

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

(ナマコ)

1996年3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	境谷 武二
次長	高橋 稔彦
技術開発部 部長（兼次長） 水産研究専門員 主任技師 技師 技師	高橋 稔彦 町田 洋一 大慶 則之 戒田 典久 * 沢田 浩二

*とりまとめ

目 次

平成6年度までの総括	石1
技術開発の方向と全体計画	石1
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4
3. 浮遊幼生後期から取り揚げサイズまでの飼育	石5
II 放流技術開発	石6
1. 放流条件調査	石6
(1) 試験礁の材質によるナマコの滞留試験	石6
(2) 振とうによる影響試験	石6
2. 放流追跡調査	石7
(1) 放流初期の大量減耗と死亡調査	石7
(2) 放流初期の大量減耗と移動調査	石9
(3) 放流初期の大量減耗と流出調査	石9
(4) 放流初期の大量減耗と食害・害敵調査	石10
a. 室内水槽試験	石10
b. 試験礁周辺におけるトラップ調査	石11
c. イトマキヒトデの食害調査	石11
(5) 長期(約4ヶ月)調査	石12
3. 総合考察	石14
III 参考文献	石14

平成6年度までの総括

平成6年度から地域特産種量産放流技術開発事業（ナマコ）として、これまでの種苗生産技術に加えて、放流サイズの種苗生産技術開発と放流技術開発を実施している。

1. 種苗生産技術開発

七尾湾における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をとおいて、加温刺激を行う方法が妥当と考えられた。

種苗生産試験は、後期幼生の収容密度試験、餌料試験、大量生産試験、選別試験を行った。後期幼生の収容密度試験では、1トンポリカーボネイト水槽に波板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1万個体が生産可能であった。

餌料試験では、濃縮クロレラ単独とキートセロス・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・ルテリの併用で成長は上回ったが、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、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年度では、1トンポリカーボネイト水槽の後期幼生収容試験及び5トンFRP水槽の大量生産試験によって、平均体長4.6mmのナマコを136千個体生産した。

2. 放流技術開発

カキ殻を詰めた角型のプラスチック籠を並べた放流試験礁とカキ殻の上に生きたカキを散布した試験礁の2区画を設置し、各試験礁に4万個体のナマコを放流した。放流4日後と28日後に潜水によって追跡調査を実施した。試験礁内の残存個体数は、2回の調査時ともカキ殻+活カキ区がカキ殻区を大幅に上回った。

しかし、残存個体数の減少は両区とも極めて急速であった。また、放流試験礁は、10月22日の波浪で流出し、その後の追跡調査が困難な状況となった。

3. 漁獲量調査

石川県のナマコの漁獲量は1970～1973年に1000トンを上回る漁獲量を示した。その後、1978年と1984年に1,000トン前後まで回復するが、全体的に減少傾向を示し、1990年で397トンと落ち込み、1991年から1993年までは450トン前後で推移している。

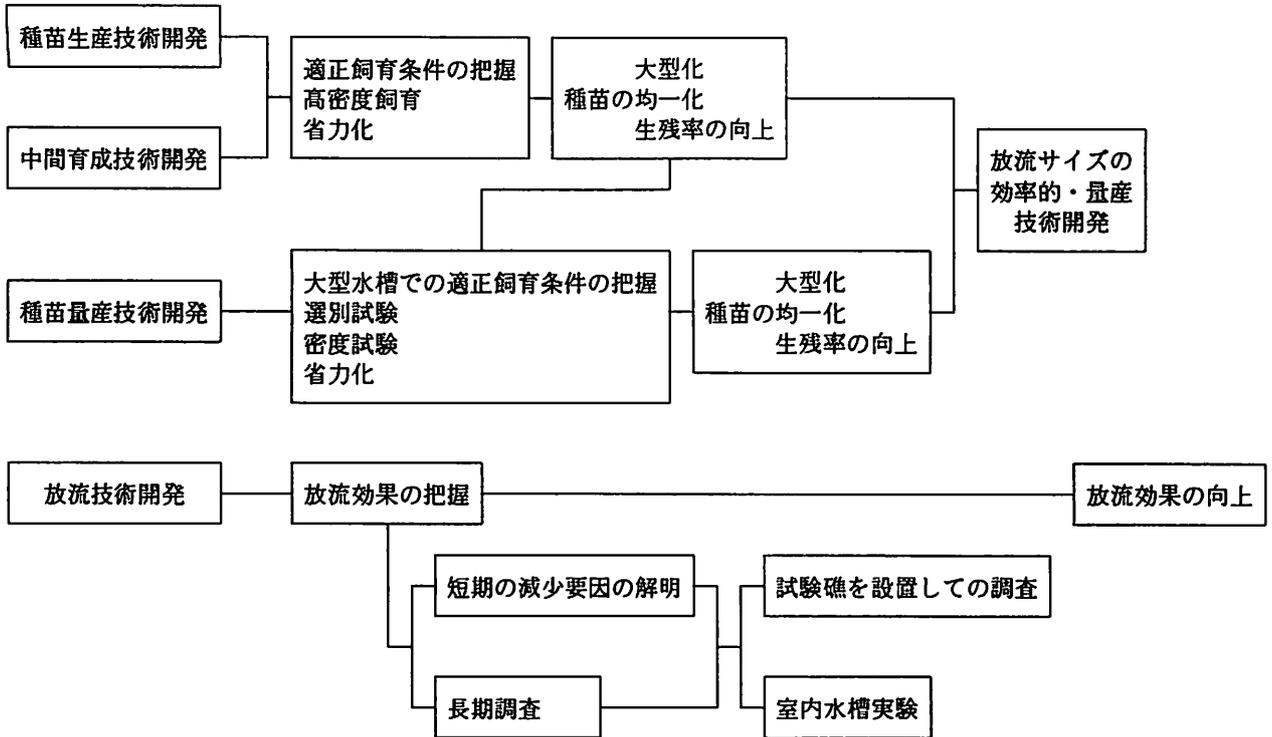
七尾湾域の地区別漁獲量は、能登島西部が最も多く、ついで能登島東部、田鶴浜、穴水湾の順となっている。また年間漁獲量の変動が大きい地区は、七尾地区、能登島西部、能登島東部の順であった。

ナマコの漁獲量と年間降水量及び水温変動傾向との相関を検討した結果、水温と漁獲量に正の相関が見られた。しかし、高水温の水温値と継続期間や時期と低水温の期間や時期がナマコの生残に大きな影響を与えることが想定され、外敵生物の資源変動との関係も無視できないことから、単純に水温の変動傾向と漁獲量の推移のみで推定することは問題があり、さらに検討が必要であった。

●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	底質や餌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7年度のフローチャート



I 種苗生産技術開発

【目的】

これまでの種苗生産技術開発によって1～2mmの稚ナマコの生産密度は100千個体/トンに達している。しかし放流サイズまでの生産技術は確立されてはいなかった。そのため餌料、飼育密度等の飼育条件を把握し、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う。

1. 産卵誘発

【材料及び方法】

産卵誘発に供したナマコは、1995年5月19日～7月14日に七尾北湾能登島町箱名入江、七尾北湾能登島町曲、

表1 ナマコの採集結果

採集場所	採集月日	採集方法	採集個体数
七尾北湾能登島町箱名入江	5月19・29日, 6月5・9日	潜水	131
七尾北湾能登島町曲	5月29日	潜水	25
七尾北湾穴水町新崎	6月1・12日	潜水	31
能登北西海域志賀町赤住	6月5日	たも網	25
青森県陸奥湾	7月14日	底びき網	20
合計			232

【結果と考察】

産卵誘発の結果を表2に示した。このうち雄が反応して精子を放出したのが11回、雌が反応して卵を放出したのが6回で、合計3,051万個を採卵した。

産卵誘発状況を見ると、5月29日から6月7日までに採卵ができたのは、6月5日の1回だけで雌の反応は悪かった。このことは、その後同じ個体で採卵できたことから、卵が十分に成熟していなかったか、産卵するタイ

表2 産卵誘発結果

回数	月日	親ナマコの採集月日と場所	誘発個体数	反応個体数		採卵数(万個)	
				雄	雌		
1回	5/29	5/19箱名入江	45	1	0	1	0
2回	6/1	5/29箱名入江+5/29曲	56	4	0	4	0
3回	6/ 2	5/29採集+6/1新崎	66	1	0	1	0
4回	6/ 5	5/29採集	54	3	3	6	108
5回	6/ 7	6/5箱名入江+赤住	49	2	0	2	0
6回	6/ 8	5/19～6/5採集	45	0	0	0	0
7回	6/ 8	5/19～6/5採集	79	6	0	6	0
8回	6/12	5/19～6/5採集+6/12新崎	-	-	9	-	465
9回	6/14	5/19～6/12採集+6/9箱名入江	41	16	4	20	525
10回	6/29	5/19～6/12採集	80	21	7	28	758
11回	7/ 4	5/19～6/12採集	90	-	9	-	1,007
12回	7/10	5/19～6/12採集	111	0	0	0	0
13回	7/17	5/19～6/12採集+青森県陸奥湾	80	2	2	4	188
合計							3,051

七尾北湾穴水町新崎、能登半島北西志賀町赤住、青森県陸奥湾において、潜水、たも網、底びき網で採集した(表1)。採集したナマコは、産卵誘発まで2トン水槽を使用し、自然産卵を抑制するために12.1～17.6℃の冷却海水の流水下で飼育した。その間は餌は与えなかった。

産卵誘発は、5月29日～7月17日に合計13回行った(表2)。日没後、暗くなってからチタンヒーター(1KW)であらかじめ飼育水温から5～9℃に加温した海水を入れた200リットルパンライト水槽にナマコを15～30個体づつを収容し、1回の産卵誘発に合計41～111個体を使用した。

ミングがずれたためと考えられた。

7月4日分の採卵数は1,007万個で、今回行った誘発の中で最も多かった。平成6年度の結果では、産卵誘発まで冷却海水による2～7日の産卵抑制と馴致が適当で、複数回誘発を行った個体の誘発率は低いと考えられたが、これらに使用した親ナマコは、約1ヶ月以上の冷却海水での飼育と産卵誘発を複数回行っており、このような条件でも採卵できることが示された。

* - は計数しなかった。

2. 浮遊幼生飼育

【材料及び方法】

産卵誘発中に卵及び精子を放出し始めた個体をそれぞれ30リットルのパンライト水槽に収容し、卵と精子を放出させた。その後、採卵した水槽からナマコを取り除き、精子を100ml加えて受精させた。洗卵は、ミューラーガーゼ(40 μ m)を張った容器で海水を排出し、0.2 μ m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)を足すことを繰り返して行った。

その後、10 μ mのカートリッジフィルターで濾過した海水を入れた0.5トンまたは1トン水槽に収容した。0.5トン水槽は恒温室(20 $^{\circ}$ C設定)で、1トン水槽は室内で浮遊幼生飼育を行った。2日後に孵化して浮上した幼生を0.15~4.15個体/mlの密度に分槽し、浮遊幼生飼育を開始した。

飼育水は、10 μ mのカートリッジフィルターで濾過した海水を使用し、換水はミューラーガーゼ(40 μ m)で覆った籠で排水する方法で、2~3日に1回、1/2程度行った。飼育期間中の水温は19.2~23.1 $^{\circ}$ Cであった。通気は、エアーストーン(直径3cm)で弱く行った。

餌は、*Pavlova lutheri*(以下パプロバ)を主とした*C. heatoceros gracilis*(以下キートセロス)との混合で、1日に1回、合計3,000~10,000 cell/mlを与えた。浮遊幼生飼育は、孵化した幼生が浮上してからドリオラリア幼生が出現するまで行った。

表3 浮遊幼生飼育結果

水槽	浮遊幼生収容時		後期浮遊幼生			ドリオラリア出現率(%)	
	月日(日令)	収容数(万個対)	月日(日令)	生残数(万個体)	生残率(%)		
0.5トン	6/ 5(0)	90	6/28(23)	20	22.2	4.0	
0.5トン-1	6/14(2)	57.5	6/27(15)	11	19.1	39.0	
	-2 6/14(2)	207.5	6/27(15)	9	4.3	7.0	
	-3 6/14(2)	22.5	7/ 2(20)	13	57.8	0.0	
	-4 6/14(2)	95	生産中止				
	-5 6/14(2)	32.5	6/30(18)	9	27.7	6.0	
	-6 6/14(2)	7.5	生産中止				
	-7 6/14(2)	42.5	7/ 2(20)	8	18.8	6.0	
1トン-1	6/16(2)	92.4	7/ 6(22)	2	2.2	14.6	
	-2 6/16(2)	55.6	7/ 4(20)	6	10.8	20.2	
	-3 6/16(2)	25	生産中止				
	-4 6/16(2)	96.8	7/ 6(22)	35	36.2	0.0	
	-5 6/16(2)	96.8	7/ 4(20)	11	11.4	4.8	
	-6 6/16(2)	25	生産中止				
0.5トン-1	7/ 1(2)	80	生産中止				
	-2 7/ 1(2)	36	生産中止				
	-4 7/ 1(2)	37	生産中止				
	-6 7/ 1(2)	37	生産中止				
1トン-3	7/ 1(2)	136	生産中止				
	-6 7/ 1(2)	192	生産中止				
0.5トン-3	7/ 6(2)	30	7/18(14)	25	83.0	9.0	
	-4 7/ 6(2)	61	生産中止				
	-5 7/ 6(2)	70	7/18(14)	2	2.9	16.0	
	-7 7/ 6(2)	50	生産中止				
	-8 7/ 6(2)	30	7/18(14)	2	6.7	4.0	
	1トン-1	7/ 6(2)	109	生産中止			
		-2 7/ 6(2)	50	7/18(14)	46	92.0	13.0
		-5 7/ 6(2)	70	7/18(14)	40	57.0	25.0
1トン-1	7/17(0)	87.5	継続飼育				
	-4 7/17(0)	100	生産中止				

【結果及び考察】

浮遊幼生飼育の結果を表3に示した。浮遊幼生飼育は延べ30回次行った。そのうち、約半分の水槽は減少が著しいために生産を中止した。この減少は、浮上してから2~3日後のアウリクラリア幼生時、ドリオラリアへの変態時で多かった。また、アウリクラリア幼生時の慢性的な減少も見られた。減少の原因としては、チグリオバスの大量発生が、浮遊幼生飼育30回次のうち3回次あったが、それ以外の27回次は不明であった。

浮遊幼生後期まで飼育を続けた水槽の生残率は、2.2~97.0%でばらつきがあった。また浮遊幼生の高密度飼育試験を6月14日に密度0.15~4.15個体/mlで設定したが、生残率が著しく低く、比較することができなかった。

採卵からドリオラリア幼生への変態までの日数とドリオラリア幼生の出現率は、生産水槽によって異なった。6月14日分の0.5トン-1と7月6日分の1トン-5は、14~15日でドリオラリア幼生の出現率が20%を越えたのに対し、6月14日分の0.5トン-3と6月16日分の0.5トン-4は飼育日数が20日を経過してもドリオラリア幼生が出現しなかった。

これらは、アウリクラリア幼生の輪郭と胃の形成がしっかりしていない個体が見られたことから、摂餌不良による成長の停滞によるためと考えられた。

3. 後期浮遊幼生から取り揚げサイズまでの飼育

【材料及び方法】

ドリオラリア幼生が出現した時点で、附着珪藻をつけた波板(30×40cmのホルダーに20枚を挟み1セット)の入った5トンまたは1トン水槽に後期浮遊幼生を移槽するか、直接水槽に附着珪藻をつけた波板を投入した。波板に附着させた珪藻は、屋外において投入2週間前から海水の流水下で、栄養塩(硫酸アンモニウム:過磷酸石灰:尿素=100:10:15)を100m³の穴をあけたポリ瓶に入れて自然に拡散するようにして培養した。

波板は、5トン水槽には40セットを2段、1トン水槽には12セットを2段にして投入した。飼育水は、10μmのカートリッジフィルターで濾過した海水を使用し、換水は微流水として、5トン水槽と1トン水槽の換水量は1日にそれぞれ3/5、3回転とした。飼育期間中の水温は23.1~28.0℃であった。通気は、エアストーン(直径3cm)で行った。

餌は、後期浮遊幼生を水槽に移槽してから5日間は、キートセロス(10,000cell/ml)、パプロバ(5,000cell/ml)、リビックBW(理研ビタミン社)を1g/トン(併用して与えた)。6日後からはリビックBWの単独とし、1~10g/トンを残餌がでないように与えた。チグリオバス駆除のため、ディープレックス乳剤(北興化学工業株式会社)有効濃度1ppm処理を20日

に1回行った。

【結果と考察】

後期浮遊幼生から取り揚げサイズまでの飼育の結果を表4に示した。6月28日~7月7日に後期浮遊幼生を収容した5トン水槽の1、2、3は稚ナマコがほとんど出現せず、7月30日に飼育を中止した。

稚ナマコがほとんど出現しなかった原因は、ドリオラリア幼生への変態率の低い浮遊幼生を水槽に収容したために、稚ナマコへ変態した個体が少なかったためと考えられた。また過剰投与となった餌が飼育水の濁りを起こし、飼育環境の悪化を招いたこと、飼育経過12日後程度からのチグリオバスの大量発生により、さらに稚ナマコが減少したものと考えられる。

7月19日に後期浮遊幼生を収容した1トンの1、2、5、5トンの4は、12月6日(155日経過)に取り揚げ、計数と測定を行った。その結果、1トン水槽の1、2、5の合計で499個体、平均体長32.4mmであった。また5トン水槽の4は14,394個体、平均体長7.7mmであった。5トンと1トン水槽の平均体長を比較すると1トンのほうが生産密度が低いため、明らかに成長は優った。

後期浮遊幼生から取り揚げサイズまでの生残率は、1トン水槽が1.0と1.1%、5トン水槽が1.9%であり、5トン水槽の方が生残率は高かったが、いずれも2%以下で低い値であった。

表4 浮遊幼生後期から取り揚げサイズまでの飼育結果

	収容した後期浮遊幼生		取り揚げたナマコ			
	月日(日令)	個体数(万個体)	月日(日令)	個体数	生残率(%)	平均体長(mm)
5トン-1	6/28~7/5(16~24)	70.0	}	7/30飼育中止		
5トン-2	7/5~7/7(21~23)	27.0				
5トン-3	7/5~7/7(21~23)	27.0				
1トン-1	7/19(15)	-	}	12/6(155)	499	32.4
-2	7/19(5)	5.0				
-5	7/19(15)	5.0				
-3	7/19(15)	25.0				
-6	7/19(15)	4.0				
5トン-4	7/19(15)	76.0	12/14(163)	2,515	1.0	11.0
			12/14(163)	456	1.1	18.3
			12/6(155)	14,394	1.9	7.7

Ⅱ 放流技術開発

本年度の放流技術開発では、試験礁における放流初期（放流2～3日後）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。

1. 放流条件調査

試験礁での追跡調査を効果的に進めるためには、ナマコを試験礁に長く滞留させることが必要である。また平成6年度の放流技術開発調査では、試験礁に放流したナマコが種苗生産水槽から取り揚げて放流までの間の剥離や運搬の影響で活力を低下させ、放流初期の減耗に大きな影響を与えていると考えられていた。そのため試験礁の材質によるナマコの滞留試験と生産したナマコを運搬するときの揺れによる影響試験を行った。

(1) 試験礁の材質によるナマコの滞留試験

【目的】

平成6年度の結果では、ナマコの放流4日後と28日後に、カキ殻単独よりも生きたカキとカキ殻の試験礁で滞留率は良かった。しかし、カキ殻と生きたカキは重量が軽いため、波によって流され長期の調査は困難となった。そのため滞留率が高く、耐波性のある試験礁の材質を検討した。

【材料と方法】

1トンの円形FRP水槽にカキ殻と生きたカキを別々に入れた40×60×20cmのプラスチック製の野菜籠（以下籠）2つずつを収容した。それぞれの籠に平均体長15.3mm、30個体のナマコを収容した。その後、平成7年11月

表6 砕石単独と砕石と生きたカキのナマコの滞留比較試験結果

材質	入れた個体数 (10月24日)	経過日数と個体数										
		1日	3日	5日	7日	9日	11日	13日	15日	17日	19日	21日
砕石	100	1	5		17	19	27		37	36		39
砕石と生きたカキ	100	0	1		3	4	1		17	12		15

これらのことから、カキ殻よりも生きたカキを使用した試験礁の材質は滞留率が高いことが再確認された。さらに、生きたカキと砕石の組み合わせは、砕石単独よりもナマコの滞留効果が認められ、水中重量の増加により耐波性も向上することから、試験礁の材質に最適と考えられた。

(2) 振とうによる影響試験

【目的】

平成6年度の調査結果では、放流初期に表皮のびらんしたナマコが確認されている。そのため、生産したナマコを放流場所まで運搬する時に水槽内でナマコが揺れ動くことによって傷害を受け、放流後の活力を低下させ、

21日（5日後）に籠に残っているナマコを計数した。

また、1トンの円形FRP水槽2槽に砕石（規格50～150mm）単独を入れた籠とカキ殻と砕石を入れた籠を2つずつ別々に収容した。それぞれの籠に平均体長15.3mm、50個体のナマコを入れた。その後、2日ごとに籠から這い出していたナマコを21日間に亘って計数した。

【結果と考察】

生きたカキとカキ殻の滞留比較試験の結果を表5に示した。5日後の籠内残存個体数は、生きたカキを入れた籠が28、35個体、カキ殻が12、10個体であり、ナマコはカキ殻よりも生きたカキを入れた籠に多く滞留する傾向が認められた。

表5 生きたカキとカキ殻のナマコの滞留比較試験結果

材質	入れた個体数 (10月16日)	取り揚げた個体数 (11月21日)
生きたカキ	30	28
生きたカキ	30	35
カキ殻	30	12
カキ殻	30	10

砕石単独と砕石と生きたカキの滞留比較試験結果を表6に示した。砕石を入れた籠から這い出た個体数は、15日後までは少しずつ増加し、それ以降は36～39個体で安定した。砕石と生きたカキを入れた籠の個体数は、11日後までは0～4個体でほとんど変わらなかったが、15日後に17個体で急に増加し、それ以降は12～17個体で安定した。

さらには死亡率の増大に関与していることが考えられた。そこで、振とうによる影響試験を行った。

【方法】

振とう培養器（ヤマト科学株式会社、IK41）内に固定した300mlの三角フラスコ3個に、海水100mlと平均体長17.4mm、20個体のナマコを収容した。試験区は2、4、6時間の振とう継続時間を設定した。なお、振とう培養器は温度を18.0℃、振とう数を100回/分に設定した。

振とう後、各試験区のナマコを45×90×45cmのアクリル水槽3槽に収容して体表のびらん状況を見ながら飼育し、20日後の生存ナマコ数を観察した。飼育は、調温海水を用いて水温は18.1～21.3℃の範囲で維持し、餌は2

日に1回、リビックBW（理研ビタミン社）0.5gを与えた。

【結果と考察】

振とうによるナマコへの影響試験結果を表7に示した。各試験区とも供試した20個体全数が生存しており、死亡個体は認められなかった。また、ナマコの体表のびらん等の傷害は確認されなかった。さらに、水槽に入れて2～3日後から糞が見られ、餌を良く食べていたことから活力の低下は認められなかった。

以上のことからナマコは運搬時の揺れによって傷害を受けて死亡することは無いと考えられた。しかし、揺れを間欠的にした場合、ナマコがフラスコに付着することを想定すると、揺れによって管足が傷害を受け、そこからびらんすることも考えられ、さらに各種条件下での影響を検討することが必要と考えられた。

表7 振とうによるナマコへの影響試験結果

経過時間	水槽に入れた個体数 (2月7日)	生存していた個体数 (2月27日)
2時間区	20	20
4時間区	20	20
6時間区	20	20

2. 放流追跡調査

平成6年度の試験礁を設置した放流追跡調査では、試験礁において放流後3～4日後にナマコの残存割合は12.2%と42.6%で、大量減耗することが確認された。しかし、試験礁が流出したために長期間での調査が困難となった。

本調査では、放流初期の大量減少の原因を明らかにするために、死亡、移動、流出、食害・外敵の4つを想定し、能登半島東岸の七尾北湾の穴水町新崎地先海域（図1）で試験礁を設置して放流追跡調査を行った。また、食害・外敵については室内水槽試験を併用した。

さらに放流追跡調査では試験礁におけるナマコの残存率、成長、移動、死亡等の調査を行った。

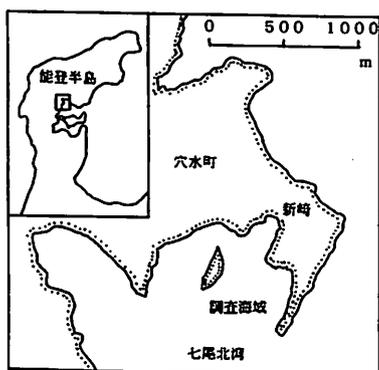


図1 調査位置

(1) 放流初期の大量減耗と死亡調査

【目的】

放流追跡調査では、試験礁における放流初期の大量減耗について、死亡、移動、流出、食害・外敵を想定して調査を行った。ここでは、死亡について検討した。

【材料と方法】

碎石と生きたカキを入れた籠を水平に4列3行で並べた試験礁3区を放流1週間前に設置した。平成7年11月6日にキンランに付けた平均体長11.8mm、2,000個体のナマコを各試験礁の中心に放流した。

あわせて死亡調査用に各試験礁の1つの籠を、移動と食害を防ぐために40目のニップ強力網で包み、平均体長8.8mm、500個体のナマコを入れた。その後、1日毎に1区ずつ取り揚げて試験礁の籠別のナマコの計数を行った。

なお、試験礁で取り揚げたナマコは、実験室に持ち帰って測定した。

【結果と考察】

経過日毎の試験礁の各籠と死亡調査のナマコの計数結果と体長組成を示した（図2、3）。11月6日に放流した2,000個体のナマコは1日後に1,551個体、2日後に1,162個体、3日後に667個体で、1日の減耗率は22.5～42.6%であった。3日後の残存率は33.4%で、ナマコは試験礁から2～3日で急激に減耗した。また、経過日毎の体長組成では、2日後までは特定サイズの減耗は見られず、3日後に体長7mm以下の個体の減耗が見られた。

死亡調査でのナマコの生残固体数は、1日後に419個体、2日後に495個体、3日後に507個体で、ほとんど変わらなかった。

試験礁に放流したナマコの個体数の減耗に対し、死亡調査の個体数が変わらないことから、試験礁における放流初期の大量減耗の原因は死亡ではないと考えられた。

しかし、ネットの中にはびらんしたナマコがあり、2～3日では骨片だけになって消失することはないが、それ以降、死亡する可能性はある。また、剥離等の傷害で付着力が低下し、放流後、試験礁から流出することも考えられる。

11月 7日 (1日後)

11月 8日 (2日後)

11月 9日 (3日後)

35	76	36	14	11	62	118	21	13	55	58	11
20	357	363	12	8	301	430	7	15	183	165	26
1	17	23	網	3	9	20	網	1	19	12	網

放流個体数(11月6日)		2,000	2,000	2,000
取り揚げた個体数	籠	954	990	558
	キンラン	597	172	109
	総計	1,551	1,162	667
網に入れた個体数		500	500	500
取り揚げた個体数		419	495	507

図2 試験礁にナマコを放流して経過日毎の各籠の計数結果

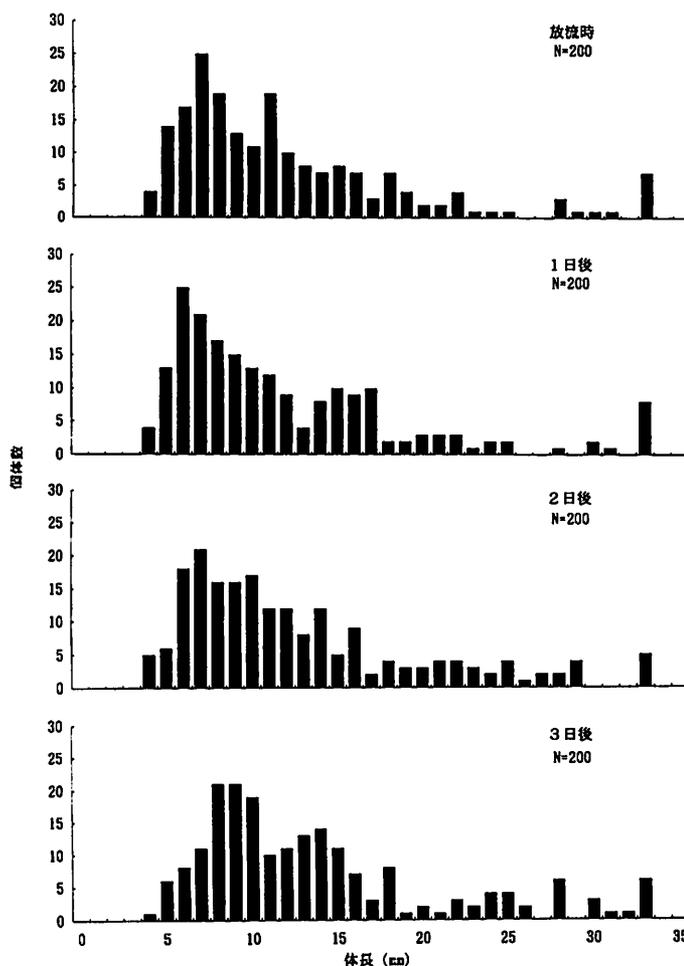


図3 試験礁にナマコを放流して経過日毎の試験礁のナマコの体長組成

(2) 放流初期の大量減耗と移動調査

【目的】

試験礁における放流初期の大量減耗の原因がナマコの能動的移動であるかを検討した。

【材料と方法】

碎石と生きたカキを入れた籠を9列6行に並べた試験礁を放流1週間前に設置した。11月6日の11時に平均体長10.2mm、17,000個体のナマコをキンランに付けて中心の6籠に放流した。

11月6日の16、21時、11月7日の2、7、15時に潜水し、試験礁の表面に分布していた放流直下の籠を除いた各籠のナマコを計数した。また、試験礁の籠の碎石の下部と周囲のナマコの逸散状況を観察した。

【結果と考察】

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各籠のナマコの計数結果を図4に示した。試験礁の表面に分布していた時間経過毎の総個体数は、11月6日の16時が15個体、21時が57個体、11月7日の2時が65個体で時間経過に伴い増加したが、11月7日の7時が24個体、15時が36個体で減少した。

これから試験礁の表面に分布していたナマコの総個体数は、夜間で多く、昼間で少ない傾向が見られた。しかし、試験礁の籠の碎石の下部と試験礁周辺の観察ではナマコはほとんど認められなかったことから、ナマコは能動的に移動するのではなく、キンラン等に付いたナマコが波によって流出した結果、試験礁の表面に分布する状況となったものと考えられた。

また、調査時には波があり、ナマコは波の進行方向に沿って多く分布していたことから、波によって流されていることを裏付けていた。

これらのことから、試験礁における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。

(3) 放流初期の大量減耗と流出調査

【目的】

試験礁における放流初期の大量減耗の原因が波による流出であるかを検討した。

【材料と方法】

碎石と生きたカキを入れた籠を4列3行に並べた試験礁2区を放流1週間前に設置した。試験礁の1区には、塩ビパイプの枠に40目のニップ強力網を張り周囲を囲み、対照区として網で囲まない2区を設定した。平成7年12月7日に各試験礁の中央にキンランに付けた平均体長7.7mm、5,000個体のナマコを放流し、4日後の12月11日に各試験礁の籠別と流出によって網に捕捉させたナマコを計数した。

【結果と考察】

各試験礁の籠別と網に捕捉させたナマコの計数結果を図5に示した。12月7日に各試験礁に放流したナマコの総個体数は、4日後に1区の試験礁が1,928個体、2区

				2	11		
		1	**	**	**		
			**	**	**		
				1			

合計15個体

11月6日 16:00

		1	1	6	1		
		1	4	7	13	2	1
		1	**	**	**	5	
		3	**	**	**	1	
			1	2	5	2	

合計57個体

11月6日 21:00

			1	3	4		
			5	14	12		1
		2	**	**	**	3	
	1	6	**	**	**	6	1
			1	3	1	1	

合計65個体

11月7日 2:00

				4	11	2	
			**	**	**		
		1	**	**	**	5	
		1					

合計24個体

11月7日 7:00

					11	3	1
				1	3	1	3
1		1	**	**	**	3	1
			**	**	**	6	
		1					

合計36個体

11月7日 15:00

図4 放流当日から1日後の時間経過毎試験礁の表面に分布する各籠のナマコの計数結果 (* * はナマコを付けたキンランを置いた籠)

の試験礁が2,658個体でそれぞれ38.6%と53.2%の残存率であった。また、1区の試験礁の周囲に設置した網でナマコは採集されなかった。

これらのことから、波が静穏時の場合では、試験礁における放流初期の大量減少の原因は、波による流出ではないと考えられた。また、2区の試験礁より1区の試験礁の総個体数が少ないことは、さらに流出の可能性を否定するものであった。

しかし、時化や潮流によって稚ナマコは流出する可能性はあり、試験礁における流出による減耗を防止するにはナマコが分散し、付着安定化する期間は静穏時に放流することが必要と考えられる。

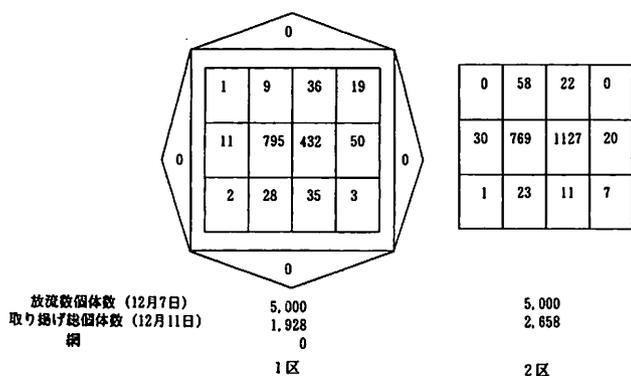


図5 流出調査結果

(4) 放流初期の大量減耗と食害・外敵調査

【目的】

試験礁における放流初期の大量減耗の原因が食害・外敵であるかを検討した。

a. 室内水槽試験

試験礁での食害・外敵生物の調査は困難であるために、調査海域で食害・外敵生物と考えられる生物を採集し、室内水槽試験を行った。

【材料と方法】

材料は、平成7年10月2日～12月11日に調査海域でビーム・トロール、投網、たも網によって採集した。材料は、

表8 水槽におけるナマコの食害調査

種	大きさ (mm)	開始月日	経過日数と生残個体数						水温 (℃)
			1日後	2日後	3日後	4日後	5日後	6日後	
イシガニ	甲幅61.9	10/3	20	19		17		17	22.2～23.4
イトマキヒトデ	腕長46.2, 41.9		19	19		16		16	
カワハギ	体長127.3		0	0		0		0	
クロダイ	体長57.7	10/13	20	19	18	18	18	18	21.8～22.2
アミメハギ	体長34.4, 37.0, 35.5		20	20	19	19	19	19	
メゴチ	体長129.1		20	20	19	19	19	18	
イトマキヒトデ	腕長44.7, 35.7	11/15	20	16			5	5	14.2～17.8
イシガニ	甲幅72.2, 64.9		19	19			15	15	
ダイナンギンポ	体長17.5	11/24	20	20	20	20	20	20	16.8～18.0
ムスジガジ	体長11.1		20	20	20	20	20	20	
シマハゼ	体長7.9		20	20	20	20	20	20	
ハオコゼ	体長7.7		20	20	20	20	20	20	
イトマキヒトデ	腕長44.7, 35.7	11/27	20	20	20	20	20	20	15.4～16.6
イシガニ	甲幅72.2, 64.9		18	18	18	18	18	18	
シロギス	体長111.0, 85.1	12/12	20	20	20	20	20	20	13.4～15.4

イシガニ、イトマキヒトデ、カワハギ、クロダイ、アミメハギ、メゴチ、ダイナンギンポ、ムスジガジ、シマハゼ、ハオコゼ、シロギスを選定した。

それぞれの種類と平均体長13.8mm、20個体のナマコを10月3日～12月12日に流水式の45×90×45cmの亚克力水槽に収容した。その後、7日間に亘って1日毎に生残していたナマコを計数した。なお、11月27日にイシガニを使用した試験では、平均体長39.7mmのナマコを使用した。

【結果と考察】

水槽におけるナマコの食害・外敵調査の結果を表8に示した。それぞれの種類を使用したナマコの6日後の生残個体数は、イシガニが13、15、18個体、イトマキヒトデが16、5、20個体、カワハギでは生残個体数は認められず、クロダイが18個体、アミメハギが19個体、メゴチが18個体、ダイナンギンポが20個体、ムスジガジが20個体、シマハゼが20個体、ハオコゼが20個体、シロギスが20個体であった。

このうちナマコの食害による減少が認められた生物は、イシガニ、イトマキヒトデ、カワハギであった。イシガニは、ナマコを鋏で挟み、口まで運ぶ行動を示すがすぐに吐き出すことから、ナマコを好んで食べることはなかった。しかも、死亡させた個体は、6日間で2個体当たり最大で5個体で多くはなかった。

カワハギは、口に入れても吐き出す行動を示し、1時間程度で15個体を口でつついて死亡させた。また、そのときにヒラメ用の配合飼料を与えると盛んに食べた。これより、カワハギは、ナマコを好んでは食べないと考えられるが、口でつついて死亡させる。しかし、カワハギは試験礁を設置した水深帯には分布しないことから10m以深で放流した場合は外敵生物になり得るものと考えられる。

イトマキヒトデは、全く食べないときもあるが、多いときにナマコを15個体食べ、食害生物と考えられた。

b. 試験礁周辺におけるトラップ調査

試験礁周辺でナマコに蛸集する食害・外敵生物の採集をトラップによって試みた。

【材料と方法】

直径12cm、長さ20cmと直径15cm、長さ24cmのセルビン6個に刻んだナマコを入れ、籠に2個ずつ固定したトラップを平成7年12月7日に試験礁の周辺に碎石により沈設した。4日後の12月11日に取り揚げ、入っていた食害・外敵生物を採集した。

また同時に、食害・外敵生物のナマコと碎石による蛸集比較採集調査として、ナマコを刻んで入れた網の袋と碎石、また碎石だけを入れた籠を3個ずつ設置して取り揚げ、食害・外敵生物を採集した。

【結果と考察】

食害・外敵生物のセルビンによる採集調査の結果を表9に示した。セルビンに入った生物は、シマハゼが2匹、イソスジエビが1匹であり、食害・外敵となるような生物の集中的な蛸集は見られなかった。シマハゼは室内実験の結果より食害、外敵生物とは考えられなかったので、偶然に入ったものと考えられた。またイソスジエビも同様と考えられた。

表9 食害・外敵生物のセルビンによる採集調査結果

	シマハゼ	イソスジエビ
セルビン NO. 1	1	
NO. 2	1	
NO. 3		1
NO. 4~NO. 12		

食害・外敵生物のナマコと碎石による蛸集比較採集調査結果を表10に示した。ナマコを入れた籠にイトマキヒトデが1個体であり、それ以外の生物はみられなかった。

イトマキヒトデは室内実験によりナマコを食害することが確認されているが、ナマコの入った網の袋に付着していなかったことから、ナマコと碎石のどちらに蛸集するのか判断できなかった。

表10 食害・外敵生物のナマコと碎石による蛸集比較採集調査結果

	イトマキヒトデ
碎石+ナマコ NO. 1	1
NO. 2	
No. 3	
碎石 NO. 1	
NO. 2	
NO. 3	

これらのことからセルビンによる採集調査とナマコと碎石による蛸集比較採集調査では食害・外敵と特定できる生物を採集することはできなかった。

c. イトマキヒトデの食害調査

室内水槽試験では、イトマキヒトデは食害生物としての可能性が高いと考えられた。そこで試験礁での分布量の把握とともにナマコの分布密度とイトマキヒトデの食害量との関係を調査した。

【材料と方法】

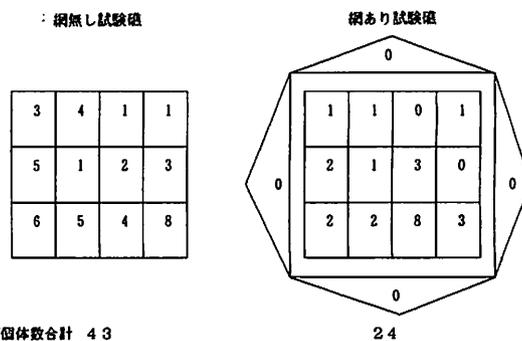
流出調査時に試験礁における籠別のイトマキヒトデの分布個体数を調査した。

また、室内実験では平成7年12月25日に40×20×30cmのプラスチック水槽3つにイトマキヒトデを2個体入れ、平均体長12.3mmのナマコを使用した20、50、100個体の3試験区を設定して、2日後及び3日後に生残しているナマコを計数した。

【結果と考察】

各試験礁の籠別のイトマキヒトデの計数結果を図6に示した。イトマキヒトデの総個体数は網の無い試験礁と網のある試験礁でそれぞれ43、24個体であり、両試験礁への蛸集が見られた。

イトマキヒトデの試験礁における分布は、試験礁内の周囲に多かった。これは、試験礁周辺に分布していたイトマキヒトデがナマコではなくカキに蛸集するため、ナマコに蛸集する場合は、最もナマコの分布量が多い試験礁中心部でイトマキヒトデの個体数が多くなるものと考えられた。しかし、イトマキヒトデはカキに蛸集したことによって、ナマコを捕食する機会が増え、混食する可能性はあると考えられた。



イトマキヒトデ個体数合計 43

24

図6 流出調査時における試験礁の籠別のイトマキヒトデの計数結果

イトマキヒトデのナマコに対する密度別の食害試験結果を表11に示した。20、50、100個体区の2日後の生残個体数とその減少率は、それぞれ14個体で70.0%、3個体で6.0%、42個体で42.0%、3日後は18個体で90.0%、23個体で46.0%、77個体で77.0%であった。

このようにイトマキヒトデは3日後では密度が高いほど多く食べたが、2日後では、50個体区よりも20個体区で多く食べており、食害量は不安定であった。

表11 イトマキヒトデのナマコに対する密度別の食害試験結果

試験区	イトマキヒトデ 腕長 (mm)	経過月日と生残個体数			
		12/25	12/26	12/27	12/28
20個体区	39.8, 40.8	20		6	2
50個体区	42.4, 41.6	50		47	27
100個体区	38.9, 39.0	100		58	23

水温 13.4~16.4℃

また観察の結果では、イトマキヒトデが1個体のナマコを摂餌する時間は1時間以上であり、2個体同時に食害することもあった。

以上のことから、イトマキヒトデはナマコの食害生物と考えられるが、試験礁でナマコに蛸集しないことと食害量は不安定であることから、試験礁における放流初期の減耗の原因とはなり得るものの、大量減耗の要因ではないと考えられた。しかし、長期における食害の影響は無視できないものと考えられた。

(5) 長期(約4ヶ月)調査

【目的】

ナマコを放流してから23日と24日後、71日後、122日後の生残、成長、移動、死亡を追跡調査した。

【材料と方法】

碎石と生きたカキを入れた籠を水平に9列6行に並べた試験礁を放流1週間前に設置した。また、耐波性を高めるために試験礁の周囲の幅30cmを碎石で囲んだ。

放流は、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に付けて中心の6籠に行った。11月29、30日(23、24日後)、平成8年1月16日(71日後)、3月7日(122日後)に放流礁の16~18個の籠を取り揚げてナマコを計数した。

また試験礁の周り1mと3mをロープで区切って、図7のように1m枠内は籠の幅で14個分、1~3m枠内は4分割してナマコを計数した。取り揚げたナマコは実験室に持ち帰って測定した。自然死亡の状況を見るために、試験礁の54個の籠のうち2つを40目のニップ強力網で包み、11月7日に平均体長8.8mm、500個体のナマコを入れて11月29日、3月7日に取り揚げ計数、測定した。

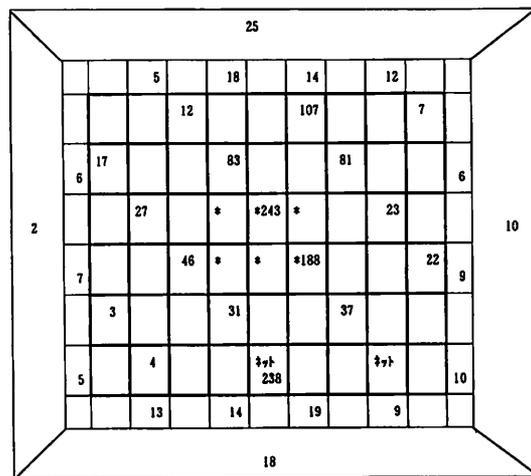
【結果と考察】

長期調査における試験礁の各籠、試験礁から1m枠、試験礁から1~3m枠、そして死亡調査のナマコの計数結果を図7に示した。試験礁におけるナマコの推定総個体数は、23日後が3,142個体、71日後が1,434個体、122日後が744個体で、放流個体数からの残存率はそれぞれ18.5、8.9、4.8%であった。約1ヶ月後の残存率は、平成6年度の調査結果の0.2と6.3%よりも上回った。

試験礁内においてナマコを放流した中心の6籠とそれ以外の籠の1籠当たりの個体数は、23日後にそれぞれ216,36個体で大きな差があるが、71日目には29、26個体、122日目には10、14個体で時間の経過に伴い差が無くなった。これは放流した中心の6籠からのナマコの分散を示しており、約2ヶ月後には試験礁に一樣に分布していた。

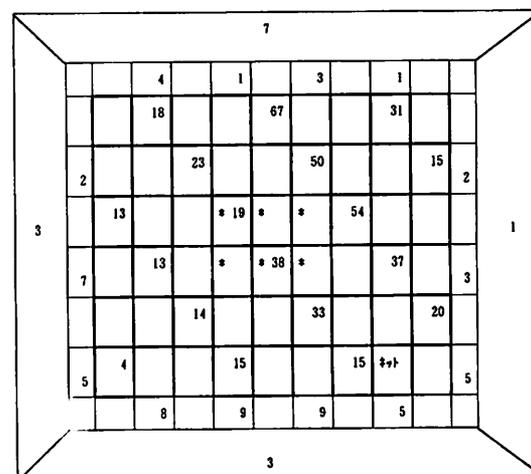
試験礁から1m枠と試験礁から1~3m枠にいたナマコの個体数は、それぞれ24日後が318、55個体、71日後が138、14個体、122日後が65、28個体であった。

長期調査における1m枠と1~3m枠を合計したナマコの個体数の試験礁にいたナマコの総個体数に対する割合を求めると、24日後後に11.9%、71日後に10.6%、122



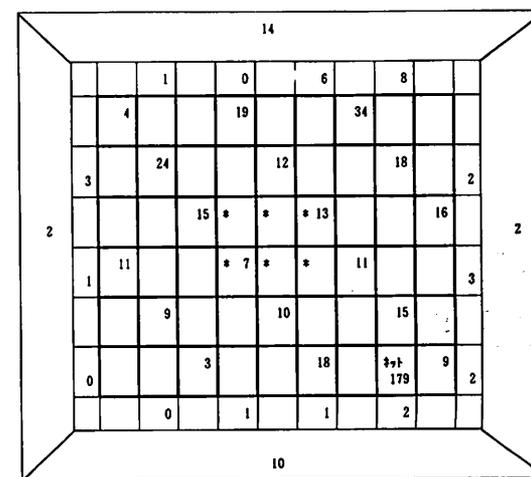
ナマコの個体数 試験礁 931
試験礁から1m枠 147
試験礁から1~3m枠 55

11月29、30日



ナマコの個体数 試験礁 478
キンラン 358
試験礁から1m枠 64
試験礁から1~3m枠 14

1月16日



ナマコの個体数 試験礁 248
試験礁から1m枠 30
試験礁から1~3m枠 28

3月7日

図7 長期調査における試験礁の各籠、試験礁から1m枠、試験礁から1~3m枠のナマコの計数結果(太い実線は試験礁、点線は試験礁から1m枠、細い実線は3m枠、*はナマコを放流したか)

日後に12.5%で、変わらなかった。これより、試験礁のナマコの10%程度が常に試験礁外へ移動、逸散することが示された。

なお、いずれの調査結果でも試験礁から1～3 m 枠よりも1 m 枠のほうが多かった。このことは試験礁から近いということもあるが、試験礁の周囲の幅30cmには耐波性を高めるための砕石があり、そこに滞留していた個体が多かったためと考えられた。

長期調査における放流した以外の籠のナマコの体長組成を図8に示した。各調査時のナマコの体長範囲は、放流時が3.4～30.5mm（平均10.7mm）、23日後が5.8～59.8mm（平均17.1mm）、71日後が4.9～48.4mm（平均18.6mm）、122日後が12.1～96.2mm（平均32.5mm）であった。

このように放流してからの経過にしたがって放流したナマコの体長範囲は広くなり、また平均体長も大きくなった。このことは放流したナマコは成長したことを示していた。その中で、約4ヶ月を経過しても10mm前後の個体

がいることは、放流時に大きな個体の成長は早く、それに対して小さな個体の成長は遅いと考えられた。

長期調査における試験礁から3 m 枠内にいたナマコの体長組成を図9に示した。ナマコの体長範囲は、23日後が5.6～87.3mm（平均24.9mm）、71日後が7.7～65.6mm（平均30.5mm）、122日後が12.3～111.8mm（平均48.0mm）であった。

この結果と各調査時の試験礁での平均体長と比較すると、いずれも3 m 枠内のほうが大きく、大きい個体の一部は試験礁内に留まるが、放流したナマコは大きい個体から試験礁外へ移動していく傾向が見られた。

死亡調査の結果では、ナマコの生残個体数は23日後が238個体、122日後が179個体であった。放流時からの生残率は47.6%、35.8%であった。

死亡調査のナマコの体長組成を図10に示した。各調査時のナマコの体長範囲は、11月6日が3.6～23.2（平均9.9mm）、11月29日が3.9～44.0mm（平均12.1mm）、3月7日

体長組成.XLS

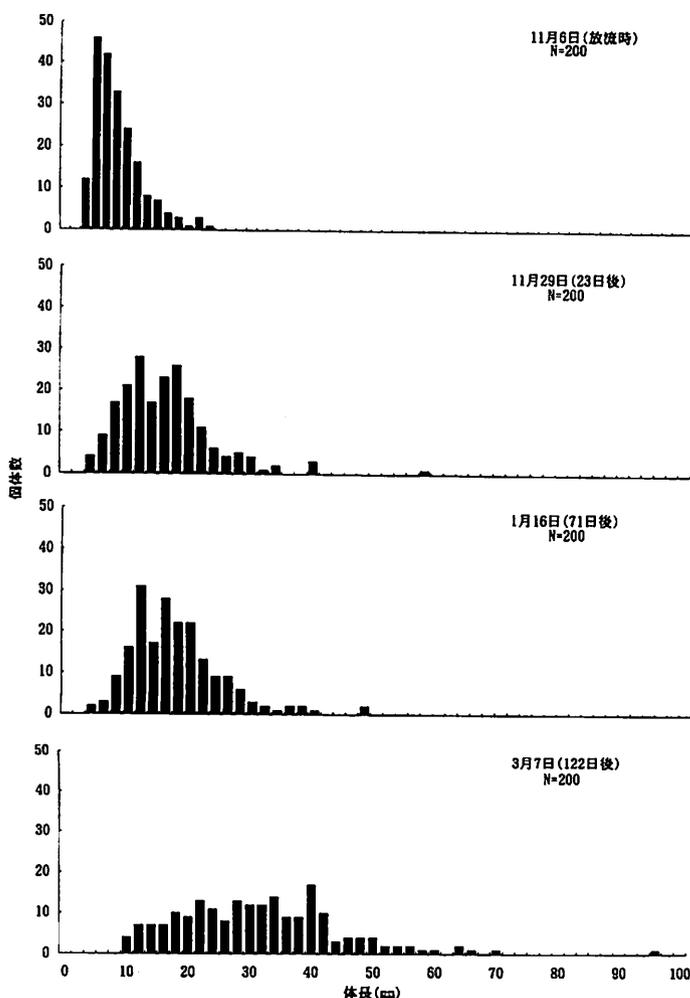


図8 長期調査における試験礁のナマコの体長組成

体長組成.XLS

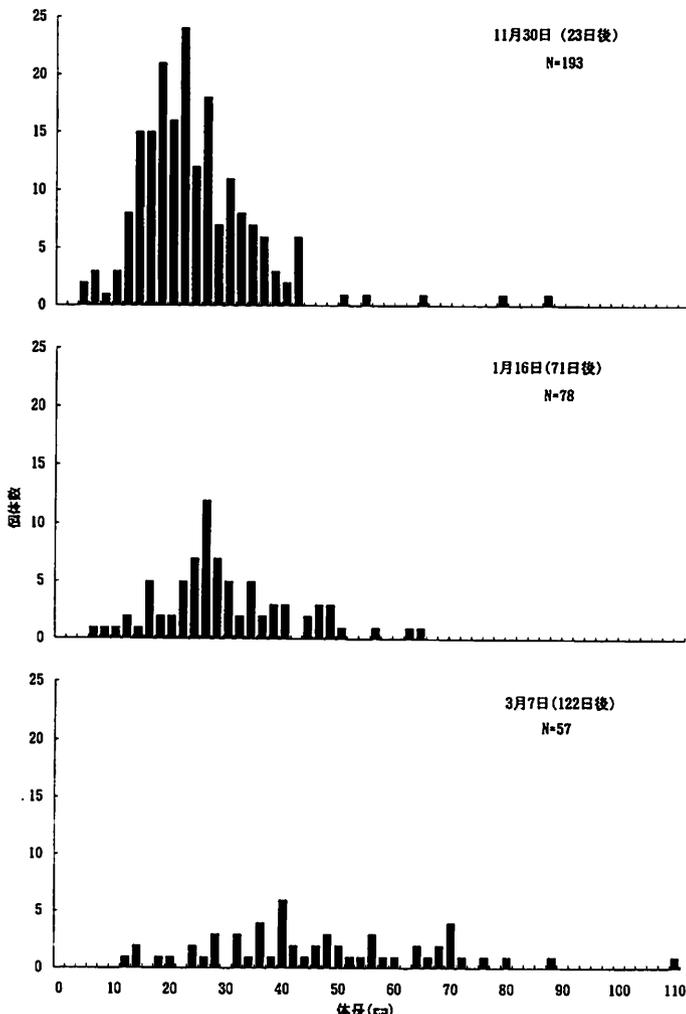


図9 長期調査における試験礁から3 m 枠内にいたナマコの体長組成

が5.5~75.0mm（平均21.4mm）であった。放流からの経過に伴い死亡調査のナマコの体長範囲は広くなり、また平均体長も大きくなった。

この結果と試験礁での平均体長と比較すると成長は下回った。これは、網に囲まれて海水の循環が悪いために生息環境が悪いことや生息密度が高いことが原因と考えられ、真の生残率はさらに高くなるものと考えられる。

仮に4ヶ月後の死亡調査で得られた生残率を放流試験礁の生残率と同じ値とした場合、放流量の31.0%が移動や逸散または流出したことになる。真の生残率がさらに高い場合を想定すると、移動や流出割合が増えることになる。自然死亡以外の減耗の原因として、移動については、長期調査において試験礁に残存する個体の10%が常

に移動していたことが明らかになったが、放流してからの移動傾向や減耗過程を今後の調査によって解明することが必要である。

3. 総合考察

本調査の結果では、試験礁における放流初期の大量減耗の原因を死亡、移動、流出、食害・外敵に想定し、調査を実施したが、特定することはできなかった。その中でイトマキヒトデの食害は、ナマコに蝟集し積極的な食害はしていないことから、試験礁における放流初期の減耗の原因とはなり得るものの、大量減耗の主要因ではないと考えられる。

また、放流3日後に体長7mm以下の個体の減少が見られたことは減少率に大きく影響していると考えられ、放流サイズとともに放流方法や健苗育成の必要性が考えられる。

長期調査では、約4ヶ月に亘り、試験礁におけるナマコの残存、成長、移動、死亡を調査した。試験礁における残存率は、放流から23日後が18.5%、71日後が8.9%、122日後が4.8%であり、時間経過に伴い減耗した。

減耗した原因としては試験礁外への移動と自然死亡が確認された。試験礁外への移動については、長期調査の結果、試験礁に残存していた個体の約10%が、常に試験礁外へ大型の個体から移動することが明らかとなった。

今後は、試験礁における放流初期の大量減耗の原因を究明し、ナマコの自然添加効率を高めることが重要である。また、試験礁に放流された稚ナマコの試験礁内の減少率や試験礁からの移動・逸散率、引いては放流効果範囲等を長期調査の中で解明することが必要となってくる。

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）。
- 石川県水産総合センター。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・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）。

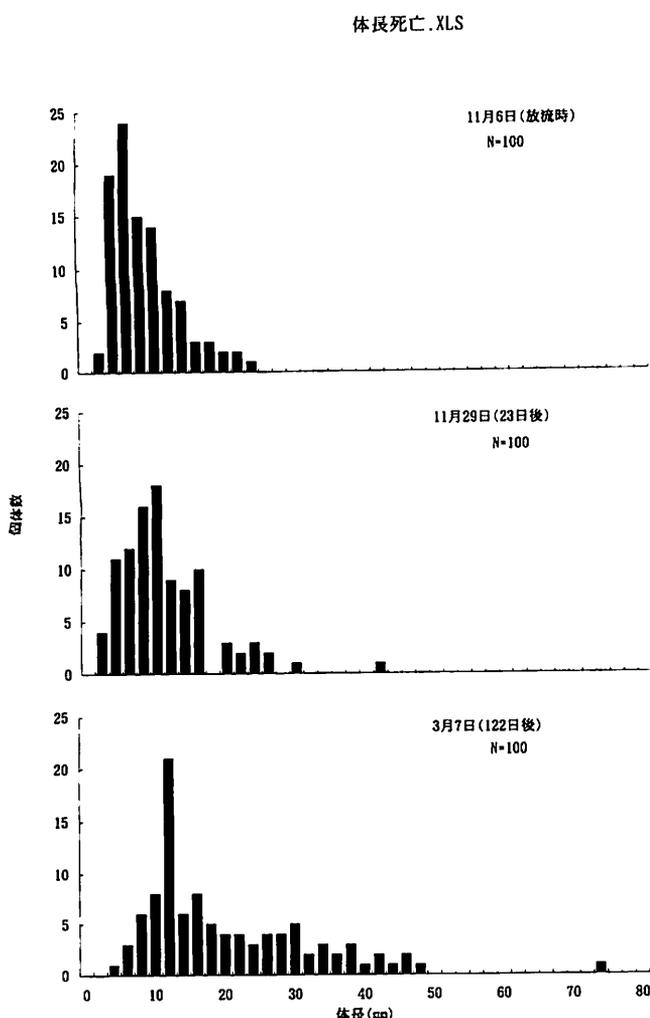


図10 死亡試験におけるナマコの体長組成