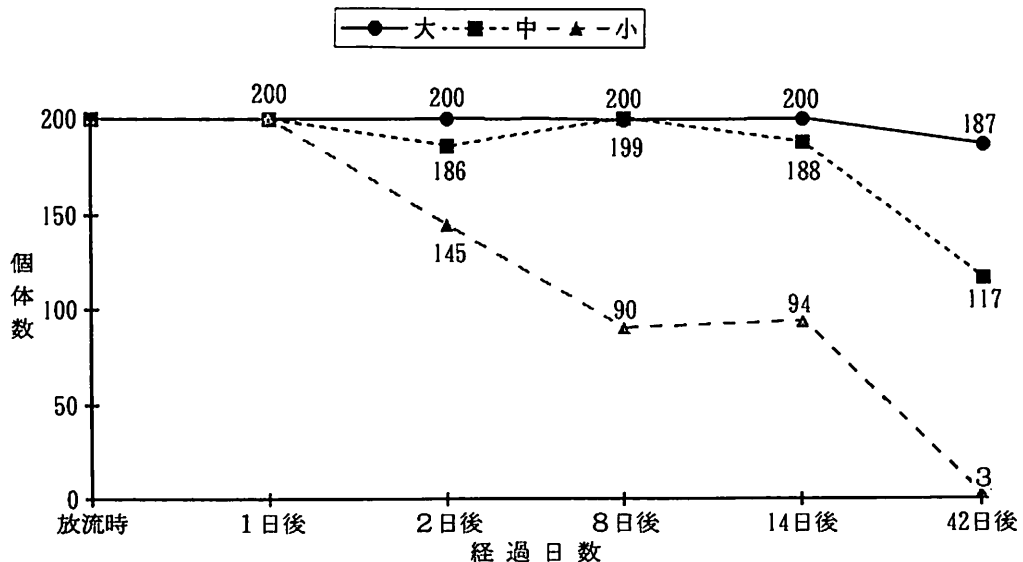


図5 死亡調査におけるサイズ別の生残数の変化

## (2) 試験礁を用いた放流追跡調査と放流方法の検討

### 【材料及び方法】

平成7年度の放流追跡調査では、試験礁から取り上げたナマコを再び礁内に戻していたが、その時のダメージがその後の生残に関わると予想されたため、今年度は毎回別の試験礁からナマコを取り上げられるよう、調査回数分の試験礁を設置した。試験礁への放流方法として、平成7年度の調査で行ったキンラン（アース株式会社）を用いた方法に加えて、(図6)に示すような塩ビ管をコンクリートに埋め込んだ筒型の台座（以下塩ビ管台座）を用いた方法を考案し、放流後の礁内における生残数の比較を行うことにした。塩ビ管台座は60cm四方、高さ10cmのコンクリート盤の中央に直径30cm、高さ1mの塩ビ管を埋め込んだ形態である。塩ビ管の底部には半円状の穴が8ヶ所開いている。重量は約80kgである。

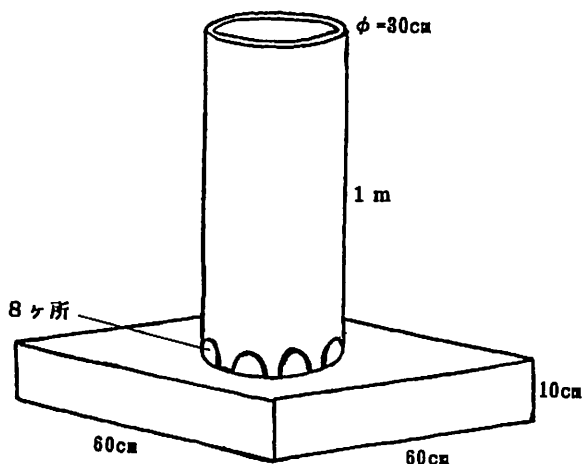


図6 ナマコ放流に用いた塩ビ管台座

キンランを用いた放流では、拳大の碎石を入れた籠を3行×4列に並べた試験礁（計籠12）を設置した。試験礁は放流1日後、2日後、1週間後、2週間後、その後は約1ヶ月おきに取り上げられるよう、計8回調査分設置した。さらに、拳大の碎石を入れた籠を6行×9列に並べた試験礁（計籠54）を1区設置し、最終調査日に礁内と礁外のナマコの分布を調べることにした。

塩ビ管台座を用いた放流では、拳大の碎石を入れた籠を3行×4列に並べ、中央の2つの籠の代わりに塩ビ管台座を据えた試験礁（計籠10、台座1）を設置した。さらに、コンクリート盤の周囲を碎石で固め、8ヶ所の穴を覆った。試験礁は、キンランを用いた放流との比較により相違が現れそうな2週間後から4回調査分を設置した（図7）。

これらの試験礁を小島東岸の水深1.5m以浅の海域、幅約90mの間に設置した。なお、試験礁は死亡調査と同様、放流10日前（11月22日）に設置し、使用した碎石は予め流水で表面の泥を洗い流した。

放流用のナマコは11月27日から11月29日にかけて筆を用いて剥離し、200リットルポリカーボネート水槽に集めた。このうち無作為に200匹を抽出し、0.5%メントール溶液

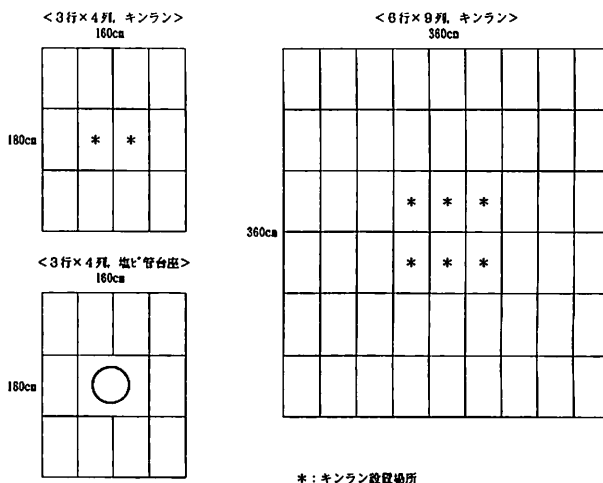


図7 放流試験礁略図

にて麻酔した後、体長を測った。残りのナマコは無作為に、1,000匹ずつバケツに集めた。キンランを用いた3行×4列の試験礁への放流分は、40目のニップ強力網で作成した袋にキンラン4本とナマコ1,000匹を収容し、これを8セット作成した。キンランを用いた6行×9列の試験礁への放流分は、40目のニップ強力網で作成した袋にキンラン2本とナマコ1,000匹を収容し、これを13セット作成した。塩ビ管台座を用いた3行×4列の試験礁への放流分は、40目のニップ強力網で作成した袋にナマコ1,000匹を収容し、これを4セット作成した。この際、袋の内側には番線を張り、袋の形状を円柱状に固定することでナマコが潰れることの無いようにした。ナマコを収容した袋は放流日（12月2日）まで水温約15℃の流水下で保管した。この間にキンランにナマコが附着することを想定した。放流当日、水槽に約℃の海水を溜め、袋ごと放流種苗を収容し運搬した。キンランを用いた3行×4列の試験礁へは、キンランを中央の2つの籠にくくりつけ、計1,000匹を放流した。キンランを用いた6行×9列の試験礁へは、キンランを中央の6つの籠にくくりつけ、計13,000匹を放流した。この際、キンランに附着しなかったナマコは、くくりつけたキンランの上から静かに放流した。塩ビ管台座を用いた3行×4列の試験礁へは、海面上の塩ビ管の上から筒の中にナマコをふるい落とし、計1,000匹を放流した。

キンランを用いた3行×4列の試験礁は放流1日後（12月3日）、放流2日後（12月4日）、放流8日後（12月10日）、放流14日後（12月16日）、放流42日後（1月13日）、放流85日後（2月25日）、放流115日後（3月27日）、放流143日後（4月24日）に礁内及び礁外2m枠内のナマコを取り上げた。塩ビ管台座を用いた3行×4列の試験礁は放流14日後（12月16日）、放流42日後（1月13日）、放流85日後（2月25日）、放流115日後（3月27日）に礁内及び礁外2m枠内のナマコを取り上げた。キンランを用いた6行×9列の試験礁は放流143日後（4月24日）に礁内及び礁外1m枠内、1～3m枠内のナマコを取り上げた。また、この6行×9列の試験礁は、各調査日毎

に、礁内から礁外1m枠内に移動したと思われるナマコを計数した。取り上げたナマコは実験室に持ち帰り、0.5%メントール溶液にて麻酔した後、体長を測定した。

**【結果及び考察】**

3行×4列の試験礁へキンランを用いて放流した時の、取り上げ時期の経過に伴う、礁内及び礁外2m枠内で発見されたナマコの個体数の変化を(図8)に示した。礁内で発見されたナマコは放流1日後は545個体であり、取り上げ時期の経過に伴い減少し、放流42日後は放流数のほぼ1/10の98個体、放流143日後には1/100以下の7個体となった。放流1日後にすでに半数近くのナマコが発見されなかった理由として、放流後の死亡、移動、流出等が挙げられるが、別の要因として発見率の問題が関わってくると考えられる。ナマコを取り上げの際は、試験礁を回収し、キンラン、籠、碎石に付着している個体を採集した後、試験礁の置かれていた海底を潜水によりくまなく観察した。この時、海底に点在する石の間隙や、底部の砂の中に存在するナマコは見落としやすい。特に、10mm未満の小さい個体は砂に混じっていると発見が極めて困難であると思われる。実際、放流1日後は行わなかったが、放流2、8、14日後は試験礁の置かれていた海底の観察によりナマコを取り上げた後、タモ網

を用いて底部の砂をふるいにかけてところ、平均体長6.9mmの小さなサイズが9~24個体発見された。放流時のナマコの体長組成と放流1日後に礁内から取り上げたナマコの体長組成を百分率で表した(図9)。放流時は7mm未満の個体が38.5%を占めたのに対し、放流1日後は7mm未満の個体は32.6%であった。先述の死亡調査において、小サイズは放流1日後では瀕死状態の個体が見られたものの、生残数に変化がなかった。従って、砂の中に埋もれるなどして発見されなかった小さい個体があったと思われる。以上のことから、放流1日後の試験礁内における真の生残数は、発見された個数よりも幾分多かったと考えられる。しかし、発見率の問題を考慮したとしても発見個体数が少ないこと、死亡調査において体表がびらんした瀕死状態の個体が見られたこと、活力のある稚ナマコは一般に砂の中に埋もれず、転石の間隙等に付着することから、放流初期の減耗には、死亡、もしくは瀕死状態になって試験礁外へ流出した個体の存在が大きく関係していると思われる。

放流時及びキンランを用いた放流後に試験礁内で取り上げたナマコの平均体長の推移を(図10)に、また、その時の体長組成の変化を(図11)に示した。平均体長は、放流時は9.4mmであったが、日数の経過とともに大きくなり、放流8日後には12.4mm、42日後には16.9mmとな

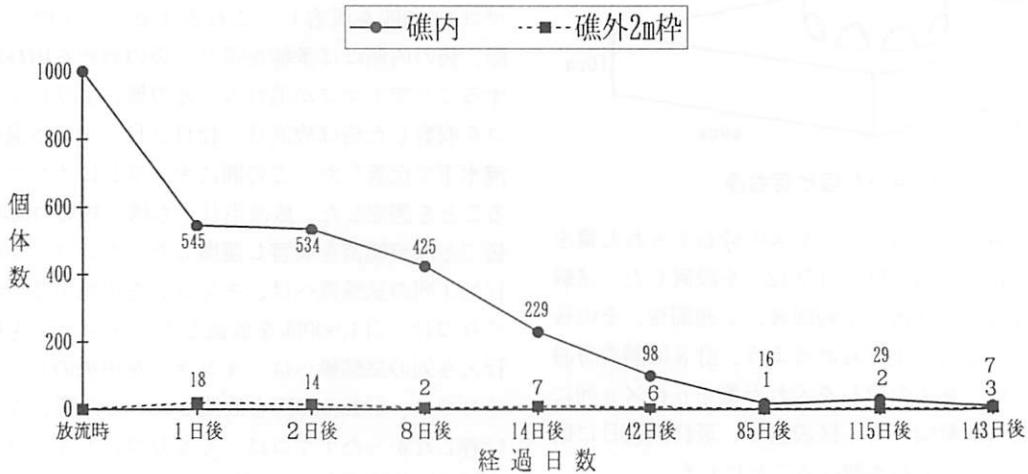


図8 キンラン放流による礁内及び礁外2m枠内で発見されたナマコの個体数の変化

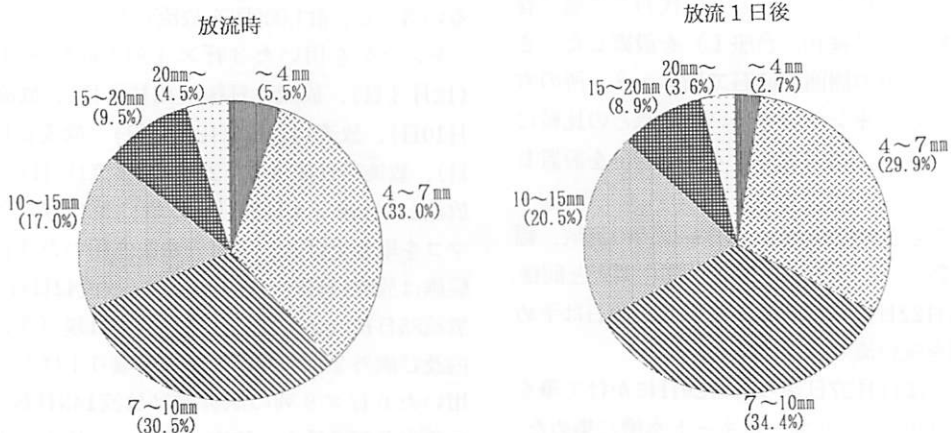


図9 放流時及び放流1日後のナマコ体長組成

った。さらに、放流115日後には23.8mm、143日後には58.7mmとなった。体長組成の変化を見ると、放流時は体長10mm未満の個体が69.0%を占めていたが、放流8日後は37.4%、42日後は23.5%と低い割合となり、体長4mm未満の個体は見られなくなった。この間の平均体長の増加は、死亡調査で明らかとなった、小サイズの死亡が主因であると考えられる。放流115日後には体長10mm未満の個体は6.8%となり、代わりに体長20mm以上の個体が62.2%と半数以上を占めた。この間の平均体長の増加は、礁内のナマコが成長したことに加え、死亡調査の後半で分かった、中サイズの個体は短期間では減耗しないが、徐々に死亡していくという現象も関与していると思われる。放流143日後には体長15mm未満の個体は見られなくなり、体長20mm以上の個体が71.4%を占めた。この間に平均体長は急激に変化しているが、これは、礁内のナマコが成長したためだけでなく、放流していない個体が礁外から移入してきたためと思われる。

礁外2m枠内で発見されたナマコの数には1~18個体で(図8)、日数が経過しても少数であった。平成7年度の放流追跡調査において設置した試験礁では、周囲の幅30cmを碎石で囲んだ。これにより礁外へ移動したナマコはその碎石の付近に滞留するような結果となった。今年度は礁外にこのような構造を施さなかったため、礁内

のナマコが自発的に礁外へ移動することは無かったと考えられる。

放流方法の違いによる、試験礁内で発見されたナマコの個体数の比較を(図12)に示した。放流14日後では、キンランを用いた場合は229個体、塩ビ管台座を用いた場合は152個体、放流42日後では、キンランを用いた場合は98個体、塩ビ管台座を用いた場合は4個体と、キンランを用いた場合の方が発見個体数が多かった。しかし、放流85日後では、塩ビ管台座を用いた場合の方が発見個体数が多かった。このように、放流方法の違いによるナマコの滞留効果の相違は見られなかった。これは、毎回別の試験礁からナマコを取り上げられるよう、調査回数分の試験礁を設置したため、礁によって底質が異なっていたからと考えられる。

キンランを用いて6行×9列の試験礁へ放流したナマコを放流143日後(4月24日)に取り上げた。この時取り上げた試験礁内のナマコの体長分布を放流時と比較した(図13)。13,000匹を放流したが、礁内で発見できたナマコはわずかに103個体と、放流時の1%にも満たなかった。平均体長は、放流時9.4mmであったが、取り上げ時は52.8mmとなった。これは、小さいサイズの個体が多く減耗したことで、礁内で生き残ったナマコが成長したためと思われる。発見された103個体のナマコのう

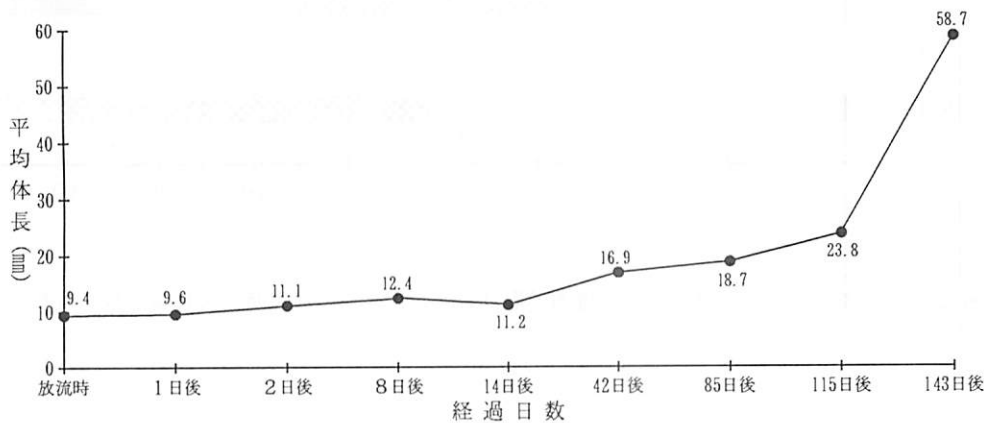


図10 キンラン放流による礁内で取り上げたナマコの平均体長の推移

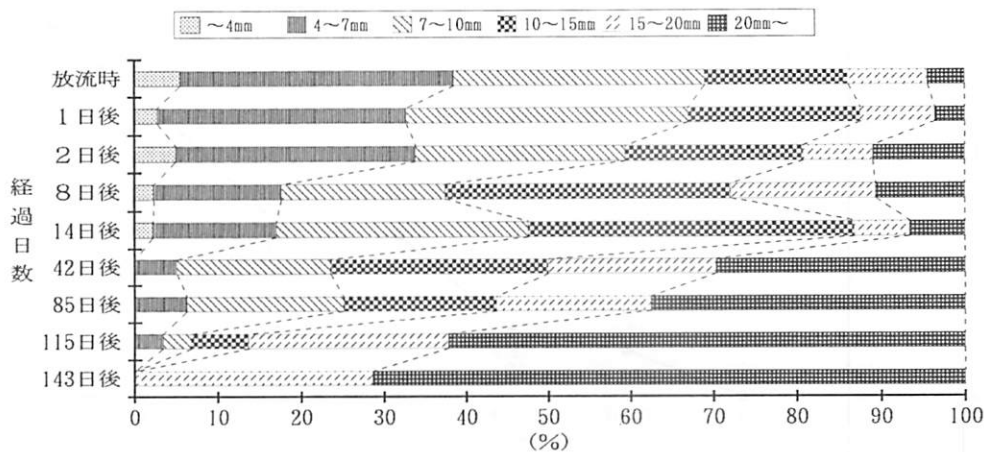


図11 キンラン放流による試験礁内で取り上げたナマコの体長組成の変化



ち、依然としてキンランに付着していた9個体のナマコの平均体長は23.1mmであり、礁内全体の平均体長を大きく下回った。全体の3.9%を占める体長10mm未満の個体はほとんどがキンランの根元に付着したものだ。従って、キンランによる放流では小さい種苗が付着した場合、波による流出等を防止できる可能性はあるが、その後の成長はあまりよくないと考えられた。6行×9列の試験礁の礁外1m枠内（放流143日後は3m枠内も含める）にて発見されたナマコの平均体長の変化を（図14）に示した。括弧内には発見個体数を示した。放流2日後までは礁内から移動してきた個体は無く、その後も発見できたのは2～11個体とわずかであった。平均体長は日数の経過とともに大きくなり、143日後は96.1mmであった。このことから、放流後、大半の個体は試験礁内に留まり、礁内で成長したわずかな大型個体が礁外へ移動してきたと考えられた。特に小さい個体は礁外へ移動する間も無く、その多くが礁内で死亡したと思われる。

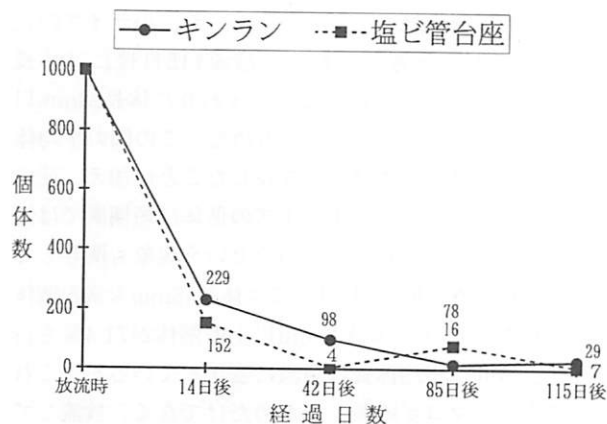


図12 放流方法の違いによる試験礁内で発見されたナマコの個体数の比較

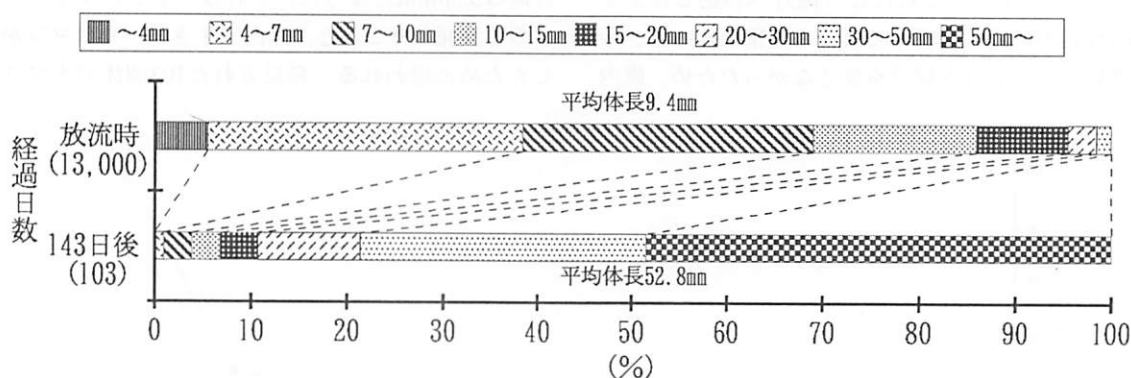


図13 6行×9列の試験礁における礁内で取り上げたナマコの放流時との体長組成の比較

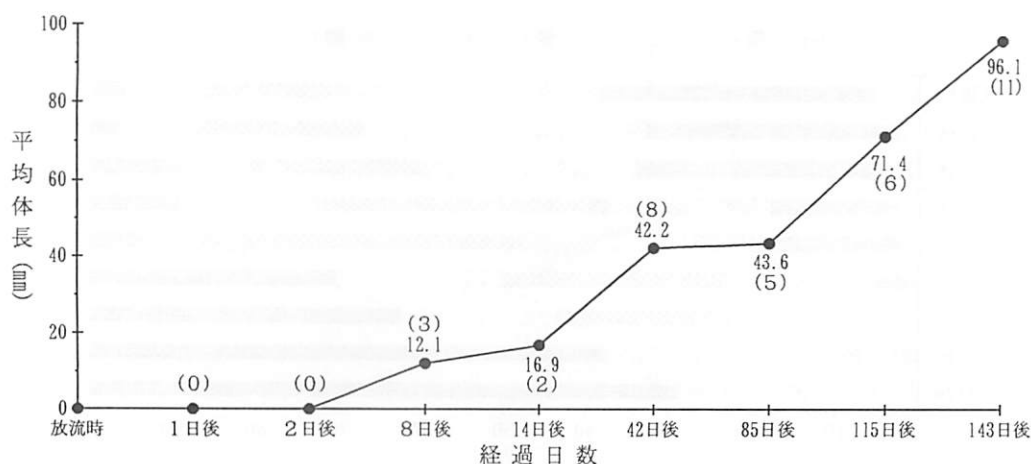


図14 6行×9列の試験礁の礁外1m枠内にて発見されたナマコの平均体長の変化



### (3) 平成7年度からの継続長期追跡調査

#### 【材料及び方法】

平成7年度に設置した6行×9列の試験礁へ放流したナマコの長期追跡調査を今年度も引き続き行った。放流後約4ヶ月間の追跡調査の詳細は「平成7年度地域特産種量産放流技術開発事業報告書」を参照して頂きたい。

平成7年11月6日に平均体長10.2mm、17,000個体のナマコをキンランを用いて放流した。放流23、24日後（平成7年11月29、30日）、放流71日後（平成8年1月16日）、放流122日後（3月7日）、放流162日後（4月16日）、放流191日後（5月15日）、放流260日後（7月23日）に放流礁の16～18個の籠を回収し、ナマコを計数した。また、試験礁外1m枠内及び1～3m枠内に存在するナマコも計数した。取り上げたナマコは実験室に持ち帰り、0.5%メントール溶液にて麻酔した後、体長を測定した。取り上げたナマコが200個体を越えた場合は、そのうちの任意の200個体を計測した。

#### 【結果及び考察】

放流礁内及び礁外3m枠内での推定個体数と平均体長の推移を（表8）に示した。推定個体数は、実際に取り上げた籠あるいは範囲に存在したナマコの数を試験礁全体あるいは礁外全体の範囲に引き延ばした値である。礁内の個体数は放流時17,000個体であったのが、放流23日後には3,142個体、71日後には1,434個体にまで減少し、260日後には153個体となった。一方、礁外3m枠内では放流23日後に370個体、71日後に151個体となり、260日後には9個体となった。放流から23日後の取り上げまでに見られた急激な減耗は、今年度の追跡調査で見られたような小さい個体の死亡が主因であると思われる。その後放流122日後までは、礁内の個体数に対する礁外3m枠内の個体数の割合はほぼ10%であった。このことから、試験礁内の、放流初期に死亡しなかった個体の約10%程度が常に試験礁外へ移動していったと考えられた。また、各調査時の平均体長を比較すると、いずれの時も礁外3m枠内の個体の方が大きく、放流したナマコは大きい個体から礁外へ移動していく傾向が見られた。

放流礁内及び礁外3m枠内で発見されたナマコの体長組成の移り変わりを、(図15)、(図16)に示した。礁内では、体長組成分布のピークが放流122日後までは大きい値へと推移した。しかし、次第に分布の範囲にばらつきが見られるようになり、放流260日後においても依然として体長15mm未満の個体が見られた。これは、ナマコの成長量に個体差があることを示している。礁外3m枠内についても、放流24日後に体長20mm前後にあった分布のピークが次第に大きい値へと推移した。やがて、礁内から移動してくる個体の絶対量が減少したり、3m枠からさらに外側へ移動していったためか、まばらな分布となった。

表8 長期調査における礁内、礁外3m枠内の推定個体数及び平均体長の推移

(平均体長のカッコ内は範囲を示す)

	礁内個体数	平均体長(mm)	礁外3m枠内個体数	平均体長(mm)
H7.11.6 (放流時)	17,000	10.7 (3.4~30.5)	---	---
11.29 (23日後)	3,142	17.1 (5.8~59.8)	370	24.9 (5.6~87.3)
H8.1.16 (71日後)	1,434	18.6 (4.9~48.4)	151	30.5 (7.7~65.6)
3.7 (122日後)	744	32.5 (12.1~96.2)	92	48.0 (12.3~111.8)
4.16 (162日後)	531	31.3 (9.9~86.0)	136	54.5 (15.0~102.0)
5.15 (191日後)	438	40.7 (6.8~93.2)	62	50.2 (15.5~111.3)
7.23 (260日後)	153	31.2 (8.8~85.8)	9	42.8 (18.1~75.5)

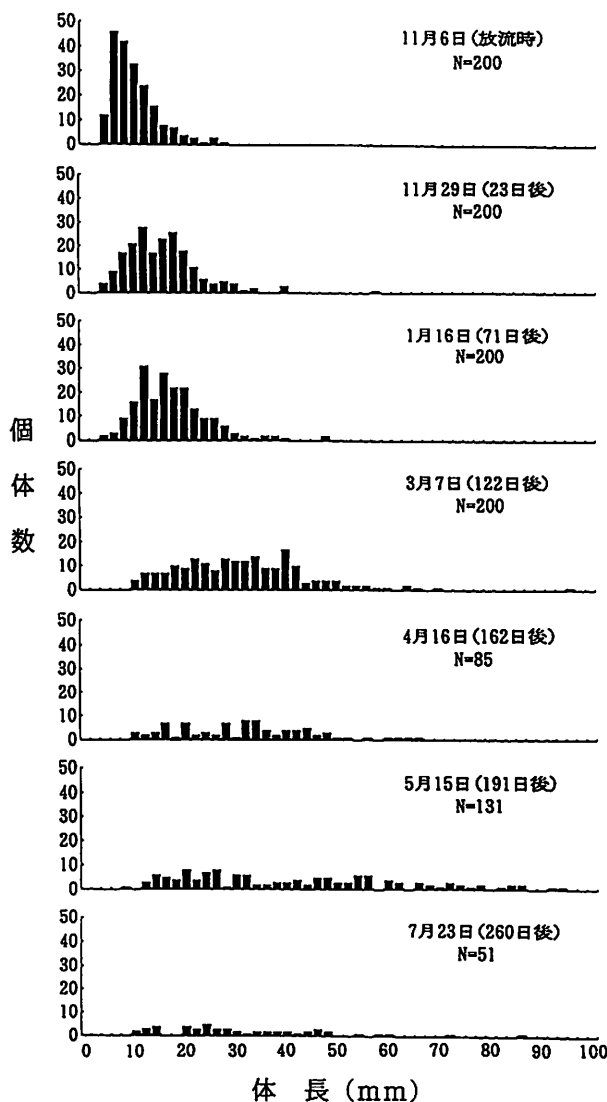


図15 長期調査における試験礁内で発見されたナマコの体長組成の変化

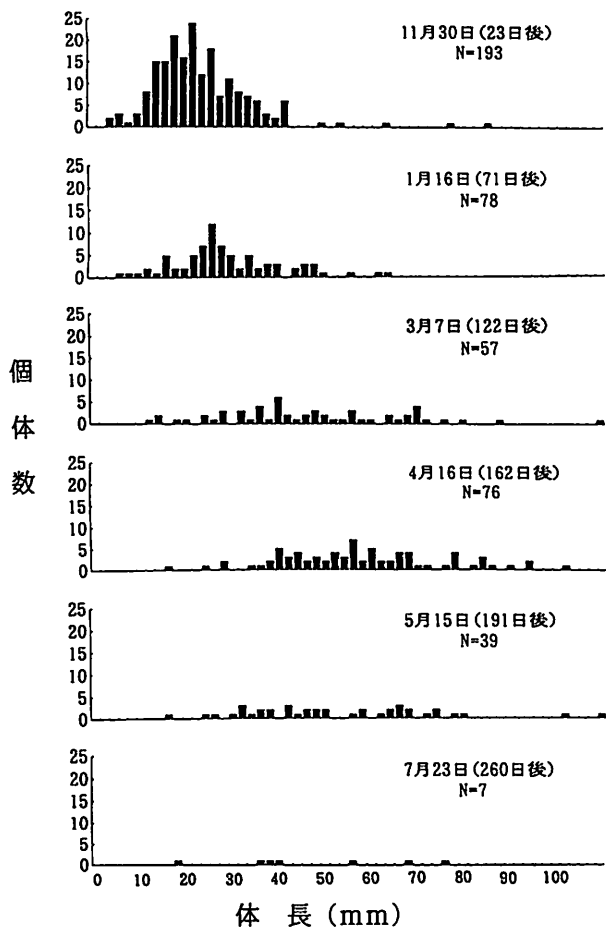


図16 長期調査における試験礁外3m枠内で発見されたナマコの体長組成の変化

### 3. 総合考察

今年度の放流技術開発に関わる調査、試験により、放流したナマコの初期の大量減耗の要因として、体長7mm未満の小さいサイズの個体の死亡が大きく影響していると考えられた。室内水槽試験と野外での死亡調査において、小さいサイズの個体は次第に減耗したものの、野外ではその減耗の度合いが室内水槽試験の場合と比較して、著しかった。このことから、放流後のナマコの生死には、飼育水槽から種苗を取り上げる際の剥離の影響だけでなく、その後の放流までの保管方法や運搬時の影響が大きく関わってくると思われる。また、放流後の取り上げ時の発見率の問題も、減耗には直接関係ないものの、放流追跡調査を行っていく上で重要となってくるであろう。

体長15mm以上の比較的大型の個体は放流後もほとんど死亡することがないことから、種苗生産段階でいかに効率よく大きい個体を生産できるか、また、飼育水槽からの取り上げから放流するまでの行程をいかにナマコにダメージを与えることなく行うことができるかが、今後の重要課題であると言える。これによりナマコ種苗の死亡が減少し、自然添加効率が高まれば、試験礁を用いた放流追跡調査により、試験礁からの移動、逸散率、さらには放流効果等を解明することが可能となるであろう。

### Ⅲ 参考文献

- 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）
- 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）
- 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）
- 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）
- 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）
- 大分県・福井県・山口県・水産大学校（1994）：平成5年度地域特産種量産放流技術開発事業報告書（棘皮類）
- 石川県・大分県・福井県・山口県（1995）：平成6年度地域特産種量産放流技術開発事業報告書（棘皮類）
- 大分県・山口県・福井県・石川県（1996）：平成7年度地域特産種量産放流技術開発事業報告書（棘皮類）
- （社）日本栽培漁業協会（1995）：種苗生産期に問題となっている疾病について一種苗期疾病情報事業に報告された情報を基にして一
- 伊藤史郎（1995）：マナマコの人工大量生産技術の開発に関する研究。佐賀県栽培漁業センター研究報告4，1-87