

クロマグロの初期減耗に及ぼす水温および塩分の影響

宮下 盛,^{1*} 須藤 充²
(種苗生産・養殖グループ)

¹近畿大学水産研究所, ²近畿大学大学院農学研究科

* miyasita@wcsnet.or.jp

クロマグロの種苗生産については、1979年に近畿大学水産研究所で初めて養成親魚の自然産卵および孵化に成功し、仔魚から稚魚までの飼育にも成功したが、養殖用として実用種苗の生産に成功したのは1995年であった。また、2002年には人工種苗から養成した親魚より採卵し完全養殖を達成した。しかし、産業化のために必要な実用種苗の量産には未だ多くの課題がある。

本種の種苗生産過程には、孵化後約10日齢ごろまでにみられる浮上斃死および沈降死による初期減耗、孵化後10日齢ごろから始まる共喰い、および稚魚期以降に水槽壁などへの衝突死の多発である。¹⁾ これらのうち、共喰いによる減耗は、現状ではこのステージの主要餌料を魚類仔魚に依存しているための供給不足が主要因であり、人工配合飼料が開発されれば解決されるものと考えられる。したがって、飼育技術上の大きな課題は、80~90%が斃死する初期の大減耗、および実用種苗まで飼育する上で大きな障害となっている稚魚期以降の衝突死多発による減耗の二つの低減策を確立することが重要と考えられる。

本研究では、クロマグロの初期減耗の低減策に資するため、まずは飼育環境条件の基礎である水温および塩分の影響を明らかにすることを目的に、それぞれ異なる条件下で飼育実験を行い生残率および成長を比較した。

試料および方法

初期飼育に及ぼす水温の影響 供試魚には、近畿大学水産研究所大島実験場で養成中の、1995および1996年天然産親魚から2003年8月に自然産

卵によって得た受精卵を孵化させて用いた。実験区は、これまでの養成親魚の産卵および孵化水温範囲をもとに、22, 24, 26, 28, および30℃の5区を設定した。実験水槽には200ℓ容ポリカーボネート水槽(飼育水量180ℓ)を使用し、ウォーターバスとして用いた2,000ℓ容ポリカーボネート水槽中に1実験区3基を設置した。実験開始にあたっては25℃に設定した各実験区に、希釈倍数法によって計数した胚体形成卵1,200粒をそれぞれ収容し、孵化完了後に各設定水温に調整した。なお、この供試魚収容密度は、最近の種苗量産実験で採用されている水準である。水温調整は、各実験区の温度勾配に見合う1~3台の水温調整機(株式会社レイシー製)をウォーターバスに設置して行った。水槽底面には、優先菌種による環境改善剤のマリンベッド種苗(ミヤコ化学株式会社製)を敷いた。飼育水には1日齢からナノクロロプシス *Nannochloropsis* sp. を100万 cells/mlとなるように添加し、開口確認後、栄養強化済みワムシ *Brachionus rotundiformis* を10 ind./mlに保つよう給餌した。また、孵化確認後、浮上斃死を防止するために、水面にフィードオイルを適量添加し、常に油膜が全体に広がるように維持した。なお、4日齢以後は鰓開腔の妨げにならないようこの油膜を除去した。換水は飼育水量に対し(日齢×10)%を基準に3日齢から行い、塩分、D.O. およびpHの測定は、一日一回13時に行った。照度は、実験室側面からの自然光のみでは不足と思われたため、水槽上部に設置した40W蛍光灯2台を午前6時から19時まで点灯した。生残尾数の確認は、仔魚の活動が低下している夜間に行い、毎日0時の水温確認時に計測した。計測は、エア

レーションをやや強めにし、仔魚が水槽全体にほぼ均一に拡散するのを確認した後、2ℓビーカーで飼育水 1.8 ℓを 3 回採取して仔魚を計数し、その平均尾数と飼育水量から希釈倍数法により推定生残尾数を算出した。また、10 日齢および実験終了時には全生残仔魚を計数するとともに、0 および 10 日齢には実体顕微鏡より仔魚の画像をパーソナルコンピューターに取り込み、画像解析ソフトウェア scion image を用いて体長を測定した。また、水温の違いにより成長に差が生じたため、10 日齢における成長を比較した後、最も大きかった実験区の平均全長を指標に、他の実験区の飼育を継続し、おおむね同一の全長に達するまでに要する日数を調べた。

初期飼育に及ぼす塩分の影響 供試魚には、近畿大学水産研究所奄美実験場で養成中の 1998 年天然産親魚群から、2003 年 7 月に自然産卵によって得た受精卵を孵化させて用いた。実験区には、塩分 5, 15, 25, 30, 35 および 45 PSU の 6 区を設定し、3 回の実験を行った。また、各実験区への供試魚収容にあたっては、孵化直前卵を容積倍数法によって 1,200 粒収容した。塩分の調整は、3 日齢までは 1 日 1 回の塩分測定時に、以後は換水時にそれぞれ行った。実験水槽には 200 ℓ容ポリカーボネート水槽（飼育水量 180 ℓ）を用いた。水温安定のために、5,000 ℓ容 FRP 製角型水槽（500 × 150 × 70）をウォーターバスとして使用し、全実験水槽を収容後、水温調整機（株式会社レイシー製）3 台を用いて 25 °C に保った。照明は、各区の照度がほぼ均一となるように、水槽上部に 20W の蛍光灯 2 台を設置し、6 時から 19 時まで点灯した。また、ワムシの給餌など、基本的な飼育実験方法は前項の水温実験と同様に行った。換水は 3 日齢から飼育水の 50 % とし、実験終了まで毎日行った。

結 果

初期飼育に及ぼす水温の影響 各実験区の 10 日齢までの平均生残率は、水温 22, 24, 26, 28

および 30 °C の順にそれぞれ、 20.5 ± 16.1 , 6.2 ± 2.5 , 8.1 ± 5.3 , 0.6 ± 0.3 および 1.0 ± 1.6 % となり、おおむね水温が低いほど高くなる傾向がみられた (Fig. 1)。10 日齢での平均全長は、水温 22, 24, 26, 28 および 30 °C の順に 5.4 ± 1.1 , 6.1 ± 1.1 , 6.7 ± 0.9 , 7.0 ± 2.2 および 7.3 ± 1.3 mm となり、水温が高いほど大きかった (Fig. 2)。また、最大成長区であった 30 °C 区の平均全長が 7.3 mm であったので、この大きさを目標に水温 22, 24 および 26 °C 区を継続して飼育した結果、同全長に達した日齢における平均生残率は、水温 22, 24 および 26 °C でそれぞれ、 4.9 ± 6.2 , 3.3 ± 2.5 および 1.6 ± 1.3 % となり、22 °C 区でやや高いものの、全ての実験区において 10 % 以下で、10 日齢におけるそれと比べて区間差は小さくなったが (Fig. 1)、水温が低いほど生残率が高い傾向は同様であった。また、目標の全長に達するまで飼育

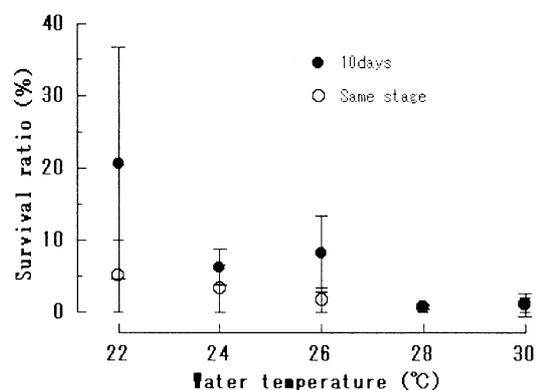


Fig. 1. Relationship between water temperature and survival ratio.

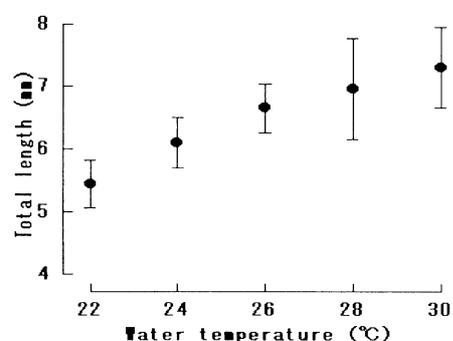


Fig. 2. Relationship between water temperature and growth.

するのに要した日数は、水温 22, 24 および 26 °C でそれぞれ、20, 16 および 12 日となった。28 °C における成長および生残率は 30 °C 区と大差なかった。

初期飼育に及ぼす塩分の影響 塩分 5 PSU では孵化後 24 時間以内に全ての供試魚が斃死した。15 PSU では、24 時間後に生残率 10% 前後に低下した後、4 日齢までその水準を維持したものの、5 日齢までに全ての供試魚が斃死した。10 日齢まで飼育できたこれら以外の実験区は塩分 25, 30, 35 および 45 PSU で、生残率はそれぞれ、 14.7 ± 14.2 , 38.8 ± 17.8 , 13.1 ± 9.8 および 0.2 ± 0.3 % で、30 PSU が最も高かった (Fig. 3)。なお、45 PSU では、10 日齢まで生存が認められたものの、生残尾数は 3 回の合計で僅か 5 尾であり、4 日齢までに 15 PSU 区とほぼ同生残率に低下した。次ぎに成長をみると、塩分 25, 30, 35 および 45 PSU 区における 10 日齢での全長は、それぞれ 5.4 ± 0.1 ,

5.3 ± 0.2 , 5.1 ± 0.1 および 6.1 ± 0.3 mm であった (Fig. 4)。これらについて *t* 検定を行ったところ、有意差は認められなかった。

考 察

初期飼育に及ぼす水温の影響 10 日齢までの飼育結果でみると、水温 22~30°C の間では、水温が低いほど生残率は高く、成長度は低い傾向にあった (Fig. 1, 2)。また、成長と発育の差により生じる減耗時期のずれの可能性を考慮して、10 日齢における最大成長区 (30°C) の平均全長 7.3 mm に達するまで飼育を継続したが、この場合の生残率も区間差が小さくなっただけで同様の傾向を示した。この時、平均全長 7.3 mm に達するまでに要した飼育日数は、水温 30°C の 10 日に対し、28°C 以下では、26 および 24°C でそれぞれ 12 および 16 日と指数関数的に長くなり、22 °C では 30°C の倍に当たる 20 日を要した。

ところで、初期減耗の最も大きな原因である沈降死は、水温 25°C 前後で飼育した場合に孵化後およそ 5 日目前後から始まることが知られているが、水温の影響により成長と発育に差が生じることで、低水温区ほど減耗時期が遅れることが考えられたが、本実験でその影響が大きいとは認められなかった。

また、沈降死は、仔魚の活動が停止する夜間に、海水比重と体比重ならびに環境水の流動の関係から生じるものと考えられる。高水温側で減耗が大きくなる傾向は、高温ほど海水比重が低くなる傾向と一致するが、22°C の海水比重でも仔魚の体比重より小さいので (坂本未発表)、その影響が大きかったとは考え難い。

以上の結果から、28°C 以上では減耗の危険性が高く、22 °C では余りにも飼育日数を要することから、効率の良い種苗生産を行うための水温域は 24~26°C が適当と考えられる。この水温域はおおむね孵化適水温¹⁾に対応する。

初期飼育に及ぼす塩分の影響 塩分 5 および 15 PSU 区では、いずれも早い段階で全滅し、45 PSU

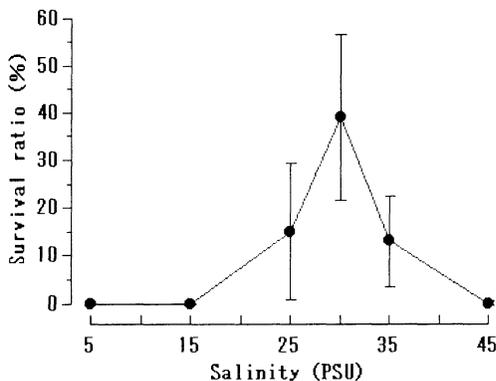


Fig. 3. Relationship between salinity and survival ratio at 10 days.

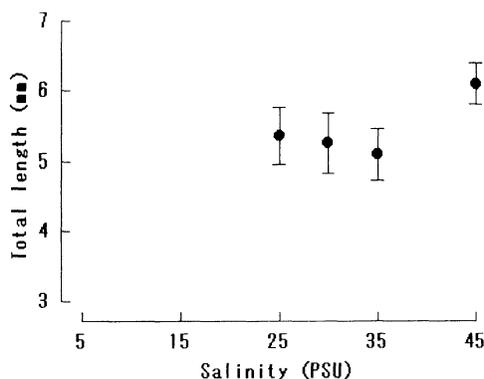


Fig. 4. Relationship between salinity and growth.

区でも10日齢まで生存が確認されたものの、早い段階で前二者と同様にほぼ全滅状態であった。よって、クロマグロ仔魚生存可能塩分域は、おおむね25 PSU付近から35 PSU付近までの範囲と考えられる。また、3回行った実験のいずれも30 PSU区での生残率が最も高く、平均生残率で比較すると、25および35 PSU区の2倍以上の値を示した。すなわち、北太平洋外洋における海水塩分はおよそ34から35 PSUで、クロマグロの主産卵場と考えられる台湾東方の黒潮流域もおおむねそれに近いといわれるが、²⁾ 最高生残率はそれより低い塩分域で得られたことになる。

クロマグロ卵の孵化に適した比重は1.022 (ρ_{15})以上という報告があるが、³⁾ これを塩分に換算すると約29.8 PSUである。また、これよりかなりの高塩分でも孵化は可能であるように卵期の塩分耐性がかなり広いのに対し、仔魚期の塩分耐性はかなり狭いといえる。ヒラメ卵もある程度高塩分でも孵化するが、仔魚期には通常の塩分より低い濃度で生残率が高いといわれる。⁴⁾ ヒラメとクロマグロでは仔稚魚の成育場所が異なるが、塩分という物理化学的環境が影響しているというよりも、生理的な要因による可能性が考えられる。マダイ稚魚を異なる塩分下で飼育した場合のエネルギー収支について、低塩分(24 PSU)で飼育した場合、通常の海水塩分(32 PSU)に比べ、浸透圧調節に要するエネルギーは低下し、熱量増加+活動エネルギーは増大する。また、浸透圧にかかわるエネルギーの減少は、単純に成長エネルギーを増加させないといわれる。⁵⁾ 本実験結果でも成長に差は見られず、これらの結果とおおむね一致しているが、クロマグロ仔魚の場合では、塩分が代謝に要するエネルギーとどのように関係しているのかも興味深い。よって、今後はクロマグロの仔魚における生理学的研究、および塩類細胞や腎組織などの塩類排出にかかわる組織学的研究が望まれる。

クロマグロの初期飼育において、減耗の大きな要因である沈降死による減耗低減対策として、飼育水の塩分を高くし、比重を上げることにより沈降を防止できる可能性が考えられるが、本実験で

得られた飼育可能な塩分範囲では、それらの海水比重はクロマグロ仔魚の体比重よりいずれも小さいので(坂本未発表)、その対策により沈降死を防止することは不可能であり、海水中の塩分と沈降死における直接的な関係は少ないと考えられる。

本実験では、水温と塩分の影響についてそれぞれ実験を行ったが、水温の違いにより好適塩分が変動する可能性も考えられる。今後は、水温と塩分の2つの要素を同時に実験し、仔魚における更なる好適環境を探ることが望まれる。

謝 辞

本実験を行うにあたり、近畿大学水産養殖種苗センター白浜事業場の那須敏郎、小田誠二両技術係長、山田伸一技術員をはじめ、多くの従業員、並びに卒論研究生の一定寛毅氏に多大なご協力をいただいた。ここに感謝の意を表すとともに厚く御礼を申し上げます。

文 献

- 1) 宮下 盛：クロマグロの種苗生産に関する研究。近大水研報，2001；8：1-171.
- 2) 花本栄二：マグロ漁場の海洋環境。マグロの生産から消費まで(小野征一郎編)，成山堂書店，東京，1998；pp 88-93.
- 3) 熊井英水：クロマグロの人工種苗生産の研究-III、ふ化に及ぼす海水の比重とpHの影響，日本水産学会秋季大会 講演要旨集，1979；p 86.
- 4) 安永義暢：ヒラメ卵稚仔の発生・生残に及ぼす水温、塩分の影響について。東海水研報，1975；81：151-162.
- 5) 滝井健二：マダイのエネルギー収支に及ぼす飼育塩分濃度と密度の影響。水産増殖，2002；48：631-636.