

マナマコ幼生期の飼育餌料の検討

池田善平・植木範行・草加耕司

Experimental Rearing of Sea Cucumber *Stichopus japonicus* Larvae with Sveral Diets

Zenpei IKEDA, Noriyuki Ueki, and Koji KUSAKA

マナマコ *Stichopus japonicus* の種苗生産は培養した *Chaetoceros* sp. などを餌料として行われている。しかし、その生残率は年度や水槽間により著しく異なり、生産が不安定である。そこで、生産の安定化と餌料培養の省力化を目的として、幼生期の餌料について検討したので、その結果について報告する。

材料と方法

餌料は *Chaetoceros* sp., 冷凍珪藻 (優占種 *Navicula* sp., $8 \times 13 \mu\text{m}$), 粉ミルク (明治乳業 K.K., 商品名; 明治ステップハイ), 及び海産クロレラを主成分とする藻類を消化しやすい形に処理したマリンΣ (日清ファインケミカル K.K., 径 $2 \sim 5 \mu\text{m}$ の粉末) の 4 種類で、図 1 の示す餌料系列により投与した。 *Chaetoceros* sp.

は、アウリクラリア期には飼育水中の濃度を $5,000 \sim 10,000$ 細胞/ml となるよう、毎朝残餌を計数して不足分を与えたが、ドリオラリア期以降は $5,000$ 細胞/ml を毎日与えた。冷凍珪藻とマリンΣ は海水とともにミキサーにかけた後、 $5,000$ 細胞/ml を投与した。粉ミルクは、約 50°C 程度の温湯に溶かし、 12.5mg/l を与えた。なお、投餌は 1 日 1 回とした。

飼育水槽は 30l 容黒色ポリエチレン水槽 (水量約 25l) で、それに受精 2 日後のアウリクラリア 12.5×10^3 個体を収容した。各試験区とも 3 水槽とし、水槽間の水温差を少なくするために水槽はすべてウォーターバス内に設置した。ウォーターバスは 2 槽とし、各区とも水槽を 2 水槽 (水槽 No. 1 と 2) と 1 水槽 (同水槽 No. 3) に分けた。水槽上は黒色ビニール幕で覆って遮光した。飼育水は飼育開始時は止水で、飼育 10 日目以降は精密ろ過機 (日本濾水機工業 K.K., S-81 型) を通した海水で、2, 3 日に 1 回飼育水の $1/3$ 量を換水した。通気は内径 3mm のガラス管 1 本を用いて行い、通気量は原則として約 350ml/分 とした。しかし、冷凍珪藻区では餌料の沈降を遅らせる目的でアウリクラリア期のみ通気量を約 3.5l/分 と他区の 10 倍量とした。

なお、生残個体数の推定は、浮遊期にはサイフォンで飼育水 1l を採水し、その中の幼生数を計数して、試験終了時には取り上げた稚マナマコを容量法により $1/10$ 量採取し、その中の稚マナマコを計数して行った。また、体長は約 10% ホルマリン固定標本 30 個体の平均値で示した。

結果と考察

表 1 に浮遊期のアウリクラリアの体長、表 2 に変態期の幼生や稚マナマコの割合、表 3 に試験終了日である飼育 24 日目の稚マナマコの体長を示した。アウリクラリアの体

No.	試験区	投与時期	
		アウリクラリア期	ドリオラリア期
1	<i>Chaetoceros</i> sp.	$0.5 \sim 1.0$ 万細胞 / 1ml	0.5 万細胞 / 1ml
2	冷凍珪藻		0.5 万細胞 / 1ml
3	<i>Chaetoceros</i> sp. 冷凍珪藻	$0.5 \sim 1.0$ 万細胞 / 1ml	0.5 万細胞 / 1ml
4	粉ミルク		$12.5 \text{mg} / 25 \text{l}$
5	粉ミルク 冷凍珪藻	$12.5 \text{mg} / 25 \text{l}$	0.5 万細胞 / 1ml
6	マリンΣ 冷凍珪藻	0.5 万細胞 / 1ml	0.5 万細胞 / 1ml

図 1 餌料の系列と投与量

表1 アウリクラリアの体長

試験区	水槽No	体長(μm)		平均水温(°C)
		飼育開始日	飼育6日目	
Chaetoceros sp.	1	400.2±29.81*	717.7±80.46*	20.8
	2	"	718.2±91.63	"
	3	"	737.6±79.98	20.3
冷凍珪藻	1	"	603.3±101.97	20.7
	2	"	613.0±73.23	20.6
	3	"	657.2±82.75	20.1
Chaetoceros sp. + 冷凍珪藻	1	"	703.1±68.45	20.8
	2	"	681.9±82.91	"
	3	"	712.9±50.83	20.4
粉ミルク	1	"	550.3±71.88	20.8
	2	"	623.6±82.26	"
	3	"	645.7±78.58	20.3
粉ミルク + 冷凍珪藻	1	"	616.4±80.80	20.8
	2	"	604.2±80.98	"
	3	"	598.0±46.52	20.3
マリンΣ + 冷凍珪藻	1	"	519.4±52.36	20.8
	2	"	606.9±77.92	20.7
	3	"	577.7±68.68	20.3

*ホルマリン固定標本30個体の平均体長と標準偏差

表3 稚ナマコの体長(飼育24日目)

試験区	水槽No	体長(μm)*	平均水温(°C)
Chaetoceros sp.	1	418.1±109.96	20.9
	2	379.0±95.20	"
	3	311.8±70.86	20.4
冷凍珪藻	1	-	20.9
	2	306.5±93.55	20.8
	3	-	20.5
Chaetoceros sp. + 冷凍珪藻	1	429.3±102.37	20.9
	2	444.3±67.00	"
	3	363.9±59.43	20.5
粉ミルク	1	400.2±69.02	20.9
	2	369.2±46.13	"
	3	-	20.4
粉ミルク + 冷凍珪藻	1	432.0±67.53	20.9
	2	420.5±80.78	"
	3	-	20.5
マリンΣ + 冷凍珪藻	1	301.2±119.02	20.9
	2	-	20.8
	3	-	20.5

*ホルマリン固定標本30個体の平均体長と標準偏差

表2 幼生と稚ナマコの割合(%)

試験区	水槽No	飼育24日目(試験終了日)							
		アウリクラリア	ドリオラリア	ペンタクチュラ	その他	アウリクラリア	ドリオラリア	ペンタクチュラ	その他
Chaetoceros sp.	1	48.1	51.9	7.9	92.1	0.0	5.1	94.9	
	2	76.8	23.2	5.0	95.0	0.0	12.4	87.6	
	3	57.1	42.9	4.0	96.0	0.0	24.4	75.6	
冷凍珪藻	1	100.0	0.0	3.0	97.0	0.0	100.0	0.0	
	2	100.0	0.0	46.5	53.5	0.0	35.3	64.7	
	3	100.0	0.0	4.8	95.2	0.0	94.1	5.9	
Chaetoceros sp. + 冷凍珪藻	1	44.3	55.7	0.5	99.5	0.0	4.8	95.2	
	2	93.2	6.8	2.3	97.7	0.0	6.2	93.8	
	3	36.2	63.8	3.9	96.1	0.0	11.1	88.9	
粉ミルク	1	100.0	0.0	71.9	28.1	0.0	8.8	91.2	
	2	100.0	0.0	94.3	5.7	5.4	20.0	74.6	
	3	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	0.0	
粉ミルク + 冷凍珪藻	1	100.0	0.0	90.6	9.4	0.9	5.5	93.6	
	2	100.0	0.0	62.5	37.5	0.9	7.5	91.6	
	3	100.0	0.0	100.0	0.0	82.0	16.9	1.1	
マリンΣ + 冷凍珪藻	1	100.0	0.0	100.0	0.0	21.4	52.4	26.2	
	2	100.0	0.0	100.0	0.0	29.6	69.2	1.2	
	3	100.0	0.0	100.0	0.0	5.1	90.8	4.1	

* ドリオラリアとペンタクチュラ

長は飼育開始日の1990年4月18日には400.2μmであったが、飼育6日目にChaetoceros sp.区とChaetoceros sp.+冷凍珪藻区ではそれぞれ700μm前後に成長していた。これに対し、その他の区の体長はいずれも600μm前後で、Chaetoceros sp.区とChaetoceros sp.+冷凍珪藻区の両区の体長が最も大きかった。また、10日目にはこの両区でのみアウリクラリアから変態したドリオラリアが見られた。飼育13日目にはマリンΣ+冷凍珪藻区を除いた全区でドリオラリアが見られるようになったが、この時の変態率もChaetoceros sp.区が92.1~96.0

%, Chaetoceros sp.+冷凍珪藻区が97.7~99.5%と最も高く、アウリクラリア期にChaetoceros sp.を与えていた両区が浮遊期、変態期を通して最も成長が良かった。この時、冷凍珪藻区でもドリオラリアの割合が53.5~97.0%とかなり高かったが、逆だるま型の異形ものが多数見られた。

Chaetoceros sp.とChaetoceros sp.+冷凍珪藻区の両区ではその後も順調に変態が進み、飼育24日目の5月11日には取り上げ個体中に占める稚ナマコの割合は75.6~94.9%と88.9~95.2%で、3水槽ともほとんどの個体が稚ナマコに変態していた。粉ミルクと粉ミルク+冷凍珪藻区では3水槽の内2水槽で稚ナマコへの変態率が74.6%と91.2%, 91.6%と93.6%で、ほとんど個体が稚ナマコに変態していた。しかし、残り各1水槽ではすべての個体、あるいはほとんどの個体がアウリクラリアのまま、変態がうまく進んでいなかった。このように水槽間で変態率に著しい差が出た原因は不明であった。冷凍珪藻区とマリンΣ区+冷凍珪藻区では3水槽の内2水槽では、ほとんどの個体がアウリクラリア、ドリオラリア、及びペンタクチュラのままであった。試験終了日の稚ナマコの体長はChaetoceros sp.+冷凍珪藻区の429.3μm, 444.3μm, 363.9μmと粉ミルク+冷凍珪藻区の432.2μm, 420.5μmが最も大きく、沈着期に冷凍珪藻を与えた両区の成長が良かった。次いでChaetoceros sp.区の418.1μm, 379.0μm, 311.8μmと粉ミルク区の

表4 生残個体数の経過

試験区	水槽No	飼育開始日	飼育6日目	飼育10日目	飼育24日目
<i>Chaetoceros</i> sp.	1	12.5×10 ³ 個体	11.5×10 ³ 個体	14.2×10 ³ 個体(113.6%)*	7.0×10 ³ 個体(56.0%)*
	2	"	11.9	13.9(111.2)	12.5(100.0)
	3	"	13.4	11.7(93.6)	6.9(55.2)
冷凍珪藻	1	"	13.0	11.7(93.6)	4.9(39.2)
	2	"	13.8	13.0(104.0)	9.9(79.2)
	3	"	12.6	12.3(98.4)	3.4(27.2)
<i>Chaetoceros</i> sp. +	1	"	12.1	13.6(108.8)	7.9(63.2)
	2	"	12.4	12.4(99.2)	9.2(73.6)
	3	"	11.4	13.6(108.8)	11.0(88.0)
冷凍珪藻	1	"	12.0	13.3(106.4)	8.9(71.2)
	2	"	13.3	11.9(95.2)	11.4(91.2)
	3	"	12.4	9.6(76.8)	6.3(50.4)
粉ミルク	1	"	12.7	12.7(101.6)	8.9(71.2)
	2	"	11.1	12.3(98.4)	11.0(88.0)
	3	"	10.7	1.3(10.4)	5.1(40.8)
粉ミルク +	1	"	11.3	13.0(104.0)	0.1(0.8)
	2	"	13.4	12.0(96.0)	6.6(52.8)
	3	"	13.1	13.5(108.0)	4.9(39.2)
マリンΣ +	1	"	11.3	13.0(104.0)	0.1(0.8)
	2	"	13.4	12.0(96.0)	6.6(52.8)
	3	"	13.1	13.5(108.0)	4.9(39.2)

*生残率

400.2μm, 369.2μmであり、冷凍珪藻区とマリンΣ+冷凍珪藻区が306.5μmと301.2μmで、最も成長が劣っていた。

生残個体数の経過は表4に示した。飼育6日目まではアウリクラリアの推定生残率は全水槽とも100%前後で、各区ともほとんどの個体が生存していた。10日目も同様ほとんどの個体が生存していたが、粉ミルクを投与していた粉ミルク区と粉ミルク+冷凍珪藻区の各1水槽では幼生数の減少がみられ、粉ミルク区で76.8%、粉ミルク+冷凍珪藻区で10.4%に生残率が低下していた。飼育24日目の試験終了時の生残率は*Chaetoceros* sp.区が56.0%、100.0%、55.2%、*Chaetoceros* sp.+冷凍珪藻区が63.2%、73.6%、88.2%、粉ミルク区が71.2%、91.2%、50.4%、粉ミルク+冷凍珪藻区が71.2%、88.0%、40.8%で、これら4区では3水槽とも40.0%以上の高い生残率を示していた。しかし、冷凍珪藻区は39.2%、79.2%、27.2%、マリンΣ+冷凍珪藻区は0.8%、52.8%、39.2%で、両区では生残率40%以下のものが2水槽と、生残率の低い水槽が多かった。

表5に当県における1981年~'90年までのマナマコの種苗生産に用いた餌料の種類と種苗生産の生残率を年度別に示した。表に示すように、生残率は年度や水槽間により大きな開きがあり、生産は非常に不安定である。へい死は変態時期によく見られるが、へい死原因がはっきりしないことが多い。そこで、生残率を向上させるため、こ

れまで浮遊期、沈着期を通して浮遊性の強い*Chaetoceros* sp.や*Pavlova lutheri*などの餌料を与えてきたのに変え、浮遊期にはこれまでどおり*Chaetoceros* sp.を投与するが、沈着後は沈下性の強い冷凍珪藻を投与する飼育を試みた。この結果、63.2~88.0%と高い生残率は得られたが、*Chaetoceros* sp.単独投与区でも55.2~100%とほぼ同じ高い生残率を示したため、この投与方法が生産の安定につながるが否かを確認することは出来なかった。しかし、沈着後の成長は冷凍珪藻を与えた方が早く、この点で冷凍珪藻がドリオリリア期以降の餌料として有効であることが明らかとなった。

表5 年度別のマナマコの種苗生産に用いた餌料と生残率の結果

年度	餌料の種類	生残率(%)	
		範囲	平均
1981	Chae.sp.+ Pav.l.*	32.0~55.6	50.0
82	"	7.9~31.4	22.6
83	"	0.6~41.1	26.0
84	"	7.3~11.3	9.4
85	"	0~20.5	8.8
86	Chae.sp.	12.5~88.6	50.0
87	Chae.gr.	6.0~27.3	15.6
88	Chae.sp.	26.3~47.6	38.5
89	"	40.8~86.3	61.1
90	"	17.0~47.6	36.2

* Chae.sp.は *Chaetoceros* sp., Chae.gr.は *Chaetoceros glaciris*., Pav.l.は *Pavlova lutheri*

アウリクラリア期に粉ミルクやマリンΣを与えていた区では成長が劣っていた。また、変態がうまく進まず、稚ナマコが全く生産できないか、あるいは稚ナマコ生産個体数が非常に少ない水槽もみられた。このことは、これらの市販餌料が成長や生産の安定という面で劣っていると言える。さらに、これらの2区では、飼育水中に繁殖した原生動物等の数を計数していないため明らかではないが、投与したこれらの餌料が餌とならず、二次的に繁殖した飼育水中の原生動物などが餌となっていた可能性もある。この点も、今後確認しておくことが必要と思われる。

冷凍珪藻区で成長、生残が劣っていたことや変態期に異形個体が多かったのは、餌料の沈下が早かったことから、浮遊期に餌不足となったことや通気量が多過ぎたこと等が原因として考えられた。

今後の問題点

ドリオラリア以降の沈着期に冷凍珪藻を投与することが稚ナマコの安定生産につながるか否かと粉ミルクが幼生の直接の餌料となっているか否かを明らかにする必要がある。

要 約

1. マナマコ種苗生産の安定化と餌料培養の省力化を

目的として、*Chaetoceros* sp.、冷凍珪藻、粉ミルク、及びマリンΣの4種類の餌料を用い、6とおりの餌料系列で幼生の飼育試験を実施した。

2. *Chaetoceros* sp.と冷凍珪藻併用区では高い生残率が得られたが、*Chaetoceros* sp.区とほぼ同じで、生産の安定につながるか否かを明らかにすることは出来なかった。

3. しかし、沈着期以降冷凍珪藻を投与した*Chaetoceros* sp.と冷凍珪藻の併用区や粉ミルクと冷凍珪藻の併用区では沈着後の成長が良かった。

4. 浮遊期に粉ミルクやマリンΣを与えた粉ミルク区、粉ミルクと冷凍珪藻の併用区、マリンΣと冷凍珪藻の併用区では幼生期の成長が劣り、稚ナマコの生産も不安定であった。

5. また、冷凍珪藻区でも成長や生残が劣っていたが、この原因として浮遊期の餌不足や通気量の過多等が考えられた。

文 献

- 1) 龍口克己, 1988: マナマコ*Stichopus japonicus* SELENKAの増殖に関する研究-Ⅷ, 採卵及び幼生飼育技術開発, 福岡県豊前水産試験場研究報告, 1, 77-79