

論文内容の要旨

氏名 藤本健治

学位の種類 博士(農学)

学位記番号 農第114号

学位授与の日付 平成20年3月22日

学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当

学位論文題目 人工孵化クロマグロの脂肪蓄積に関する研究

論文審査委員 (主査) 教授 熊井英水

(副主査) 教授 太田博巳

(副主査) 教授 滝井健二

(副査) 准教授 澤田好史

本研究では、クロマグロ仔稚魚期の脂肪蓄積過程という生物学的知見、飼育水温による脂肪蓄積制御技術の開発に関して基礎的知見を得ることを目的とした。

**第I章 人工孵化クロマグロ仔稚魚の中性脂質蓄積の発育変化とその飼育水温による違い**

第I章では、飼育クロマグロ仔稚魚の、異なる飼育水温下の脂質蓄積発育変化が、脳、鰓、耳胞、肝臓、筋肉の各部位で組織学的に明らかにされた。その結果、調べた発育段階では筋肉内への脂質蓄積は、血合筋では観察されたが、普通筋では観察されず、筋肉内への脂肪蓄積すなわち本格的な「トロ」の形成は、もっと後の発育段階で起こることが明らかとなった。

また、仔稚魚期の脂肪蓄積への飼育水温の影響として、低水温での飼育では高水温よりも脂肪蓄積が遅延すること、発育初期の低水温の脂肪蓄積への影響は、かなり後の発育段階まで持続することが示された。これにより、飼育水温による脂肪蓄積の組織学的なレベルでの制御の可能性が示された。

**第II章 人工孵化クロマグロとマダイ仔稚魚におけるトリグリセリド含量の発育変化**

これまでにクロマグロ仔稚魚期での脂肪蓄積の発育変化の知見は皆無である。そこで、第II章では、脂肪の主要蓄積形態である中性脂質の殆どを占めるトリアシルグリセロール(TAG)含量のクロマグロ仔稚魚での発育変化を明らかにし、その結果をマダイと比較した。また、TAG含量の飼育水温による違いについて明らかにした。

**クロマグロ仔稚魚のトリアシルグリセロール(TAG)含量の発育変化と、そのマダイ仔稚魚の比較** クロマグロ、マダイともに仔魚期ではTAG含量は、5 μg/mgBW以下と低いが、稚魚期に入って、急激に増加することが明らかとなった。また、両種では魚体のTAG含量は、稚魚期以降異なり、マダイでクロマグロより顕著にTAG含量が高く推移した。この理由として、クロマグロは稚魚期の成長が速く、すでに高い遊泳性を有することから、摂取した脂質

は蓄積されず消費される割合がマダイに比べて高いことが推察された。

**飼育水温が異なるクロマグロ稚魚の TAG 含量の比較** 異なる水温でクロマグロ稚魚を飼育し、飼育水温による TAG 蓄積の様相の違いを明らかにした。2 種類の飼育水温、すなわち一貫して 27°C で飼育する高温区と、flexion 期まで 24°C、稚魚期まで 25°C、それ以降 27°C とした低温区の 2 区として行っている。単位体重当たりの TAG 含量は、高温区では 20 日令、初期低温区は 30 日令の稚魚期以降で急激に増加した。これらの日令での体長はそれぞれ 19.45 mm と 32.86 mm と顕著に異なった。また同じ発育段階で比較すると、高温区の方が単位体重当たりの TAG 含量が多かった。これらの結果から、同じ体長・発育段階では高温で飼育した方が高温区の TAG 含量が多くなることが明らかとなった。さらに、飼育水温の魚体の TAG 含量への影響は、高温区と低温区で温度が同じとなった時期のかなり後でも持続することが示された。

### 第 III 章 人工孵化クロマグロ稚魚の脂肪酸組成の発育変化とその飼育水温による違い

第 III 章では、クロマグロ稚魚を異なる水温で飼育し、脂肪酸組成の発育変化とその飼育水温による違いが明らかにされた。

人工孵化クロマグロを、2005 年と 2006 年の 2 度、稚魚期移行期まで 25°C、以降 27°C の低温区と、一貫して 27°C の高温区の 2 水温区を設けて飼育した。両年度とも孵化仔魚からイカナゴへの餌料の転換期である体長 2-6 cm で魚体の脂質含量が低下し、その後増加した。体長 10 cm 以降、餌料の脂質含量が低い 2006 年よりも 2005 年の全脂質量が顕著に高く推移し、その後両年で体長 15-17 cm で全脂質量が増加した。これらから、体長の成長に伴う魚体全脂質含量は、概ね餌料中脂質含量の変化に一致すること、稚魚期に入って脂質を蓄える方向に代謝が調節されることが推察された。

脂肪酸分析の結果から、クロマグロ稚魚期で卓越する脂肪酸は、どちらの水温区においても、パルミチン酸 (C16:0)、ステアリン酸 (C18:0)、オレ

イン酸 (C18:1n-9)、EPA (C20:5n-3)、および DHA (C22:6n-3) であることが示された。この傾向は餌料の脂肪酸組成が異なる 2005、2006 年でも共通していた。しかしながら、これら主要脂肪酸の含量割合は、餌料のそれが異なる両年で異なった。また、個々の脂肪酸については、魚体全脂質中の DHA と EPA 含量の推移は、餌料全脂質中の DHA と EPA 含量の推移とよく一致することが示された。

これらのことから、現在の餌料系列において、脂質としてエネルギーを多く蓄積し、ストレスに強く生残の良い人工孵化クロマグロを生産するためには、孵化仔魚からイカナゴへの餌の移行を順調に行うこと、あるいはその利用性を高める、さらには利用性を高めた配合飼料開発が必要であると推察された。

### 結 論

本研究では、大型で高度回遊性魚類では初めて、初期発育における脂肪蓄積の様相の一端が明らかとされている。さらに本研究では、今後の太平洋クロマグロの飼育環境による脂肪蓄積コントロール技術開発に貢献し得る基礎的知見が、マグロ属魚類では初めての成果として得られている。

## 論文審査結果の要旨

高度回遊性魚類であるクロマグロの生物学的特質、特にその脂質としてのエネルギー蓄積の機構は興味深い。

マグロ類養殖持続的発展には人工種苗が必要とされているが、仔稚魚期の生残率は未だ低い。仔稚魚期では魚体の蓄積エネルギーが少なくストレス耐性が低いことから、仔稚魚の生残率向上を図るには、エネルギー源である脂質の効率良い蓄積が有益であると考えられている。

養殖クロマグロの肉質の評価においては脂質含量、すなわち「トロ」形成の多寡が重要視される。「トロ」形成を図るため、魚体の脂肪蓄積促進が一般的には重要である。しかしながら、消費者の需要は多様であり、脂質含量の少ない「赤身」が好まれる場合もまた多い。よって養殖クロマグロでは、多様なニーズに合わせて魚体の脂質含量を調節する技術が必要とされる。これらの観点から、養殖クロマグロの脂肪蓄積機構の解明、その制御技術の開発は、魚類学において、あるいは水産増殖学において重要なテーマである。

本研究では、以下の3章に亘る内容で、高度回遊性魚類クロマグロのエネルギー代謝で重要な脂肪の蓄積過程を仔稚魚期で明らかにし、新たな生物学的知見を得ている。さらにその知見は、養殖用種苗生産でのクロマグロ仔稚魚の生残率向上に資するものである。また、養殖クロマグロの品質を向上させるための基礎研究の一環として、飼育環境の調節による魚体の脂質の量と質をコントロール技術の開発が行われている。

### 第1章 人工孵化クロマグロ仔稚魚の中性脂質蓄積の発育の伴う変化、その飼育水温による違い

本章では、飼育クロマグロの仔稚魚において、脂質蓄積の発育変化を異なる飼育水温下で組織学的に解明することが目的とされ、体各部での中性脂質蓄積が調べられた。その結果クロマグロの仔稚魚期での各組織で中性脂質蓄積過程が、マグロ属魚類では初めて具体的に明らかにされた。さらに低水温により仔稚魚の脂質蓄積が遅延すること、並びに発育初期の水温の脂質蓄積への影響が後の発育段階まで持続することが示され、これらは今後の脂質蓄積制御技術開発の重要な知見である。

### 第11章 人工孵化クロマグロとマダイ仔稚魚におけるトリアシルグリセロール (TAG) 含量の発育に伴う変化

これまでにクロマグロ仔稚魚期における脂肪蓄積を定量的に捉

えた例は無い。本章ではクロマグロとマダイの仔稚魚の TAG 含量を比較検討し、両種の仔稚魚期の TAG 蓄積パターンが大きく異なることが明らかにされている。この知見は比較生化学的にも、増殖学的にも貴重なものである。

さらに本章では、クロマグロの魚体の脂肪蓄積コントロール技術開発を目的として、異なる水温で仔稚魚を飼育し、飼育水温による TAG 蓄積の様相の違いが検討されている。その結果、孵化から摂餌開始直後では、TAG が主なエネルギー源であること、同じ発育段階で比較すると、高温区の方が単位体重当たりの TAG 含量が高い値を示したことから、高温飼育はクロマグロ仔稚魚の中性脂質蓄積を促進することが報告されている。

### 第111章 人工孵化クロマグロ稚魚の脂肪酸組成の発育変化とその飼育水温による違い

養殖クロマグロの脂質蓄積制御技術開発の基礎として、人工孵化クロマグロの脂肪酸組成の発育変化に関する知見が重要であるが、これまで仔稚魚期ではこのような研究は皆無である。本章では、クロマグロ仔稚魚を異なる水温で飼育し、温度が脂肪酸組成に及ぼす影響が検討されている。その結果、クロマグロ仔稚魚の脂質クラス組成、脂肪酸組成の発育変化が初めて報告されている。また、クロマグロでは稚魚期に入って脂質を蓄える方向に代謝が調節されると考えられることが報告されている。さらに、脂質としてエネルギーを多く蓄積し、ストレスに強く生残の良い人工孵化クロマグロを生産するためには、孵化仔魚からイカナゴへの餌の移行を順調に行うこと、あるいはその利用性を高めることが必要であるとされており、この知見はクロマグロ人工種苗生産に重要な示唆を与えるものである。

本研究で得られた知見は、高度回遊性魚類クロマグロ仔稚魚期のエネルギー代謝に関して、また飼育魚の肉質改善や種苗生産効率向上に繋がる水産増殖学上重要なものである。

よって本論文は博士(農学)の学位論文として価値あるものと認める。なお、審査にあたっては、論文に関する専攻内審査および公聴会など所定の手続きを経たうえ、平成20年2月8日の農学研究科教授会において、論文の価値ならびに博士の学位を授与される学力が十分であると認められた。