

稚ナマコ (アカナマコ) 飼育における付着珪藻以外の餌料の比較

江口勝久*

A suitable secondary food for juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus* besides usual diatoms on the rearing plates

Katsuhisa EGUCHI *

The effects of secondary food, which were additionally fed to the juveniles of sea cucumber *Apostichopus japonicus* besides usual diatoms on the rearing plates, were tested in order to develop appropriate rearing techniques. On early rearing stage (up to 15days), the planktonic diatom *Chaetoceros neogracile* was suitable for an additional food. After the 15 days, the powdered algae *Laminaria japonica* was suitable for one. We have the plan to improve the compounded feed for sea cucumber juvenile by adding other matters to powdered *Laminaria japonica*.

キーワード : *Chaetoceros neogracile*, マコンブ, *Laminaria japonica*, *Ascophyllum nodosum*,

当センターのマナマコ種苗生産における稚ナマコ飼育工程においては、着底(採苗)～取り上げ・配布までの全期間を通して、付着基質に繁茂させた付着珪藻を主たる餌料と位置づけている¹⁾。一方、前報²⁾では、付着珪藻に加え海藻粉末を主体とした配合餌料(以下、配合餌料)を併用給餌することにより、稚ナマコの成長や生残が向上することを報告した。しかし、前報は実績のある海藻粉末リピックBW(栄研商事)の販売中止を受けて緊急的に行ったため、検証に用いた餌料種類の数が少なかった。

また、当センターでは北海道の飼育方法³⁾を参考に、着底から約15日間(体長2mmまで)は浮遊珪藻キートセロス・ネオグラシーレを併用給餌し、その後海藻粉末主体の配合餌料に切り替える餌料系列を暫定的に採用しているが、当センターの飼育方法に即した形での検証はこれまで行っていない。

以上の背景から、付着珪藻と併用給餌効果の高い稚ナマコ餌料の種類を明らかにすることを目的とした餌料試験を実施した。

材料および方法

餌料試験は、1. 着底初期の餌料種類を検討するため

の着底後30日間における100L規模での試験、2. それ以降の餌料種類を検討するための着底後15～45日目までの100L規模での試験、3. 試験2の結果をふまえた実際の種苗生産における実証試験の3つを実施した。

1. 100L 規模での餌料試験(着底後30日間)

着底初期(着底後30日間)の稚ナマコ飼育に適した餌料を明らかにするための餌料試験を100L規模で行った。

試験は室温20℃に保った恒温室(照度約200Lux)で行い、飼育容器は100L容の透明ポリカーボネイト円形水槽を用いた(飼育水量100L)。あらかじめ付着珪藻を繁茂させた付着板(32×40cm)1枚に約100個体のアカナマコ(平均体長±標準偏差=0.53±0.11mm)を前日に付着させた。この付着板10枚を1セットとしてホルダーで固定したものを飼育容器内に設置した。飼育水は砂濾過後紫外線殺菌を行った海水を用い、換水は2日おきに飼育水の半分とした。各水槽にφ50mmのエアストーン1個を設置し、0.1L/分程度で通気した。飼育試験期間は30日間とし、収容後15日目と試験終了時にメントール麻酔後⁴⁾の全長を測定した。また、試験終了時に生残尾数を計数した。

試験区は付着珪藻単独区と、併用餌料種類別に3区を設定し、各区で2例、合計8例で行った。使用した併

* 現 水産課

用餌料はこれまでに実績のある自家培養したキートセロス・ネオグラシーレ³⁾ (以下、浮遊珪藻)、北欧産の大型褐藻 *Ascophyllum nodosum* の粉末 (以下、アスコフィルム粉末) (商品名;アルギンゴールド, アンデス貿易)、付着珪藻 *Merosira* sp. と *Fragilariopsis* sp. の粉末 (以下、付着珪藻粉末) (商品名;ダイアパウダー, マリントック) の3種類とした。給餌量は浮遊珪藻が2万細胞/mlとなるように毎日、アスコフィルム粉末、付着珪藻粉末は2g / 水槽を換水後 (2日おき) にミキサーで海水に懸濁させた後、給餌した。

2. 100L 規模での餌料試験(着底後 15 ~ 45 日目)

着底後 15 日以降の稚ナマコ飼育に適した餌料を明らかにするための餌料試験を 100L 規模で行った。

餌料試験は当センター飼育棟内で行い (最大照度約 5,000Lux), 飼育容器は 100L 容の角形コンテナ (飼育水量 90L) を用いた。あらかじめ付着珪藻を繁茂させた付着板 (32 × 40cm) 1 枚に約 100 個体のアカナマコ (平均体長 ± 標準偏差 = 2.53 ± 0.66mm) をに付着させた。この付着板 10 枚を 1 セットとしてホルダーで固定したものを飼育容器内に設置した。飼育水は自然水温の砂濾過海水を用い、換水率約 5 回転 / 日で掛け流した。1 週間に 1 度、サイフォンによる底掃除を実施した。各水槽に φ50mm のエアストーン 1 個を設置し、0.1L / 分程度で通気した。飼育試験期間は 30 日間とし、試験終了時に、生残尾数の計数、メントール麻酔後⁴⁾ の全長測定を実施した。

試験区は付着珪藻単独区と、併用餌料種類別に 4 区を設定し、各区で 2 例、合計 10 例で行った。使用した併用餌料は試験 1 でも使用した付着珪藻粉末と、アスコフィルム粉末に加え、中国産マコンブの粉末 (以下、マコンブ粉末) (商品名ラミナリアジャポニカ, アンデス貿易)、チリ産褐藻の粉末 *Lessonia nigrescens* (以下、レソニア粉末) (商品名レソニア, アンデス貿易) の 4 種類とした。

各併用餌料は、商品毎に粒径 (メッシュサイズ) が異なるため、試験にあたっては 125 μm の篩から落ちたものを使用し、できるだけ粒径を揃えるようにした。給餌は 1 日おきとし、給餌量は海藻粉末 3 種では飼育容器毎に 2g / 回 / 水槽、付着珪藻粉末はコスト面を考慮して 1g / 回 / 水槽とした。給餌の際は、各種餌料をミキサー

で海水に懸濁後、飼育容器内に散布し、流出を防ぐために注水を 5 時間程度止めた。

3. 生産規模での比較試験

試験 2 の結果、生残は各餌料で差はないが、成長はマコンブ粉末が最も良く、次いでアスコフィルム粉末であった。付着珪藻粉末もアスコフィルム粉末と同等の成長を示したが、コスト面から生産規模での使用は難しいと判断した。なお、各併用餌料の購入価格 (税抜き) は、アスコフィルム粉末が 275 円 / kg, マコンブ粉末が 280 円 / kg, レソニア粉末が 200 円 / kg, 付着珪藻粉末が 26,000 円 / kg である。

試験 2 の結果とコスト面から判断し、着底後 15 日以降の生産規模における餌料価値を検討するため、成績の良かったマコンブ粉末給餌区とアスコフィルム粉末給餌区の 2 群を各試験区で 4 水槽ずつ設定して成長と生残を比較した。

比較試験に使用した稚ナマコは 2013 年 4 月 9 日に採卵し、4 月 26 日に 4 水槽に採苗し、その後約 2 週間後に 8 水槽に分槽したほぼ同じ生産履歴のものである。餌料試験は 5 月 11 日 (着底後 15 日) から開始し、各水槽で異なるが、6 月 27 日 ~ 7 月 9 日 (着底後 62 ~ 76 日) の取り上げまで行った。試験開始直後に水槽毎の稚ナマコの個体数、全長を計数・計測し、試験終了後も同様の計数・計測を行った。試験開始前の稚ナマコの個体数は抽出率 1% で付着板 1 枚当たりの稚ナマコ個体数を計数し、その値を水槽全体に引き延ばして推定した。試験終了後の個体数は、水槽全体の個体を取り上げた後、重量法により個体数を推定した。全長の計測はメントール麻酔後⁴⁾ に行った。

用いた併用餌料種類以外の稚ナマコ飼育の方法は、江口⁵⁾ に準じて各試験区ではほぼ同様の方法で行った。飼育水槽は当センターの屋外 15m² 角形コンクリート水槽 (長辺 9.0 × 短辺 1.5 × 深さ 1.0m) の上層部約 1/3 程度が実効水量となるよう二重底としたものを使用し、内側にポリエチレンネット (100 目) を設置した。そこに稚ナマコが付着した付着珪藻板 (40 × 32cm) を約 1000 枚 (10 枚 1 セットを 100 セット) 設置した。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 本設置した。水槽上部に遮光幕 (遮光率 30 ~ 70%) を設置し、天候や稚ナ

マコのサイズ、付着珪藻の繁茂状況等を勘案し、遮光率を適宜変更した。注水は、試験開始当初の3回転/日から終了時の7回転/日まで適宜増加させた。

海藻粉末を餌料として用いる場合、貝化石等の無機物を混合した方が稚ナマコの成長と生残が向上するという知見⁶⁻⁸⁾をもとに、各海藻粉末にと貝化石(商品名: フィッシュグリーン, グリーンカルチャ)を同重量混合したもの(以下配合餌料)を使用した。

給餌量は各試験区および試験区内の水槽全てで共通とし、着底後15~30日目は100g/水槽, 31日~45日目は150g/水槽, それ以降は200g/水槽とした。給餌回数は週3回とした。配合餌料はミキサーで海水中に懸濁させ、水槽内に均一に散布して給餌し、その後2~5時間程度注水を止めて餌料の流出を防いだ。

結果

1. 100L 規模での餌料試験(着底直後~30日間)

試験期間中の水温は19.9~21.2℃の範囲内であった。飼育試験結果を表1に示す。試験開始後15日目の平均体長は、付着珪藻粉末、浮遊珪藻、アスコフィルム粉末、付着珪藻単独の順であり、試験終了時(30日目)の平均体長はアスコフィルム粉末、付着珪藻粉末、浮遊珪藻、付着珪藻単独の順であった。生残率は、アスコフィルム粉末で69.5%と低く、それ以外の試験区ではいずれも90%程度であった。

表1 餌料別の飼育試験結果

餌料種類 (種名等)	平均体長(mm)		生残率 (%)
	開始時	15日後	
付着珪藻単独 (付着珪藻のみ)		2.43	89.2
浮遊珪藻 (<i>Chaetoceros neogracile</i>)	0.53	3.16	93.2
アスコフィルム粉末 (<i>Ascophyllum nodosum</i>)		4.35	69.5
付着珪藻粉末 (<i>Merosira</i> sp. <i>Fragilariopsis</i> sp.)		3.86	91.2

2. 100L 規模での餌料試験(着底後15~45日)

試験期間中の水温は19.5~23.5℃の範囲内であった。試験結果を表2に示す。

試験終了時の平均体長は、マコンブ粉末、アスコフィルム粉末、付着珪藻粉末、レソソニア粉末、付着珪藻単独の順であった。生残率は、94.7%~100%であり、各試験区で大きな差はみられなかった。

表2 餌料別の飼育試験結果

餌料種類 (種名等)	平均体長(mm)		日間成長量 (mm/日)	生残率 (%)
	開始時	終了時		
付着珪藻単独 (付着珪藻のみ)		4.45	0.06	95.6
アスコフィルム粉末 (<i>Ascophyllum nodosum</i>)		7.64	0.15	96.7
マコンブ粉末 (<i>Laminaria japonica</i>)	2.53	8.23	0.17	98.0
レソソニア粉末 (<i>Lessonia nigrescens</i>)		6.55	0.12	100.0
付着珪藻粉末 (<i>Merosira</i> sp. <i>Fragilariopsis</i> sp.)		7.41	0.15	94.7

3. 生産規模での比較試験

生産規模での試験結果を表3に示す。使用した2種類の比較ではほとんど差は無かったが、マコンブ粉末が生残・成長共に若干優れていた。

表3 生産規模での飼育試験結果

餌料種類 (種名)	体長(mm)		日間成長量 (mm/日)	個体数($\times 10^4$)		生残率 (%)
	開始時	終了時		開始時	終了時	
マコンブ粉末 (<i>Laminaria japonica</i>)	2.4	13.8	0.23	65.6	57.5	87.6
アスコフィルム粉末 (<i>Ascophyllum nodosum</i>)	2.4	13.3	0.22	64.2	51.6	80.4

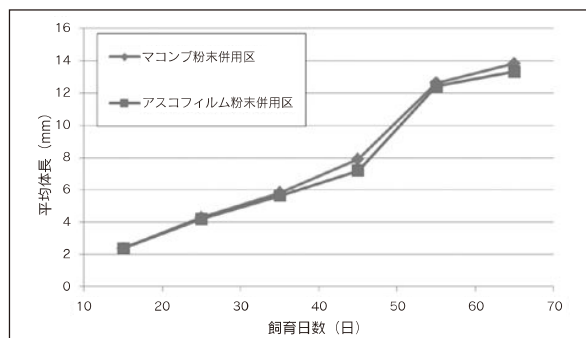


図1 生産規模での成長の比較

考察

試験1の結果から、試験に用いた付着珪藻と併用する餌料3種(浮遊珪藻, アスコフィルム粉末, 付着珪藻粉末)全てで、付着珪藻のみでの飼育に比べ成長が向上することが明らかとなり、試験終了時点(着底後30日目)ではアスコフィルム粉末給餌区で最も成長がよかった。ただし、生残率が他よりも低く、その高成長が減耗による飼育密度の低下に起因する可能性も考えられる。この減耗原因については、アスコフィルム粉末の給餌によって水質が悪化したためと推定された。北海道³⁾においては、今回使用した海藻粉末と種類は異なるが、リビク

BWを用いて稚ナマコ育成を行い、給餌量が2g/2日/100Lで水質の悪化が原因と思われる斃死を確認している。したがって海藻粉末を稚ナマコ飼育初期に使用する場合は、北海道³⁾で実践されているように、その飼育方法に適した給餌量や換水率等をよく検討する必要があると考えられる。

一方、着底後15日時点での体長は、用いた3種の餌料間でほとんど差はみられなかったことから、着底後15日程度(体長2mm程度)までの飼育においては、各餌料の特性と飼育方法を考慮して、使用する餌料を選択すればよいと考えられる。すなわち飼育初期における稚ナマコ餌料としての浮遊珪藻の長所は、水質悪化が少ないことであり、短所は培養に手間がかかること、培養せず購入品を使用すればコストが高くなることである。海藻粉末の長所は、低コストであり、短所は先述のとおり水質悪化を招きやすく給餌量や換水量等に注意が必要なことである。付着珪藻粉末の長所は、海藻粉末に比べ水質悪化が少ないことであり、短所はコストが高くなることである。当センターの飼育方法は、採苗後10~15日程度は採苗率上昇を目的として3~5℃程度の飼育水の加温を行っており、加温コスト削減のため換水率を極力減らしている。こうした、飼育方法や前述の各併用餌料の特性、さらには低コスト化の観点を考慮すると、当センターの着底後15日程度までの初期飼育においては、海藻粉末や付着珪藻粉末ではなく、浮遊珪藻を自家培養して使用することが望ましいと考えられる。浮遊珪藻の給餌量は本試験では2万細胞/mlと設定したが、北海道³⁾の知見では8万細胞/ml程度が妥当とされている。当センターの培養施設の制約や培養の手間、コストを考慮すると、8万細胞/mlでの供給は難しいが、できるだけ浮遊珪藻の給餌量を増やすことで初期の高成長を図ることが重要と考えられる。

試験2の結果から、試行した付着珪藻と併用する餌料4種(海藻粉末3種、付着珪藻粉末1種)全てで、付着珪藻のみでの飼育に比べ成長が向上することが明らかとなった。また、各餌料で生残率に大きな差はなかったが、成長はマコンブ粉末で最も良かった。今回の試験に用いた各併用餌料は成分や形状等種々の条件が異なる。そのため、本試験結果から各餌料で成長が異なる要因を明らかにすることはできない。しかしながら、これまでの稚ナマコ餌料に関する先行研究例を参考にすると、稚ナマ

コに対する餌料価値を左右する要因としては、タンパク質含量や脂質含量およびそれらの質源(種類)、その他ビタミン、ミネラル、灰分等の無機物等の餌料中の成分、餌料の形状(物性)、嗜好性等が挙げられており⁷⁻²⁰⁾、良好な結果が得られたマコンブ粉末ではこれらが他の餌料よりも総合的に優れていることが推測される。

一方、試験2の結果を受けて実際の種苗生産で実施した実証試験においては、マコンブ粉末とアスコフィルム粉末で成長、生残ともにほとんど差が無かった。この試験2と異なる結果が得られた要因については、主の餌料と位置づけている付着珪藻の影響ではないかと推定している。

試験2は、屋内で実施し、最大照度は5,000Lux程度、一方試験3は屋外で実施し、最大照度は100,000Lux程度であった。付着珪藻を使用した稚ナマコ種苗生産においては、紫外線による減耗が起こらない範囲では、照度が高い方が成長は良く、それは照度の違いにより付着珪藻の繁茂状況(質や量)が変わることが要因と考えられている²¹⁾。定性的な観察では、試験3に比べ試験2では付着珪藻の色づきが薄く、その繁茂状況は良くないと考えられた。すなわち、試験2においては付着珪藻の繁茂が十分でなく、試行した餌料が全体の餌料に占める割合が高かったのに対し、試験3では付着珪藻が十分に繁茂していたため、餌料が全体の餌料に占める割合が低くなり、結果として試行した2種の実験用海藻粉末による差がなかった可能性がある。

近年、マナマコの種苗生産や養殖が盛んに行われている中国においては、海藻粉末に、魚粉、魚油、海底の泥、大豆粕、ビタミン、ミネラル、酵母、免疫賦活剤等を混合して与えることが多い^{23, 24)}。我が国においても、海藻粉末を主体とし、タンパク質や無機物を混合した稚ナマコ餌料に関する研究例が知られている^{8, 25)}。

本研究は、それら稚ナマコ配合餌料の主となる海藻粉末を、現状で利用可能なものの中から探索することが目的であった。試験3において差はほとんどみられなかったが、試験2で良好な成長を示したマコンブ粉末を、現状利用可能な海藻粉末の中で最も稚ナマコ餌料に適していると結論づけたい。本報告ではアカナマコに関する試験結果を示したが、本報告と同様の試験をアオナマコにおいても実施し、マコンブ粉末が適するとの同様の結果を得ている。今後はアカナマコ、アオナマコいずれもこのマコンブ粉末を主体とし、他の海藻粉末との混合や

タンパク質等の栄養成分の添加, 他の無機成分の添加を検討し, 更に餌料価値の高い配合餌料を探索し, さらにその給餌方法や給餌量, コスト等について検討を続ける予定である。

文 献

- 1) 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. 佐裁漁セ研報第4号, 1-87.
- 2) 江口勝久 2013: 稚ナマコの成長, 生残に及ぼす海藻粉末の併用給餌効果. 佐玄水研報第6号, 9-13.
- 3) 酒井勇一, 近田靖子 2009: マナマコ人工種苗の陸上育成マニュアル. 北海道立栽培水産試験場, 97pp.
- 4) 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
- 5) 江口勝久 2014: 種苗量産技術開発事業 (2) マナマコの種苗生産. 平成 24 年度佐玄水業報, 印刷中.
- 6) 木原 稔・田本淳一・星 貴敬. 水槽内のマナマコ摂餌行動におよぼす砂粒の影響. 水産技術 2009; 2(1): 39-43.
- 7) Liu Y, Dong SL, Tian XL, Wang F, Gao QF. Effects of dietary sea mud and yellow soil on growth and energy budget of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka). *Aquaculture*. 2009; 286: 266-270.
- 8) 小林俊将, 山口 仁, 根田 幸三. 稚ナマコ飼育のための配合飼料の研究. 岩手水技セ研報 2011; 7: 15-18.
- 9) Seo JY and Lee SM. Optimum dietary protein and lipid levels for growth of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. *Aquaculture Nutrition*. 2011; 17: e56-e61.
- 10) Gao QF, Wang YS, Dong SL, Sun ZL, Wang, F. Absorption of different food sources by sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) (Echinodermata: Holothuroidea): Evidence from carbon stable isotope. *Aquaculture*. 2011; 39: 272-276
- 11) Shi C, Dong SL, Pei SR, Wang F, Tian XL, Gao QF. Effects of diatom concentration in prepared feeds on growth and energy budget of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka). *Aquaculture Research*. 2013; 1-9.
- 12) Sun HL, Liang MQ, Yan JP, Chen BJ. Nutrient requirements and growth of the sea cucumber, *Apostichopus japonicus*. In: Alessandro L (eds). *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. FAO Fisheries Technical Paper, Roma,
- 13) Okorie OE, Ko SH, Go S, Lee S, Bae JY, Han KM, Bai SC. Primary study of the optimum dietary ascorbic acid level in sea cucumber, *Apostichopus japonicus* (Selenka). *Journal of the World Aquaculture Society*. 2008; 39: 758-765.
- 14) Okorie OE, Ko SH, Go S, Kim YC, Lee S, Yoo GY, Bai SC. Primary study of the dietary alpha-tocopherol requirement sea cucumber, *Apostichopus japonicus* (Selenka). *Journal of the World Aquaculture Society*. 2009; 40: 659-666.
- 15) Gao J, Koshino S, Ishikawa M, Yokoyama S, Nose D. Interactive effects of vitamin C and E supplementation on growth, fatty acid composition, and lipid peroxidation of sea cucumber, *Apostichopus japonicus*, fed with dietary oxidized fish oil. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2013; 44(4): 536-546.
- 16) Hasegawa N, Sawaguchi S, Tokuda M, Unuma T. Fatty acid composition in sea cucumber *Apostichopus japonicus* fed with microbially degraded dietary sources. *Aquaculture Research*. 2013; 1-11.
- 17) Zhang Q, Ma HM, Mai KS, Zhang WB, Liufu ZG, Xu W. Interaction of dietary *Bacillus subtilis* and fructooligosaccharide on the growth performance, non-specific immunity of sea cucumber, *Apostichopus japonicus*. *Fish Shellfish Immunol*. 2010; 29: 204-211.
- 18) Zhao Y, Ma HM, Zhang WB, Ai QH, Mai KS, Xu W, Wang XJ, Liufu ZG. Effects of dietary β -glucan on the growth, immune responses and resistance of sea cucumber, *Apostichopus japonicus* against *Vibrio splendidus* infection. *Aquaculture*. 2011; 315: 269-274.
- 19) Wang SX, Ye HB, Li TB, Yang XS, Fan Y, Yu XQ, Wang YQ. Effects of small peptides on nonspecific immune responses in sea cucumber, *Apostichopus japonicus*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2013; 44(2): 249-258.
- 20) Xia SD, Yang HS, Li Y, Liu SL, Xu QZ, Rajkumar, MG. Effects of food processing method on digestibility and energy budget of *Apostichopus japonicus*. *Aquaculture*. 2013; 384-387: 128-133.
- 21) 山浦啓治, 江口勝久 2014: 付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. 佐玄水研報第7号, 印刷中.
- 22) 吉田 渉. 第7章 中国におけるナマコ養殖. 「ナマコ学—生物・産業・文化—」(高橋明義, 奥村誠一編) 成山堂書店, 2012; 115-128
- 23) 任同軍. 中国におけるナマコ産業の現状について. 養殖ビジネス 2012; 32-34.
- 24) 鶴沼辰哉, 野口浩介, 澤口小有美, 長谷川夏樹, 町口裕二 2013 珪藻土とゼオライトを添加したブロック状のマナマコ用配合飼料. 水産増殖, 61(4): 331-340

