

# クロマグロの初期発育と種苗生産技術開発に関する研究

澤田 好史

(種苗生産・養殖グループ)

近畿大学水産研究所

YoshifumiSawada@za.ztv.ne.jp

クロマグロを含む大型マグロ類の種苗生産技術開発では初期発育、初期成長に関する情報が必要とされる。本研究はクロマグロの初期発育、初期成長の知見を得て種苗生産技術開発を行うことを目的とした。

本研究の内容は以下の3つである。1. 稚魚期から未成魚期までの形態発育、2. 仔稚魚期におけるタンパク質合成と蓄積の様相、3. 完全養殖達成である。1ではこの時期のクロマグロの発育と成長が初めて明らかとなった。2ではクロマグロ仔稚魚の速い発育・成長を可能にする稚魚期初期までのタンパク質合成・蓄積の様相を指標とした最適飼育水温プロトコルが提案された。3は初期発育研究の応用としての完全養殖達成に関する研究である。

## 1. クロマグロの稚魚期から未成魚期までの形態発育

本研究では太平洋クロマグロ飼育魚の稚魚から未成魚期の発育・成長を明らかにした。

### 試料および方法

天然捕獲し養成した親魚の産卵により受精卵を得て飼育し、孵化後29日から129日までの1163個体の仔稚魚を得て供試した。

## 結 果

**成長** 孵化後29日の稚魚の平均体長は28.35 mm、平均体重は0.27 gであったが、126日では321.20 mm、690.0 gへと成長した。体重増加は孵化後43日(体重8 g、体長80 mm)から加速し、70日(150 g、150 mm)からはさらに加速した。体各部の相対成長では、体長70-100 mmと150 mmにその様相が変化する部位が多く存在した。

**鰭および小離鰭の発育** クロマグロが行う高速巡航遊泳にとって重要な鰭、小離鰭、および関連する器官の発育過程を明らかとなった。

**尾柄隆起縁の発育** マグロ類の特徴である尾柄隆起縁は、体長23.45 mmから観察され、体長約30 mmからは尾柄副隆起縁も観察されるようになった。

**頭部の棘** クロマグロ仔魚は鰓蓋等に棘を有するが、稚魚期では体長28.62 mm以上で全ての棘が消滅した。

**鰓耙数** 第1鰓弓背面上の鰓耙数は成長にともなって増加し、上葉、下葉ともに体長80 mmで定数に達した。この時上葉では11から14、下葉では22から25であった。

**その他の形態発育** 腹鰭間突起、腹鰭収納凹部、胸鰭収納凹部、胸鰭皮弁、副皮弁等の発育について明らかにした。

## 考 察

稚魚期から未成魚初期までの期間にクロ

マグロは外洋を巡航遊泳する大回遊性魚類としての特別な形態を獲得することが明らかとなった。今後生理機能の発育や行動の発達が明らかにされれば、それらとの関係においてクロマグロの初期発育が論じられよう。さらにマグロ類の天然資源解析においては、発育初期の個体の種判別が重要な手段となるが、本研究により、稚魚から未成魚期の重要な種判別形質となる、相対成長、鰓耙数の変化、小離鰭の発育についての知見が得られた。今後は未成魚期中期以降の形態発育、内臓など内部形態の発育、生理学的な成長変化の過程を明らかにして太平洋クロマグロの初期生活史解明に努めたい。

## 2. 仔稚魚期におけるタンパク質合成と蓄積の様相

マグロ属魚類の顕著な生物学的特性は速い成長速度であり、それを最大限に活かす種苗生産技術が望ましい。それには速い成長速度の生理メカニズムの理解が必要である。

タンパク質は仔稚魚の主要体成分であり、速い成長速度には、高いタンパク質合成能と蓄積が深く関連している。これまでの研究では RNA/DNA 比が魚類仔稚魚のタンパク質合成能の指標として広く用いられている。また総合的な意味で RNA/DNA 比は栄養状態の指標とされている。本研究では仔稚魚の個体ごとの RNA, DNA, タンパク質含量を測定し、速い成長速度の生理メカニズムについて、タンパク質合成と蓄積のバランスから考察する事を目的とした。また、タンパク質合成・蓄積を最大限に活かした飼育水温を明らかにした。

## 試料および方法

**供試魚** 近畿大学水産研究所で養成された天然捕獲親魚から採卵し、孵化後 20 日まで水温を 22, 25, 28°C の 3 段階に変えて飼育した。

**核酸およびタンパク質含量の測定** 核酸含量, タンパク質含量を個体ごとに測定した。

## 結 果

### 孵化後日数の経過にともなう変化

**体長増加** 仔魚の平均体長はどの水温でも孵化後 4 日より顕著な増加が認められ、孵化後 7 日ごろから水温による差が顕著になった。

**発育段階** 孵化後 20 日において 22°C, 25°C 区では postflexion 期まで、28°C 区では juvenile まで発育し、各発育段階への移行は水温が高いほど早かった。

**核酸含量および RNA/DNA 比** 個体の核酸含量はどの水温においても孵化後 6 日以降より増加し、25°C と 28°C ではそれぞれ孵化後 15 日および 14 日から急激な増加を示した。この急激な増加は postflexion 期への移行完了期と一致した。これに対し 22°C では増加の割合は小さなままで推移した。RNA/DNA 比は孵化直後を除いておよそ 1 から 2 の間で推移した。

**タンパク質含量とタンパク質/DNA 比** タンパク質含量の孵化後日数変化は核酸含量の変化とよく一致し、孵化後日数経過とともに高水温区ほどタンパク質含量が高くなった。

タンパク質/DNA 比はどの水温においても孵化後すぐから減少した。さらに、孵化後 6 日まで低水温で高水温よりも有意に高い値を示す傾向にあった。その後どの水温でも

preflexion 期から flexion 期への移行期から増加した。

#### 体長増加にともなう変化

**核酸含量および RNA/DNA 比** 同じ体長での核酸含量には飼育水温による顕著な差は認められなかった。RNA 含量, DNA 含量ともに体長増加にともなって急激に増加し, 特に 25°C, 28°C 区では postflexion 期へ移行完了する体長 8 mm からの増加が顕著であった。

RNA/DNA 比は, 体長 4 mm から 8 mm までほどの水温でも減少した。また体長 6 mm までは低水温で高水温より RNA/DNA 比が有意に高く, かつ高い値の個体が多く存在した。その後体長 8 mm 以上 (postflexion 期以降) では 25°C 区と 28°C 区ともに増加に転じた。

#### タンパク質含量とタンパク質/DNA 比

タンパク質含量は核酸含量と同様の傾向を示した。すなわち 25°C と 28°C では postflexion 期への以降がほぼ完了するおよそ体長 8 mm を境に, 増加率が顕著に増加した。

タンパク質/DNA 比でも孵化直後に大きな個体差が認められた。その後は個体差は大きい減少する傾向が見られた。減少時期は体長 4 mm から 6 mm までの, preflexion 期から flexion 期への移行期であった。その後は 25°C 区, 28°C 区ともに増加した。

### 考 察

クロマグロ仔稚魚では flexion 期まで核酸含量, タンパク質含量ともに増加率が低く, タンパク質合成能および蓄積量も減少した。この時期はタンパク質合成より組織・器官の分化・形成にともなう細胞数増加が優先されると考えられた。その後 postflexion 期からは核酸含量, タンパク質含量の増加率

が急激に上昇し, タンパク質合成能や蓄積量も増加へと転じた。分化した組織や器官を使った成長が優先され, これにより postflexion 期からの速い成長が達成されると考えられた。

本研究では高水温で仔稚魚の成長が速かった。しかし孵化から preflexion 期から flexion 期へ移行する体長 6 mm までは高水温で成長が良いものの, タンパク質合成能は低水温で高い値を示す個体が多い結果となった。高水温でタンパク質合成能が低いにもかかわらず成長が速いことについては, 合成タンパク質を体の維持より成長へ多く配分する生理メカニズムが考えられる。すなわち高水温では少ない合成タンパク質を成長により多く配分することで速い成長を可能にしたと考えられた。

クロマグロ仔稚魚の RNA/DNA 比は概ね 1 から 2 の比較的低い値を示した, すなわちタンパク質合成能は低水準であるにもかかわらず, 他魚種よりも速い成長をした。これについては成長速度が増加すると単位タンパク質量の合成に必要なコストが減少するという仮説が提唱されている。クロマグロ仔稚魚でもこのようなタンパク質合成コストの減少が起こっていると考えられる。

タンパク質合成と蓄積の様相から導かれるクロマグロ仔稚魚の最適水温プロトコルは, 体長 6 mm までの preflexion 期から flexion 期までは 22°C での飼育を行い, flexion 期以降は, 25°C 以上の高水温での飼育を行うこととなった。

### 3. クロマグロの完全養殖達成<sup>1, 2)</sup>

クロマグロ完全養殖が 2002 年に近畿大

学で達成され、種苗生産技術の顕著な向上が注目された。本研究ではクロマグロ完全養殖達成で用いられた技術を記述した。

### クロマグロ完全養殖達成過程

**天然捕獲個体の養成** 1987年3,221個体(平均体重250g)のクロマグロ幼魚が捕獲され、一辺31m、深さ15mの方形生簀で養成が始まった。

**天年捕獲養成親魚の産卵** 平均全長150cm、平均体重75kgの親魚群が1994年に初めて自然産卵し、8,200万粒の受精卵が得られた。続く1995年、1996年には223万粒と95万粒の受精卵が得られた。

**F1世代の仔稚魚飼育と養成** 1994、1995、1996年には264万、223万、95万粒の受精卵が仔稚魚飼育に供され、仔稚魚の成長は年ごとに改善された。1994年には1,872個体が初期飼育で生き残り(0.07%)、生簀に移されたが、衝突死が頻発し、最後の個体が249日目に死亡した。1995年と1996年には、8,071(0.36%)および3,841個体(0.40%)の稚魚が初期飼育を生き残り、生簀での養成が始まった。

**人工孵化親魚の産卵** 2002年、1995年と1996年に人工孵化した親魚が6月23日に初めて産卵した。

**F2世代の仔稚魚飼育** 同年6月29日に得られた受精卵は大規模飼育実験に供せられ、孵化後37から44日の間に17,307個体が初期飼育を生き残り(生残率1.06%)、生簀に沖だしされ、養成されている。

## 考 察

**完全養殖達成の意義** クロマグロ完全養殖達成により今後世代を引き継いでの品種改良が可能となり、成長、肉質、抗病性など多くの性質の改善が期待される。現在のところ初期飼育での生き残り率は高くないが、体のサイズが大きいので、他魚種にくらべて養殖産業で必要とされる種苗の数は少なく、近い将来の産業規模での種苗供給が期待される。

**クロマグロ養殖の将来に向けての提言** 現在クロマグロ養殖は、高い抗病性ゆえに全く投薬なしで行われている。これは食品としての養殖魚の安心・安全を考えると大きな利点である。また、経営体数が少なく、養殖の状況の把握が容易であり、養殖マグロのトレーサビリティを高める結果となっている。将来これらの利点を保ちつつ養殖と漁業が両立する技術を確立すべきである。

## 文 献

- 1) Sawada Y, Miyashita S, Murata O, Kumai H. Seedling production and generation succession of the Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis*. *Marine Biotechnology*. 2004; 6: S327-S331.
- 2) Sawada Y, Okada T, Miyashita S, Murata O, Kumai H. Completion of the Pacific bluefin Tuna, *Thunnus orientalis*, life cycle under aquaculture conditions. *Aquacul. Res.* 2005; 36: 413-421.