

## 稚ナマコ飼育のための配合飼料の研究

小林 俊将・山口 仁・根田 幸三

Study of artificial diets for juvenile Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus*

Toshimasa Kobayashi, Hitoshi Yamaguchi, and Kouzo Neda

### Abstract

Culturing experiments were conducted on 6-9 month old juvenile sea cucumbers *Apostichopus japonicus* using 11 experimental diets comprising powdered alga, kaolin, soy protein, and fishmeal over 40-42 days. The highest specific growth rate was observed for a diet containing 65% kaolin, 25% powdered alga, and 10% fishmeal. The composition of the diet was 12.2% protein, 1.4% lipid, and 74.3% ash. These results suggest that a low protein diet is suitable for culturing this species.

**Key words ;** *Apostichopus japonicus* , artificial diet

キーワード：マナマコ, 配合飼料

### はじめに

中国でのマナマコ *Apostichopus japonicus* の需要の増加に伴い、国内では放流や養殖におけるマナマコの増産が期待されている<sup>1,2)</sup>。国内でのマナマコの種苗生産や飼育実験において、稚ナマコに与える餌料としては培養板で増殖させた珪藻類の他に市販の海藻粉末（リビックBW：理研ビタミン社製）が広く用いられている<sup>3-8)</sup>。一方、中国では海藻粉末に海の泥を加えたものを主原料とする配合飼料を用いることにより大量のマナマコ種苗生産を実現している<sup>1,2)</sup>。海藻粉末を単独で与えるよりも海泥を加えたほうが稚ナマコの成長が良

いことが報告されており<sup>9)</sup>、国内でも同様の配合飼料の導入が期待されている。しかし、国内では海泥を集めて飼料として使用することは環境保全の観点、食品安全の観点から問題があると思われる。そこで、本研究では海泥の代わりに無機質の粉末とタンパク成分を海藻粉末に添加することにより、稚ナマコ飼育に有効な配合飼料が作出できないか検討した。

### 材料と方法

#### 餌料の配合

試験に用いた11種類の飼料の配合割合をTable 1に示した。海藻粉末として日本でのマナマコ飼育で広く

Table1 Ingredients of the experimental diets.

Diet codes	Ingredients(%)			
	Powdred algae	Kaolin	Soy protein	Fish meal
K0	100	0	0	0
K25	75	25	0	0
K50	50	50	0	0
K75	25	75	0	0
K100	0	100	0	0
S10	25	65	10	0
S20	25	55	20	0
S30	25	45	30	0
F10	25	65	0	10
F20	25	55	0	20
F30	25	45	0	30

用いられているリビック BW (理研ビタミン社製) を、無機質の鉱物の粉末としてカオリンを主成分とする白陶土を用いた。また、動物性タンパク質として魚粉 (日本水産社製ホワイトフィッシュミール)、植物性タンパク質として脱脂大豆 (ADM社製 Arcon) を用いた。

### 飼育試験 1

ナマコ用飼料に無機質の粉末を加える必要性及びその至適含量を調べるために、海藻粉末と白陶土の配合比率を変えた 5 種類の飼料 (K0, K25, K50, K75, K100) を与える 5 試験区を設けた。

試験個体は岩手県水産技術センターで作出した 6~7 ヶ月令のマナマコ (平均重量  $1.55 \pm 0.57\text{g}$ ) を用いた。30L コンテナに稚ナマコを 30 個体ずつ収容し、2 日に 1 回全換水しながら止水飼育した。毎日 1 回粉末状の飼料を海水で溶かした後、飽食量与えた。飼育水温はウォーターバスで約  $10^\circ\text{C}$  に調整した。試験期間は 42 日間とし、試験開始時と終了時の湿重量を全個体計測した。Hopkins ら<sup>10)</sup> の手法を参考に以下の式により各試験区での湿重量の SGR (Specific growth rate: 瞬間成長係数) を算出して成長を比較した。

$$\text{SGR} (\%/\text{日}) = 100 (\ln W_2 - \ln W_1) / T$$

$W_1$ : 試験開始時の平均湿重量

$W_2$ : 試験終了時の平均湿重量

T: 飼育日数

### 飼育試験 2

ナマコ用飼料の至適タンパク含量を調べるために、海藻粉末、白陶土、脱脂大豆、魚粉の 4 種類の比率を変えて配合した 8 試験区を設けた。なお、飼育試験 1 の結果から海藻粉末の量は 25% で固定した。

試験個体は岩手県水産技術センターで作出した 8~9 ヶ月令のマナマコ (平均湿重量  $1.28 \pm 0.50\text{g}$ ) を用いた。試験期間を 40 日間とした以外は試験 1 と同様の手法で各試験区での成長を比較した。

飼料の一般成分は定法により測定した。

## 結果

### 飼育試験 1

飼育試験 1 での試験前後の各試験区の平均湿重量を Table 2 に、SGR を Fig.1 にそれぞれ示した。白陶土のみを与えた試験区 (K100) では稚ナマコの重量は低下したが、海藻粉末に白陶土を 25% あるいは 75% 加えた試験区 (K25, K75) では、海藻粉末のみを与えた試験区 (K0) よりも SGR は大きかった。SGR が最も大きかったのは海藻粉末 25% と白陶土 75% の試験区 (K75) で、42 日間で平均湿重量が約 1.6 倍になった (SGR: 1.12)。

Table 2 Initial and final wet weight of *A. japonicus* in the experiment 1 (mean  $\pm$  SD).

Diet codes	Wet body weight	
	Initial	Final
K0	$1.5 \pm 0.6$	$2.0 \pm 1.2$
K25	$1.6 \pm 0.5$	$2.3 \pm 0.9$
K50	$1.8 \pm 0.7$	$2.1 \pm 1.0$
K75	$1.4 \pm 0.4$	$2.2 \pm 0.6$
K100	$1.5 \pm 0.5$	$1.0 \pm 0.4$

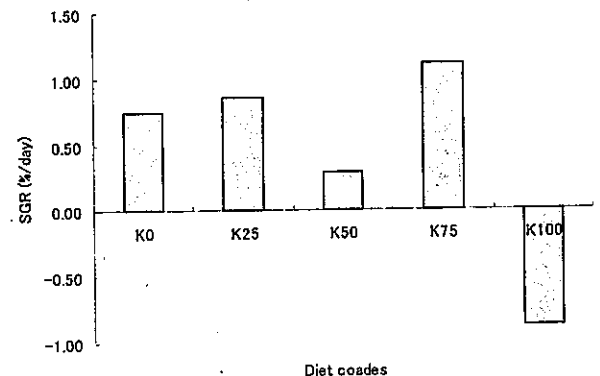


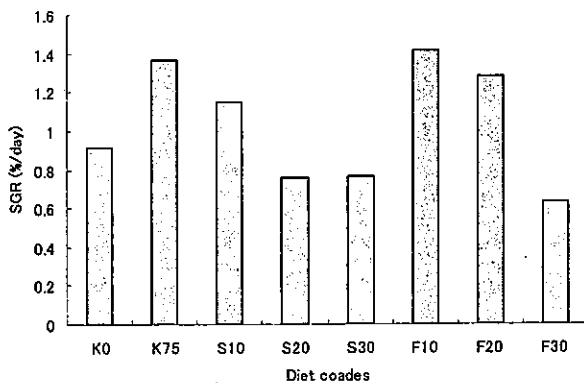
Fig.1 Specific growth rate (SGR) of juvenile *A. japonicus* in the experiment 1.

### 飼育試験 2

飼育試験 2 での試験前後の各試験区の平均湿重量を Table 3 に、SGR を Fig.2 にそれぞれ示した。試験 1 の結果とほぼ同様に海藻粉末 25%、白陶土 75% の試験区 (K75) では、40 日間で平均湿重量が約 1.5 倍になり、海藻粉末のみを与えた試験区 (K0) よりも SGR が大きかった。また、脱脂大豆粉末を加えた試験区 (S10, S20, S30) はいずれも K75 よりも SGR が低く、脱脂大豆粉末含量の増加に伴い SGR が減少する傾向が認められた。一方、魚粉を 10% 加えた試験区 (F10)

**Table 3** Initial and final wet weight of *A. japonicus* in the experiment 2 (mean±SD).

Diet codes	Wet body weight	
	Initial	Final
K0	1.4±0.7	1.9±0.9
K75	1.5±0.6	2.2±0.9
S10	1.3±0.4	2.1±0.7
S20	1.3±0.5	2.3±1.2
S30	1.1±0.4	1.3±0.6
F10	1.1±0.5	2.2±1.1
F20	1.3±0.3	2.1±0.8
F30	1.2±0.4	1.8±0.6

**Fig. 2** Specific growth rate (SGR) of juvenile *A. japonicus* in the experiment 2.

では K75 よりも SGR が大きかった。しかし、脱脂大豆の場合と同様に魚粉含有量の増加に伴い SGR が減少する傾向が認められ、魚粉を 20% あるいは 30% 加えた試験区 (F20, F30) の SGR は K75 を下回った。

本試験で最も SGR が大きかった F10 の一般成分は粗タンパク 12.2%, 粗脂肪 1.4%, 灰分 74.3%, 塩分 3.7%, その他 10.5% だった。

なお、飼育試験 1, 2 とともに、試験期間中の死亡個体はなかった。

### 考察

Liu et al.<sup>9)</sup> は潮干帯から採取した海泥や農場から採取した黄土を海藻粉末に 20% 混ぜることで海藻粉末を単独で与えた場合よりもマナマコ (湿重量約 7 g) の成長が良くなることを報告している。彼らによると、海泥あるいは黄土を 20% 混ぜた配合飼料それぞれのタンパク含量は 11.84% および 12.23%、脂質含量はいずれも 1.42% であり、これは本研究で最も成長の良かった餌料 (F10) のタンパク含量 (12.2%) 及び脂質含量 (1.4%) と近似している。他の水産動物でのタンパクの至適含

量を見てみるとニジマス<sup>11)</sup>、コイ<sup>12)</sup>、ティラピア<sup>13)</sup>等の魚類で 30-40%、エゾアワビ<sup>14)</sup>で 20-30% であり、これらと比較した場合、マナマコの飼育には低タンパクの餌料が有効であると考えられた。実際に中国で市販されている海泥と海藻粉末を主原料としたマナマコ飼育用の配合飼料の一般成分を調べた結果、タンパク含量が 15.3%、脂質含量が 0.51% であり<sup>2)</sup>、タンパク含量が 10-20% 程度の配合飼料はマナマコ飼育に実用的と考えられる。

本研究では配合飼料に無機質の鉱物の粉末として白陶土を使用した。飼育試験 1 で海藻粉末のみを与えた場合より、海藻粉末に一定の割合で白陶土を混ぜて与えた場合の成長が良かったことは興味深い現象である。

Liu et al.<sup>9)</sup> の他に、木原ら<sup>7)</sup> は塩蔵ワカメを乾燥させた海藻粉末を単独で与えた場合より、海藻粉末と砂粒 (平均粒径 0.22mm) を 40:1 の割合で併せて与えた場合に成長が良かったことを報告している。また、Yuan et al.<sup>15)</sup> は海藻粉末 25% と二枚貝の糞 75% を混ぜた餌がマナマコ飼育に有効であることを報告している。これらの報告ではいずれも、海泥、砂粒、二枚貝の糞等を混合することの効果として、それに混在している有機物が利用されている可能性が指摘されている<sup>7,9,15)</sup>。一方、本研究のように有機物をほとんど含まない鉱物の粉末を混合した場合でも成長が良くなったことは、それに伴う有機物の添加に加えて、餌料中に微細な顆粒が存在していること自体も餌料効率を高める要因になる可能性があることを示唆している。

本研究では海藻粉末に白陶土を混合させたが、粘土質の白陶土の使用にあたっては水槽壁面等が粘り気もち汚れやすいという欠点があった。我々は珪藻土や貝化石等の粉末を混合した場合でもマナマコが良好な成長を示すことを確認しており (未発表)、今後は使いやすさや経済性等も考慮しながら、添加する粉末の種類や混合割合を検討していくことが期待される。

また、本試験では餌料粉末の粒径については検討しなかったが、マナマコは罎周口殻の直径により摂餌できる餌料のサイズが限定されることが指摘されている<sup>16)</sup>。マナマコの罎周口殻の直径は体長の約 10 分の 1 とされており<sup>17)</sup>、本研究で用いた試験個体 (体長約 3~4 cm) は数ミリの粒径を摂餌できることになるが、より小さいサイズの個体を飼育する場合には、成長に合わせて配

合飼料の粒径を検討する必要がある。

### 謝辞

本稿をまとめるにあたり、中国で使用されているマナマコ餌料について貴重な情報を提供していただいた大連水産学院(現:大連水産大学)の常任青教授に感謝申し上げます。

### 文献

- 1) 小林俊将: 中国におけるマナマコ養殖技術について, 日水誌, 76 (1), 119 (2010)
- 2) 小林俊将: 中国のマナマコ養殖事情, 「養殖(臨時増刊号)」, 緑書房, 東京, 2010, pp. 86-89.
- 3) 伊藤史郎: マナマコ種苗生産, 「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 (1996).
- 4) 畑中宏之: マナマコ種苗の中間育成における適正給餌量の検討, 栽培技研, 25, 11-14 (1996)
- 5) 池田善平・近藤正美: マナマコ種苗生産, 岡山水試告, 11, 176-179 (1996)
- 6) Y.Yamana, T.Hamano, H.Niiyama and S.Goshima: Feeding characteristics of juvenile Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Stichopodidae) in a nursery culture tank. *Journal of National Fisheries University*, 57 (1), 9-20, (2008)
- 7) 木原 稔・田本淳一・星 貴敬: 水槽内でのマナマコの摂餌行動におよぼす砂粒の影響, 水産技術, 2 (1), 39-43 (2009)
- 8) 北海道立栽培水産試験場・北海道立稚内水産試験場: マナマコ人工種苗の育成養殖マニュアル, 1-97 (2009)
- 9) Y.Liu, S.Dong, X.Tian, F.Wang and Q.Gao: Effects of dietary sea mud and yellow soil on growth and energy budget of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka). *Aquaculture*, 286, 266-270, (2009)
- 10) S. H. Hopkins: Reporting fish growth: A review of the basic. *J. World. Aquacult. Soc.*, 23, 173-179, (1992)
- 11) 竹内俊郎・渡辺 武・荻野珍吉: ニジマス飼料における脂質の添加効果, 日水誌, 44, 683-688 (1987)
- 12) 荻野珍吉・斉藤邦男: 魚類の蛋白質栄養に関する研究 I コイにおける飼料蛋白質の利用, 日水誌, 36, 250-254 (1970)
- 13) S.Teshima, G.M.O.Gonzales and A.Kanazawa: Nutritional Requirements of *Tilapia*: Utilization of Dietary Protein by *Tilapia zillii*. *Mem. Ac. Fish. Kagoshima Univ.*, 27, 49-57, (1978)
- 14) 浮 永久・煙山 彰・渡辺 武: アワビ飼料におけるタンパク質の至適含量, 日水誌, 56 (6), 1050-1012 (1986)
- 15) X.Yuan, H.Yang, Y.Zhou, Y.Mao, T.Zhang and Y.Lui: The influence of diets containing dried bivalve feces and/or powdered algae on growth and energy distribution in sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) (Echinodermata: Holothuroidea). *Aquaculture*, 256, 457-467, (2006)
- 16) 近田靖子・酒井勇一: 稚マナコの摂餌珪藻観察手法の検討, 北水試験報, 68, 71-74 (2005)
- 17) 柳橋茂昭・柳沢豊重: マナコの種苗生産, さいばい, 42, 27-30 (1987)