マダイ稚魚の成長および体成分に及ぼす選別の影響

海野 徹也, 武田 高明, 若 松 秀, 中川 平介

(1994年2月25日受付)

Effects of Size-selection on Growth and Body Constituents in Red Sea Bream Juveniles^{*1}Tetsuya Umino,^{*2} Takaaki Takeda,^{*2} Shigeru Wakamatsu,^{*2, 3} and Heisuke Nakagawa^{*2}

In order to examine the effects of size-selection on growth and body constituents of red sea bream juvenile, two experiments were carried out using Lot 1 (76 days, 36.1 ± 4.6 mm) and Lot 2 (65 days, 29.9 ± 5.4 mm). In experiment I, the small size group (S-1; 31.8 ± 2.0 mm, $n=70$) were selected from Lot 1. As a control, a medium size group (M-2; 31.7 ± 1.9 mm, $n=70$) were selected from Lot 2. Rearing was conducted for 48 days, mixing the S-1 group with the M-2 group. In experiment II, the large size group (L-2; 37.4 ± 1.6 mm, $n=70$) and medium size group (M-1; 38.1 ± 1.8 mm, $n=70$), selected from Lot 2 and Lot 1, respectively, were also compared.

No differences of size distribution and daily growth rate after 48 days rearing were observed between the S-1 and M-2 groups. The growth and size distribution of the L-2 and M-1 groups also showed no marked difference. The size-selection enhanced not only the RNA/DNA ratio but also lipid and triglyceride accumulation in the small size group. These results indicate the usefulness of the size-selection and suggest that runty fish can grow as well as medium size fish.

キーワード: マダイ稚魚, サイズ選別, 成長, 体成分

近年、種苗の生産技術は飛躍的に向上し、大量の種苗を限られた飼育施設で生産するいわゆる集約的生産が可能になった。集約的生産では種苗の量的問題は解決されたが、一方では飼育の経過とともに種苗の成長差は助長され、¹⁾ エネルギー蓄積やタンパク質合成能の劣る成長不良魚を生じる^{2, 3)}他、共食いや歩留り低下の原因にもなっている。

成長差増大の対策として、経験的にサイズによる選別が行われているが、選別飼育がその後の成長に与える影響に関する知見は比較的少ない。ナマズ⁴⁾においては選別が小型個体の成長回復に有効であることが報告されている。一方、加藤・坂本⁵⁾はニジマス幼魚の選別後の飼育で、小型魚の成長率は大型魚や中型魚のそれより劣ると報告しており、小型魚に対する選別効果の有無は一致していない。

一般に、選別後の成長の良否は、サイズの異なる無選別群やモード付近の中型魚と比較して評価されるが、小型魚と無選別群や中型魚では、サイズや発育段階が異なるために、両者の成長の比較は困難である。そこで本研究では、マダイ種苗生産で生じた大型魚や小型魚に対

し、同サイズの中型魚を異なる lot より選別し混合飼育することによって、選別が稚魚の成長や体成分に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

供試魚 広島県栽培漁業協会の親魚水槽より受精直後の卵を採取し、それらを水温約 17℃ の孵化水槽に移し、仔魚を得た。5 月 7 日に孵化した仔魚 (以下 Lot 1) および 5 月 18 日に孵化した仔魚 (以下 Lot 2) について、それぞれ約 1 万尾を 0.5 t ポリカーボネイト屋内水槽で飼育した。仔稚魚の飼料系列および給餌量は広島県栽培漁業協会の飼育マニュアル⁶⁾に従い、孵化 4 日目よりナンクロロプシスと油脂酵母で培養したワムシを、15 日からワムシとともに配合飼料を、さらに 20 日からは乳化オイルで栄養強化したアルテミアを給与した。孵化 50 日目に飼育密度の上昇を緩和するため、Lot 1 および Lot 2 より無作為抽出した約 600 尾について飼育を継続した。孵化 50 日目以降には主に配合飼料を給与し、栄養強化のため適宜マダイ受精卵を与えた。孵化日数が Lot 1 で 76 日目、Lot 2 で 65 日目となる 7 月 22 日に稚魚を

^{*1} 本研究の要旨は平成 5 年度日本水産学会春季大会で発表した。

^{*2} 広島大学生物生産学部 (Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University, Higashi-hiroshima, Hiroshima 724, Japan).

^{*3} 現住所: 山口県外海栽培漁業センター (Yamaguchi Prefectural Gaikai Farming Fishies Center, Nagato, Yamaguchi 759-41, Japan).

Fig. 1. Size distribution of original Lot 1 (76 days, 36.1 ± 4.6 mm) and Lot 2 (65 days, 29.9 ± 5.4 mm), and sampling fish of small size group; S-1 ($n=70$, 31.8 ± 2.0 mm) and medium size group; M-2 ($n=70$, 31.7 ± 1.9 mm).

A mixture of groups S-1 and M-2 was reared for 48 days.

選別し, 以下の試験に供した。なお, この時の Lot 1 の平均体長は 36.1 ± 4.6 mm, Lot 2 のそれは 29.9 ± 5.4 mm であった。

実験 I: 小型魚の選別と飼育 実験に供した稚魚の体長組成を Fig. 1 に示す。孵化後 76 日目の Lot 1 より体長 $28.3 \sim 34.8$ mm (平均 31.8 ± 2.0 mm) の小型魚 (S-1 群) を 70 尾選別した。対照として孵化後 65 日目の Lot 2 より体長 $28.0 \sim 34.8$ mm (平均 31.7 ± 1.9 mm) の中間サイズ (M-2 群) を 70 尾選別した。S-1 群と M-2 群は別々の腹鰭を切除して標識し, 両群を混合して 0.5 t ポリカーボネイト水槽で 48 日間飼育した。なお, 給餌は配合飼料を 1 日 3 回飽食量を給与した。

実験 II: 大型群の選別と飼育 実験に供した稚魚の体長組成を Fig. 2 に示す。Lot 2 より体長 $35.1 \sim 41.6$ mm (平均 37.4 ± 1.6 mm) の大型魚 (L-2 群) および Lot 1 より体長 $35.0 \sim 41.8$ mm (平均 38.0 ± 1.8 mm) の中間サイズ (M-1 群) をそれぞれ 70 尾選別し, 両群を混合して 48 日間飼育した。

体成分分析 稚魚は -20°C で冷凍保存し, 各群 10 尾を分析に供した。筋肉タンパク質は Lowry 法⁷⁾で比色定量した。筋肉脂質は Bligh and Dyer⁸⁾の方法に従いメタ

Fig. 2. Size distribution of original Lot 1 and 2, and sampling fish of large size group; L-2 ($n=70$, 37.4 ± 1.6 mm) and medium size group; M-1 ($n=70$, 38.0 ± 1.8 mm).

A mixture of groups L-2 and M-1 was reared for 48 days.

ノール・クロロホルム系で抽出し, 重量法により測定した。トリグリセリド (TG) の分析にはイアトロスキャン HT-10 を用いた。筋肉中の核酸含量は Schmidt-Thannhouser-Schneider 法を一部改変した中野⁹⁾の方法に準じて測定した。測定値の有意差の検定は, Student の *t*-test を用いて危険率 1% 以下で行った。

結 果

小型群の成長と体成分 選別飼育終了時における S-1

Fig. 3. Size distribution of small (S-1) and medium size group (M-2) after 48 days rearing.

Table 1. Rearing results and muscle constituents of medium (M-2) and small size group (S-1) after 48 days rearing

	Initial		Final	
	M-2	S-1	M-2	S-1
Body length (mm)	31.7±1.9 (n=70)	31.8±2.0 (n=70)	62.7±9.0 (n=64)	63.3±8.8 (n=64)
Body weight (g)	0.93±0.12 (n=20)	0.89±0.15 (n=20)	9.01±2.36 (n=20)	9.18±3.09 (n=20)
Survival (%)	—	—	91.4	91.4
Growth rate (%/day)	4.05	3.47	1.39	1.41
Coefficient of variation (%)	6.15	6.17	14.31	13.90
Muscle constituents* ¹				
Lipid (%)	2.5±0.25	2.2±0.12* ²	2.5±0.32	2.7±0.30 ^b
Protein (mg/100 mg)	18.2±2.49	17.4±2.48	20.7±3.09	19.5±3.00
Triglycerides (mg/g)	7.6±2.11	1.2±0.48 ^a	9.7±4.42	11.8±4.00 ^b
RNA/DNA ratio	3.0±0.67	2.5±0.70	8.1±0.89 ^{b*3}	10.7±1.92 ^{ab}

*¹ Data are shown as Mean±SD (n=10).*² Significantly different from M-2 group (p<0.01).*³ Significantly different against the initial value (p<0.01). **Fig. 4.** Size distribution of large (L-2) and medium size group (M-1) after 48 days rearing.

群および M-2 群の体長分布を Fig. 3 に示す。S-1 群の体長は最大 76.4 mm, 最小 40.3 mm であった。対照とした M-1 群の体長は 40.4~77.4 mm であり, 両群の体長組成に差異は認められなかった。

S-1 および M-2 群の成長と魚体成分に及ぼす選別飼育の影響を Table 1 に示す。飼育期間中における両群の生残率および日間成長率に差異はなく, 飼育試験前後の変動係数にも差異は認められなかった。

混合飼育前の S-1 群の筋肉脂質含量は M-2 群に比べて有意に低く, S-1 群の筋肉組織当たりの TG の絶対値は M-2 群のその 1/6 程度であった。しかし, S-1 群の筋肉脂質および TG 量は選別後の飼育によって有意に増加し, 飼育終了時における両群の筋肉脂質含量および TG 量は等しくなった。

選別時の S-1 群の RNA/DNA 比は M-2 群に比べて若

干低かった。その後の飼育によって, 両群の RNA/DNA 比は増大したが, S-1 群の増加が顕著であった。その結果, 飼育終了時の S-1 群の核酸比は M-2 群に比べて有意に高くなった。

大型群の成長と体成分 飼育終了時における L-2 群と M-1 群の体長組成を Fig. 4 に示す。L-2 群および M-1 群の体長範囲は, それぞれ 50.1~80.7 mm, 51.0~79.0 mm であり, 両群の体長組成に差異はなかった。

Table 2 に L-2 と M-1 群の成長および体成分に及ぼす選別飼育の影響を示す。飼育期間中における両群の生残率, 日間成長率および変動係数に顕著な差異は認められなかった。

飼育試験前の L-2 群の筋肉脂質および TG 量は M-1 群に比べ若干高かったが, 飼育後における両群の TG 量はほぼ等しくなった。一方, 飼育前の L-2 群の RNA/DNA 比は M-1 群に比較して有意に高かったが, 飼育終了時には差異は消失した。

考 察

選別前の大型群および中型群の日間成長率 (%/day) はそれぞれ 4.31 および 3.71 であり, 両者の相対的な成長率の差異が選別飼育後も継続されれば, 大型群は中間群より良好な成長を示すと考えられる。また, 小型群と中型群の選別飼育についても同様に, 小型群の成長は中型群より遅延すると考えられる。このような観点から, 大型群や小型群の選別後の成長が対照の中型群と異なるか否かに興味もたれた。結果的には, 大型群や小型群の日間成長率は対照とした中型群と同等であった。したがって, サイズ選別による飼育環境の変化がマダイ稚魚

Table 2. Rearing results and muscle constituents of medium (M-1) and large size group (L-2) after 48 days rearing

	Initial		Final	
	M-1	L-2	M-1	L-2
Body length (mm)	38.0±1.8 (n=70)	37.4±1.6 (n=70)	69.7±5.8 (n=66)	68.0±5.9 (n=68)
Body weight (g)	1.68±0.13 (n=20)	1.70±0.15 (n=20)	11.0±1.78 (n=20)	10.3±1.99 (n=20)
Survival (%)	—	—	94.3	97.1
Growth rate (%/day)	3.71	4.31	1.22	1.24
Coefficient of variation (%)	4.76	4.35	8.26	8.66
Muscle constituents ^{*1}				
Lipid (%)	2.4±0.23	2.7±0.49	2.7±0.37	2.6±0.27
Protein (mg/100 mg)	17.3±1.47	17.3±1.70	18.3±1.85	19.1±2.67
Triglycerides (mg/g)	5.2±3.36	7.8±3.38	9.9±2.37 ^{*3}	10.0±2.07
RNA/DNA ratio	3.1±0.74	4.7±1.10 ^{*2}	8.7±1.26 ^b	8.7±1.37 ^b

^{*1} Data are shown as Mean±SD (n=10).

^{*2} Significantly different from M-2 group (p<0.01).

^{*3} Significantly different against the initial value (p<0.01).

の成長に影響したと推察される。コイ^{10,11)}や雌性発生ギンブナ¹²⁾において、餌料に関わる飼育環境が稚魚の成長に大きく関与すると報告されている。サイズ選別が餌料を介したサイズ階級を解消するとすれば、本研究結果もコイやギンブナと同様な事例と考えられる。

混合飼育後の小型魚と中型魚の成長は同等であったが、この現象が小型群の成長回復によるものか、もしくは中型群の成長低下によるものかは不明である。タンパク質合成の指標であり成長と深い関係がある選別飼育中のRNA/DNA比の増加が、中型群より小型群で顕著であったことから、小型群の成長は選別以前より向上したと考えられ、種苗生産で生じた小型魚でも中型魚と同程度の成長能力を潜在的にもつと考えられる。

大きさの異なる魚が共存した場合、餌環境をめぐるサイズ階級が生じ、その結果として小型個体の摂餌が阻害されることがニジマス¹³⁾、メダカ¹⁴⁾、グッピー¹⁵⁾などで報告されている。同様の現象はマダイ稚魚にも認められ、^{*4} 小型個体の成長停滞の主要因と考えられる。それに対してサイズ選別はすでに形成されていたサイズ階級や個体間干渉を解消し、小型魚の摂餌量を回復させ、さらに成長や脂質蓄積の改善をもたらしたものと思われる。

中野・白旗¹⁶⁾はサケ稚魚を用い、種苗性の指標としてRNA/DNA比が有効であることを報告した。蓄積脂質であるTGは、放流されたマダイ稚魚が天然環境に適応するまでの主要なエネルギー源として利用され、¹⁷⁾ 放流種苗の至適サイズの指標としても用いられている。^{18,19)}

小型魚の選別飼育は成長のみならずRNA/DNAやTG蓄積の増大を伴うことから、種苗性の向上にとっても有効な手段といえる。

本報では、平均体長を中心にして大型魚や小型魚を選別試験に供したが、トビやビリと称される成長変異の両端を形成する個体の試験や、サイズ階級の形成される時期の解明は今後の研究課題である。

謝 辞

マダイ仔稚魚の飼育に当たって、多大なるご協力をいただいた、広島県栽培漁業協会の佐藤 修氏、慶徳尚壽氏、ならびに諸氏に心から感謝します。また、実験に際して多大なご協力をいただいた広島大学附属水産実験所の太塚 攻助教授および泉 志郎氏に感謝します。

文 献

- 1) J. H. S. Blaxter: Reared and wild fish—How do they compare?. 10th European Symp. on Mar. Biol. Ostend, 1, 11-26 (1975).
- 2) T. Umino, H. Nakagawa, and M. Takaba: Lipid accumulation and starvation tolerance in young red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57, 1897-1902 (1991).
- 3) T. Umino, M. Otsu, M. Takaba, and H. Nakagawa: Some characteristics of runty fish appearing in seed production of red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59, 925-928 (1993).
- 4) K. N. Randolph and H. P. Clemens: Some factors influencing the feeding behavior of channel catfish cultured ponds. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 6, 718-724 (1976).
- 5) 加藤 慎一, 坂本 義雄: ニジマスの成長変異に関する研究 I. 成長過程に及ぼす選別の影響. 淡水研報, 19, 9-16 (1969).

^{*4} 大津正淳, 海野徹也, 中川平介: マダイ稚魚の成長差発現に関する研究—I. 成長と体成分について. 平成4年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 1992, pp. 566.

- 6) 米司 隆, 佐藤 修, 木村 淳, 近藤 彰, 花岡 綱代: タイ類種苗生産. 平成4年度広島県栽培漁業協会事業報告書, **12**, 6-13 (1993).
- 7) O. H. Lowry, N. J. Rosebrough, A. L. Farr, and R. J. Randall: Protein measurement with the Folin-Phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, **193**, 265-275 (1951).
- 8) E. G. Bligh and W. J. Dyer: A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. physiol.*, **37**, 911-917 (1959).
- 9) 中野 広: 稚仔魚研究のための核酸の定量法. 海洋と生物, **54**, 23-26 (1988).
- 10) 中村中六, 笠原正五郎: トビゴイに関する研究(第2報), 餌料の粒子組成と量の影響. 日水誌, **21**, 1022-1024 (1956).
- 11) 中村中六, 笠原正五郎: トビゴイに関する研究—III. Mode付近の個体群の飼育及び仔魚の個別飼育の結果について. 日水誌, **22**, 674-678 (1957).
- 12) 中西照幸, 小野里 担: クローンギンブナにおける成長の変異性. 日水誌, **53**, 2099-2104 (1987).
- 13) H. Yamagishi: Growth relation in some small experimental populations of rainbow trout fry, *Salmo gairdneri* R., with special reference to social relations among individuals. *Jpn. J. Ecol.*, **12**, 43-53 (1962).
- 14) J. J. Magnuson: An analysis aggressive behavior, growth, and competition for food and spece in medaka (*Oryzias latipes*, Pisces, Cyprinodontidae.). *Can. J. Zool.*, **40**, 313-363 (1962).
- 15) 名越 誠: ゲッピーの成長に及ぼす Size hierarchy の影響についての実験. 三重県立大学水産学部紀要, **7**, 165-189 (1967).
- 16) 中野 広, 白旗総一郎: サケの健苗性評価について. 日水誌, **54**, 1263-1269 (1988).
- 17) H. Nakagawa, H. Imabayashi, H. Kurokura, and S. Kasahara: Changes in body constituents of red sea bream, *Pagrus major*, in reference to survival during experimental stocking. *Biochem. System. Ecol.*, **19**, 105-110 (1991).
- 18) 海野徹也, 今林博道, 糸崎博之, 中川平介, 山中弘雄: 半粗放的飼育条件下におけるマダイ幼魚の食性と体成分. 広島大学生物生産学部紀要, **28**, 71-77 (1989).
- 19) T. Umino, M. Takaba, and H. Nakagawa: Growth and triglyceride accumulation in red sea bream. *Pagrus major*. *Océanis*, **18**, 77-83 (1992).