

# 大型水槽によるマダイの種苗量産

福所邦彦・原 修・吉尾二郎\*

Mass Seedling of Red Sea Bream *Pagrus major*, Using Large-Scale Outdoor Tanks

Kunihiko FUKUSHO, Osamu HARA, and Jiro YOSHIO

マダイ *Pagrus major* (T. and S.) の種苗生産の方法として、小型水槽による集約的生産と大型水槽による生産が考えられるが、餌料生物の十分な供給体制が確立されるならば、後者による方法が飼育管理上省力化の可能性がある。そこで、1975年の5月から7月にかけて、長崎県水産試験場増養殖研究所において、大型水槽による量産試験を行ない、全長12mmサイズの稚魚約200万尾を生産したので、その概要を報告する。

本文に入るに先立ち、マダイの卵を快く提供下さった大洋漁業K.K.定置部、ならびに種々お世話いただいた同社田平畜養場の宇賀神勇氏他職員各位に深謝する。そして、実験途上、長崎県漁業公社の耕田隆彦氏、池田昭義氏には、当所での研修期間中種々協力いただいた。記して感謝の意を表す。

## 材料および方法

**採卵** 採卵は、長崎県南松浦郡若松町で天然稚魚から養殖した親魚を、1974年10月31日当所へ活魚船で輸送し、その後小割生簀で飼育し、産卵期に陸上池に移し自然産卵による方法を探したが、産卵は順調でなかった。そのため、今回の実験に用いた卵の大半は、県下北松浦郡田平町の大洋漁業K.K.蓄養場の陸上産地で、天然種苗を満3年養成した親魚の自然産卵によって得られたものである。

**卵の輸送** 県下西彼杵郡野母崎町の県水試増養研への輸送は、採卵直後あるいは同所で一晚卵管理後、夜間にトラックで行なった。輸送法は、卵約10万粒を60×55cmのポリエチレン袋に収容して、トラック荷台に置いた水を満した円型活魚槽(1t)に浮べた。輸送日は1975年5月3日4日、7日の3回で、所要時間は約4時間であった。

**卵管理** 到着卵は、流水にした室内8tコンクリート水槽に設置したゴース布地製目合0.6mmのふ化ネット(60×60cm、有効水深50cm、同水量150ℓ)に収容した。5月2日、3日に採卵し同3日に輸送した到着卵は、各々550g、690g、4日に採卵し同日輸送した到着卵は790g、6日と7日に採卵し7日に輸送した到着卵は、各々1200gと1060gであった。一晚管理後の活卵は、5月3日に輸送の場合が計960g、4日が530g、そして7日が1,710gであった。

**飼育槽** 屋外100t円型水槽(径8.0×2.5m、有効水深2.0m)A,B2面を用いた。遮光率約60%

\* 島根県水産振興課

の黒色布地製幕2枚重ねで飼育槽を被い、曇・雨天には幕を除去するなど照度の調節を行なった。球形のエアーストーンに内径4mmのビニールチューブを接続したものを計15本水槽底に届くように吊し、小泡が水面をわずかに盛り上げる程度に通気を行なった。

飼育水には、生海水を用いた。換水は、ハイゼックス網目状(ネトン2-18)製の円筒(径40×200cm)で補強したゴース布製排水ネットに、内径32mmのホースを接続し、サイホンによる方法を探った。飼育経過とともに順次排水ネットをサラシ・ネット(目合1.0mm)、防虫ネット(目合2.0mm)に替え、ホースの数も増した。

**餌料** 餌料には、シオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* O. F. MULLER (以下ワムシと呼ぶ)、ティグリオプス *Tigriopus japonicus* MORI、および *Artemia salina* LEACH 幼生の3餌料生物と、魚介肉ミンチ(イカナゴ類・アサリ・エビ類の等分量)を用いた。

なお、ワムシおよびティグリオプスの生産方法は、別報<sup>1,2)</sup>に示した通りで、飼育槽、ワムシ槽、クロレラ槽の容積比は約2:3:6であった。この他にティグリオプスの生産に200t槽2面を用いた。

**ふ化率と生残率の推定方法** 全卵群がふ化を終了したと思われる日の夜間(20:00-21:00)に、水槽の各所から、飼育水の表層・柱状採取を行ない、その中の仔魚数の平均値から飼育槽中の全数を算出し、ふ化率を推定した。同様の操作を経過日数にともない適時行ない、生残率を推定した。

**体長測定** 飼育経過日数を追って、両槽から20個体ずつ採取し、MS222で麻酔後、万能投影器を用いて全長(mm)を測定した。

**仔稚魚の行動の観察方法** 水槽内の仔稚魚の行動と分布状況について、目視、各層からの採水、箱眼鏡、および潜水などによる観察を行なった。

**沖出しと稚魚の計数** 沖出しはバケツですくいとる方法を探った。計数は、次の方法を用いた。バケツで採取した稚魚を、流水式にした0.5tパンライト槽に収容し、稚魚が1-4万尾溜まる毎に、稚魚を再び10-20個のバケツに目視により均等に分容し、その中の1つについて稚魚を正確に計数の後バケツ数を乗じた。

**稚魚の輸送** 当所の小割生簀へは大型バケツで輸送し、県下北松浦郡小佐々町の県漁業公社へはトラックに積載した1t円型活魚槽(1t)を用いた。

## 結 果

**飼育槽への卵の収容** A槽には、上記のように卵管理した活卵を5月4日に960g、5日には530g、合計して産卵日が3日間にわたる卵群1,490g(卵1gを1,800粒とすると2,682,000粒)を収容した。B槽には、同活卵を5月8日に1,710g、そして増養研での池中自然産卵による活卵140g、合計して産卵日が3日にわたる卵群1,850g(3,330,000粒)を収容した。

A、B両槽への卵収容について、飼育水中のクロレラ *Chlorella sp.* が約15-20万細胞/ccになるようにグリーン・ウォーターを加え、ワムシを3-5個体/cc程度になるように加えた。

**ふ化率** A槽での推定ふ化率は79.2%(5月9日)、B槽では97.8%(5月10日)であった。

なお、ふ化日が異なる仔魚群の日令を表す便法として、A槽の仔魚群は5月6日、B槽は5月9日を日令1とした。

**水質管理** 換水は、飼育開始後2日目から始め、後述の沖出しの頃の換水率は約2.0/日であった。

ワムシの給餌期間には、飼育水中のワムシの餌料用と水質保全を目的として、1cc当り1000-2000万細胞のグリーン・ウォーターを、A槽で0.5-4.0 t/日、計4.5 t、B槽で0.5-5.0 t/日、計47.5 t導入した。

飼育期間中の両槽の水温、PH、比重は、A槽で17.3-22.6℃、7.6-9.0、23.4-25.1、B槽で18.6-24.0℃、7.2-9.1、23.2-25.0。飼育水面の最大照度は約6000Luxであった。

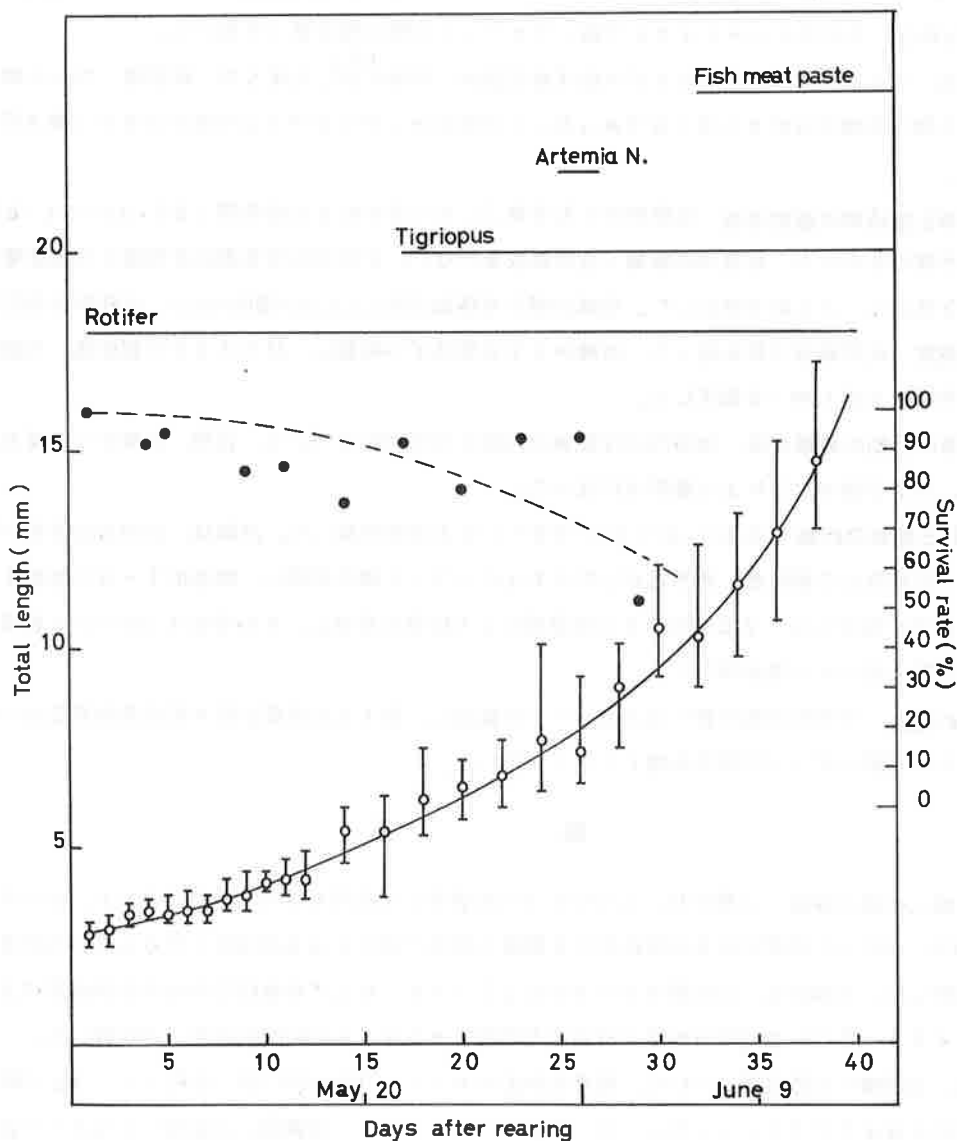


図1 A槽における仔稚魚の成長、飼料系列、および飼育経過にともなう生残率の変化。

**餌料系列** A槽を例にとると餌料系列は、ワムシ(飼育開始日-40日)、ティグリオプス(17-47日)、*Artemia* 幼生(25-28日)、魚介肉ミンチ(32日-)の順であり(図1)、B槽の場合もほぼ同様であった。

**ワムシの給餌法** ワムシの給餌は、クロレラ・イースト併用ワムシに、クロレラを30分-6時間摂らせて後行なった。仔魚の摂餌開始後は飼育水1cc当りのワムシの密度が常時約10個体を維持するように適時給餌したが、全長6mm以後は1cc当り5個体を維持するよう給餌した。

**給餌量** ワムシの日間給餌量は、成長にともない増加し、ティグリオプスあるいは魚介肉ミンチ投餌開始とともに減少したが、A、B両槽での最大値は各々30億個体で、その間の推移は図2に示す通りである。なお、総給餌量はA槽512億、B槽476億、計988億個体で、重量に換算すると、約300kgである。

ティグリオプスの日間給餌量の飼育経過にともなう推移は、図2に示す通りで、その最大値は両槽ともに2,050gで、総給餌量はA槽18.5kg、B槽20.7kg、計39.2kgであった。

*Artemia* 幼生は、図1に示すように、両槽で4日間給餌したに過ぎず、両槽の総給餌量は各々約1kgであった。

魚介肉ミンチは、両槽で1日当り1-20kg給餌し、沖出し終了までA槽で計27kg、B槽で計68kgを給餌した。

**成長** A槽における成長は、図1に示すように、飼育開始当日 $2.76 \pm 0.21$ 、5日 $3.31 \pm 0.29$ 、10日 $4.08 \pm 0.15$ 、14日 $5.40 \pm 0.35$ 、20日 $6.47 \pm 0.45$ 、24日 $7.69 \pm 0.93$ 、30日 $10.45 \pm 0.75$ 、34日 $11.55 \pm 1.00$ 、38日 $14.65 \pm 1.23$ 、44日 $20.36 \pm 1.84$ mmであり、B槽での成長もほぼ同様であった。

**仔稚魚の成長にともなう行動の変化** 前期仔魚期には真の游泳力はなく、飼育槽内では通気流によって流され、仔魚は昼夜の区別なく水平・垂直方向に均等に分散する。仔魚が後期仔魚に移行を始め、開口して摂餌を開始する頃には十分発達した胸鳍で体の平衡を保つようになり、やがて尾柄部を左右に振り通気流に逆うようになる。そして、後期仔魚期への完全な移行後は仔魚の摂餌行動も次第に活発化する。この頃から、昼間には水面下約50-100cmの層を成すパッチ(Patch)の形成が始まり、A槽では日令8、B槽では日令6よりこの現象が認められた。このパッチ形成は成長にともない顕著になり、特に朝夕によく観察されるようになる。

仔魚が全長約6mm(日令18-20)に達し、稚魚期に移行を始める頃には、パッチを形成しなくなり、仔魚は十分な游泳力を具えるにともない積極的な群をつくるようになる。そしてこれらの魚群は、朝夕に水槽内の上層に位置を占め、日中は中・下層に下降する傾向が認められた。稚魚期への移行を終えた全長10mm前後(日令30)で、この上下移動が顕著になり、加えて陰影に集まる行動が認められるようになった。

仔稚魚の夜間の行動については十分な観察を行なわなかったが、全長7-8mmまでの仔魚では、垂直・水平方向に均一に分布するが、稚魚期への移行を始めるのと平行して水槽壁などにつく現象が認められた。

共喰いは、両槽で平均全長が10 mm前後になる頃から始まり、魚体の大きい個体が小さい個体を追跡し、咬む現象が観察され、共喰いによる減耗も著しいことが推察された。

**疾病** 飼育期間中の仔稚魚の疾病についての厳密な診察は行なわなかったが、減耗の原因となり、なんらかの疾病と判断された2,3の症状があった。

飼育開始後、A槽では23日(平均全長7.3 mm)、B槽では20日(7.6 mm)目に、腹部が膨満して白濁した色合いを示す個体が散見され始め、これらの仔魚は游泳が不活発で、通気流にしばしば流されるのが認められた。処置としては、飼育水にグリーン・ウォーターを従来より多く加え、ワムシの餌料密度が常時1 cc当り5個体前後になるように、給餌回数を多くした。さらに *Artemia* 幼生を少量給餌した。これらの症状の個体は、両槽で日を追って増し、斃死魚も多く観察されるようになったが、上記の処置後5-7日後には、これらの症状を示す個体は認められなくなった。

後述の沖出し後、A槽で継続飼育を行なった稚魚(平均全長20.4 mm、日令44)の潜水観察によれば、底面を白く覆う程の斃死個体が認められた。これらの個体については、症状を記録していない。B槽でも、このような斃死個体が散見された。

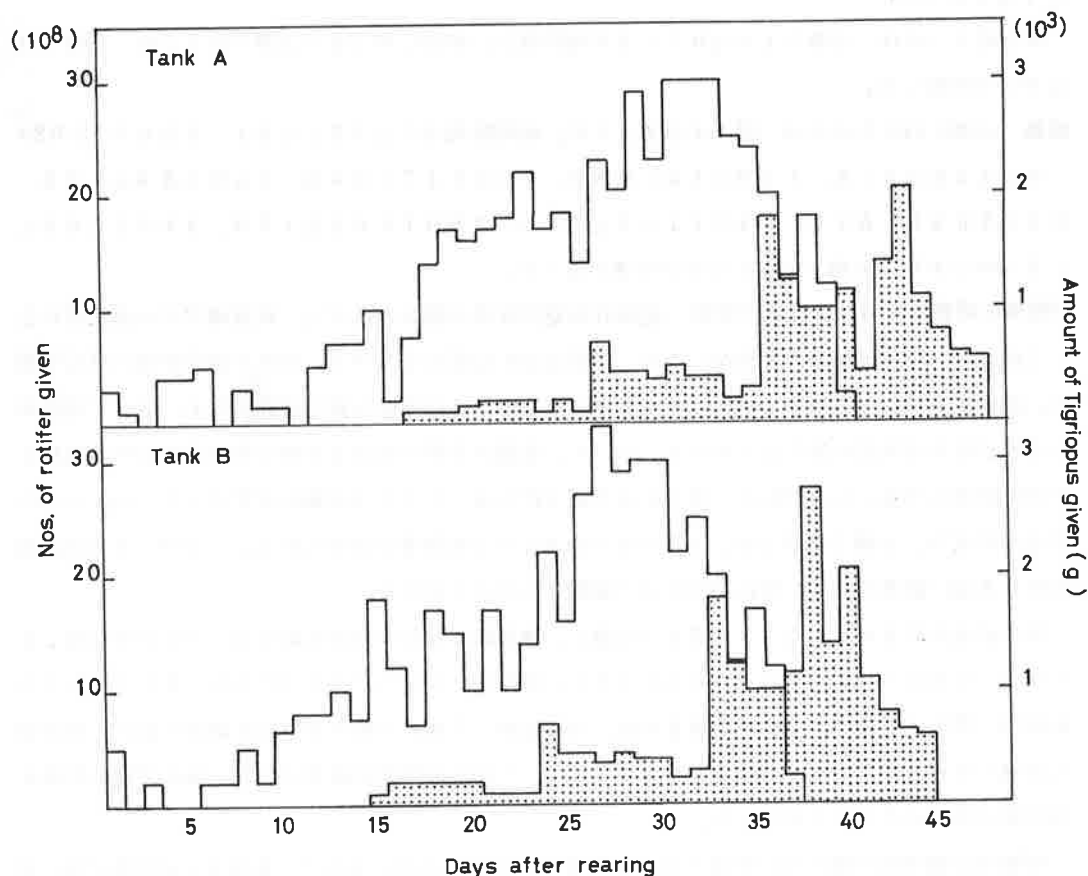


図2 A・B両槽におけるワムシおよびティグリオプスの日間給餌量の飼育経過ともなう変化。

沖出し 平均全長が10mmを越えてから沖出しを開始し、A・B両槽で、それぞれ日令32-40(6月6日-14日)、30-37(6月7日-14日)の期間に沖出しを行ない、その尾数は両槽で約125.7万尾であった。

沖出しは、前述のように、朝夕に魚群が飼育水面近くに位置を占め、また陰影に集まる習性を利用したもので、朝7時-9時の間に行なった。また、遮光幕外縁と水槽壁との間の開口部をゴース布地等で、数ヶ所覆うと、数分後にはその下に魚群ができるので、この方法によるバケツ採取であった。しかし、稚魚の全長が15mm前後になると敏捷な游泳力を見えるようになり、採取の能率が悪くなった。他に、四ツ手網による採取などを試みたが、全長10mm前後では、斃死する個体が多く見られた。

沖出し開始と平行して魚介肉ミンチに餌付けを開始し、殆どどの稚魚がすぐ餌付くのを認めた。なお、沖出し作業は投餌前に行なった。

沖出した稚魚は、約22.7万尾を当所の棧橋生簀で、約103.0万尾を漁業公社でそれぞれ継続飼育用に供した。公社への稚魚の輸送は、活魚槽に4-10万尾を収容し、酸素ガスによる十分な通気下で行ない、約3時間を要した。

生残率 A槽において、ふ化率を80%とした場合の飼育経過日数にともなう生残率は、4日:92.1%, 5:94.4, 9:85.1, 11:86.1, 14:76.7, 17:92.1, 20:80.0, 23:93.0, 26:93.0, および29:51.6と推定された(図1)。B槽では、同じく4日:81.3%, 6:88.3, 8:91.1, 11:73.3, 14:59.5, 17:70.3, 20:68.4, 23:50.9, 26:23.6と推定された。しかし、両槽で、稚魚の平均全長が10mm近くなると、夜間でも動作が活発になり、その結果採取した各飼育水毎の仔魚数の分散値が高くなり、この方法による生残率の推定は不適当となった。

沖出尾数と目視観察による水槽内残存尾数から、沖出し半ば(平均全長約12mm)での生残尾数は約200万尾(飼育水1m当たり1万尾の生産)と推定され、この時の生残率は約40%となる。  
稚魚の水槽内継続飼育 沖出し後の水槽内残存稚魚について、A槽では日令80(7月24日)、B槽では同55(7月2日)まで継続飼育を行なった。A槽では、6月28日から3回、B槽では7月2日より2回の取上げを行ない、各槽からの取上げ尾数は60200、40100尾であった。沖出し時の生産数を前述のように200万尾と推定すると、沖出し後の水槽内残存尾数は約74万尾でその後の歩留りは13.6%となる。

取上げは、敷網を用いて稚魚を餌で集めて行ない、終りには水槽を空にして全魚を捕獲した。

餌料は、沖出し終了後7日間はティグリオプスと魚介肉ミンチを用い、その後はミンチのみを給餌した。B槽を例にとると、取上げ終了までの最大日間給餌量はティグリオプス2.75、ミンチ17.0kgで、総給餌量はそれぞれ9.5、156.0kgであった。

B槽における成長を全長で示すと、日令41で $17.48 \pm 1.37$ mm, 同48で $28.65 \pm 3.61$ mmで、取上げ終了時の平均全長は約35mmと推定された。この間はオーバー・フロウとサイホンによる換水を併用し遮光幕は除去した。水質の推移は、水温21.9-24.0℃, 比重23.0-24.0,

PH 7.2-9.1, であった。

沖出し後の飼育 当所での飼育は、小割式に吊下した $3 \times 3 \times 3$  m、目合 $2$  mm (240 径)のモジ網製生簀で始め、飼育経過を追って順次目合を $3.2$  mm (180 径)および $4$  mm (120 径)に替えた。餌は、魚介肉ミンチへの餌付けには前述のミンチを、その後はイカナゴ類のみのミンチを用いた。公社の生簀網は $5 \times 5 \times 3$  mで、飼育方法は当所の場合とほぼ同様であった。

当所での75年7月8日現在の平均全長は $35.8$  mm、生残尾数約3.0万尾(沖出し後の歩留り約18.2%)、公社における9月15日現在の同尾数は約3.7万尾(同歩留り約3.6%)であった。

## 考 察

マダイの種苗生産に際して、初期の一次飼育(仔魚飼育)槽には、室内に設けた方形の $0.1-2.4$  t程度のものが用いられていたが、<sup>3, 4)</sup>餌料生物の供給能力の向上にともない、水槽が大型化する傾向がある。一方、 $0.5-1.0$  tのパンライト水槽による高密度飼育による成果などが報告されている。<sup>5)</sup>しかし、量産を目的にした場合には、<sup>6)</sup>クルマエビや<sup>7)</sup>アユの飼育方法の変遷に見られるように、マダイにおいても大型水槽による省力化した量産体制の確立にいたると考えられる。さらに、<sup>7, 8)</sup>アユの例と同じく、稚魚用さらには仔魚用の配合飼料が近い将来開発され、それにともない配合飼料の給餌に適した大型水槽の構造が要求されるものと思われる。

今回の試験の沖出しサイズ時の歩留り(40%、全長 $12$  mm)については、パンライト水槽による場合の $50-67$  % (日令25、全長 $8-10$  mm)にはやや劣るが、<sup>5)</sup>当所における1972、'73年の $8-30$  t槽による飼育結果に<sup>9, 10)</sup>優り、'74年の同結果とほぼ同様である。また、他機関における小型水槽( $0.5-9$  t)<sup>12-15)</sup>、中型水槽( $40-70$  t)<sup>12-14)</sup>、大型水槽( $150$  t)<sup>16)</sup>および超大型水槽( $1200$  t)中のフローティング・タンクを吊下する方法などの結果にも劣らない。飼育水 $1$  t当りの生産尾数(約1万尾)について、従来の報告と比較すると、小型水槽( $0.5-8$  t)<sup>5, 11)</sup>による高密度飼育の場合よりも劣るが、その他の例と較べて遜色がない。

成長については、飼育環境がそれぞれ異なるので、単純には比較できないが、当所の室内槽( $8-30$  t)<sup>8, 11)</sup>における同時期の飼育結果とほぼ同様であり、魚体の大小の出現(全長の変動係数の成長にともなう推移)も、従来の結果と大差ない。したがって、大型水槽を用いた飼育により、魚体の不揃いが生じることにはなさそうである。

給餌量は、日間摂餌量の $1.5-2.0$ 倍(給餌倍率)であるとの試算<sup>19)</sup>や、全長 $4.4$  mm(日令10)の仔魚では魚体重の80%/日が適正給餌量であるとの報告<sup>20)</sup>があるので、今回の試験の場合の両者の関係を調べた。A槽における飼育経過日数毎の給餌量、現在尾数、および換水率を考慮した場合の仔魚1尾当りのワムシの利用可能個体数は、表1に示す通りである。これらの値を、日間ワムシ摂餌量<sup>21)</sup>についての実験結果と比較すると、日令5頃までは過剰のワムシを給餌しているが、その後全長 $6$  mm(日令18)までは推定日間摂餌量と同量のワムシを与え、その後は給餌量が著しく不足したことになる。このことは、全長 $6$  mm前後までは、日間給餌量が推定日間摂餌量の給餌で十分であり、その後はティグリオプスと魚介肉ミンチの給餌によって補足されたと考えられる。

表1 A槽におけるマダイ仔稚魚飼育経過中、生残率および換水率を考慮した場合の、日間給餌量と1尾当り利用可能ワムシ数との関係。

Days after rearing	Total length (mm)	Survival rate (%)	Standing individual ( $10^4$ )	Exchange rate of water	Nos. of rotifer supplied ( $10^8$ )	Nos. of rotifer utilized by a fish
1	2.8	100	215	0	3.0	140
5	3.3	99	213	0.23	4.0	153
10	4.1	66	206	0.53	1.5	48
15	5.1	91	196	0.82	10.0	280
20	6.2	83	179	1.11	16.0	423
25	7.6	71	153	1.40	15.0	408
30	9.5	60	129	1.70	23.0	660
35	12.2	40	86	2.00	24.0	930

## 要 約

- 1975年5月から7月にわたり、長崎県水産試験場増養殖研究所の100t屋外円型水槽2面を用いて、養成親魚の池中自然産卵で得られた卵から、マダイの種苗生産を試み、次の結果を得た。
- 1) 平均全長12mmの稚魚を約200万尾生産し、この時の歩留りは約40%、1t当りの生産尾数は約1万であった。
  - 2) 約126万尾の沖出しを行ない、残りの稚魚については水槽内で継続飼育した。沖出しした稚魚は約23万尾を増養研の小割生簀で、約103万尾を県下小佐々町の県漁業公社に運搬して、同様の飼育を行なった。
  - 3) 沖出しまでの飼育は、シオミズワボウムシ-*T. japonicus*-*Artemia* 幼生-魚介肉ミンチの餌料系列で行なった。その間、両槽で要したワムシの総給餌量は988億個体(約300kg)で、日間最大給餌量は30億、同様に、*T. japonicus* についてはそれぞれ39.2kg、8.7kgであった。*Artemia* 幼生の総給餌量は約1kg、魚介肉ミンチは同じく約95kgであった。
  - 4) 沖出し後の残存稚魚の水槽内継続飼育の場合の歩留りは、平均全長35-60mmで約13.6%であった。
  - 5) 沖出し後の歩留りは、増養研の場合、全長約36mmで13.2%、稚魚を輸送して継続飼育した公社では、全長約120mmで3.6%であった。

## 文 献

- 1) 福所邦彦・原 修・吉尾二郎、1976：大型水槽でのクロレラ・イースト併用によるシオミズワボウムシの量産、雑誌「水産増殖」に投稿中。
- 2) 福所邦彦・原 修・吉尾二郎、1976：大型水槽によるシオミズワボウムシの生産過程に出



- 現するティグリオプスの採取記録, 本誌, (2), 117-121.
- 3) 山下金義, 1967: 養魚学各論(川本信之編), 17, マダイ, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 515-524.
  - 4) 岡本亮, 1969: マダイの稚魚飼育, 日水誌, 35(6), 563-566.
  - 5) 平田満・藤田忠勝・浜田盛治, 1974: マダイの大量種苗生産に関する研究-Ⅱ初期飼育の安定性と効率的生産尾数の推定, 日本水産学会九州支部第1回例会講演要旨集, 3-4.
  - 6) 茂野邦彦, 1975: 稚魚の摂餌と発育(日本水産学会編), Ⅲ稚魚の大量生産, 6稚魚の大量飼育, [付議]海産魚の大量飼育, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 114-117.
  - 7) 高見東洋・河村勇一・田村順・岩本哲二, 1976: 大型水槽でのアユ種苗の量産化, 栽培漁業技術開発報告(山口県水産種苗センター), (4), 31pp.
  - 8) 高見東洋, 1975: 稚魚の摂餌と発育(日本水産学会編), Ⅱ飼育条件と発育, 4餌料, [付議]餌料系列, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 84-89.
  - 9) 北島力・山下金義・福所邦彦・与賀田稔久・山本博敬・市来忠彦・藤田矢郎, 1973: 昭和47年度マダイ人工採苗試験, 増養殖に関する研究報告(長崎水試増養殖研究所)-I, 1-7.
  - 10) 北島力・福所邦彦・山下金義・与賀田稔久・山本博敬・岩本浩・松清恵一, 1974: 昭和48年度マダイ人工採苗試験, 同誌-II, 1-12.
  - 11) 長崎水試増養殖研究所, 1974: 昭和49年度九州・山口ブロックマダイ種苗生産研究連絡会議資料(騰写刷), 15pp.
  - 12) 石川県増殖試験場, 1975: 昭和49年度日本海栽培漁業事業種苗量産技術開発試験報告書 28pp.
  - 13) 広島県水産試験場, 1974: 昭和49年度九州山口ブロックマダイ種苗生産研究連絡会議資料(騰写刷), 6pp.
  - 14) 熊本県水産試験場, 1974: 同資料, 41pp.
  - 15) 福岡県福岡水産試験場, 1974: 同資料, 9pp.
  - 16) 瀬戸内海栽培漁業センター伯方島事業所, 1975: 昭和50年度マダイ生産報告一丸池(150t)における15-20mmサイズの一貫生産について(騰写刷), 24pp.
  - 17) 瀬戸内海栽培漁業協会, 1974: マダイ種苗量産技術開発, 協会研究資料№8, 51pp.
  - 18) 瀬戸内海栽培漁業協会伯方島事業所, 1975: 超大型タンク(1200トン)を用いた飼育実験結果(騰写刷), 11pp.
  - 19) 藤田矢郎, 1975: 稚魚の摂餌と発育(日本水産学会編), Ⅲ種苗の大量生産, 6稚魚の大量飼育, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 100-113.
  - 20) 伏見徹, 1975: 同, Ⅱ飼育条件と発育, 4餌料, pp. 67-84.
  - 21) 北島力・福所邦彦・岩本浩・山本博敬, 1976: マダイ稚仔のシオミズツボウムシ摂餌量, 本誌, (2), 105-112.