

完全養殖クロマグロの産業化

家戸敬太郎*・澤田 好史・岡田 貴彦・倉田 道雄
向井 良夫・宮下 盛・村田 修・熊井 英水

「完全養殖」とは、卵から親までのすべてのライフサイクルを人為的に管理することを指し、天然資源に影響しないなど多くのメリットがあります。近畿大学水産研究所では、飼育が困難とされていたクロマグロにおいても完全養殖技術を開発してきました。ここではその産業化への取り組みを、養殖研究の歴史から紹介したいと思います。

完全養殖クロマグロ

太平洋クロマグロ (*Thunnus orientalis*) は大西洋クロマグロ (*Thunnus thynnus*) とともに最高級魚として取り扱われ、蓄養や養殖も盛んに行われています¹⁾、乱獲による資源減少が国際問題となっています²⁾。マグロの最大消費国であるわが国としては、クロマグロ幼魚(ヨコワ)を人工的に生産して養殖あるいは放流に用いることで資源保護を行う技術開発を率先して行う必要があります。

クロマグロ養殖研究の歴史 我が国におけるクロマグロ養殖は1970年に水産庁遠洋水産研究所が開始した複数の研究機関によるプロジェクト研究に始まり、近畿大学もこれに参加しました。しかし、クロマグロの飼育は想像以上に難しく、当初の3か年のプロジェクト終了まもなく、他の研究機関は養殖技術の開発から撤退し、最終的に続行したのは近畿大学のみとなりました¹⁾。近畿大学ではその後独自に、天然ヨコワを傷めないように釣りあげて生簀に收容する方法など、養殖技術に関するさまざまな工夫を進めた結果、ヨコワから親魚までの飼育技術を開発し³⁾、ヨコワが満5歳にまで成長した1979年に世界で初めて網生簀内での自然産卵を確認しました。この親魚はその後も産卵し、それらの受精卵から10数回にわたって飼育が試みられましたが、初期減耗が激しいうえに、稚魚期までの飼育には成功してもそれ以後も減耗が激しく、全長10 cm以上に育てることはできませんでした³⁾。加えてその後11年間にわたり、養成親魚からの産卵は途絶えました。

世界初! クロマグロ完全養殖の達成 産卵が途絶えてから12年目の1994年7月に7歳親魚が待望の自然産卵を開始し、産卵は5年間に4シーズン認められました。毎年減耗の原因究明をすすめ、孵化後10日目までの初期減耗⁴⁾、孵化後10日目以降稚魚期までの共食い⁵⁾、さらに海上の網生簀へ移動した後の衝突死⁶⁾が大量へい死の主な原因であることを解明しました。これらに基づいて、水槽内の飼育水の流動コントロールによる初期減耗の防止、生きた孵化仔魚の大量給餌による共食い防止、沖出し後の網生簀での夜間電照による衝突死の防止など対策をすすめた結果、魚が生き残るようになり、2002年には卵から人工的に育てた魚が親となって産卵しました。こ

れによって、1970年から何と32年もの月日を経てクロマグロの「完全養殖」が世界で初めて達成されました⁶⁾。

完全養殖クロマグロの種苗出荷 さらに、近畿大学では産業規模でのクロマグロの種苗量産に関するさまざまな研究開発を進め、2007年には完全養殖クロマグロ第3世代を生産し、世界で初めて人工種苗約1500尾を養殖業者に出荷しました。さらに2008年には5000尾以上、2009年には3万尾の人工種苗の出荷を実現しています⁷⁾。この尾数は国内での養殖尾数の約1割に相当していて、現在もその出荷尾数を増加させるためのさまざまな研究開発を続けています。

ブランド化戦略

近畿大学では、養殖試験開始当初から養殖クロマグロを出荷しており、市場でもその品質が評価されるようになってきました。2005年には近畿大学で養殖したクロマグロを「近大マグロ」として商標登録(第4933272号)し、ブランド化を進めています。また米国にも出荷しており、天然資源を用いない完全養殖クロマグロとして高い評価を得ていて、米国でも「Kindai」ブランドとして2009年に商標登録(Reg. No. 3,623,579)されました(図1)。

近畿大学で生産された養殖魚は、2003年に設立された株式会社アーマリン近大が販売しています。国内外に出荷される完全養殖クロマグロには、アーマリン近大が発行する卒業証書(図2)が添付されており、この卒業証書が後述するトレサビリティに重要な役割を果たしていて、安全・安心を提供するブランドとしての地位向上に一役買っています。

完全養殖クロマグロの最大のセールスポイントは、天然資源にまったく依存せずに生産している点ですが、近



図1. アメリカに出荷された完全養殖「KINDAI」クロマグロ

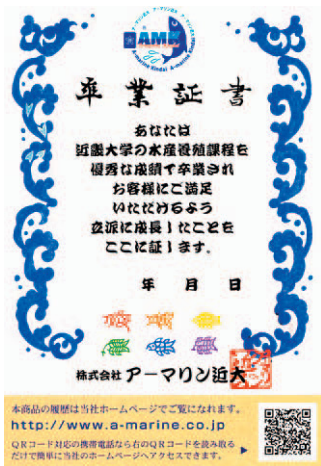


図2. 完全養殖クロマグロに添付される卒業証書

畿大学ではその安全性向上にも積極的に取り組んでいます⁸⁾。海洋で食物連鎖の最上位に位置するマグロは、水銀などの有害物質を蓄積しやすく、米国FDAは妊婦、授乳中の女性および子供のマグロ摂取量制限の勧告を行っています⁹⁾。また、日本の厚生労働省は通達として、総水銀濃度が0.4 $\mu\text{g/g}$ を上回る魚介類の出荷の自粛を呼びかけています。完全養殖クロマグロの水銀含量を測定した結果、残念ながら暫定基準値の0.4 $\mu\text{g/g}$ よりもやや高い0.6 $\mu\text{g/g}$ 前後でありました。しかし図3に示した通り、天然魚の場合には成長に伴い水銀含量が増加しますが、養殖魚の場合にはほぼ一定のレベルで推移することが明らかとなりました¹⁰⁾。つまり養殖クロマグロは特に大型魚においては天然魚よりも水銀濃度が低いと考えることができます。さらに、暫定基準値をクリアできる養殖クロマグロの生産方法も検討しており¹¹⁾、水銀含量の低いイカナゴおよびアジを餌料として用いると水銀含量は0.2~0.3 $\mu\text{g/g}$ あたりで一定値となりました。この水銀含量は厚生労働省の暫定基準値より低く、この基準値に適合するクロマグロの養殖方法の開発に初めて成功したといえます。

トレサビリティ手法

養殖履歴 近畿大学が養殖して出荷した魚（種苗を除く）には卒業証書が添付されます（図2）。その卒業証書にはQRコードがプリントされており、携帯電話のカメラ機能でこのバーコードを読み取ると、株式会社アマリン近大のホームページにアクセスできるようになっています。ホームページ上では、養殖履歴に関する情報（使用した餌飼料、投薬履歴など）が提供されています。これにより、消費者は買い物するその場所において、自分が購入しようとする魚の生産履歴を確認することができます。このような情報開示を行うことで生産者側の意識向上効果も期待され、より安心・安全な養殖魚の供給につながると考えています。

DNAマーカーによる商品管理 クロマグロの場合、カットされたブロックやさらにそれを小さくカットした

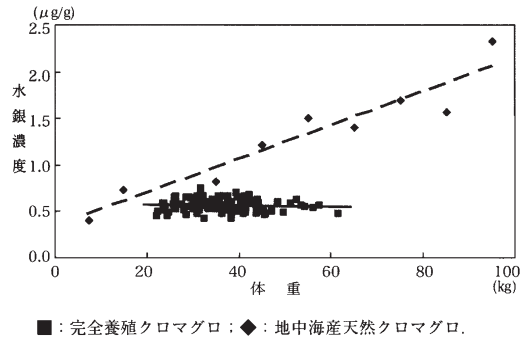


図3. 体重が増えても水銀濃度が上がらない完全養殖クロマグロ⁸⁾

柵（さく）と呼ばれる状態でも流通されます。ブランド化を進めるにあたり、販売先で問題が起きた場合にブロックや柵の状態でも近畿大学産の完全養殖クロマグロであることを証明する必要がある可能性があります。そのような事態に備えてDNAマーカーによる親子鑑定および個体識別技術を導入しました¹²⁾。現在、近畿大学が採卵用に保有している完全養殖クロマグロ親魚のDNAマーカータイプを調べる体制を整備しており、これを解析することによって、ブロックや柵サンプルから近畿大学の完全養殖クロマグロであるかどうかを証明できます。

以上、完全養殖クロマグロの生産からブランド化、トレサビリティ手法まで、近畿大学における産業化の取り組みを簡単に述べました。今後も完全養殖クロマグロを安定的に供給できる量産技術の開発を進め、より安心・安全で美味しい魚を提供する努力を継続していきたいと考えています。

文 献

- 1) 澤田好史：水産増養殖システム1 海水魚，p. 173，恒星社厚生閣（2005）。
- 2) 熊井英水：近畿大学プロジェクト クロマグロ完全養殖，p. 1，成山堂書店（2010）。
- 3) 宮下 盛ら：バイオインダストリー，**21**，7（2004）。
- 4) 宮下 盛ら：近畿大学プロジェクト クロマグロ完全養殖，p. 22，成山堂書店（2010）。
- 5) 石橋泰典：近畿大学プロジェクト クロマグロ完全養殖，p. 37，成山堂書店（2010）。
- 6) Sawada, Y. et al.: *Aquaculture Res.*, **36**, 413 (2003).
- 7) 岡田貴彦ら：平成22年度日本水産学会春季大会講演要旨集，p. 34（2010）。
- 8) 安藤正史：近畿大学プロジェクト クロマグロ完全養殖，p. 97，成山堂書店（2010）。
- 9) FDA, What you need to know about mercury in fish and shellfish. www.fda.gov/oc/opacom/hottopics/mercury/backgroundunder.html (2004).
- 10) Ando, M. et al.: *J. Food Pro.*, **71**, 595 (2008).
- 11) Nakao, M. et al.: *Aquaculture*, **288**, 226 (2009).
- 12) Morishima, K. et al.: *Molecular Ecology Res.*, **9**, 790 (2009).