

マダイ放流技術開発に関する基礎的研究

I. マダイ健苗育成に関して

興石 裕一¹⁾・安永 義暢¹⁾

Basic Studies on the Production of an Additional Stock of Red Sea Bream, *Pagrus major*

I. Production of Vigorous Seedlings

YUICHI KOSHIISHI¹⁾ AND YOSHINOBU YASUNAGA¹⁾

Abstract

Several series of experiments were conducted owing to produce the vigorous seedlings of red sea bream, *Pagrus major*, with appropriate quality for successful seedings.

The results are summerized as follows.

1. Seedlings weighing 70-500 mg consumed 110-160% (wet/wet/day) of *Artemia salina* at 24 and 28°C.

2. The maintenance rations were 1.62% (dry/wet/day) and 1.26% for the seedlings weighing 0.4 and 2.6 g respectively. The maximum growth occurred when the seedlings fed 7.21% and 5.83% ration for 0.4 and 2.6 g seedlings respectively. The larger ration the seedlings fed, the higher body protein and lipid contents were attained and the higher tolerance against the fasting was shown.

3. Temperature, DO, Ammonia-N, COD and SS of the rearing crawl at Hakona Inlet, Noto Island analyzed at every 4 hours of a day. No factor seemed to exert a direct effect on the survival rate of the seedlings from these measurements. It took 6-8 hours to exchange the whole water of a crawl.

4. Twenty-seven seedlings recaptured within 44 days of seeding in Nanao Bay analyzed their body compositions and stomach content weights. The seedlings appeared to require 7 days or more to acclimatize to the circumstances of seeded area.

1) 〒951 新潟市水道町1丁目5939-22 日本海区水産研究所
(Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory, Suido-cho, Niigata 951, Japan)

I. 緒 言

栽培漁業の推進に伴なつてマダイ人工種苗の生産量は飛躍的に増大し、瀬戸内海沿岸地域等ではすでに養殖用としては需要を上回る生産がなされるまでになつている。しかしながら、依然として種苗生産中の減耗率は高く、経済的にも生産技術が確立したとは言い難く、放流用として十分な数の生産ができる段階には至つていない。また、大量生産の問題の他に放流用として適正な質を持つ種苗の生産、いわゆる健苗育成の問題が残されている。健苗育成については“健苗”判定規準が明確にされていないのが現状であり、種苗生産時には数量を優先させがちなため、必要性は認められていながら具体的な技術開発には到つていないと言えよう。

健苗の条件として例えば放流後の自然環境への適応能力があげられる。放流後種苗の肥満度が急激に減少し、回復に20～30日を要したという調査報告（長崎水試，1979）から見ても放流された種苗が環境に順化していくためには、多くの障害を克服する能力を備えることが要求されていると言えよう。最近環境順化を段階的に行なうことを1つの目的として、仕切網を利用した半自然状態での中間育成や、音響馴致による放流後の投餌等が試行されているが方法的にはまだ問題が多い。

本研究ではマダイ放流技術開発の基本的課題の1つである健苗育成技術の確立に資することを目的とし、マダイ稚魚の生理・生態に関する基礎的検討を行なつた。本報告は1. マダイ種苗の摂餌生理に関して、2. マダイ中間育成場の理化学環境に関して、3. マダイ放流種苗の環境適応に関しての3項からなる。

本論に入るに先立ち材料の提供に便宜をはかつて頂いた石川県増殖試験場、新潟県栽培漁業センター、富山県栽培漁業センターの方々に厚く感謝の意を表する。中間育成場の環境調査に関して御助言、御助力を頂いた浅海開発部第2研究室永原正信室長に深謝する。また、分析、印刷原図の作図等に御協力頂いた柴田玲子技官、長沼典子技官に対して感謝の意を表する。

II. 材料および方法

1. マダイ種苗の摂餌生理に関して

中間育成サイズのマダイ稚魚を対象に摂餌量、摂餌リズム、生長量、餌料要求量等の項目について飼育実験を行なつた。供試魚は受精卵から常法で種苗生産し、所定のサイズまで飼育後実験に用いた。実験用として日間摂餌量および蛋白質消化率測定には循環濾過装置をつけた80 lの塩水水槽を、その他は55 lの亚克力水槽を流水式で用いた。実験用餌料としてアルテミア成体、冷凍アキアミ、配合飼料の3種類を用いた。配合飼料組成は第1表に示した通りでモイストペレットとして投餌した。

日間摂餌量はアルテミア成体を餌料に常時過剰状態となるよう投餌して求めた。また1日の摂餌時間を12時間とし、1時間毎の摂餌率、すなわち（投餌重量－残餌重量）／供試魚重量、を算出した。

制限食飼育試験では配合飼料を用い、1日4回の投餌を行つた。投餌量により飽食区、飽食量の1/2量、1/4量、1/10量投餌区の4区を設けた。

蛋白質消化率は酸化クロムを用いる間接法で測定、採糞は24時間分を1単位として行なつた。酸素消費量は通常に摂餌した個体について明条件下でマイクロガスマーターを用いて測定した。体成分のうち水分は常法、粗蛋白はマイクロケルダール法、粗脂肪はFolchの方法により

第1表 制限食飼育試験用飼料組成

Table 1. Composition of the artificial diet used in the restricted feeding experiment.

| | |
|-------------------------------|----|
| White fish meal | 73 |
| Dextrin | 5 |
| Cod liver oil | 9 |
| CMC | 4 |
| Cellulose powder | 4 |
| Mineral mixture ^{a)} | 4 |
| Vitamin mixture ^{b)} | 1 |

a): U. S. P. XII, salt mixture no. 2 with trace minerals.

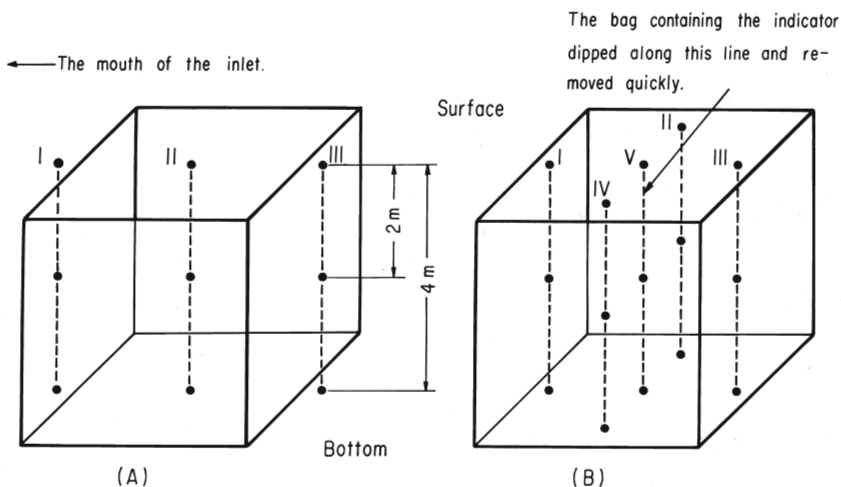
b): Made up by, 6 mg B₁, 20 mg B₂, 4 mg B₆, 0.01 mg B₁₂, 220 mg AsA, 40 mg Niacin, 10 mg Ca-pantothenate, 220 mg Inositol, 0.6 mg Biotin, 1.5 mg Folic acid, 12 mg PABA, 400 mg Choline chloride, 2,000 IU VA-acetate, 4,000 IU VD₃, 5 mg VK₃ and 60 mg VE-acetate.

求めた。

2. マダイ中間育成場の理化学環境に関して

石川県増殖試験場の能登島箱名入江中間育成場を対象に、同試験場と共同で調査した。育成網生簀内に第1図(A)に示した定点を設け、定点毎に北原式採水器で採水、水温、DO、Ammonia-N、COD、SSの5項目を測定、4時間毎に6回の採水を行ない日内変動を追跡した。DOはウインクラー法、Ammonia-Nはインドフェノール法、CODはシユウ酸・過マンガン酸カリウム滴定法（沸騰水浴20分分解）、SSはミリポアHAフィルターによる濾過法により求めた。

生簀内の海水流動は指標物質としてウラニンを流し、第1図(B)に示した定点で採水、蛍光光度計で測定したウラニウム濃度変化から推定した。



第1図 生簀内の水質 (A), および海水流動 (B) 調査採水点

Fig. 1. Sampling points for water analysis (A), and water movement (B) of the crawl (dorsolateral view).

3. マダイ放流種苗の環境適応に関して

石川県増殖試験場による再捕魚（フィンカット標識放流魚）を対象として胃内容物重量の測定、全魚体の一般分析を行なった。サンプルは七尾湾（能登島向田湾）において1979年8月6日および8日に放流され、8月9日～9月20日までに同湾内で再捕された27個体である。胃内容物は凍結状態のまま解剖することにより形を崩さず胃壁と分離し、常法で乾量を求めた。

III. 結果および考察

1. マダイ種苗の摂餌生理に関して

放流種苗の健苗化を考える上でまず問題となるのは、種苗生産中の“餌料”と“環境”の2点であろう。また、放流後の種苗が高い割合で生残るためには放流時の餌料環境、特に餌の量が問題となると考えられる。そこで本項ではマダイ稚魚期の摂餌量の把握に主眼をおいた。

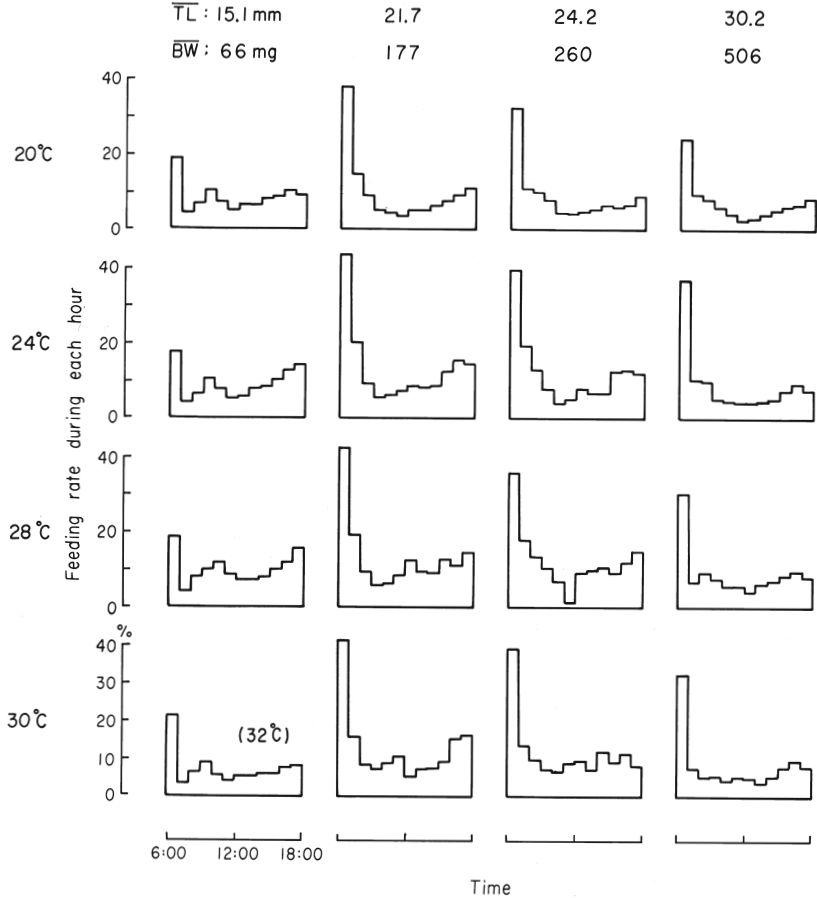
アルテミア成体を餌料とした水温およびサイズ別の日間摂餌量を第2表に、また日内摂餌リズムを第2図に示した。供試魚とした体重66～507mgサイズの稚魚は、24℃、28℃において活発な摂餌を行ない、日間摂餌率は66mgおよび507mgサイズで約110～120%、177mgおよび260mgサイズでは約150～160%であった。また、いずれのサイズでも20℃から28℃までは水温上昇とともに摂餌量が増加したが、30℃では逆に低下しており、このサイズの育成水温として上限値が28～30℃の間にあることが示唆された。

日内摂餌リズムを単位時間当りの摂餌率についてみると、いずれのサイズでも投餌開始直後の1時間が最も高く、その値はサイズにより異なっていた。すなわち、177～507mgでは30～40%の値を示すのに対し、66mgでは20%前後であった。また、1時間経過以後の摂餌率は177～507mgでは3～4時間後まで次第に減少するのに対し、66mgサイズでは3時間後には再び増加

第2表 日間摂餌量（アルテミア，12時間投餌）

Table 2. Daily food intake (seedlings were fed *Artemia salina* for 12 hours).

| Temperature (°C) | Fish no. | Average body length (mm) | Average body weight (mg) | Food consumed per fish (wet, mg) | Feeding rate (%) | |
|------------------|----------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|------------------|-----------|
| | | | | | (wet/wet) | (dry/wet) |
| 20 | 15 | 13.5 | 63 | 64.8 | 103 | 10.4 |
| 24 | 16 | 13.6 | 64 | 71.5 | 112 | 11.3 |
| 28 | 15 | 14.2 | 74 | 88.7 | 121 | 12.2 |
| 32 | 11 | 13.3 | 63 | 55.2 | 88 | 8.8 |
| 20 | 10 | 19.1 | 182 | 214 | 118 | 11.9 |
| 24 | 10 | 18.7 | 172 | 276 | 160 | 16.2 |
| 28 | 10 | 18.7 | 174 | 277 | 160 | 16.2 |
| 30 | 10 | 18.8 | 179 | 275 | 153 | 15.5 |
| 20 | 10 | 20.9 | 246 | 266 | 108 | 10.9 |
| 24 | 10 | 21.6 | 256 | 379 | 148 | 15.0 |
| 28 | 10 | 22.6 | 283 | 444 | 157 | 15.8 |
| 30 | 10 | 21.7 | 254 | 372 | 146 | 14.8 |
| 20 | 5 | 26.1 | 476 | 423 | 89 | 9.0 |
| 24 | 5 | 27.0 | 485 | 553 | 114 | 11.5 |
| 28 | 5 | 26.7 | 494 | 544 | 110 | 11.1 |
| 30 | 5 | 28.2 | 571 | 566 | 99 | 10.0 |



第2図 水温およびサイズ別日内摂餌リズム

Fig. 2. Fluctuation of feeding rate per hour of a day (6:00-18:00) at different water temperature and size group of seedlings.

し始め、4～5時間後に体重の9～12%に相当する第2のピークがみられた。12時間の摂餌時間を通じて大型の稚魚が2つの摂餌ピークを示したのに対し、66mgの小型稚魚では3つのピークを示し、単位時間・体重当りの摂餌率があきらかに低かった。したがって、このサイズで沖出しを行なった場合、かなり頻繁な投餌が要求されるものと考えられる。

次いで摂餌率と生長率、飼料効率等との関係を知るためにA区；0.4g、B区；0.9g、C区；2.6gの3種類のサイズで制限食飼育試験を行なった。飼育期間中の平均水温はA区で24.7℃、B、C区で26.6℃であった。このうちB区については斃死率が高かったため摂餌率、生長率は算出しなかつた。飼育結果を第3表に示した。投餌量の増加により生長率は高くなっている。しかしながら1/2量投餌区を規準とした場合、飽食区ではA区、C区で摂餌率がそれぞれ2.1倍、1.7倍となつているのに対し、生長率は1.2倍、1.3倍と摂餌率の倍率より小さくなつている。また、これにともない飽食区の飼料効率は1/2量あるいは1/4量投餌区の58%～87%と低くなつた。

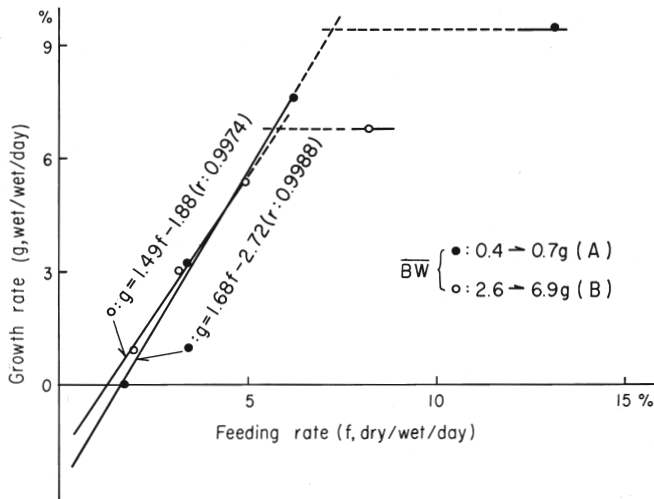
A区およびC区での摂餌率と生長率の関係を第3図に示した。1/2量以下の投餌区では摂餌率と生長率の間に高い相関性が認められた。1/2量以上から飽食量に至る間の生長率は飽食区

第3表 制限食飼育試験結果

Table 3. Results of restricted feeding experiment^{a)}.

| Lot | Fish no. | Experi- mental period (days) | Food consumed | | Body weight | | Percent gain (%) | Feeding rate (dry/wet/ day, %) | Growth rate (wet/wet/ day, %) | Feed conver- sion | Mortal- ity (%) |
|----------------|----------|---------------------------------------|---------------|---------|-------------|-------|------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | | | (dry, g) | (ratio) | Initial | Final | | | | | |
| A ₁ | 13 | 7 | 5.43 | 100 | 5.0 | 8.9 | 78 | 13.1 | 9.4 | 0.71 | 23 |
| A ₂ | | | 2.43 | 45 | 5.1 | 8.1 | 59 | 6.2 | 7.6 | 1.23 | 31 |
| A ₃ | | | 1.22 | 22 | 5.3 | 6.6 | 25 | 3.4 | 3.2 | 1.10 | 8 |
| A ₄ | | | 0.60 | 11 | 5.1 | 5.1 | 0 | 1.7 | 0 | 0 | 31 |
| B ₁ | 40 | 14 | 53.7 | 100 | 36.7 | 89.8 | 145 | - | - | 0.99 | 25 |
| B ₂ | | | 20.4 | 38 | 37.4 | 58.8 | 57 | - | - | 1.05 | 28 |
| B ₃ | | | 10.9 | 20 | 37.2 | 45.1 | 21 | - | - | 0.72 | 40 |
| B ₄ | | | 5.2 | 10 | 36.8 | 33.1 | -10 | - | - | -0.71 | 70 |
| C ₁ | 20 | 14 | 91.9 | 100 | 52.1 | 134.6 | 157 | 8.2 | 6.8 | 0.90 | 10 |
| C ₂ | | | 44.4 | 48 | 48.8 | 101.1 | 107 | 4.9 | 5.4 | 1.18 | 0 |
| C ₃ | | | 25.1 | 27 | 53.1 | 79.0 | 49 | 3.2 | 3.0 | 1.03 | 5 |
| C ₄ | | | 13.4 | 15 | 53.5 | 60.4 | 13 | 2.0 | 0.9 | 0.52 | 10 |

a): The values of dead fish weight were delt with the following manner before calculation.
 A and C: Compensated on the basis of linear growth and added.
 B: Added to the final weight.



第3図 日間摂餌率と生長率

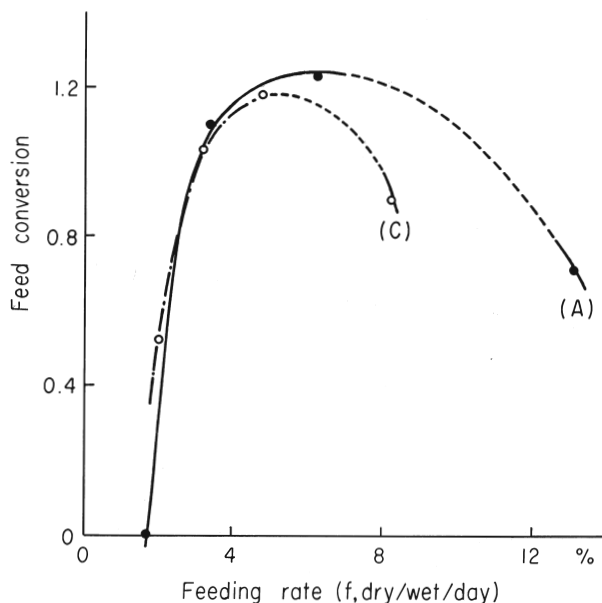
Fig. 3. Relationships between feeding rate and growth rate.

で得られた生長率に漸近する形で増加すると考えられる。今、便宜的に1/2量以下の回帰直線と飽食区の生長率を示す直線の交点が最大生長に必要な最小摂餌率を表わすとすると、A区では7.21%、C区では5.83%となる。また、体重維持摂餌率はA区で1.62%、C区で1.26%となった。

竹内ら(1979)は1.4gのニジマスに14~15℃で飼育し、体重維持および最大生長に必要なエネルギー量をそれぞれ30および98 Kcal/kg/dayと報告している。マダイの各栄養素に対す

る可利用エネルギーについては知られていないが、他の魚種で一般的な蛋白質 4.5 Kcal/g, 炭水化物 2 Kcal/g, 脂質 8 Kcal/g を用いると、上述の摂餌率から 2.6g のマダイ稚魚は 26.6°C で体重維持に 44 Kcal/kg/day, 最大生長に 205 Kcal/kg/day のエネルギー摂取を必要とすることになる。

第 3 図により最大生長に近い生長を得るために必要な摂餌量は飽食量の 55~70% 程度であることが推察された。この点を餌料効率に関して検討した結果を第 4 図に示した。飽食区の餌料効率は 1/2 量投餌区の 58% (A 区)~76% (C 区) であつた。また、C 区について、摂餌率に対して蛋白質と脂質の蓄積率をプロットすると第 5 図のようになる。摂餌率の増加にともない体内に蓄積される蛋白質、脂質の割合は高くなるが、1/2 量以上の投餌では脂質蓄積率では横ばい、蛋白質蓄積で低下という結果となつた。これらの結果から餌料が生長に利用される効率の点で飽食量の投餌は過剰投餌であることがわかる。

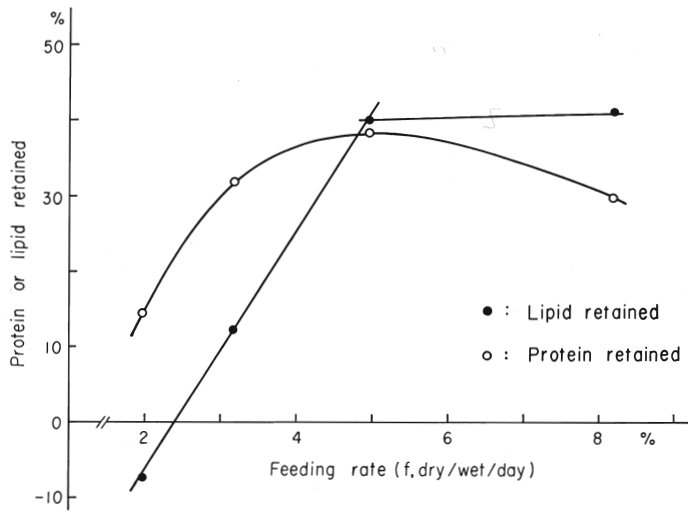


第 4 図 日間摂餌率と餌料効率

Fig. 4. Relationships between feeding rate and feed conversion.

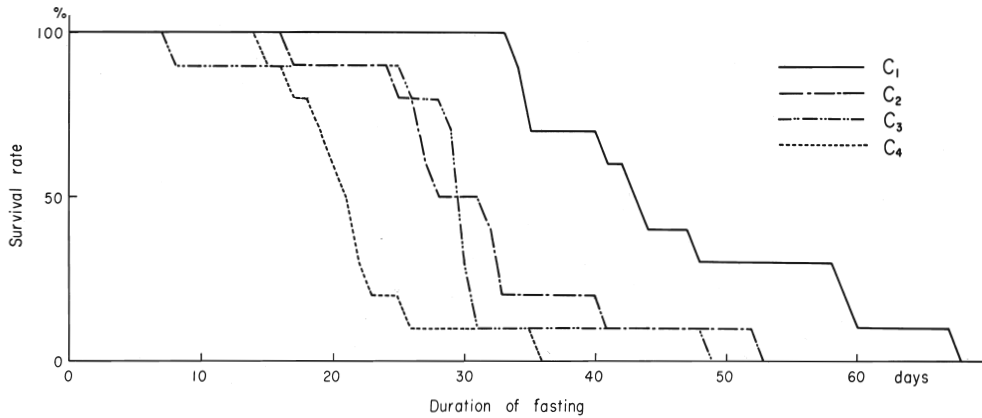
C 区の供試魚を飼育試験終了後絶食試験に供し、健苗性の一指標として絶食耐性を調べた (第 6 図)。その結果飽食区で耐性が最も高かつた。その理由として同区で脂質、蛋白質含量が 1/2 量以下の投餌区より高くなつていること (第 4 表) が考えられる。サケ稚魚の場合も体脂質含量の高い種苗で絶食耐性が高いことが報告されている (能勢ら, 1979)。種苗放流後天然餌料環境に順化するまでは絶食に近い状態が続くと予想され、絶食に対する耐性は健苗化をはかる上で重要な要素の 1 つと考えられる。したがつて、中間育成時の投餌量決定に当つては絶食耐性の観点からの検討も必要であろう。

次に体重維持摂餌量を安静時の酸素消費量 (第 5 表) から以下の方法で求めた。すなわち、右田ら (1937) にしたがひ、1 l の酸素消費が 5.0 Kcal の発熱量に相当するとすれば、表中の



第5図 蛋白質および脂質蓄積率 (C区)

Fig. 5. Protein and lipid retained in the bodies (Lot C).



第6図 制限食飼育試験供試魚 (C区) の絶食耐性

Fig. 6. Relationships between survival rate and duration of fasting. Seedlings were fed different amount of rations (restricted feeding experiment, Lot C), and then fasted.

24°Cにおける酸素消費量 544 ml O₂/hr/kg は,

$$2.72 \text{ Kcal/hr/kg} = 0.0653 \text{ Kcal/day/g}$$

のエネルギー代謝に相当する。このエネルギー量を摂餌量に換算するため餌料を魚肉とすると、その可利用エネルギー量は約 1.2 Kcal/g と仮定されるので、安静時の餌料要求量は、

$$(0.0653 \text{ Kcal}/1.2 \text{ Kcal}) \text{ 餌料 (g)/day/魚体重 (g)}$$

すなわち、0.054 g(wet)/day/g = 0.014 g(dry)/day/g となる。飼育実験により求めた体重維

第4表 制限食飼育試験終了時の全魚体の一般分析値および蛋白質，脂質の蓄積率，蛋白質効率
 Table 4. Proximate composition of the whole bodies at the end of the restricted feeding experiments, protein and lipid retained and protein efficiency ratio.

| Lot | Proximate composition (%) | | | Protein ^{a)} retained (%) | Lipid ^{a)} retained (%) | PER |
|----------------|---------------------------|---------|-------|------------------------------------------|----------------------------------------|------|
| | Moisture | Protein | Lipid | | | |
| A ₁ | 77.8 | 14.8 | — | 21.9 | — | 2.19 |
| A ₁ | 77.9 | 14.8 | — | 38.4 | — | 3.77 |
| A ₃ | 79.1 | 14.3 | — | 33.0 | — | 3.25 |
| A ₄ | 80.1 | 13.6 | — | —6.9 | — | 0 |
| B ₁ | 75.5 | 15.1 | 5.27 | — | — | — |
| B ₂ | 77.2 | 15.4 | 2.97 | — | — | — |
| B ₃ | 79.0 | 14.3 | 1.69 | — | — | — |
| B ₄ | 80.5 | 13.0 | 1.43 | — | — | — |
| C ₁ | 73.7 | 16.6 | 5.74 | 30.0 | 41.7 | 2.84 |
| C ₂ | 75.1 | 16.2 | 4.05 | 38.4 | 40.3 | 3.73 |
| C ₃ | 77.2 | 15.6 | 2.03 | 31.7 | 12.2 | 3.26 |
| C ₄ | 77.6 | 15.3 | 1.51 | 14.3 | —7.3 | 1.63 |

a): (Protein or Lipid increased)/(Protein or Lipid intake)×100

第5表 安静時の酸素消費量

Table 5. Resting rate of oxygen consumption at different water temperature.

| Body length (mm) | | Body weight (mg) | | Oxygen consumption (ml O ₂ /hr/kg, Average± SD) | | | |
|------------------|---------|------------------|---------|------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Range | Average | Range | Average | 20℃ | 24℃ | 28℃ | 30℃ |
| 11.9-23.2 | 17.0 | 42-304 | 151 | 352±169 | 463±216 | 544±240 | 682±248 |

持摂餌量は0.4gサイズで0.016g(dry)/day/gであるから両方法により求めた値はかなり近似している。飼育実験では酸素消費量測定時と異なり，供試魚は摂餌その他の運動にも相応のエネルギーを消費する。この点からは酸素消費量から算出した値を上回る維持摂餌量が得られると推察される。しかしながら，飼育実験においては少ない餌料に対応して代謝レベルが低下するため，このように近似した値が得られたものと考えられる。

さらに最大摂餌量を飽食量と消化速度から近似的に求めた。安永(1971)は生物餌料投与時のヒラメ仔魚の日間摂餌量を，日間摂餌量=飽食量×(1日の摂餌可能時間/消化時間)により求めた。マダイ稚魚の場合，一度飽食させた後の胃内容物量は，第6表に示したとおり過剰餌料条件下ではほぼ一定に保たれ，摂餌が連続して行なわれる。したがって，上式を単純に適用することは困難であるが，体重2gのマダイ稚魚では，第7表に示した初期排便時間を消化時間に当てると飼育実験での最大摂餌量とほぼ等しい値が得られた。この方法については消化速度と摂餌行動に関してさらに詳しいデータの蓄積が必要と思われる。

なお，上述の飼育条件の異なる各実験間の飼育結果を比較する基礎として，20~30℃の水温下でのマダイ稚魚の蛋白質消化率を測定した。その結果，体重2.0gの稚魚では水温および餌料による消化率の差は認められなかつた(第7表)。

第6表 アキアミ過剰投餌条件下での胃内容物量 (wet/wet, %) 日内変化 (BW ; 6.55g)

Table 6. Diurnal change in the stomach content (wet/wet, %) of red sea bream seedlings (BW; 6.55g) under a excess feeding of *Acetes japonicus*.

| Temperature (C) | Time | | | | | | | | | | | | | Average |
|--------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | |
| 24 | 0.3 | 11.3 | 12.1 | 11.9 | 8.0 | 10.0 | 9.9 | 8.5 | 9.9 | 12.5 | 8.7 | 8.4 | 9.7 | 10.0 |
| 28 | 0.1 | 14.7 | 12.1 | 13.7 | 13.6 | 9.8 | 8.0 | 7.4 | 8.3 | 9.1 | 7.7 | 7.1 | 7.4 | 9.9 |

第7表 見かけの蛋白質消化率および初期, 最終排糞時間

Table 7. Apparent digestibility of proteins and time taken for initial and final excretion. (BW: 2.06g)

| Food ingested | Temperature (C) | Apparent digestibility (%) | Time taken for (hr) | |
|----------------------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|-----------------|
| | | | initial excretion | final excretion |
| <i>Artemia salina</i> (adult) | 20 | 94.6 | 6.5 | >32 |
| | 24 | 93.5 | 4.5 | >32 |
| | 28 | 93.3 | 2.0 | 28 |
| | 30 | 94.0 | 2.0 | 28 |
| Artificial diet | 20 | 94.2 | 2.5 | >36 |
| | 24 | 92.4 | 3.0 | >36 |
| | 28 | 93.7 | 3.0 | 36 |
| | 30 | 93.0 | 2.0 | 32 |

マダイの栄養生理は海産魚の中ではかなり詳細に調べられており (YONE, 1976), また近年仔稚魚用の生物飼料の栄養価についても新しい知見が報告されている (渡辺, 1978). その結果, 養魚用飼料, 中間育成以前の種苗の健苗化等に技術的改善がなされて来た. しかしながら, 中間育成時のサイズに関する報告は少なく (山口, 1978), 中間育成中の投餌技術も経験にたよっている部分が多い.

第2表に示したように中間育成期に相当するサイズのマダイ稚魚は90~160%の日間摂餌率を示した. 北島 (1978) は体重70mgのマダイ稚魚のチグリオパス日間摂餌率を63%と報告している. また, 平田 (1977) は2~3cmの稚魚の日間摂餌率は100~120%であり, 実際の飼育に当っては500%程度の投餌がなされていると報告している. より大型の体重7.3gから43.9gのマダイに関して山口 (1978) は単位体重(1g)当りの日間投餌量(Ymg), 体重(Wg), 水温(TC)の間に $Y = 268.6579 - 2.0549(W) - 20.8597(T - 22)$, (水温16.9~27.2C)の関係式が成立することを示している. この式から計算すると日間摂餌率は約20%となる. したがって, 中間育成初期のサイズの稚魚は数倍高い餌料要求を示していると言えよう.

中間育成期は北島 (1978) による稚魚期 (I期, II期) および若魚期に当たる. この時期は形態上の変化が著しく, おそらく生理機能も短期間に变化すると推察される. 一方, 種苗育成に当たっては陸上水槽から生簀へ, プラクトン (生餌) から冷凍アミ類, 魚肉等の死餌へと生産方法が变化する. したがって, 種苗の生理特性に合わせた投餌技術を確立するために, サイズ・水温別に餌料の量, 質の検討をさらに詳細に行ない, “健苗” 育成をはかつていく必要がある.

2. マダイ中間育成場の理化学環境に関して

今回調査対象とした中間育成場のある箱名入江は湾口約400m, 湾奥までの距離約1,400m, 湾口部水深24mで中間育成用生簀は湾口より約900m, 水深約10mの位置に設置されている。調査した生簀は4×4×4mのナイロンモジ網(140径)製であつた。第8表に6回の水質分析結果の平均値を示した。

第8表 生簀内水質分析結果(1979年8月3日, 4時間毎に採水)

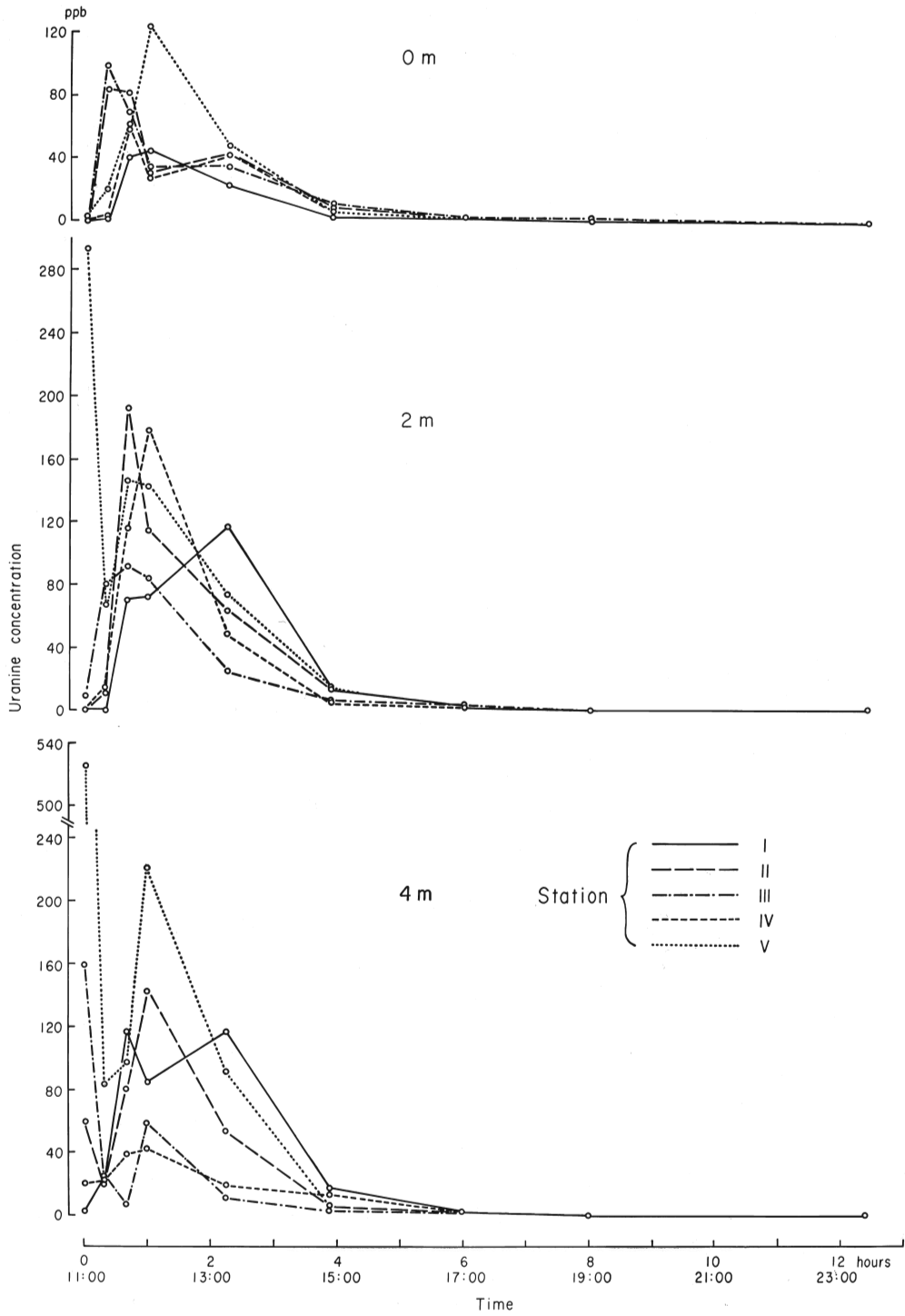
Table 8. Results of water analysis of the crawl (sampled at every 4 hours on Aug. 3, 1979).

| | Depth (m) | st. I | | st. II | | st. III | |
|-----------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------|--|
| | | Average±SD | Range | Average±SD | Average±SD | | |
| Temperature (°C) | 0 | 26.7 ± 0.3 | 26.4 ~ 27.3 | 26.8 ± 0.3 | 26.6 ± 0.9 | | |
| | 2 | 26.4 ± 0.3 | 26.1 ~ 26.6 | 26.4 ± 0.2 | 26.5 ± 0.3 | | |
| | 4 | 26.0 ± 0.2 | 24.4 ~ 26.5 | 25.8 ± 0.7 | 26.0 ± 0.3 | | |
| DO (O ₂ ml/l) | 0 | 4.45 ± 0.11 | 4.19 ~ 4.64 | 4.46 ± 0.17 | 4.55 ± 0.20 | | |
| | 2 | 4.64 ± 0.14 | 4.40 ~ 4.79 | 4.60 ± 0.18 | 4.73 ± 0.21 | | |
| | 4 | 4.65 ± 0.07 | 4.50 ~ 4.74 | 4.62 ± 0.10 | 4.69 ± 0.08 | | |
| COD (meq/l) | 0 | 0.154 ± 0.086 | 0.080 ~ 0.231 | 0.150 ± 0.055 | 0.169 ± 0.045 | | |
| | 2 | 0.147 ± 0.068 | 0.091 ~ 0.216 | 0.148 ± 0.049 | 0.125 ± 0.045 | | |
| | 4 | 0.107 ± 0.026 | 0.063 ~ 0.135 | 0.094 ± 0.029 | 0.074 ± 0.031 | | |
| Ammonia-N (ppb) | 0 | 19.8 ± 13.0 | 11.2 ~ 33.6 | 21.9 ± 10.4 | 14.0 ± 5.2 | | |
| | 2 | 9.6 ± 4.7 | 5.6 ~ 19.6 | 12.4 ± 5.2 | 10.3 ± 4.5 | | |
| | 4 | 10.5 ± 4.6 | 7.0 ~ 21.0 | 13.3 ± 6.1 | 7.7 ± 4.1 | | |
| SS (mg/l) | 0 | 26 ± 6 | 11 ~ 25 | 20 ± 5 | 26 ± 7 | | |
| | 2 | 24 ± 9 | 20 ~ 33 | 30 ± 6 | 23 ± 6 | | |
| | 4 | 27 ± 5 | 14 ~ 31 | 26 ± 7 | 26 ± 10 | | |

水温については当日の湾口部の表層水温25.6~26.0°Cと比較するとやや高く, 表層の平均で26.7°Cであつた。この水温は同サイズの天然種苗の生息水温25~26°Cを0.7~1.7°C上回り, また飼育試験結果からみてやや高いと思われる。

溶存酸素量測定値はいずれも4 ml/l以上で, 表層ほど低く(特に午前中に低下), かつ変動も大きかつた。表層, 2m層における日中の溶存酸素量の低下は種苗の滞泳状態と密接に関連していると推察され, このことより海水交流が相対的に小さいことがうかがわれる。溶存酸素量低下が種苗におよぼす影響について平田(1977)は, 体重0.8gの稚魚を用い, 溶存酸素量が4.4ml/lから3.6, 3.0, 2.6ml/lと減少すると摂餌量は100%から80, 60, 40%と減少し, 1.5ml/lでは呼吸頻度が上がりやがて斃死するものが出現すると報告している。今回の調査では4 ml/l以下の測定値はなかつたことから, 現状では箱名の育成場に酸素不足に関する問題は無いものと思われる。

CODの測定平均値は0.12 meq/l=0.98ppmで水産環境水質基準値(1972)の1ppmとほぼ等しかつた。またAmmonia-Nに関しては基準値(無機態N)の0.1ppmより1オーダー低い値であつた。これらの結果からみて生簀内の水質はおおむね良好と思われる。しかしながらAmmonia-N, COD, SSの生簀内での測定値は湾口部の値よりかなり高くなつており, 生簀周辺では有機物の残留, 蓄積が生じていること, また入江内全体の海水交流が比較的少ないこ



第7図 生簀内のウラニン濃度変化

Fig. 7. Change of uranine concentration in the crawl.

とが明らかとなった。

生簀中央部にウラニンを柱状に流し生簀内の海水流動を追跡した結果を第7図に示した。生簀内の海水が完全に交換するためには6～8時間を要した。各定点間の濃度変化を追うことにより流動方向を推定すると、4 m層では湾口部へ向けた流れが認められるものの、表層、2 m層では方向が一定していなかった。また、各層間の鉛直方向の流動も明瞭ではなかった。

一方、定点Vにおける各測定間のウラニン濃度の減少速度をみると4 m層で大きく表層で小さくなっており、上層ほど交換率が低いという結果が示された。その主な原因として生簀網の上層側に珪藻の付着量が多かったことの影響が考えられる。

以上のように今回の調査では、取り上げた各項目について生残率に直接影響すると思われるものは認められなかった。ただし、海水交換に多くの時間を要している点からみて流行性疾病の発生時に感染率、感染速度の高まる可能性が懸念された。“健苗”の一指標として耐病性も挙げられるが環境面からも一定の検討を要するであろう。

3. マダイ放流種苗の環境適応に関して

生簀内で保護育成されてきた種苗は取上げ、輸送を経て放流される際に一定の生理的耐性と適応力を求められる。放流に際して短期間に環境へ適応し得ることが健全な種苗としての必須条件であろう。

七尾湾において放流後再捕されたサンプルについて、胃内容物重量および全魚体の一般分析を行なった結果を第9表に示した。8月9日、15日分は昼間、9月20日分は夜間に再捕された。なお、9日再捕サンプルはほとんどが8日放流分と考えられる。

まず、生長であるが8月9日から15日までの6日間に平均体重は1.3gから3.7gに増加している。この生長を指数増加式に当てはめると日間生長率は19%となる。飼育試験結果(第3表)を基準にするとこの値は明らかに高すぎ、サンプルの片寄りによつて生じた結果と考えられる。また、9月20日には9.1gとなり、この間40日余りの日間生長率は約5%となつた。運動条件、餌料に差があるため単純には比較できないが、この値を制限食飼育試験結果と照合してみると日間摂餌率は飽食摂餌の約1/2程度であつたと推察される。

次に体成分であるが、生長にともなつて蛋白質含量が増加し、水分含量は減少している。脂質含量は放流直後には育成中の高カロリー餌料摂取の影響で高いが、6日後には減少している。すなわち、放流域の餌料環境に適応できず摂餌量が不足したため蓄積脂肪の消費が起きたと考えられる。9月20日には再び上昇しており、摂餌が活発化し種苗の生理状態が安定してきたと考えられる。安楽ら(1973)によれば天然マダイと養成マダイの質的差は、天然マダイに対し養成マダイの脂肪蓄積量が多い点にある。すなわち、養成マダイでは肥満度と1尾当りのカロリー含有量が高く、水分含量は脂肪の蓄積にともない変化する。これに対し天然マダイでは地域差はあるが、1尾当りのカロリー含有量が養成マダイより10～50%低く、また水分含量は全長20～70mmでほぼ一定である。これらの結果から安楽らは全長20～30mmの養成マダイを放流した場合、摂餌行動や捕食魚からの逃避行動に問題があるかと報告している。

再捕種苗の胃内容物重量は放流1日後の8月9日で1.6% (湿重量体重比)、以後8月15日は0.6%、9月20日は0.7%であつた。この値を過剰餌料条件下の飼育魚での値と比較すると1桁低く、再捕魚の摂餌行動もしくは餌料環境が良好ではなかつたことによるものと推察される。小島ら(1979)は、胃の内壁にひだが観察されない状態がほぼ飽食の状態と仮定し、天然種苗の飽食時の胃内容物湿重量体重比 f (%) を、 $f = 5.14 - 0.0192 FL$ ($FL: 45 \sim 110mm$) としている。また、同様に花岡(1972)は $f = 8.8 - 0.083 FL$ ($FL: 18 \sim 90mm$) と報告している。8月15日再捕サンプルのFL平均値は57.2mmであるので小島らの式で4.04%、花岡の式で4.05%が

第9表 底曳網による放流再捕魚の胃内容重量および一般組成（能登島，向田湾 1979年8月6，8日放流

Table 9. Stomach contents and proximate composition of released fish recaptured by small trawl net. (Kōda Bay, Noto Is., Released on Aug. 6 and 8, 1979)

| Date captured | Fork length (mm) | Body length (mm) | Body weight (g) | Condi- tion factor | Stomach contents | | | Proximate composition | | | |
|---------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------|---------|--------------------|-------|
| | | | | | Weight (wet,mg) | Ratio | | Moisture | Protein | Lipid | |
| | | | | | | $\left(\frac{\text{wet}}{\text{wet BW}}, \%\right)$ | $\left(\frac{\text{dry}}{\text{dry BW}}, \%\right)$ | | | | |
| Aug. 9 | 40.4 | 35.2 | 1.21 | 1.84 | 9.6 | 0.79 | 0.16 | 79.2 | 13.9 | 1.37 | |
| | 37.5 | 33.0 | 0.97 | 1.84 | 33.6 | 3.46 | 1.78 | | | | |
| | 42.7 | 37.3 | 1.40 | 1.80 | 20.9 | 1.49 | 0.70 | 78.5 | 15.3 | 1.61 | |
| | 45.1 | 39.9 | 1.65 | 1.80 | 18.5 | 1.12 | 0.67 | | | | |
| | 41.1 | 35.0 | 1.19 | 1.71 | 19.9 | 1.67 | 0.85 | 79.3 | 14.0 | 1.53 | |
| | 40.6 | 35.0 | 1.13 | 1.69 | 17.4 | 1.54 | 0.56 | | | | |
| | 47.3 | 40.8 | 1.76 | 1.66 | 29.0 | 1.65 | 0.84 | 79.0 | 14.2 | 1.57 | |
| | 35.6 | 30.4 | 0.76 | 1.68 | 9.0 | 1.18 | 0.56 | | | | |
| | 45.5 | 38.9 | 1.56 | 1.66 | 14.0 | 0.90 | 0.44 | 79.4 | 13.8 | 1.53 | |
| | 42.0 | 36.3 | 1.21 | 1.63 | 24.0 | 1.98 | 1.01 | | | | |
| | Average | 41.8 | 36.2 | 1.3 | 1.7 | 19.6 | 1.6 | 0.8 | 79.1 | 14.2 | 1.5 |
| ± SD | ± 3.6 | ± 3.2 | ± 0.3 | ± 0.1 | ± 7.9 | ± 0.8 | ± 0.4 | ± 0.4 | ± 0.6 | ± 0.1 | |
| Aug. 15 | 70.4 | 60.9 | 6.95 | 1.99 | 64.1 | 0.92 | 0.28 | 77.8 | 16.3 | 1.49 | |
| | 67.9 | 58.6 | 5.69 | 1.82 | 14.2 | 0.25 | 0.09 | 77.3 | 16.8 | 0.95 | |
| | 59.0 | 52.3 | 3.70 | 1.80 | 11.4 | 0.31 | 0.05 | 79.2 | 15.6 | 1.20 | |
| | 40.8 | 33.7 | 1.24 | 1.83 | 9.8 | 0.79 | 0.08 | | | | |
| | 62.6 | 54.3 | 4.28 | 1.74 | 100.8 | 2.36 | 2.13 | 78.3 | 15.7 | 1.02 ^{a)} | |
| | 52.7 | 45.2 | 2.37 | 1.62 | 18.3 | 0.77 | 0.28 | 79.0 | 14.4 | 1.15 | |
| | 46.7 | 39.8 | 1.73 | 1.70 | 5.8 | 0.34 | 0.06 | | | | |
| | Average | 57.2 | 49.3 | 3.7 | 1.8 | 32.1 | 0.8 | 0.4 | 78.3 | 15.8 | 1.2 |
| ± SD | ± 11.0 | ± 10.1 | ± 2.1 | ± 0.1 | ± 36.2 | ± 0.7 | ± 0.8 | ± 0.8 | ± 0.9 | ± 0.2 | |
| Sep. 20 | 78.6 | 66.8 | 11.80 | 2.43 | 100.0 | 0.85 | 0.99 | 75.7 | 16.9 | 1.30 | |
| | 63.2 | 55.4 | 6.01 | 2.38 | 18.9 | 0.31 | 0.25 | 77.2 | 15.9 | 1.53 | |
| | 85.3 | 73.4 | 14.17 | 2.28 | 236.2 | 1.67 | 1.23 | 77.1 | 17.2 | 1.71 | |
| | 70.2 | 60.2 | 7.86 | 2.27 | 81.7 | 1.04 | 1.59 | 77.0 | 15.7 | 1.19 | |
| | 81.0 | 69.6 | 11.14 | 2.10 | 12.0 | 0.11 | 0.09 | 78.3 | 15.9 | 1.38 | |
| | 81.4 | 71.2 | 12.27 | 2.06 | 20.1 | 0.16 | 0.17 | 78.5 | 16.5 | 1.35 | |
| | 68.1 | 58.6 | 6.44 | 2.04 | 76.8 | 0.19 | 0.91 | 77.9 | 16.3 | 1.23 | |
| | 72.7 | 62.0 | 7.61 | 1.98 | 41.1 | 0.54 | 0.44 | 78.0 | 16.4 | 1.31 | |
| | 70.2 | 59.2 | 6.74 | 1.95 | 22.5 | 0.33 | 0.24 | 77.1 | 16.5 | 1.27 | |
| | 70.6 | 59.8 | 6.82 | 1.93 | 19.5 | 0.29 | 0.26 | 76.6 | 15.8 | 1.17 | |
| | Average | 74.1 | 63.6 | 9.1 | 2.1 | 62.9 | 0.7 | 0.6 | 77.3 | 16.3 | 1.3 |
| | ± SD | ± 7.0 | ± 6.2 | ± 3.0 | ± 0.2 | ± 68.6 | ± 0.5 | ± 0.5 | ± 0.9 | ± 0.5 | ± 0.2 |

a) : Fish not marked (natural fish).

ほぼ飽食した状態の胃内容物湿重量体重比ということになる。これらの値は飼育魚の飽食時の値の約1/2となつてゐるが、今回の再捕魚の値はさらにその1/5程度にあたる。しかしながら、再捕魚の生長率は飼育魚の飽食量の1/2量投餌区と同等の結果となつており、胃内容物重量から推察される摂餌状態の悪さという点と矛盾する。今後、消化速度、摂餌周期、飼料効率等について飼育魚と天然魚の比較検討を進め両者の生理・生態上の差異を詰めていく必要がある。

なお、8月15日再捕魚中に1尾天然種苗が含まれていたが、このサンプルの胃内容物重量は放流種苗の4倍近かつた。これが天然魚の平均的標本と仮定すれば、放流種苗の摂餌行動は1週間程度ではまだ安定していなかつたものと推察される。

IV. 要 約

マダイ健苗育成に資することを目的として、中間育成期の摂餌生理、育成場の理化学環境、放流種苗の環境適応に関する調査、実験を行ない以下の知見を得た。

1. 中間育成期に相当する体重 70mg から 500mg の稚魚は 24 および 28℃ で 110~160% (wet/wet) の日間摂餌率を示した。

2. 体重 0.4g および 2.6g の稚魚について制限食飼育試験を行なったところ、体重維持摂餌率はそれぞれ 1.62% (dry/wet/day), 1.26%, 最大生長に必要な摂餌率はそれぞれ 7.21%, 5.83% となった。また摂餌率が高いほど飼育終了時の体蛋白質および脂質含量が高く、絶食耐性も高かった。

3. 石川県増殖試験場の能登島箱名入江中間育成場を対象に生簀内の水質および海水流動を調査した。水温、DO、Ammonia-N、COD、SS の各項目について日内変動を調査したところ、飼育水の水質はおおむね良好であると推察された。一方、生簀内の海水流動は緩慢で完全な交換には 6~8 時間を要した。

4. 七尾湾において再捕された標識放流魚の体成分および胃内容物重量分析結果より、放流魚が放流域の環境(餌料環境)に適応するには少なくとも 7 日間を要するものと推定された。

文 献

- 安楽正照・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. 西海水研報, **43**: 117-131.
- 花岡 資 (1972). 魚類群集の構造と生産. pp. 311-364. 海の生物群集と生産, 西沢 敏・石田力一・川崎 健編, 恒星社厚生閣, 東京, 545pp.
- 平田 満 (1977). マダイ種苗生産に関する研究—IV, 稚魚期の摂餌に関する 2・3 の実験. 昭和53年度, 熊本水試事報: 248-252.
- 北島 力 (1978). マダイの採卵と稚魚の量産に関する研究. 長崎水試論文集, No. 5: 1~92.
- 小島 博・楠本輝一 (1979). 徳島県那佐湾の小型種苗放流技術開発調査, マダイ班東部海域報告書: 75-82.
- 右田正男・花岡 資・都筑 清 (1937). 植物性養魚人工餌料試験第 1 報, 二三糖類の養魚人工餌料としての栄養価値. 水試報, **8**: 99-173.
- 長崎県水産試験場 (1979). 長崎県におけるマダイ放流技術開発調査. 昭和53年度, 東支那海栽培漁業放流技術開発事業, マダイ共同報告書, 佐賀水試・長崎水試・熊本水試: 25-50.
- 日本水産資源保護協会 (1972). 水産環境水質基準: 5-24.
- 能勢健嗣・江村利信・秋山敏男 (1979). 放流用シロザケ稚魚飼料の改善に関する研究—II, 飼料中のタン白質および脂質レベルの成長および絶食に対する抵抗性におよぼす影響. さけ・ます別枠研究1978, 河川型研究グループリポート, 北水研: 145-166.
- 竹内俊郎・渡辺 武・荻野珍吉 (1979). 給餌率からみたエジマスのエネルギー必要量. 昭和54年度日本水産学会春期大会講演要旨: 128.
- 渡辺 武 (1978). 仔稚魚用生物餌料の栄養価. 海洋科学, **10**(9): 740-758.
- 山口正男 (1978). タイ養殖の基礎と実際. 恒星社厚生閣, 東京, 414pp.
- 安永義暢 (1971). ヒラメ稚仔の摂餌生態と成長. 東海水研報, **68**: 31-43.
- YONE, Y. (1976). Nutritional studies of red sea bream. *Rep. Fish. Res. Lab. Kyushu Univ.*, **3**: 87-101.