

マナマコ増殖試験

松坂 洋・須川 人志

陸奥湾におけるマナマコは水温が $12^{\circ}\text{C}\sim 16^{\circ}\text{C}$ に上昇する春～初夏にかけて産卵し、長い浮遊期間を経て付着生活、海底生活に移行する。

マナマコの増殖は昭和30年代後半に漁場耕耘、投石などが試みられ、近年では漁業者を中心に天然採苗が実施されており増殖技術に関する関心が高まっている。

本試験は浮遊幼生期から稚ナマコに至る生態と種苗生産による増殖手法の検討をしたところ若干の知見を得たので報告する。

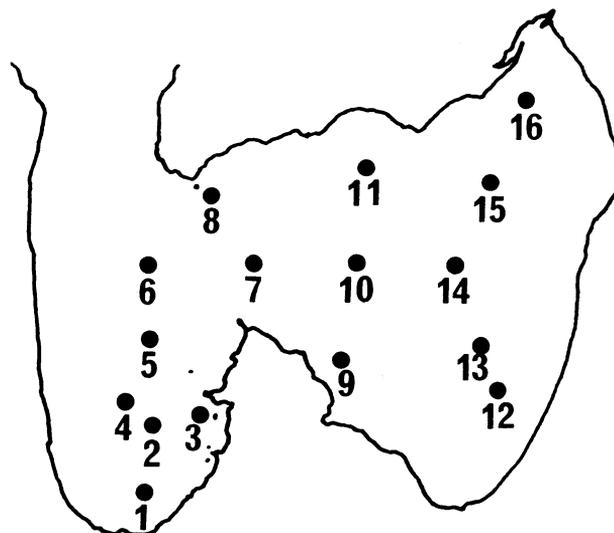
I 浮遊幼生調査

- 1) 調査場所：陸奥湾内の16点 (第1図参照)
- 2) 調査期間：昭和60年5月28日～昭和60年6月25日
- 3) 調査方法：第1図に示す調査点で口径 25cm の北原式定量プランクトンネットを使って、底層から表層までの鉛直曳きにより行なった。採集した試料はホルマリンで固定し、検鏡して体長別に計数し、出現数は 1m^3 当りに換算した。

結果と考察

調査点ごとの出現状況を第1表に示した。第1回、第2回の調査は陸奥湾内の西湾だけであるが、第1回ですでに 400μ 台の幼生が出現していた。第2回には出現数が増加し、第1回の平均出現数 $1.5\text{個}/\text{m}^3$ から $8.1\text{個}/\text{m}^3$ に増加した。また、幼生の体長も 400μ 未満から 700μ 台まで範囲が広がった。

第3回以降は全湾に亘って調査を行なった結果、局部的に増加傾向を示した調査点もあったが、平均出現数では第3回が $1.4\text{個}/\text{m}^3$ 、第4回が $3.6\text{個}/\text{m}^3$ 、第5回が $1.7\text{個}/\text{m}^3$ で、第2回の調査以降急激な出現数の増加はなかった。同時期に同じ棘皮動物であるヒトデ幼生の出現数も調査されているが、ヒトデの場合、多い時には $100\text{個}/\text{m}^3$ 以上の出現がみられることから、ナマコ幼生の出現数はかなり少ないということがいえる。なお、第2図に各調査日ごと



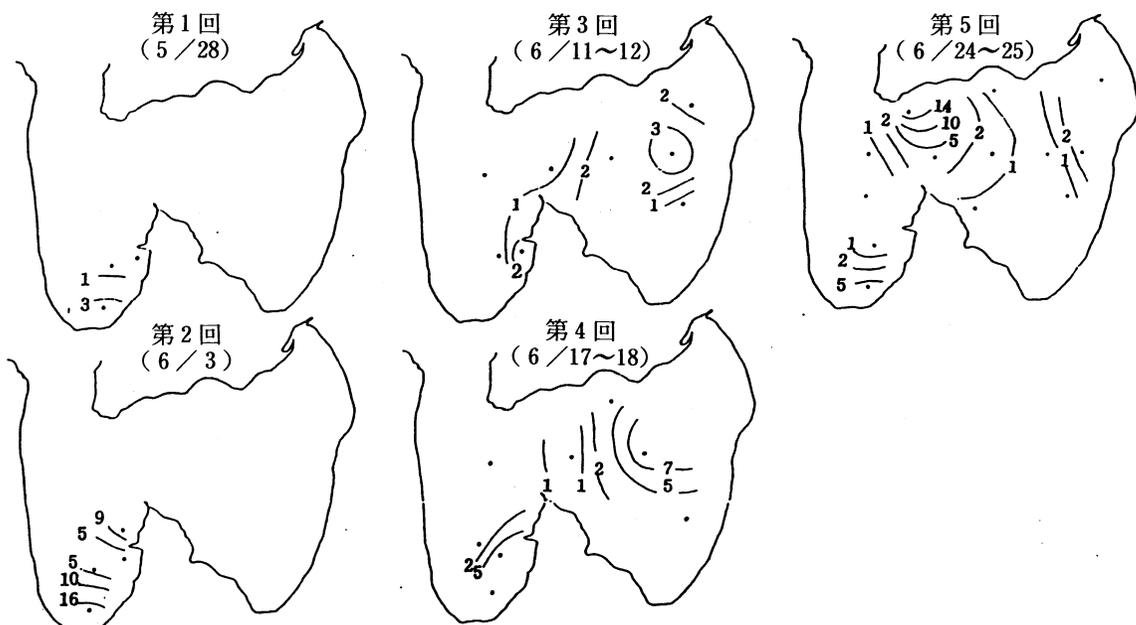
第1図 ナマコ幼生の調査点

第1表 幼生の出現状況

調査月日	調査点	体長別出現数(個/ m^2) 単位: μ						出現数合計
		400未満	400~ 500	500~ 600	600~ 700	700~ 800	800~ 900	
5. 28	1		3.7					3.7
	2		0.9					0.9
	3							
6. 3	1		1.5	2.2	10.2	2.2		16.1
	2		1.8	1.4	0.9			4.1
	3	0.6		1.2	1.2			3.0
6. 11~12	2							0
	3	0.6		1.2	0.6			2.4
	6		0.4	0.4				0.8
	7		0.4					0.4
	10		0.4	0.4	0.4	1.3		2.5
	13		0.5					0.5
	14	0.5	1.0		0.5	1.8		3.8
15		1.1					1.1	
6. 17~18	1	0.7	0.7	2.8	1.4			5.6
	2	0.9	0.9	3.2	0.5			5.5
	4	0.4	0.9					1.3
	5			0.4	0.4			0.8
	6		0.8	0.4	0.4			1.6
	11		1.5	1.0				2.5
	12			3.0	1.0			4.0
14	0.4	5.0	1.7	0.4			7.5	
6. 24~25	1		0.7	0.7	2.8	1.4		5.6
	2					0.5		0.5
	5		0.4					0.4
	6					0.8		0.8
	7		0.4	0.4	0.8	0.8		2.4
	8		0.4	0.4	2.4			3.2
	9			0.4				0.4
	10			0.4		0.8	0.4	1.6
	11					0.6		0.6
	13		0.6					0.6
	14			0.5				0.5
16				1.4	0.7		2.1	

のナマコ幼生の分布状況を示したが、第2回の調査で青森市沖、第4回ではむつ市沖、第5回で脇野沢沖にそれぞれ高い分布域があった。

今年度、天然採苗で採苗器を投入した地点付近の調査日ごとの幼生の体長別の出現数を第3図に示した。第1回の調査では400~500 μ の小型の幼生が出現していた。第2回になると出現数は8.1個/ m^2 となり700 μ を超える幼生が出始めた。その後、第3回目の調査では急激に減少して1.2個/ m^2 となったが、第4回ではまた増加し5.6個/ m^2 になり500 μ 以上の幼生の割合が高くなった。第5回は、また、出現数がやや減少して3.1個/ m^2 となり、400 μ 未満の産卵されて間もない幼生が見られなくなり、600 μ 以上の幼生の占める割合が75%と高くなった。

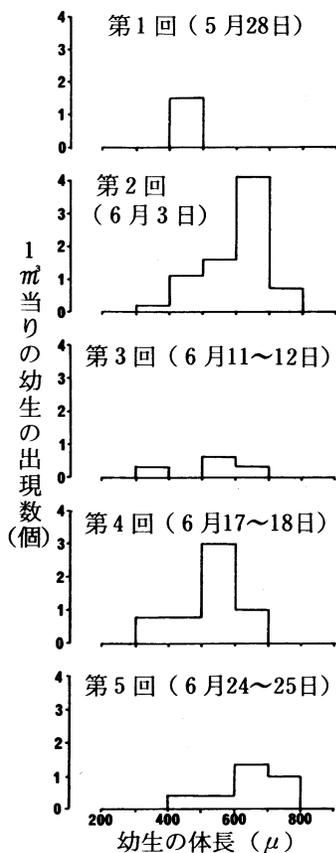


第2図 湾内での幼生の分布状況 (個/ m^3)

過去に早川 (1977) がナマコの成熟状況から水温が $12\sim 16^{\circ}\text{C}$ になる5~6月を産卵盛期としている。今回の調査期間中の水温は $12.0\sim 15.7^{\circ}\text{C}$ であり、成熟状況を調べたところ、5月30日には生殖巣指数が高い値を示し6月20日には受精、放卵している個体がほとんどであったことから今年度の産卵盛期は5月下旬から6月中旬にかけてであったと思われる。

しかし、今回の調査ではオーリクラリア幼生の出現しか認識できず、その後の変態したドリオラリア幼生やペンタクチュラ幼生が見られなかったため付着盛期はつかめなかった。また、幼生の出現状況を 1 m^3 当りに換算したが調査点の水深は $30\sim 53\text{ m}$ と深く、鉛直曳きによる濾水量が曳網距離と一致しているのかどうかは不明であるため濾水率を考慮した出現数の算定が必要であろう。

来年度はナマコ幼生の出現状況を長期に亘って調査し、ナマコ幼生の消長と付着期について検討しなければならない。



第3図 採苗器投入地点付近の幼生の体長組成

第2表 天然採苗付着結果

II 天然採苗

- 1) 試験場所：平内町茂浦 水産増殖センター前沖
- 2) 試験期間：昭和59年6月15日～昭和59年11月16日および昭和60年6月10日～昭和60年12月11日
- 3) 試験方法：採苗器はホタテ丸籠に付着用材質を入れ水深2～5 mに垂下し、11～12月に採苗器を引き上げ稚ナマコを計測した。

採取年月 材質 \ 項目	59年11月		60年12月	
	付着数 (個)	平均体重 (g)	付着数 (個)	平均体重 (g)
杉の葉	15.5	2.29	14.0	2.02
遮光ネット	20.5	1.68	32.0	0.37
ネトロンネット	5.5	0.40	—	—
古網	6.5	0.71	—	—
ホタテ貝殻	4.0	0.54	—	—
パンライト波板	—	—	59.5	0.47

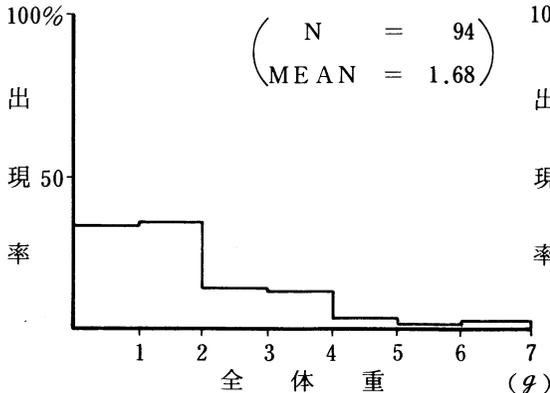
※ 丸籠10段当りの付着数

結果と考察

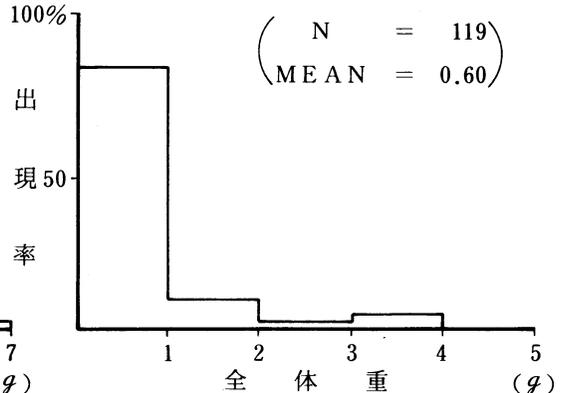
採苗器ごとの付着結果を第2表に、得られた稚ナマコの全体重の出現頻度を第4図、第5図に示した。両年を通じて比較的多く付着がみられた材質はパンライト波板、遮光ネット、杉の葉であり古網（流し網漁網）、ネトロンネット、ホタテ貝殻は付着数が少なかった。

ナマコの計測は体の伸縮性が激しいため体長測定値は再現に普遍性が乏しく、また、全体重は消化管、呼吸樹等の季節変動に伴う摂餌量の大小、または呼吸樹内の滞水状態によって変動が大きく計測上の基準形質として適当でない。そこで崔（1963）は体を切開して消化管、呼吸樹および体腔水を除去してカラの重量（以下殻重と略す）を計測形質としている。

採苗器を1年間垂下して得られた稚ナマコの殻重と体長、殻重と全体重の関係を第6図、第7図に示した。また、親ナマコの殻重と全体重の関係は第8図に示すとおりであり殻重は全体重の概ね65%程度であった。11～12月取り上げの天然採苗では稚ナマコが極小であり殻重の測定はできなかったが、杉の葉に付着した稚ナマコの平均体重は2.02～2.29gであり他の付着用材質に比べ成長が良かった。

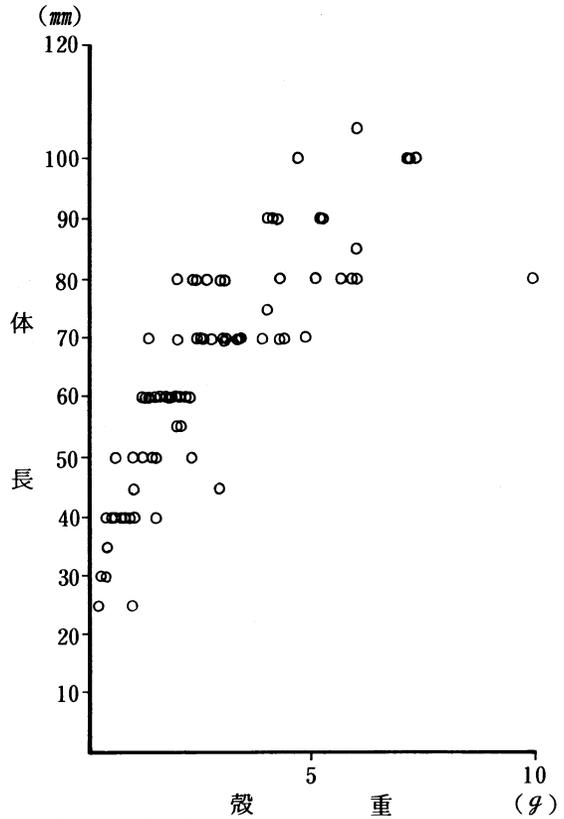


第4図 59年産天然採苗稚ナマコの組成

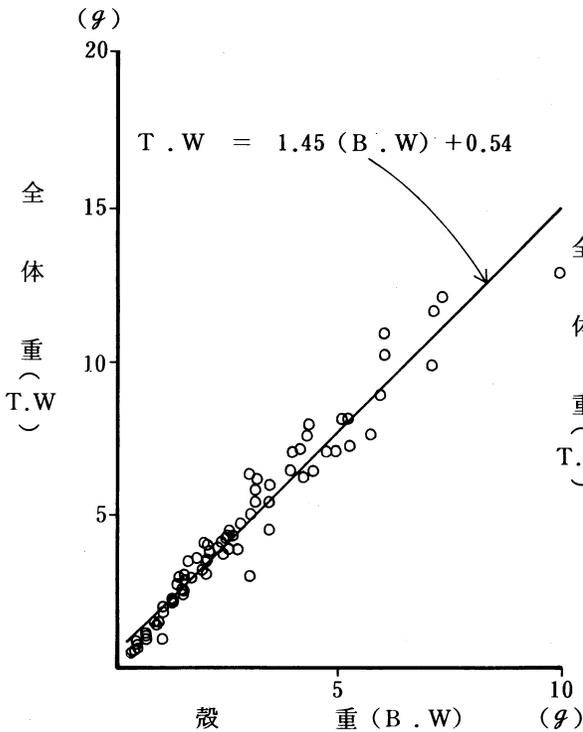


第5図 60年産天然採苗稚ナマコの組成

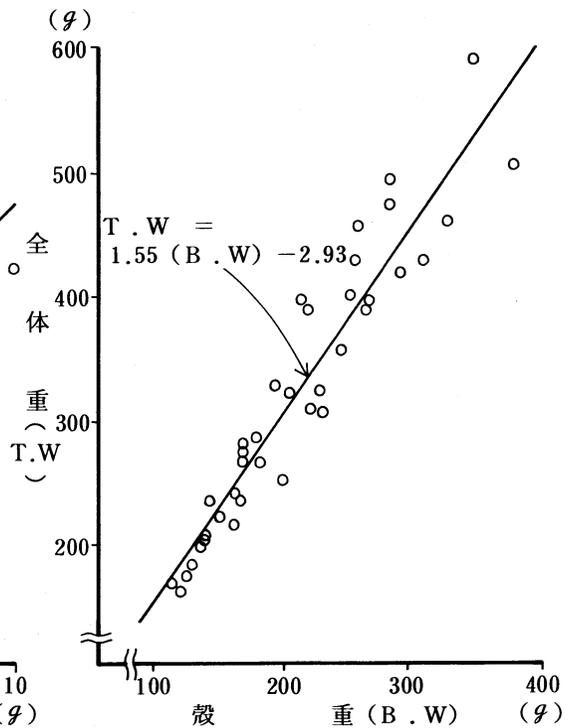
しかし、各採苗器とも付着数が少なく現在の採苗レベルでは有効な増殖方法とは言えず、天然採苗による資源添加を再検討しなければならない。天然採苗は海中に浮遊している幼生がペンタクチュラ期幼生になって付着生活をはじめ、採苗器内で成長して稚ナマコになるが採苗施設の振動、餌料不足等の原因で採苗器から落下する稚ナマコが相当量考えられる。現在のところ落下稚ナマコの把握は充分行なわれていないが天然採苗を考える場合、落下稚ナマコの量的把握を考慮して検討されるべきであると思う。なお、天然漁場における稚ナマコは水深5m以浅の転石地帯で多くみられることから、採苗施設は落下稚ナマコが充分生き残れる底質環境に設置することが望ましい。



第6図 殻重と体長の関係 (稚ナマコ)



第7図 殻重と全体重の関係 (稚ナマコ)



第8図 殻重と全体重の関係 (親ナマコ)

Ⅲ 種 苗 生 産

- 1) 試験場所：青森県水産増殖センター
- 2) 試験期間：昭和60年5月31日～昭和60年12月26日まで

材 料 と 方 法

(1) 産 卵 誘 発

使用した親ナマコは昭和60年5月30日に茂浦地先で採捕した50尾と6月19日に横浜地先で採捕した37尾、合計87尾である。産卵誘発は親ナマコを採捕した翌日、5月31日および6月20日に飼育水温を天然海水から温海水にし徐々に20℃まで加温して行なった。反応した個体は、それぞれ誘発槽より取り出して他の水槽に收容し、放精、放卵後受精させた。

(2) 種 苗 生 産

2回の産卵誘発で得られた幼生を500ℓパンライト水槽またはフルコンタイ水槽に12万～95万個を收容し、飼育水温はウォーターバス方式により著しい水温変化が生じないようにした。餌料は *Chlorella sp.* を5～10万細胞の密度で残餌をみながら与えた。飼育は止水とし通気をして3日に1回1/2換水した。採苗は幼生がオーリクラリアからドリオラリア、ペンタクチュラに変態した時期に付着珪藻を培養したタキロン製波板を採苗器として用い、採苗後は流水飼育した。

(3) 温度別、密度別幼生飼育

6月20日の産卵誘発で得た275.5μの幼生を使用した。温度別飼育では30ℓパンライト水槽に飼育水1cc当り1個体の密度で10℃、15℃、20℃、25℃の4つの水温区を設定して行ない、餌料として *Chlorella sp.* を飼育水1cc当り5万細胞の密度で投餌し、3日に1回1/2換水した。密度別飼育では30ℓパンライト水槽に飼育水1cc当り0.5、1.0、2.0個体の3密度区を設け、飼育水温を20℃として行ない、餌料は *Pavlova lutheri* を飼育水1cc当り2万細胞の密度で与え、換水は温度別飼育と同様にした。

結 果 と 考 察

(1) 産 卵 誘 発

2回の産卵誘発を行ない、2回とも反応がみられ、第1回目に1,888万粒、第2回目に345万粒採卵することができた。

産卵誘発は水温を20℃に加温することにより容易に採卵できるものと思われた。

受精率は、第1回目84.9%、第2回目73.3%で、それぞれ1,387万個、154.5万個の浮上幼生を得た。

(2) 種 苗 生 産

幼生の飼育経過は第3表に示したが、第1回の幼生飼育では14日目、第2回幼生飼育では12日目に、それぞれ227万個体、44万個体の変態したドリオラリア幼生を得た。これは幼生飼育開始からみると74.0%および39.0%の生残率であった。

これらの幼生を採苗し12月26日まで波板飼育したところ、第1回採卵群で平均体長26.3mm、平均重量0.5gの稚ナマコ558個、第2回採卵群で平均体長12.8mm、平均重量0.1gの稚ナマコ996個を得た。採苗時の幼生数からの生残率は第1回採卵群が0.02%、第2回採卵群が0.23%で極めて低かった。

第3表 ナマコの人工採苗における飼育経過

採月日	採卵数 (万個)	受精率 (%)	浮上 幼生数 (万個)	収容 幼生数 (万個)	餌料	水温	受精後 7日	13日	14日	34日	備考	
5. 31	1,888	84.9	1,387	13	Chlorella sp.	16.8-19.8			1,860,000	168,000		量産試験
				49		16.8-19.7				390,000		
				95		17.2-19.8				538,000		
				12		16.9-19.7				154,000		
				49		17.1-19.7				373,500		
				89		17.0-19.7				648,000		
				-		17.5-24.5						
				-		15.8-22.6						
6. 20	218	73.3	154.5	2.5	Chlorella sp.	10.4-12.7	19,500		17,000	4,500	9,000	温度別試験
				2.5		10.2-12.4	22,500		9,000			
				2.5		14.3-17.3	18,000		14,000			
				2.5		14.3-17.5	19,500		24,000			
				2.5		20.1-22.5	21,000					
				2.5		20.1-22.5	15,000					
				2.5		23.8-25.1	7,500					
				2.5		23.8-25.1	16,500					
				1.25	Pavlova lutheri	19.9-22.4	19,500		100		密度別試験	
				1.25		20.0-22.5	18,000					100
				2.5		20.0-22.5	0					
				2.5		20.1-22.5	4,500					1,000
				5.0		20.1-22.6	22,500					2,000
				5.0	20.1-22.6	19,500	6,000					
				36.5	Chlorella sp.	19.9-22.0			382,500		量産試験	
				26.0		19.3-22.4						48,000
50.5	20.0-21.9		10,500									

(3) 温度別、密度別幼生飼育

温度別幼生飼育での水温を第9図、幼生の体長変化を第10図に示した。受精後3日目にはすでに温度の影響が現れ、25℃区では平均体長612μに成長しているのに対し、10℃区では平均体長397μで成長に差が見られた。25℃区ではその後幼生の体の収縮が始まり、7日でオーリクラリアからドリオラリアに変態した。20℃区ではやや遅れて11日に変態し、15℃区になると急激に遅くなり、ドリオラリアが出現したのは23日後であった。10℃区ではオーリクラリアでの成長が悪く、11日目に最大体長になったと思われたが、その後成長したり収縮したりの繰り返しで33日後でも変態できず斃死した。

飼育期間中の平均水温は10℃区で11.3℃、15℃区で15.5℃、20℃区で20.9℃、25℃区で24.2℃であった。このことから15℃、20℃、25℃の3区により、受精後、変態するまでの速度を示したのが第11図で、変態速度と飼育水温の関係は、

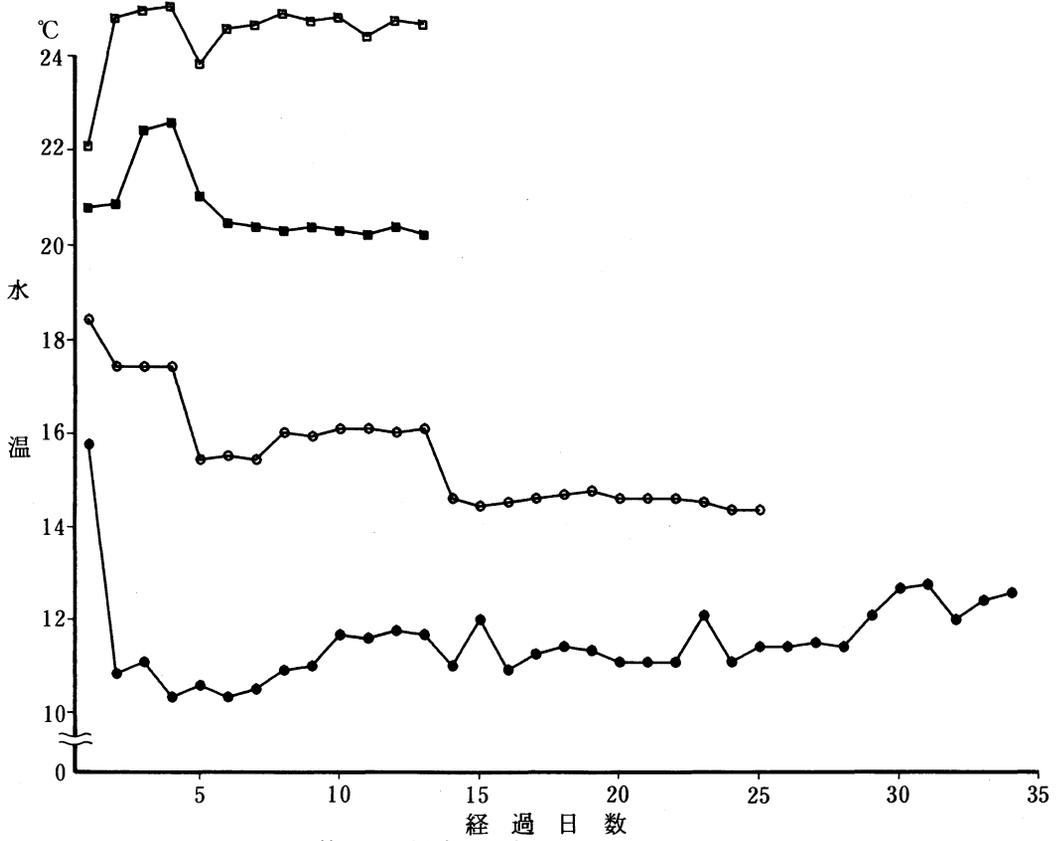
$$Y = -0.1326 + 1.1152 \times 10^{-2} T$$

Y : 変態までの速度 (1/日)

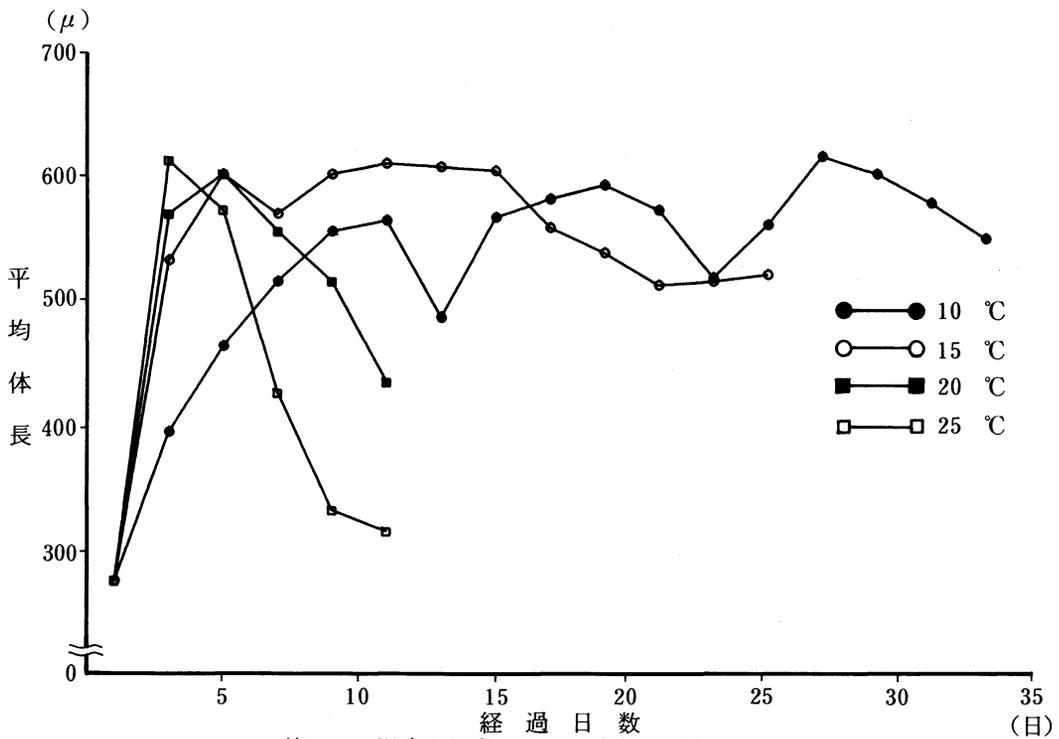
T : 飼育水温 (℃)

であった。Y = 0 のとき T = 11.5 で、変態するのに必要な下限温度は 11.5℃ となる。10℃ 区においては平均水温が 11.3℃ で下限温度よりも低く、変態できずに斃死したものと思われる。

15℃、20℃、25℃ での変態までに要した 11.5℃ 以上の積算温度を平均すると 94.3℃ となった。



第9図 温度別飼育における水温の変化



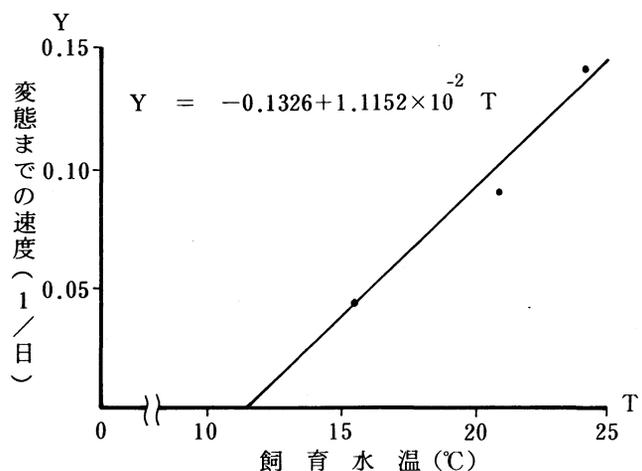
第10図 温度別飼育における幼生の体長の変化

しかし、ドリオラリアに変態後は3区とも減耗が著しく稚ナマコまでの生残は見られなかった。

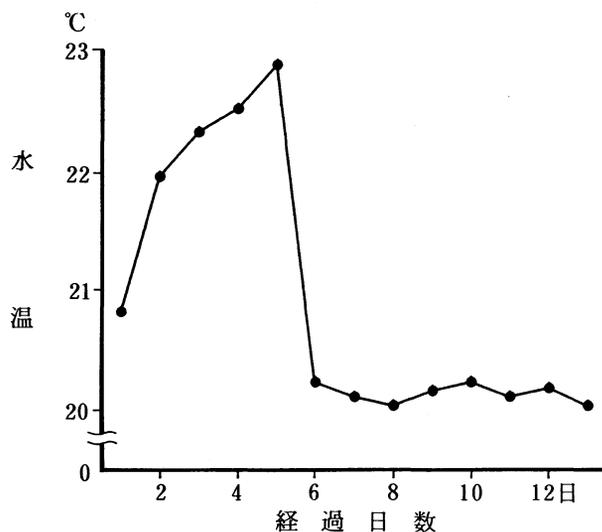
次に密度別幼生飼育であるが、飼育水温は第12図、幼生の体長変化は第13図のとおりで、受精後5日目までは3区とも同じような成長をした。ところが、7日目にオーリクラリアで最大体長になった時点で0.5個区、1.0個区で平均体長が800 μ を超えているのに対して、2.0個区では735 μ で他の2区に比べて成長が悪かった。その後3区とも体の収縮が始まり、変態して9日にはドリオラリア、11日目にはペンタクチュラが出現した。この時点で0.5個区、1.0個区ですべての幼生がペンタクチュラに変態していたが、2.0個区ではまだオーリクラリアやドリオラリアが存在し変態が遅れた。13日目で稚ナマコに変態したので、14日目に個体数を算定した結果、高密度の区ほど高い生残率を示した。

石田(1979)によると、稚ナマコは浮遊珪藻を直接摂餌できないと報告しており、今回の場合、0.5個区、1.0個区では2.0個区より早く稚ナマコに変態したがその後の餌料不足で斃死し、2.0個区は稚ナマコへの変態が遅れたために計数した時点で高い生残率を示した可能性がある。

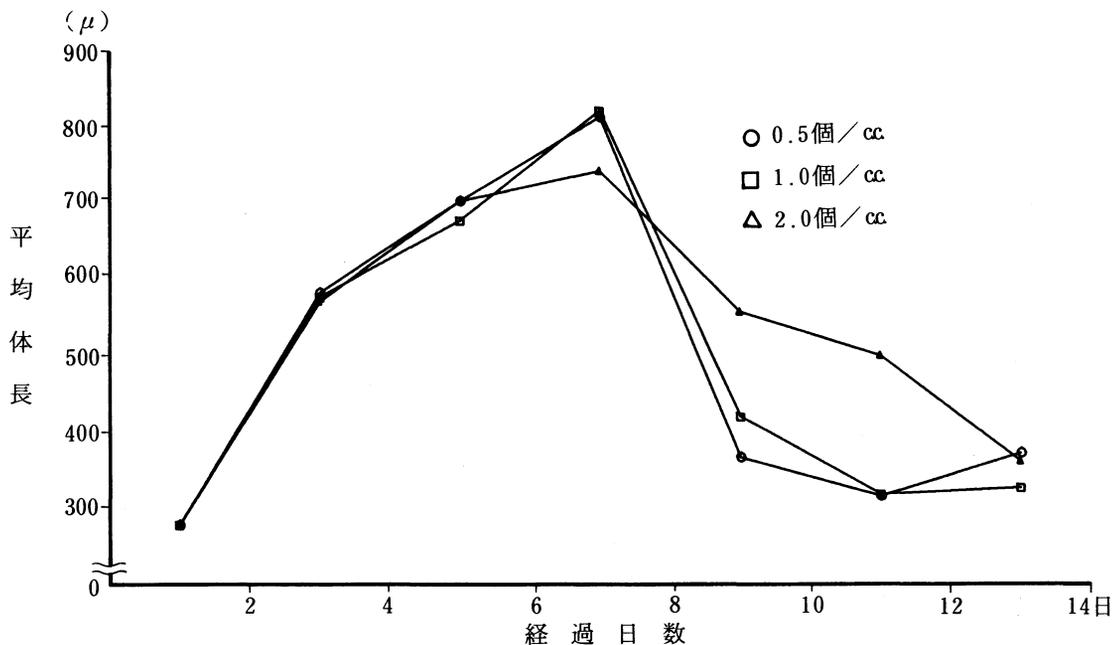
幼生の温度別、密度別飼育ではどちらも同一発生群の幼生を使用したにもかかわらず、温度別飼育ではオーリクラリアでの体長が小型でドリオラリアに変態後斃死して稚ナマコまでの成長はみられなかった。ところが、密度別飼育ではどの試験区でも稚ナマコまで成長した。両試験における飼育上の違いは温度と密度の条件の他に、温度別飼育では *Chlorella sp.*、密度別飼育では *Pavlova lutheri* を餌料として用いることである。つまり、*Chlorella sp.* は幼生にとって適した餌料でない可能性があり、来年度は今回使用した餌料とともに、*Chaetoceros gracilis* と *Phaeodactylum tricornutum* を使用して、幼生に対する餌料について検討する必要がある。



第11図 飼育水温と、ドリオラリア変態までの速度との関係



第12図 密度別飼育における水温の変化



第13図 密度別飼育における幼生の体長の変化

IV 中間育成

- 1) 試験場所：平内町茂浦 水産増殖センター
- 2) 試験期間：昭和59年11月26日～昭和60年5月2日
- 3) 試験方法：供試した稚ナマコは昭和59年6月の人工採苗および天然採苗で得られた個体を第4表に示した海底籠、海中垂下式、陸上水槽の3方法で実施した。

第4表 中間育成方法

項目 方法	収容器の規模	場所	付着器材	餌料	種 苗	収容尾数
海底籠	(枠) 60×60×60cm ナイロン製モジ網	水深 5m 海底	波板	—	人 天	工 然 100尾
海中垂下式	(枠) 60×60×60cm ナイロン製モジ網	水深 1～2m 海中	波板	—	人 工	工 100尾
陸上水槽	120×60×45cm 0.3トンFRP水槽	屋内	波板 砂床	付着珪藻 配合餌料	人 工	—

※ ナイロン製モジ網の目合は3mm。

第5表 中間育成中の成長結果

方 法		項 目		増 重 量	生 残 率	種 苗
		試験開始時	試験終了後			
		S. 59. 11. 26	S. 60. 5. 2			
A	海 底 籠	2.1 ~ 0 0.54	14.4 ~ 0.1 3.22	(g) 2.68	(%) 91	人 工 種 苗
B	海 中 垂 下 式	2.1 ~ 0 0.54	7.2 ~ 0.5 2.24	1.70	98	
C	陸 上 波 板	0.1 ~ 0 0	1.2 ~ 0.1 0.22	0.22	—	
D	水 槽 砂 床	0.1 ~ 0 0	0.9 ~ 0.1 0.33	0.33	—	
E	海 底 籠	6.5 ~ 0.1 1.68	25.3 ~ 0.2 6.00	4.32	88	天 然

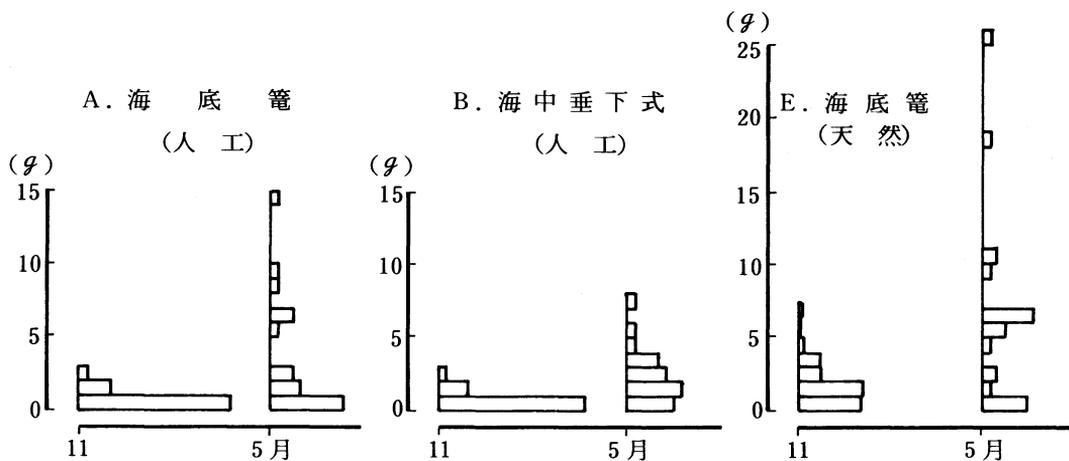
上段全体重範囲 (g)

下段平均体重 (g)

結 果 と 考 察

中間育成期間中の成長結果を第5表に示した。稚ナマコの成長は海底籠と海中垂下式で大きく陸上水槽の10倍程度の増重量であった。また、中間育成期間中の生残率は陸上水槽では算出できなかったが海底籠で88~91%、海中垂下式で98%であり比較的順調に経過した。

海底籠は人工採苗および天然採苗種苗の両方で試験を実施し、試験開始時の平均体重が大きかった天然採苗種苗の方が増重量で上廻り試験終了時には全体重範囲25.3~0.2g、平均体重6gであった。



第14図 中間育成稚ナマコの体重組成の変化

試験開始時と試験終了時の全体重組成を第14図に示した。海底籠、海中垂下式とも個体間の成長差が著しく、特に天然採苗種苗を使用した海底籠ではトビの出現が顕著であり、今後、收容籠の形状、收容密度などを検討する必要がある。海中垂下式はホヤ類を主とする付着生物による收容籠の目づまり、收容籠内への浮泥の堆積が認められ飼育管理がむずかしい方法と思われた。また、陸上水槽では付着珪藻類を餌とする波板飼育と配合餌料投与による砂床飼育を実施したところ成長が悪く中間育成法としては不適であった。

参 考 文 献

- 崔 相 (1963) : なまこの研究. 海文堂.
- 早川 豊 (1976) : マナマコ増殖試験. 青森県水産増殖センター事業概要, 5, 109~113.
- 〃 (1977) : マナマコ増殖試験. 同誌, 6, 142~153.
- 〃 (1978) : マナマコ生態調査. 同誌, 7, 173~184.
- 石川 雅俊 (1979) : マナマコの種苗生産. 栽培技術, 8(1), 63~75.
- 酒井 克己・他 (1980) : 大村湾におけるナマコの天然採苗. 栽培技術, 9(1), 1~20.
- 宝多 森夫・他 (1983) : マナマコ人工採苗試験. 青森県水産増殖センター事業報告, 12, 200~204.
- 小林 信也・他 (1983) : マナマコの増殖に関する研究-Ⅲ. 福岡県豊前水産試験場研究業務報告, 81~86.
- 〃 (1984) : マナマコの増殖に関する研究-Ⅳ. 同誌, 111~116.