

## クロマグロ仔魚の成長過程と成長に伴う体成分の変化

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2025-06-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 手塚, 信弘, 升間, 主計, 武部, 孝行, 二階堂, 英城, 井手, 健太郎 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014650">https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014650</a>

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



## クロマグロ仔魚の成長過程と成長に伴う体成分の変化

手塚信弘, 升間主計, 武部孝行, 二階堂英城, 井手健太郎  
(奄美栽培漁業センター)

奄美栽培漁業センターでは、栽培漁業等による資源の増大と安定化及び養殖用種苗の供給を目的として、1994年からクロマグロ *Thunnus thynnus orientalis* の種苗生産に関する技術開発を行ってきた。この中で、クロマグロに適した餌料系列の開発は基礎となる重要なものであり、これまでに、L型ワムシ<sup>\*1</sup>、ふ化仔魚、魚肉ミンチが適しており、特にふ化仔魚が必須であること<sup>2)</sup>を明らかにした。一方、L型ワムシ又はふ化仔魚の摂餌量からの摂取エネルギー量、およびクロマグロ仔魚の酸素消費量からの基礎代謝量を調べてクロマグロ仔魚のエネルギー収支を推定し、餌料の適正な変更時期等を明らかにした<sup>1), \*2, \*3</sup>。

しかし、仔稚魚が消費するエネルギーの基質を明らかにし、栄養素の適正な含有量等を検討するためには、上記のクロマグロ仔魚のエネルギー収支を成長あるいは運動に消費されるエネルギー量等に分けて明らかにする必要がある。

ここでは、クロマグロ仔稚魚1尾が含有するタンパク質又は脂質の測定系を用いて得た、主要なエネルギー源である蛋白質と脂質の挙動と仔魚の成長過程について報告する。

### 材料と方法

2003年7月7日と8日に生簀網で飼育した7歳魚から採卵した受精卵を、残留オキシダント濃度0.3~0.5mg/lを含む海水で1分間消毒し、200lのアルテミアふ化槽でふ化させた。受精卵のふ化及び飼育試験には残留オキシダント濃度0.3mg/lで3分間消毒したオキシダント処理海水を用いた。

飼育試験には50kl水槽を用いた。飼育試験にはオキシダントで滅菌した後、活性炭でオキシダントを除去した海水(オキシダント処理海水)を用いた。水槽にオキシダント処理海水を45kl入れ、日齢1のふ化仔魚をサイホンを用いて収容し、飼育を開始した。オキシ

ダント処理海水の注水量を1kl/時間として、流水飼育を行った。排水用ストレーナーの中に設置した水中ポンプで吸引した飼育水を、直径40mmのホースを用いて水槽底に設置した塩ビ製パイプ2本(約7.5cm間隔で直径1.5mmの穴、水槽中央部で直交)から吐出させ、水槽内に左回りで流速約1~2m/分の水流を発生させた。通気は水槽中央に設置した4個のエアーストーンによって行った。

仔稚魚には、日齢2~25までは冷凍ナンノクロロプシス *Nannochloropsis* sp. で栄養強化したワムシ *Brachionus plicatilis* を5個体/mlになるように1日に2~3回、日齢15頃からはハマフエフキ *Lethrinus nebulosus* のふ化仔魚を1日に1~5回、日齢20頃からは冷凍イカナゴ *Ammodytes personatus* の碎片を10~120分おきに給餌した。日齢3~30までは冷蔵した濃縮ナンノクロロプシス(マリンフレッシュ、メルシャン製)を50万細胞/mlになるように1日に2~3回添加した。

成長と体成分を調べるためのクロマグロ仔魚は、仔魚が水槽内に一様に分散している早朝(夜明け前)の5:00と夜間(日没約1.5時間後)の21:00に採取した。仔魚を採取する前に仔魚の消化管を顕微鏡で観察して消化管内に餌料がないことを確認した。仔魚の採取は直径50mmの塩化ビニール製のパイプを用いて行い、1回に50~100尾の仔魚を採取した。調査に十分な尾数が得られなかった時には水流に乗って漂ってくる仔魚をビーカーですくって採取した。調査は水槽内の全ての仔魚がワムシの摂餌を開始した飼育開始3日後(この時の仔魚は日齢3と日齢4)の21:00から、夜間に水面近くに集まり水槽内に一様に分布しなくなった飼育開始13日後(この時の仔魚は日齢13と日齢14)の21:00まで行った。採取した仔魚はすべて全長を測定した後、その内の5尾ずつを体重(湿重量及び乾燥重量)、蛋白質及び脂質測定用とした。蛋白質と脂質測定用の仔魚は1尾ずつガラス製遠沈管に入れて-80℃

- 
- \*1 手塚信弘・升間主計・小磯雅彦・山崎英樹・神保忠雄(1987)クロマグロ仔魚の飼育試験におけるL型ワムシの有効性。平成9年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p110.  
\*2 手塚信弘・難波憲二・升間主計・小磯雅彦・鶴巻克巳・神保忠雄。(2000)クロマグロ仔魚のL型ワムシの摂餌量。平成12年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p114.  
\*3 手塚信弘・難波憲二・升間主計・小磯雅彦・鶴巻克巳・神保忠雄。(2000)クロマグロ仔魚の代謝。平成12年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.115.

で測定まで凍結保存した。

重量測定用の仔魚は1尾ずつ重量既知のアルミホイルに包んだ後に精密電子上皿天秤(UMT2, メトラ製)で重量を測り, アルミホイルの重量を除いて湿重量とした。湿重量測定後のサンプルを60℃で48時間乾燥させた後に再度重量を測り, 乾燥重量とした。全長と体重の昼間と夜間の変化を調べるために以下の式から成長速度(mm又は $\mu\text{g}/\text{時}$ )を求めた。

$$\text{成長速度} = ((\text{ある調査時の値}) - (\text{前回の調査時の値})) / (\text{調査間隔, 時間})$$

仔魚の水分量は湿重量から乾燥重量を差し引いて求め, この値を仔魚の湿重量で除して水分含有率とした。

仔魚の蛋白質量は, 仔魚を入れた遠沈管に30%水酸化カリウム溶液を0.1~0.5ml加えた後に60℃の温水中で溶解した。この液に四塩化炭素0.01~0.1mlを加え, 攪拌した後, 1mlの酒石酸カリウムナトリウム試薬(蒸留水930mlに10N-水酸化カリウム10ml, 25%酒石酸カリウムナトリウム20ml, 4%硫酸銅40mlを添加する)を加えた。これを10分間激しく振盪した後に, 60分間静置し, 分光光度計(U-2001, 日立製)を用いて波長550nmで吸光度(Es)を測定した。

仔魚の脂質の抽出は, 仔魚の入った遠沈管にメタノール:クロロフォルム混液(1:2 vol/vol)を0.1~0.5ml加えた後に, 冷蔵庫で一晩静置して行った。これを60℃の温水中で乾固させた後, 硫酸0.2mlを加えて溶解した。この溶解液を100℃の沸騰水中で10分間加熱した後, 流水下で10分間冷却した。この液にリン酸バニリン試薬(80%リン酸1lにバニリン2gを溶かした)2.5mlを加え, 60分間静置した後に分光光度計を用いて波長520nmで吸光度(Es)を測定した。

仔魚の蛋白質又は脂質を測定する際に, 蛋白質の場合は標準血清(液状コントロール血清ワコーI, 和光純薬製)を蒸留水で, 脂質の場合はトリオレイン(和光純薬製)をメタノール:クロロフォルム混液で希釈

したものをスタンダードとしてサンプルと同時に測定した(E std)。これらの値を用いて以下の式からサンプルの蛋白質又は脂質の含有量( $\mu\text{g}$ )を求めた。

$$\text{サンプルの含有量}(\mu\text{g}) = (\text{スタンダードの含有量}) \times E_s \div E_{\text{std}}$$

蛋白質と脂質を測定した仔魚の体重(湿重量,  $\mu\text{g}$ )は重量測定用の仔魚から得られた全長と体重の関係式を用いて算出した。この仔魚の体重で蛋白質量と脂質量を除いて含有率(%)を求めた。

仔魚の水分, 蛋白質および脂質の含有率が昼間(5:00~21:00)と夜間(21:00~翌日の5:00)でどのように異なるか調べるために, 以下の式から蓄積速度(%/時)を求めた。

$$\text{蓄積速度} = ((\text{ある調査時の値}) - (\text{前回の調査時の値})) / (\text{調査間隔, 時間})$$

## 結果と考察

調査開始からの経過時間と仔魚の平均全長(mm)の間には, 5:00と21:00の値を含めて  $y = 3.78e^{0.00296x}$  ( $r=0.993$ ,  $p < 0.01$ )で示される関係が, 経過時間と仔魚の体重(乾燥重量,  $\mu\text{g}$ )の間には  $y = 48.2e^{0.0117x}$  ( $r = 0.983$ ,  $p < 0.01$ )で示される関係が見られた(図1, 2)。飼育開始4日後の21:00までの仔魚の全長の成長速度は正の値を示したが, これ以降, 昼間(5:00~21:00)は0.015~0.050mm/時の, 夜間(前日の21:00~翌日の5:00)は-0.012~0.011mm/時の値を示した(図3)。体重の成長速度は調査開始直後から, 昼間は正の, 夜間は12日目の値を除いて負の値を示した。試験期間中の全長の平均成長速度は昼間で0.026mm/時, 夜間で-0.00029mm/時, 体重の平均成長速度は昼間で6.8 $\mu\text{g}/\text{時}$ , 夜間で-2.2 $\mu\text{g}/\text{時}$ であった。

これらのことから, クロマグロ仔魚は指数関数的に成長するが, その成長はほぼ昼間行われていると考え

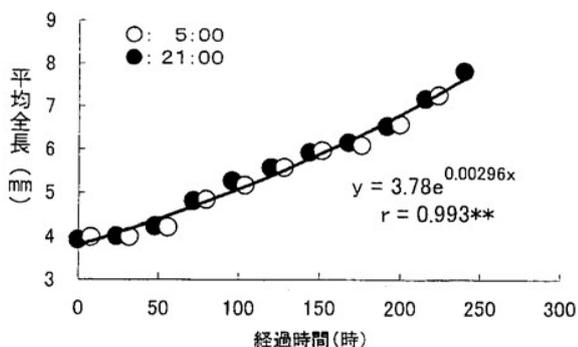


図1 調査開始からの経過時間と平均全長の関係

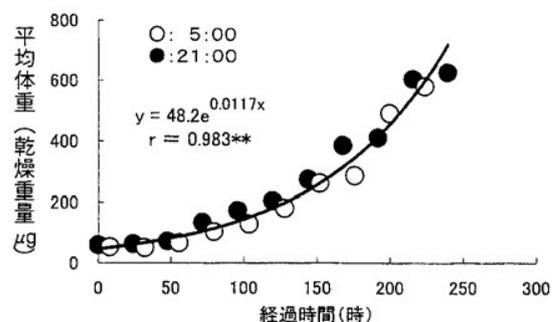


図2 調査開始(日齢3+4 21:00)からの経過時間と平均体重の関係

られた。特に体重の夜間の平均成長速度がマイナスの値となったことから、仔魚は昼間、餌料から消化・吸収した物質により成長するとともに、これを夜間に消費していると考えられた。この消費された物質は夜間に成長が見られていないことから、体を維持する基礎代謝に消費されていることが推測された。

飼育されたクロマグロ仔魚の耳石の第一不透明帯は、天然魚とほぼ同時期の受精後4.7~5.6日後に形成され、この第一不透明帯の形成には仔魚が内部栄養から外部栄養に変わることが関わっているとされている<sup>2)</sup>。この第一不透明帯の形成時期は、仔魚の全長の成長速度が初めて負の値を示した飼育開始4日後の21:00~5日後の5:00までと一致している。飼育中の仔魚の摂餌は飼育開始3日後の5:00以降に開始されるが、この時期の仔魚はまだ卵黄を吸収しつづけている。このため、摂餌をしていない夜間の、飼育開始3日後の21:00~4日後の5:00の間も、全長の成長速度は正の値を示したと考えられ、卵黄の吸収が終了した飼育開始4日後以降は、摂餌しない夜間は成長せず、これが不透明帯の形成につながると考えられた。

仔魚の全長と体重の関係では、湿重量との間に  $y = 0.968x^{4.05}$  ( $r = 0.976$ ,  $p < 0.01$ ) の、乾燥重量との間に  $y = 0.318x^{3.70}$  ( $r = 0.984$ ,  $p < 0.01$ ) の高い正

の相関が見られた (図5)。この式を蛋白質および脂質の含有率を求めるための仔魚の体重の推定式とした。

仔魚の水分含有率は飼育経過に伴って高くなる傾向が見られた。そして、同じ飼育日数で水分含有率を比較すると、21:00の値より5:00の値の方でやや高い傾向が見られた (図6)。また、1時間当りの水分の蓄積速度(絶対値)は夜間の方が昼間よりも速く、昼間はマイナスの値が、夜間はプラスの値を示す日が多かった(図7)。

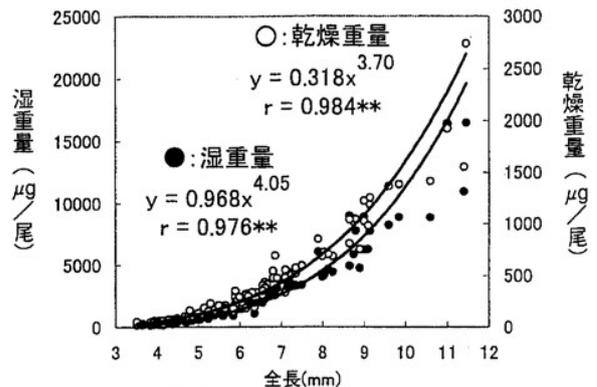


図5 全長と体重の関係

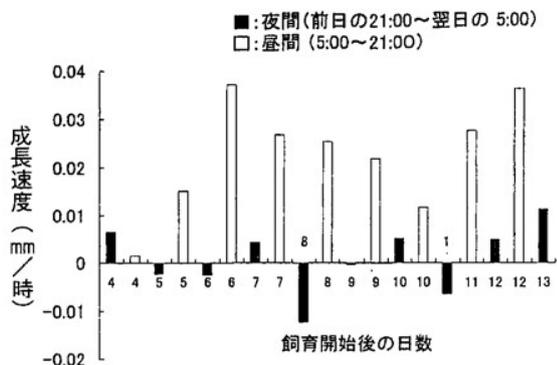


図3 昼間と夜間の全長の成長速度の違い

$$\text{成長速度} = ((\text{平均全長}) - (\text{前回の調査時の平均全長})) / \text{経過時間}$$

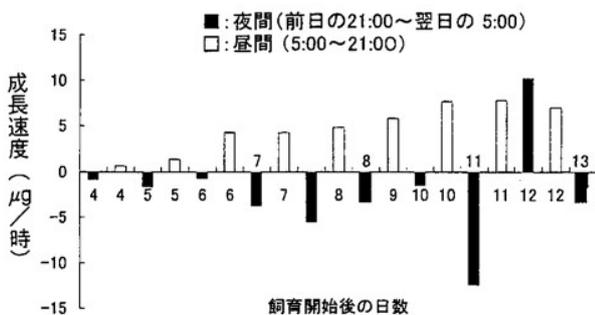


図4 昼間と夜間の体重(乾燥重量)の成長速度の違い

$$\text{成長速度} = ((\text{平均全長}) - (\text{前回の調査時の平均全長})) / \text{経過時間}$$

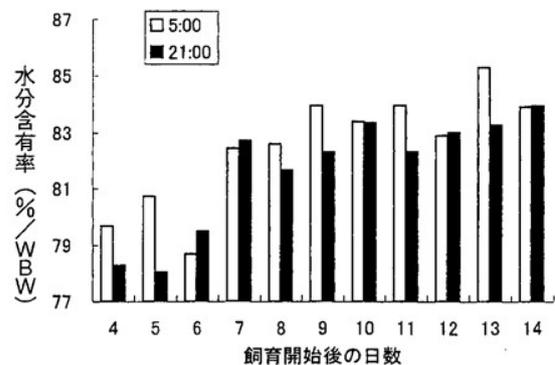


図6 水分含有率の調査日と時刻による違い

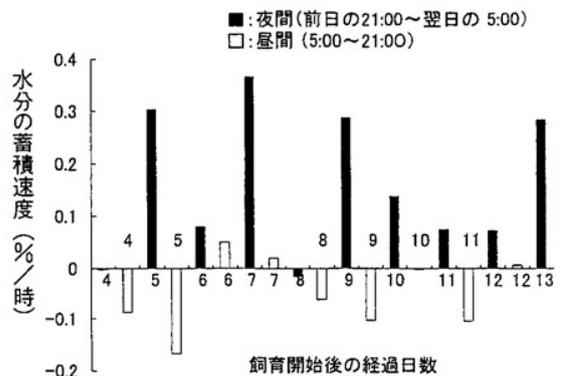


図7 昼間と夜間の水分の蓄積速度の違い

$$\text{蓄積速度} = ((\text{平均含有率}) - (\text{前回の調査時の平均含有率})) / \text{経過時間}$$

蛋白質の含有率は飼育開始6日目までは高くなったが、7日後からは飼育経過とともに低下した。同じ飼育日数では5:00の値よりも21:00の値の方でやや高い傾向が見られた(図8)。1時間当りの蓄積速度は、飼育開始11日後まで昼間はプラス、夜間はマイナスの値を示したが、12、13日後は逆の傾向を示した(図9)。

脂質の含有率は飼育後の経過日数に伴う顕著な変化を示さなかったが、同じ飼育日数の調査時刻別では蛋白質と同様に5:00の値よりも21:00の値の方でやや高い傾向が見られた(図10)。1時間当りの蓄積速度も蛋白質と同様に夜間より昼間の方が速く、昼間はプラス、夜間はマイナスの値を示す日が多かった(図11)。

これまで、クロマグロ仔魚が摂取した蛋白質又は脂質を何時、どのように消費しているか不明であった。しかし、これらの結果から、クロマグロ仔魚は昼間、摂餌した餌料由来の蛋白質と脂質を全長や体重の増加の形で体内に蓄え、夜間、摂餌していない時に体を維持するための基礎代謝としてこれらを消費しているこ

とが示された。

通常、絶食下の魚類は体を維持するためエネルギー源として、最初に炭水化物(グリコーゲン)を消費し、これが不足すると脂質を消費し、体を構成する物質である蛋白質は最後に利用すると言われている。本研究の結果では、蛋白質含有率が成長に伴って減少し(図8)、さらに、夜間の絶食下で消費されていることが示された(図9)。この原因として、摂餌量が不足したため蛋白質が絶食時の基礎代謝のためのエネルギーとして消費されたと考えられた。このことは、餌料中の脂質が不足していることを示唆している。今後、餌料中の脂質量と仔魚の蛋白質含有量の関係を明らかにし、餌料の適正な脂質含有量を検討する必要がある。また、脂質の成長に伴う挙動を明らかにするために、体構成成分であるリン脂質等とエネルギー源として蓄積される中性脂質又は遊離脂肪酸等に分けて調べる必要がある。

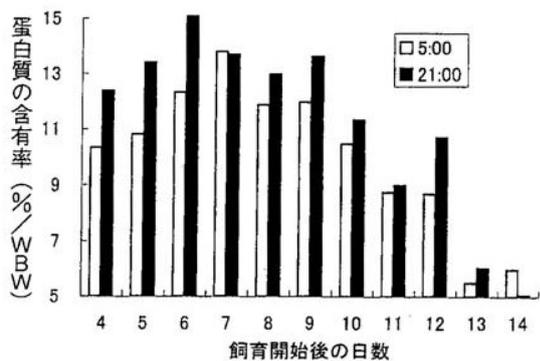


図8 蛋白質の含有率の調査日と時刻による違い

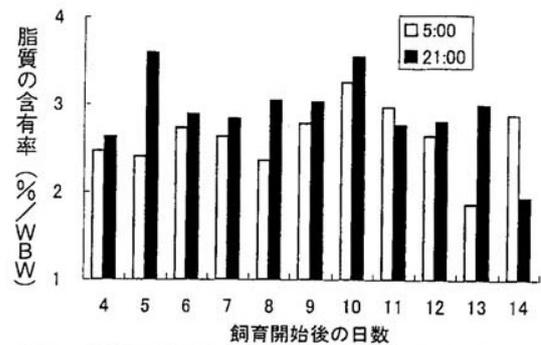


図10 脂質の含有率の調査日と時刻による違い

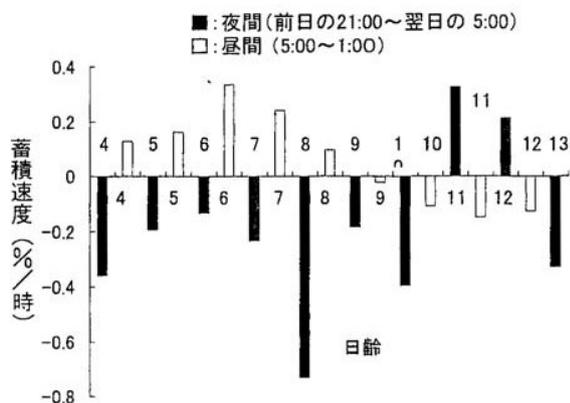


図9 昼間と夜間の蛋白質の蓄積速度の違い

$$\text{蓄積速度} = ((\text{平均含有率}) - (\text{前回の調査時の平均含有率})) / \text{経過時間}$$

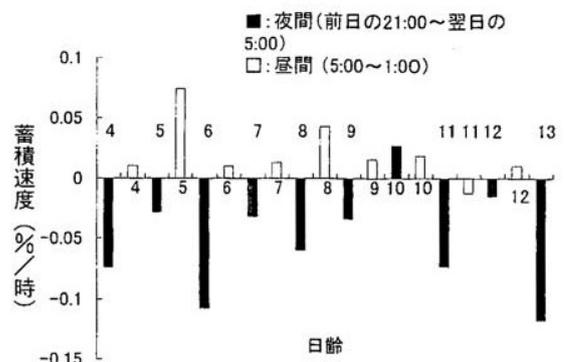


図11 昼間と夜間の脂質の蓄積速度の違い

$$\text{蓄積速度} = ((\text{平均含有率}) - (\text{前回の調査時の平均含有率})) / \text{経過時間}$$

## 文 献

- 1) 日本栽培漁業協会 (1996) 種苗生産技術の開発, クロマグロ. 日本栽培漁業協会年報 (平成 8 年度), 186-196.
- 2) ITOH T., Y. SHIINA, S. TSUJI, F. Endo, N. TEZUKA (2000) Otolith daily increment formation in laboratory reared larval and juvenile bluefin tuna *Thunnus Thynnus*. *Fish Sci.*, 66, 834-839.