

## 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

海野 徹也\*1・今林 博道\*1・糸崎 博之\*1・  
中川 平介\*1・山中 弘雄\*2

\*1 広島大学生物生産学部，広島県東広島市西条町 724

\*2 高知県栽培漁業センター，高知県須崎市浦の内 785-01

1989年 8月25日 受付

**要 旨** 高知県栽培漁業センターの半粗放的飼育池におけるマダイ幼魚の食性と体成分を調査し、次の知見を得た。

- 1) 飼育池でのマダイ幼魚の食性は、調査日によって天然餌料依存型と人工飼料依存型に大別され、天然餌料に依存した食性を示した群の胃充満度は、人工飼料に依存した群に比べて低い傾向にあった。
- 2) 筋肉中の一般成分は中間育成期間中ほとんど変化しなかったが、その後は筋肉および腹腔内脂肪組織の脂質クラス組成においてトリグリセライドの比率が著しく増加した。

### 緒 言

放流用マダイ幼魚を生産する場合、人工飼料を主に投与し屋内の水槽で高密度で生産する“集約的方式”が多く採用されている。一方では、海岸を仕切って造成した池中で施肥により餌生物を増殖させて幼魚を育成する“粗放的方式”が、少ないながら西日本各地で注目されている。中間育成期の“粗放的方式”には、生産性が低いという難点はあるが、人為的要因の関与が少なく天然に近い状態でマダイ幼魚が生産されるため、魚自身が本来から持つ野生が喪失されることなく、“集約的方式”で生産された個体と比べて活動力、絶食耐性などについて遥かに品質の高い放流種苗が得られる(丸山ら, 1986)と言われている。このように、生産方式の違いが放流種苗の質の評価に大きく関与しているが、具体的に健全育成方法と種苗の質との関係を論じた研究例はほとんどないのが現状である。

粗放の飼育池においては、マダイ仔稚魚の摂餌生態・行動に関して大野ら(1983)と三村ら(1984)の報告があるが、天然餌料と人工飼料を併用した“半粗放的方式”による種苗生産についてはクロダイ幼魚の食性

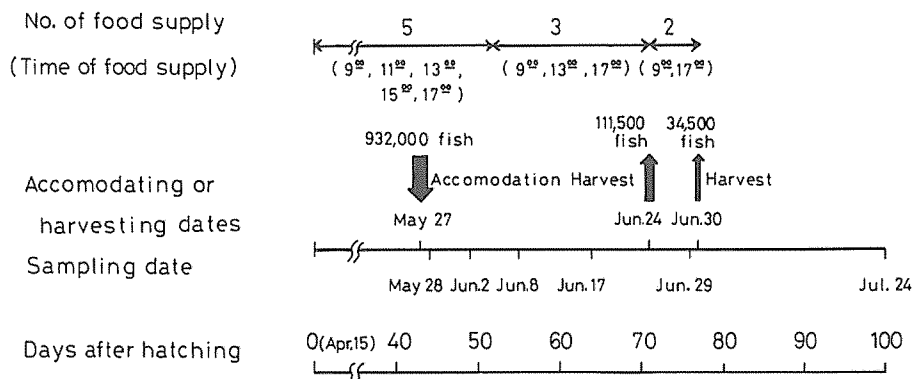


Fig. 1. Sampling and rearing schedules for the larval red sea bream in the pond of Kohchi Fish Farming Center in 1987.

研究(敷田ら, 1983)があるのみである。

本研究では, 放流用種苗の健全育成方法の確立のための基礎的知見を得る目的で, マダイ幼魚の中間育成期に“半粗放的方式”を採用している高知県栽培漁業センターにおいて, その食性と体成分を調べた。

## 材料と方法

**飼育環境と採取方法** 1987年4月15日にふ化したマダイ仔魚は, 高知県栽培漁業センターの陸上水槽でワムシ, アルテミア幼生および配合飼料を与えて飼育した。Fig. 1 に示したように, 5月27日に93.2万個体の後期仔魚を飼育池(面積; 2,000 m<sup>2</sup>)に移して中間育成を開始し, 6月30日まで継続した。この間, 6月24日と30日の計14.5万個体の成長した幼魚を取り上げた。中間育成終了後は水門を開放状態にしたが, 1,000-2,000個体のマダイが逸散せず飼育池内に残留していた。水深 1-2 m の飼育池は, 以前海面であった所をコンクリート堤防で四角に囲った構造になっている。海水の交換は主にポンプによって行われ, また海底は砂質で覆われている。このように, マダイ幼魚にとって天然に近い餌料環境にあると考えられる。

中間育成期の餌料として, プラクトンや底生生物の天然餌料生物の他に, オキアミ・イカナゴ・配合飼料のミンチを, 毎日 2-5 回充分に投与した。当初の 1 週間は, 螺旋状の針金に付着させたミンチを海面下に釣り下げる方法を採用した。

マダイ幼魚の定期採取(6回)は, 5月28日に北原式プラクトンネット(目合: GG54), 6月2日-29日にたも網(網口: φ40 cm, 目合: 5 mm), 7月24日には巻き網を用いて, 毎日15:00前後に実施した。標本採取後直ちに, 胃内容物同定用は10%ホルマリン溶液に固定し, また生化学的分析用は-20°Cに凍結保存した。

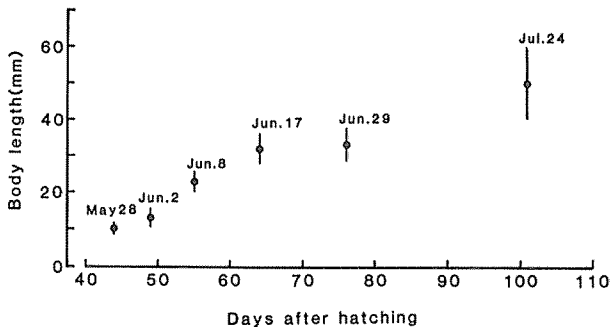


Fig. 2. Growth of red sea bream in the rearing pond. Solid lines indicate the standard deviation.

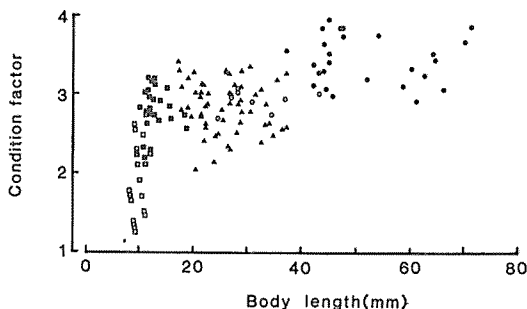


Fig. 3. Relationship between the body length and condition factor of red sea bream in the rearing pond. Open square, May 28; solid square, June 6; open triangle, June 8; solid triangle, June 17; open circle, June 29; solid circle, July 24.

池中のプラクトンは, 北原式プラクトンネット(目合: GG54)の底層引(曳網距離: 20 m)により定量採取した。

**胃内容物充満度** 飽食状態を判定する基準として, 胃内壁の外観より胃内容物充満度(%)を求めた。

胃内容物が充満しているため胃内壁に皺が全くないものは80-100%, 皺が少しあるものは50-80%, 皺が胃内壁の半分を覆っているものは20-50%, 胃内容物がわずかに存在し皺が全面にわたってあるものは0-20%,

空胃は0%とした。

**体成分の一般分析** 20-30個体のマダイ幼魚より内臓および筋肉を取り出し, それらをまとめて分析に供した。水分, 粗灰分は常法により, 粗タンパク質はケルダール法で定量した窒素に6.25を乗じて求めた。脂質は BLIGH and DYER (1959)の方法に準じてメタノール・クロロホルム系で抽出・定量した。

腹腔内脂肪組織については, 幼魚の肝臓と腎臓を取り除いた内臓にまずアセトンを加えて溶解させた脂質を, *n*-ヘキサンと蒸留水の添加によって *n*-ヘキサン層に移行させて抽出した。腹腔内脂肪は内臓重量に対する百分率で表した。**体成分の脂質分析** 前記のメタノール・クロ

ロホルム系で抽出した脂質試料をクロマトロッド S-II (ヤトロン社製) に塗布し, *n*-ヘキサン, ジエチルエーテルおよび酢酸 (80:20:1, v/v/v) で展開した後, イヤトロスキヤン TH-10 (ヤトロン社製) により脂質クラス組成を求めた。

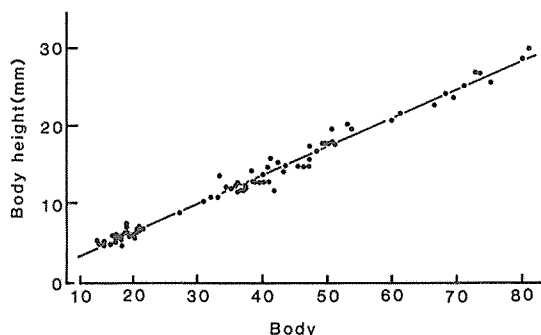


Fig. 4. Relationship between the body length and body height of red sea bream in the rearing pond.

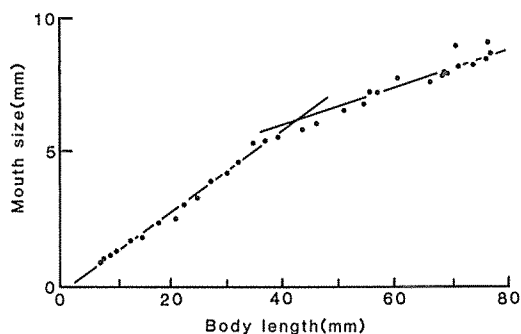


Fig. 5. Relationship between the body length and mouth size of red sea bream in the rearing pond. Mouth size was expressed by the maximum diameter.

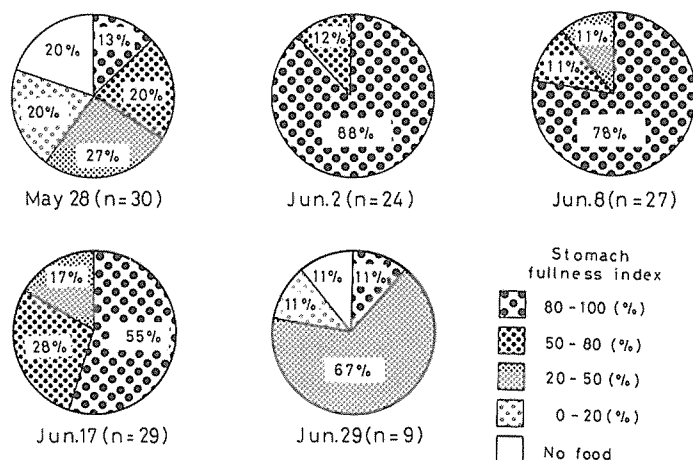


Fig. 6. Change in the stomach fullness of red sea bream in the rearing pond.

## 結 果

**成長** 中間育成期のマダイ幼魚の平均体長の推移を Fig. 2 に示す。飼育開始 (5月28日) に平均 9.67 mm (範囲: 8.3-12.1 mm) の後期仔魚は, 6月17日の稚魚まで直線的に成長したが (約1.3 mm/day), その後の成長速度は半分以下に低下した。なお, 6月29日の小型群への偏りは, たも網の採取能力の限界にあたっていたために生じたものである。肥満度の推移については (Fig. 3), 5月28日の著しく低い肥満度はその後徐々に増加し, 6月8日から29日まで同一レベルを示した。7月24日には一段と増大した。

中間育成期間中の相対成長をみると, 体長 (x) と体高 (y) の関係は一本の直線式  $y = 0.432 \cdot x - 1.50$  ( $r = 0.992$ ) で表された (Fig. 4)。ところが, 体長 (x) と口径 (y) の関係では体長 40 mm 付近に変曲点が存在し, 40 mm 以下では  $y = 0.15 \cdot x - 0.30$  ( $r = 0.997$ ) の回帰式を示したのに対し, 40 mm 以上では  $y = 0.082 \cdot x + 2.4$  ( $r = 0.993$ ) が得られた (Fig. 5)。

**食性と餌料環境** マダイ幼魚の飽食状態をみると (Fig. 6), 中間育成開始直後 (5月28日) には群中の2/3が胃充満度50%に満たなく, 特に空胃個体が20%を占めた。しかし, 中間育成の進行にともない胃充満度80-100%の個体が増加し, 6月2日に88%, 8日に78%, 17日に55%に達した。6月29日には飽食個体は再び減少し, 群中の89%が胃充満度50%に満たなかった。

胃内容物組成の推移をみると (Fig. 7), 5月28日は天然餌料を体積比で95%以上摂食した個体が群中の74%を占め, 人工餌料のみの個体はわずか6%であった。しかし, その後3回の調査日については, 人工餌料を主食とし, 天然餌料のみを摂食した個体は観察されなかった。人工餌料の投与回数が2回に減った6月29日には, 再び天然餌料の割合が急減していた。このよう

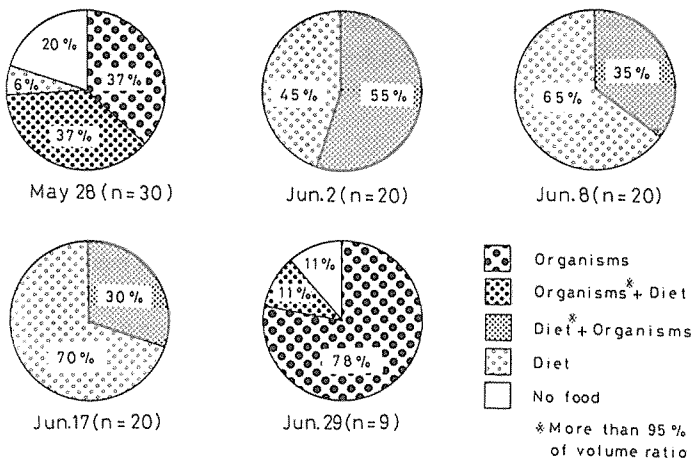


Fig. 7. Change in the food composition of red sea bream in the rearing pond.

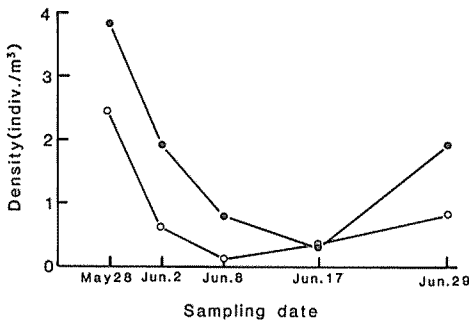


Fig. 8. Change in the abundance of Copepoda in the rearing pond. Solid and open circles indicate Harpacticoida and *Pseudodiaptomus marinus*, respectively.

Table 1. Change in the proximate composition (%) of red sea bream in the rearing pond

Sampling date	Jun. 8	Jun. 17	Jul. 24
Days after hatching	55 days	64 days	100 days
Mean body length	17.2 mm	34.3 mm	50.2 mm
Muscle			
Moisture	79.5	79.0	78.9
Crude ash	1.5	1.5	1.5
Crude protein	18.0	18.4	18.3
Lipid	1.0	1.1	1.3
Intraperitoneal fat body			
Lipid*	3.3	3.5	5.8

\* Lipid weight/Viscera weight × 100

ど充満度が高く、しかも人工飼料をわずかながらも摂食していたことから、中間育成実験前に行われた陸上水槽での集約的飼育履歴が群の摂餌行動に反映したものと考えられる。その場合、着底前のマダイ仔魚の摂

に、マダイ幼魚の食性は調査日によって天然餌料依存型と人工飼料依存型に大別された。

天然餌料依存型を示した5月28日と6月29日の種類はいずれも小型甲殻類のCopepodaが主体で、前者では*Pseudodiaptomus marinus*、後者では底生性のHarpacticoidaであった。これらの他に、Gammaridea, Polychaeta, Algaeなどが摂食されていた。

一方、プランクトンネットによって出現する主要餌料生物は*Pseudodiaptomus marinus*とHarpacticoidaで、5月28日と

6月29日に多いのに対し、6月2日-17日には少なかった (Fig. 8)。

体成分 体成分の一般成分について中間育成期とその後の推移をみると (Table 1), 筋肉中では水分および粗タンパク質の組成比はほとんど一定であるが、脂質はわずかながら増加していた。腹腔内脂肪組織の脂質も増加し、特に6月17日から7月24日にかけて1.7倍となった。

筋肉中と腹腔内脂肪組織の脂質クラス組成については (Tables 2, 3), 両者とも中間育成期間中大きな変化を示さなかった。しかし、中間育成を終了すると、蓄積脂肪であるトリグリセライドの割合が増加し、特に筋肉中のトリグリセライド量は4倍となった。組成比が高い脂肪酸量は、トリグリセライドと逆の推移を示した。

## 考 察

中間育成開始直後のマダイ仔魚は、人工飼料をほとんど摂食することなく天然餌料のCopepodaを主食としていたが、成長に伴い次第に人工飼料に依存するようになった。これと同様な結果は、塩田跡地を利用した粗堀池での中間育成実験 (大野ら, 1983) において観察されており、いずれの場合も飼育池に収容する前に人工飼料の投与を受けていた。本研究の場合、5月28日の胃内内容を詳細に検討した結果、遊泳力が大きい大型個体ほど

Table 2. Change in the lipid composition (%) of muscle of red sea bream in the rearing pond

Sampling date	Jun. 8	Jun. 17	Jul. 24
Days after hatching	55 days	64 days	100 days
Sterol esters	1.3	0.5	Tr
Triglycerides	6.6	5.6	22.2
Fatty acids	28.9	35.7	14.6
Cholesterol	7.9	6.2	5.6
Phospholipids	55.3	52.0	57.6

Tr:trace

Table 3. Change in the lipid composition (%) of intraperitoneal fat body of red sea bream in the rearing pond

Sampling date	Jun. 8	Jun. 17	Jul. 24
Days after hatching	55 days	64 days	100 days
Triglycerides	47.5	65.0	87.1
Fatty acids	38.9	23.0	7.5
Cholesterol	11.3	7.4	3.9
Phospholipids	2.3	4.6	1.5

Tr:trace

一般的に、天然餌料生物に依存した食性を示した個体の胃充満度は低いという結果が得られた。人工飼料と天然餌料とでは栄養価が異なるため、要求量に相違はあるが、半粗放的とはいえ池中で比較的高密度に生息しているマダイ幼魚にとって、十分に投与される人工飼料に比べて天然餌料は不足しがちの状況にあり、このことが胃内容物の充満度と組成の関係に反映したものと考えられる。

このように本飼育池を利用した半粗放的生産方式では、結果的に人工飼料が主となり補助的に天然餌生物が摂食されていた。しかし、生産された幼魚の筋肉の一般成分から検討すると、むしろ天然産マダイに近い体成分を示していたことが、以下の検討から推察される。本研究では、中間育成期間（体長：約10-50 mm）の筋肉中の脂質がわずかに増加したことを除くと、水分、粗タンパク質にはほとんど変化がなかった。しかし、広島県栽培漁業センターで集約生産されたマダイ稚魚では、筋肉中の水分が低下し、脂肪と粗タンパク質が著しく増加した（海野ら，1988）。また、安楽・畔田（1973）および佐伯・熊谷（1979）は、天然産と養殖マダイの体成分を比較して、養殖魚の水分含量は成長に伴い直線的に減少したが、天然魚ではほぼ一定であったと報告していることから分かる。

以上のように、中間育成期とその後の7月24日の間について、体成分の一般分析では顕著な変化は見られなかったが、筋肉および腹腔内脂肪組織の脂質分析では著しく異なり、平均体長50 mm（7月24日）のマダイ幼魚は腹腔内脂質組成の点で成魚と類似している（NAKAGAWA and KASAHARA, 1986）。また、蓄積脂肪であるトリグリセライド量が単位魚体重量当たりにして筋肉で4.7倍、腹腔内脂肪組織で2.2倍に増加していた。中間育成後1ヶ月間は天然餌料のみに依存していたが、集約生産されたマダイ幼魚（20-60 mm）の場合でもほぼ同様な結果が得られている（海野ら，1988）。したがって、マダイ幼魚のエネルギー蓄積機能は、餌条件にかかわらず体長40 mm前後を越えると一定してくるものと推察される。山口（1978）によると、体長40 mmは成長が最も盛んで、天然海域では生活領域を拡大するためにエネルギーを必要とする若魚初期に相当している。また、天然産マダイの胃内容物調査によると、体長40 mmを境に食性が変化し、浮遊性のCopepodaからやや大型種のGammaridea主体食に移行する（今林ら，1975；大森，1980；木曾，1980）。このような食性の変化が、体長と口径の相対成長比の変曲点となってあらわれた（代田，1970）と考えられる。

餌は、豊富なCopepodaの中でも浮遊性種の*Pseudodiaptomus marinus*に集中することになった。

6月2日になると、人工飼料を表層で投与する方法に順応するようになった。ところが、粗放的飼育池に収容されたマダイ幼魚には、人工飼料に容易に餌付くことなく池中の餌生物のみに依存する個体がかかなりいること（大野ら，1983；三村ら，1984）も指摘されている。

6月29日の胃内容物が再び天然餌料依存型を示したのは、5月28日の場合とは異なり、主食としてきた人工飼料の消失、すなわち6月24日に人工飼料の投与回数が3回（9:00, 13:00, 17:00）から2回（9:00, 17:00）に減少し、それによって、幼魚の採取時刻（15:00）には天然餌料だけを摂食せざるを得なかったものと推察される。その結果、底生生活に移行していたマダイ稚魚は、高密度に存在していた底生性の餌生物（Harpacticoida）を捕食するようになっていた。一方、9:00に摂食した人工飼料は、消化・吸収速度（岩井，1975）からして、幼魚の採取時刻には胃内からほとんど消失していたことが分かる。

栽培漁業における種苗の放流サイズの決定に対しては、放流直後の飢餓に耐えうるために十分なエネルギーを蓄積しているかが重要な課題である。マダイ種苗の場合、最小放流サイズは脂質組成中でトリグリセライド量を指標とするエネルギー蓄積機能の発達具合から、体長 40 mm 前後であると推定され、福原 (1975) が鱈の機能的側面から提案した放流サイズ (体長 30 mm 前後) と比較して幾分か大きい。このような事からも、マダイ種苗の放流効果を高めるためには、放流サイズ・時期・場所、自然環境への適応能力などの健苗性を総合的に検討する必要がある。

## 引用文献

- 安楽正昭・畔田正格, 1973, 天然および養成マダイ幼稚魚の体成分の差異. 西水研報, 43: 117-131.
- BLIGH, E. G. and DYER, W. J., 1959, A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37: 911-917.
- 福原 修, 1975, 海産魚における種苗生産の現状と 2, 3 の問題点. 南西水研増殖部資料, 1-19.
- 今林博道・高森茂樹・花岡 資, 1975, 生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態-I, 他魚種との関係. 南西水研報, (8): 101-111.
- 岩井 保, 1975, 魚学概論. 二刷, 恒星社厚生閣, 東京.
- 木曾克裕, 1980, 平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の摂餌生態-I. 西水研報, 54: 291-302.
- 丸山敬悟・津村誠一・森岡泰三, 1986, マダイ種苗の健全性に関する研究-I. 栽培技研, 15(2): 157-167.
- 三村 元・吉本 悟・斎藤新一・林 知夫・高橋正雄, 1984, 粗放的育成池におけるマダイ仔稚魚の生態観測. 広島大学生物生産学部紀要, 23: 95-119.
- NAKAGAWA, H. and KASAHARA, S., 1986, Effect of *Ulva* meal supplement to diet on the lipid metabolism of red sea bream. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 52(11):1887-1893.
- 大森迪夫, 1980, 油谷湾におけるマダイ当歳魚の食性. 西水研報, 54: 93-109.
- 大野 淳・日高俊次・武智昭彦, 1983, 粗放的育成池におけるマダイ仔稚魚の摂餌. 日本栽培漁業協会資料, 24: 1-37.
- 敷田麻美・谷口順彦・安藤裕章, 1983, 幼稚仔保育場におけるベントス相とクロダイの食性. 高知大海洋生物研報, 5: 53-63.
- 代田昭彦, 1970, 魚類稚仔期の口径に関する研究. 日水誌, 36(4): 353-368.
- 佐伯清子・熊谷 洋, 1979, 天然および養殖マダイの一般成分の比較. 食衛誌, 20: 147-150.
- 海野徹也・中川平介・笠原正五郎, 1988, マダイ種苗の絶食耐性に関する研究. 昭和63年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 講演番号321.
- 山口正男, 1978, タイ養殖の基礎と実際. 初版, 恒星社厚生閣, 東京.

**Feeding Habit and Body Constituent of the Larval  
Red Sea Bream, *Pagrus major*,  
in the Semi-Extensive Rearing Condition**

Tetsuya UMINO\*<sup>1</sup>, Hiromichi IMABAYASHI\*<sup>1</sup>, Hiroyuki ITOZAKI\*<sup>1</sup>,  
Heisuke NAKAGAWA\*<sup>1</sup> and Hiro'o YAMANAKA\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> *Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University,  
Saijo, Higashi-Hiroshima 724*

\*<sup>2</sup> *Kohchi Fish Farming Center, Uranouchi, Suzaki 785-01*

Stomach content and body constituent of the larval red sea bream were examined at the large pond of Kohchi Fish Farming Center. The fish was semi-extensively reared by the supply of artificial diet in addition to natural organisms and ranged from 8.2 to approximately 50 mm.

1) In the food composition, either natural organisms such as Copepoda or artificial diet was predominant at each sampling date. Stomach fullness of the fish feeding mainly on the former was higher as compared with the fish depending on the latter.

2) The proximate composition of muscle hardly changed during the rearing period. But thereafter the lipid class of muscle and intraperitoneal fat body exhibited a remarkable change, particularly an increase in the ratio of triglycerides.