

附着珪藻板飼育時の照度が稚ナマコの成長と生残に及ぼす影響

山浦啓治*・江口勝久*

The effects of light intensity on the growth and survival of sea cucumber *Apostichopus japonicus* using attaching diatom for culturing feed

Keiji YAMAURA* and Katsuhisa EGUCHI*

In order to specify the proper light intensity to culture sea cucumber *Apostichopus japonicus* using attaching diatom for feed, we conducted culture experiments under the different light intensity conditions. As the results, both of growth and survival of sea cucumbers (red type and blue type) were improved more when the light intensity was higher. The data on species, cell density and coverage of attaching diatom in each test section showed that the proper diatom species for sea cucumber was richer when the light intensity was higher. Then, the higher light intensity can make the growth and survival of sea cucumber improve more through prompt luxuriance of attached diatom.

キーワード：遮光，紫外線，種苗生産，アカナマコ，アオナマコ

マナマコの種苗生産工程における稚ナマコ飼育においては、一般的に浮遊幼生から稚ナマコへの着底（変態）促進やその後の餌料としての役割がある附着珪藻を基質に繁茂させた附着珪藻板が用いられる¹⁾。

この餌料となる附着珪藻の質（種類）や量は稚ナマコの成長や生残に影響し¹⁾、基質に海水中の天然珪藻を自然に繁茂させて用いる場合、その質や量は地先の海域特性等の自然条件や培養方法等の人為的条件に影響を受けると考えられる。附着珪藻は光合成を行う植物であるため、照度はその質や量を左右する重要な項目であり、当センターでは天候や繁茂状況等に応じて遮光率の異なる遮光幕を用いた附着珪藻の培養・維持管理を実践している²⁾。

一方、マナマコにとって照度（紫外線）は高すぎれば減耗の要因となり^{3,4)}、特に影響を受けやすい飼育初期においては大量減耗の一要因と推測されている⁴⁾。このことから、藤崎ら⁵⁾はそれまで実践していた照度よりも低い照度で種苗生産を行い、その結果を過去4年間の飼育結果と比較することで、附着珪藻を使用した稚ナマコ飼育では照度を低く抑える方が生残率は高く、水槽あたりの取り上げ個体数は多いとの結果を得ている。しかし、

その報告においては生残率（取り上げ個体数）のみで比較を行い、成長（取り上げ時の体長）の比較は行われていない。また、照度以外の条件も異なる生産年間の比較であるため、得られた結果が照度以外に起因する可能性は否定できない。

以上の背景から、本研究ではマナマコの附着珪藻板飼育時において、照度（遮光率）条件のみを離れた試験区間で、稚ナマコの生残と成長の比較試験を行った。また、一部の飼育試験においては附着珪藻の質や量も比較し、それらの結果をもとに稚ナマコ飼育時における適正な照度に関する検討を行った。

材料および方法

照度別の飼育試験

飼育試験はアカナマコで2回、アオナマコで3回行った。試験に供試した稚ナマコは、当センターで種苗生産中の採苗後40日前後の体長2～7mmサイズの種苗である。飼育試験は、当センターの屋外コンクリート15㎡水槽（9.0×1.5×1.0m）にニップ網製（30目、オープニング691μm）の生簀を設置して行った。附着板は塩化

* 現 水産課

ビニール製の32×40cmの付着板10枚をホルダーで固定したものを1セットとした。生簀の大きさと付着板の数は、2.0×1.5×0.5mの生簀に付着板18セット設置または、9.0×1.5×0.5mの生簀に付着板80セット設置したものを使用し、比較する試験区では共通となるようにした。通気管は内径13mmのパイプに3cm間隔で直径1mmの穴を開けたものを水槽長辺に対し、平行に2本設置し、通気した。飼育水槽への注水は、水槽上部からのシャワー方式で、1日当り5～10回転量とした。

飼育容器内への稚ナマコの収容は、稚ナマコが付着した付着珪藻板の移槽および飼育生簀に付着した稚ナマコをタモ網ですくい取るにより行った。収容時の稚ナマコの計数は、比例法により算出した。

試験区は、遮光幕を設置しないもの（遮光率0%区）、遮光率50%の遮光幕を設置するもの（遮光率50%区）、遮光率70%の遮光幕を設置するもの（遮光率70%区）、遮光率90%の遮光幕を設置するもの（遮光率90%区）の合計4区を設定し、その中で試験回次毎に3～4区を設定した。なお、遮光率毎の飼育水面直上の照度は、遮光率0%区（遮光幕なし）で 10×10^4 Luxの場合、遮光率50%区で 2×10^4 Lux程度、遮光率70%区で 0.3×10^4 Lux程度、遮光率90%区で 0.1×10^4 Lux程度である。

各試験区に共通の飼育管理として、付着珪藻板の反転と栄養塩の添加を週2～3回行った。

稚ナマコの取り上げは、0.4%塩化カリウムを使った麻酔処理により行った。取り上げた稚ナマコの数は、全数を計数し、平均体長はメンツールで麻酔後に測定した⁶⁾。

付着珪藻種同定、密度計数、被覆度算出

アカナマコ飼育試験2回次およびアオナマコ飼育試験3回次においては、試験区毎に付着珪藻の種同定、密度の計数、被覆度の算出を以下の方法で行った。

1. 各試験区の飼育容器内から標準的と思われる付着珪藻板を3枚取り出し、そのそれぞれの上・中・下部を1cm切り取った。
2. それらを、1NのHCl20mlと共に試験管に入れ、24時間放置して粘着力を低下させた。
3. その試験管に径1mmのガラス玉を150～200個入れて攪拌し、付着珪藻板上の珪藻を完全に脱落させた。
4. これから一定量の液を取り、光学顕微鏡下で属レベルまでの種の同定、種類毎の細胞数の計測、1細胞あ

たりの表面積の算出を行った。光学顕微鏡下では類似種との識別が困難な種の同定に関しては、当センターでよくみられる付着珪藻種を、電子顕微鏡下で同定した過去の知見⁷⁾も参考とした。被覆度の算出は単位面積あたりの細胞数に1細胞あたりの表面積を乗じることによって算出した。

結 果

照度別の飼育試験

照度別（遮光率別）の飼育試験結果を表1に示す。アカナマコ、アオナマコの飼育試験に共通して、飼育時の照度が高くなる（遮光率が低くなる）に従い、生残率、成長量ともに高くなる傾向がみられた。

表1 遮光率別の飼育試験結果

回次	遮光率 (%)	試験日数 (日)	試験開始時		試験終了時		生残率 (%)	日間成長量 (mm/日)
			収容個体数 ($\times 10^4$)	平均体長 (mm)	取り上げ個体数 ($\times 10^4$)	平均体長 (mm)		
P A L K O	70	48	2.3	7.4	2.2	12.3	95.3	0.10
	50	49	2.5	6.1	2.0	16.7	81.1	0.22
	0	50	3.3	6.7	2.7	20.6	83.4	0.28
	70	62			2.9	8.5	58.4	0.08
	50	57	5.0	3.3	3.8	12.2	76.1	0.21
	0	58			4.6	17.8	91.1	0.31
平均	70					76.9	0.09	
	50					78.6	0.22	
	0					87.3	0.30	
A O N A M A K O	90	62			0.47	12.1	53.0	0.16
	70	62	0.80	2.4	0.57	15.1	63.8	0.24
	50	63			0.72	18.5	80.8	0.29
	0	63			0.60	30.3	67.6	0.48
	90	66	1.5		1.6	12.1	100.0	0.14
	50	65	1.4	2.7	1.4	15.1	100.0	0.23
平均	90					89.5	0.29	
	70					70.7	0.20	
	50					75.5	0.36	
	0					84.0	0.37	
平均	90					76.5	0.15	
	70					56.7	0.22	
	50					80.1	0.29	
	0					80.4	0.38	

付着珪藻種同定、密度計数、被覆度算出

アカナマコ飼育試験2回次、アオナマコ飼育試験3回次の試験終了時の各試験区における主な付着珪藻の種類と細胞密度を表2に示す。また、それら回次の付着珪藻の被覆度の推移を図1, 2に示す。

アカナマコ、アオナマコの飼育試験に共通して、出現種数は照度が高くなるにつれて多くなる傾向がみられ

た。その種組成は、照度が高くなるにつれ *Navicula* 属の1種や *Coscinodiscus* 属の1種、照度が低くなるにつれ *Flagilaria* 属の1種の占める割合が高くなる傾向が、アカナマコ、アオナマコ飼育試験に共通してみられた。また、細胞密度に関してはアカナマコ、アオナマコ飼育試験ともに遮光率70%区が最も低く、次いで遮光率0%区であり、50%区が最も高い傾向にあった。

細胞の大きさを考慮した被覆度の推移を見ると、例外もあるが、アカナマコ、アオナマコ飼育試験共に照度が高くなるにつれ、被覆度が高くなる傾向がみられた。また、種類毎の被覆度は細胞密度と同様の傾向であり、照度が高くなるにつれ *Navicula* 属の1種や *Coscinodiscus* 属の1種、照度が低くなるにつれ *Flagilaria* 属の1種の占める割合が高くなる傾向がみられた。

表2 各試験区における付着珪藻の種類と細胞密度 (アカナマコ2回次, アオナマコ3回次の飼育試験終了時)

種類(属名)	大きさ(μm)		飼育試験終了時の細胞密度(万細胞/cm ²)					
			アカナマコ			アオナマコ		
			長軸	幅	70%区	50%区	0%区	70%区
<i>Navicula</i> sp.(単体)	20~30	3~8	40.2	66.0	93.9	18.0	59.1	64.9
<i>Navicula</i> sp.(群集)	20~30	3~8	-	19.3	24.5	-	19.2	52.0
<i>Nitzschia</i> sp.(大型)	110~200	6~8	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia</i> sp.(中型)	30~60	2~5	1.4	8.4	4.3	1.8	8.5	7.1
<i>Flagilaria</i> sp.	50~70	4~8	28.6	65.6	-	22.5	82.0	17.1
<i>Melosira</i> sp.	20~40	30~40	-	-	0.6	-	1.0	0.4
<i>Licmophora</i> sp.	60~90	4~8	-	-	1.7	-	-	0.5
<i>Entomoneis</i> sp.	100~150	30~50	-	0.5	-	-	0.5	-
<i>Achnanthes</i> sp.	50~70	20~25	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus</i> sp.	60~80	60~80	-	-	1.5	-	2.3	7.1
<i>Cocconeis</i> sp.	30~50	20~30	-	-	-	-	-	1.3
計			70.2	159.8	126.4	42.3	172.5	150.5

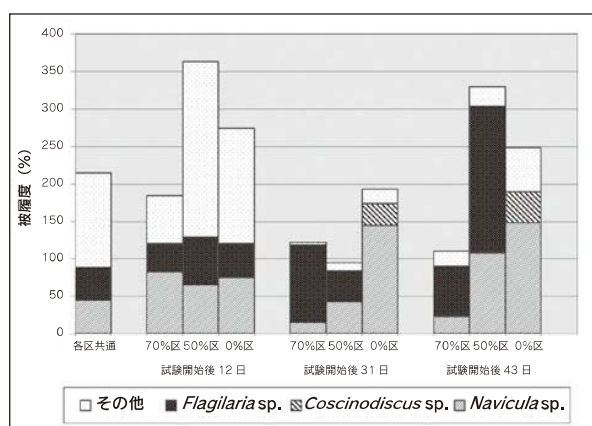


図1 各試験区における代表的な付着珪藻の種類と被覆度の経時変化 (アカナマコ2回次)

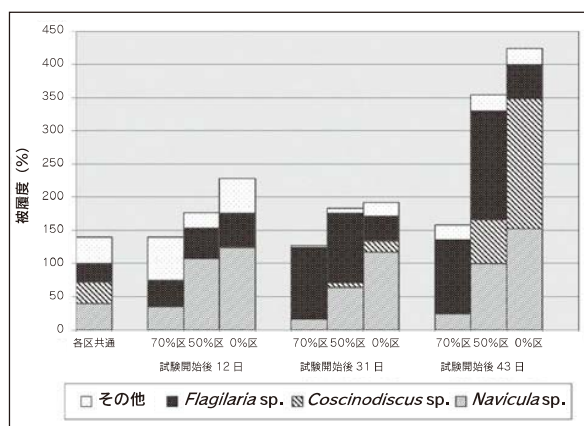


図2 各試験区における代表的な付着珪藻の種類と被覆度の経時変化 (アオナマコ3回次)

考 察

本試験の結果、アカナマコ、アオナマコともに飼育時の照度が高い(遮光率が低い)ほうが生残、成長ともに良い傾向にあった。同時に行った各試験区の付着珪藻種同定、密度計数、被覆度の結果を併せて考えると、稚ナマコの成長や生残は餌料である付着珪藻の種類と量が大きく影響していると推測される。

各試験区での付着珪藻の細胞密度や被覆度は遮光率0%区よりも50%区の方が低い場合がみられたが、それは照度が低い区に多くみられた *Flagilaria* 属の1種の影響である。この *Flagilaria* 属の1種はマナマコの糞中に、未消化のまま排泄されている割合が他の種類よりも多く(筆者ら未発表)、マナマコの餌料として適さないと思われている種類である。したがって、*Flagilaria* 属の1種を除いた、マナマコの餌料に適していると思われる付着珪藻種の量は、遮光率が低いほど多く、それが成長や生残に反映されていると考えられる。今後はマナマコ餌料に適した付着珪藻種類に関する詳細な検討が必要であろう。

本試験の結果から、餌料として付着珪藻を中心に使用する場合、アカナマコ、アオナマコ共に屋外で照度を高くした(遮光率を低くした)状態での飼育が望ましいと考えられるが、一方で、特に飼育初期においては、高い照度(紫外線)は稚ナマコの減耗要因となる^{3,4)}。したがって実際の生産現場では、稚ナマコに減耗が起こらない範囲で、できるだけ付着珪藻の繁茂を促す照度の設定を行うことが重要となる。当センターでは、現在、暫

定的な基準として、採苗～15日後（体長2mmまで）の期間を遮光率70%（晴天時で飼育水面直上の照度が3,000Lux程度）、15日～30日後（体長5mmまで）を遮光率50%（20,000Lux程度）、それ以降の期間を遮光率0%（遮光幕無し）（80,000Lux以上）としている。

遮光率を変更する場合には、一部の水槽で試行した後、全体で行う。また、例えば真夏の晴天時の日中に遮光率を変更する等の急激な遮光率の変更は減耗の要因となるため、遮光率の変更は、曇天の日か夕方に行っている。稚ナマコは照度が高い場合、付着珪藻板の下側や水槽底面に移動することで光を避け、高照度に対応していると予想される。急激に照度を変化させると、この移動の時間が十分でなく、特に移動速度が遅い小型個体（体長5mm以下）では萎縮して斃死する可能性があることを確認している。

以上のような照度設定や遮光率変更方法で現在までのところ紫外線によると思われる大量減耗は確認していない。本試験では、実際に生産で行っている時期より早い、体長2～3mmで遮光無しとしても影響はないという結果が得られており、今後より早い段階での遮光幕の撤去を検討する必要がある。

また、この照度設定における適正値は普遍的なものではなく、生産する地域（緯度）、生産の時期、付着器の種類・大きさ、水槽の形状、飼育水の透明度、通気の強さ・方

法、種苗の活力等で変わることが予想される。よって各飼育方法に適した照度設定を明らかにし、実践することが望ましいと考えられる。

文 献

- 1) 伊藤史郎 (1994) : マナマコの人工大量生産技術の開発に関する研究. 佐裁漁セ研報, 4 : 1-87.
- 2) 伊藤史郎 (1996) : マナマコの種苗生産. 「佐賀県栽培漁業センターにおける種苗生産マニュアル」(佐賀県栽培漁業センター), 69-109.
- 3) 小林 信・石田雅俊 (1984) : 稚ナマコの減耗要因に関する二・三の実験. 栽培技研, 13 : 41-48.
- 4) 藤崎 博, 岡山英史, 青戸 泉 (2005) : マナマコの初期飼育における照度-I. 佐玄水振セ研報, 3 : 39-42.
- 5) 藤崎 博, 岡山英史, 青戸 泉 (2005) : マナマコの初期飼育における照度-II. 佐玄水振セ研報, 3 : 43-45.
- 6) 畑中宏之・谷村健一 (1994) : 稚ナマコの体長測定用麻醉剤としての menthol の利用について. 水産増殖, 42 : 221-225.
- 7) 岡山英史, 中島則久 (2003) : 種苗量産技術開発事業 (8) 種苗生産に用いた付着珪藻種の同定. 平成14年度佐玄水業報, 132-133.