

## 1. 研究成果の概要

本拠点の研究では、天然種苗に依存する資源枯渇型から、完全養殖技術による資源再生産型のクロマグロ養殖への転換を目指して、産業的な種苗量産技術を確立するとともに、熱帯、亜熱帯および温帯水域の重要な養殖対象魚種を研究対象として、効率的かつ安心・安全な生産を可能にする養成技術を開発し、それらを担う有為な人材の育成・情報の発信を目指している。そのために、自然科学分野に支点を置く人工種苗、養殖、環境および利用・安全グループと、社会科学分野の流通・リスク分析グループが有機的に連携した学際的研究を展開している。

平成 20・21 年度には、本拠点を特徴付けるグループ横断プロジェクト研究、さらには海外共同研究や各グループ研究によって、多くの貴重で有用な成果が得られた。その概要は以下のとおり。

### 1) クロマグロの種苗量産技術

平成 8 年に世界で初めてクロマグロの完全養殖に成功してから、21 世紀 COE プログラムおよびグローバル COE プログラムにおいて数々の研究成果に基づいて種苗生産技術を改良・改善し、平成 19 年度には人工種苗を養殖業者に配布を開始した。そして、平成 21 年度には平均全長 3.5～8.9 cm の稚魚 158 千尾を陸上水槽から海面生簀に沖出し、養殖業者へ配布した 30 千尾を含めて 40 千尾のクロマグロ種苗(体重 300 g 以上)の生産を可能にした。この生産尾数は我が国における種苗必要尾数の 10%に当たり、産業的な種苗量産技術の確立に、大きな一歩を踏み出したことになる。

この成果は、先に述べたように、全ての推進担当者・博士研究員・博士後期課程学生の努力によってなされた業績であるが、仔魚期における浮上・沈降死対策、稚魚期における電照による衝突死の防止と稚魚用配合飼料の開発に負うところが大きい。なお、これまでの研究成果を「クロマグロの完全養殖」(小野征一郎編著・成山堂)や平成 22 年度日本水産学会春季大会におけるシンポジウム“クロマグロ養殖業—技術開発と事業展開・展望—”で、それぞれ出版・集約する予定である。なお、平成 21 年 12 月にオーストラリアで開催された 2<sup>nd</sup> Global COE Program Symposium of Kinki University, 2009 の成果を Proceedings “Sustainable Aquaculture of the Bluefin and Yellowfin tuna- Closing the Life Cycle for Commercial Production”としてまとめた。

### 2) クロマグロ稚魚用配合飼料の開発

グループ横断研究における数多くの有用な知見・成果が、稚魚用配合飼料の開発に大きく貢献した。これまで、クロマグロ稚魚にはイカナゴを細切して、早朝から日没まで間断なく給与していたが、イカナゴの栄養価は低く数種のビタミンも不足するので、衝突とともに栄養素欠乏での斃死が頻発していた。これを栄養学的に問題のない配合飼料に切り替えることで、衝突死が減少して生残率が改善し、種苗生産尾数を増加させることが可能になった。

クロマグロ稚魚配合飼料の生産・販売を、技術指導成果実施許諾契約を締結した日清丸紅飼料(株)に委託し、平成 22 年度から国内のクロマグロ

種苗生産機関の種苗生産に貢献する予定である。

### 3) ミナミマグロの種苗生産

平成20年度に近畿大学水産研究所はオーストラリア・クリーンシーズと“マグロの種苗生産・養成技術に関する学術協定覚書”を締結した。平成21年1月にクリーンシーズの陸上水槽で、ミナミマグロ親魚が自然産卵したことから、本拠点から教員・技術員を派遣して初期飼育の指導を行い、世界初のミナミマグロ種苗生産の成功に導いたことは、*New York Times* に紹介され世界に配信された。平成22年1月にミナミマグロ親魚群が再び産卵を開始したので、教員・PDを派遣してミナミマグロの種苗生産に関する研究を進める計画である。なお、SELFDOTT, AUE, IAEA などからも、クロマグロ・キハダマグロに関する共同研究の希望が寄せられている。

### 4) その他

平成20年度にサバ大学ボルネオ海洋研究所に近畿大学・サバ大学水産科学研究・開発センターを開設した。G-COE 教員・博士研究員はセンターに常駐しないが、必要・状況に応じて派遣する計画である。また、平成21年度にはサバ大学から

博士後期課程学生6名を受け入れ、熱帯養殖魚の生理生態、繁殖、養殖技術、遺伝などに関する研究を精力的に行い、東南アジアにおける養殖産業の発展に資する研究成果を集積している。

また、韓国水産科学院済州水産研究所および国立全南大学校水産海洋大学との学術協定のもとで、外海沈下式生簀によるクロマグロ飼育および交雑魚マダイ×クロダイの養殖に関する研究も鋭意進めている。また、東アジアの水産養殖科学の発展に寄与するため、近畿大学・全南大学校水産養殖研究開発センターの設置を計画している。

採択年度の予算執行が多少遅れたため、PDの採用計画を完全遂行できなかったが、PD・DC学生の研究環境を整えることができ、平成21年度における研究が大きく進展し、輝かしい成果を収めることができた。

本拠点に対する世界の期待が年々大きく膨れる中で、平成22年度以降においても、拠点推進担当者・PD・DC学生だけでなく、本学の教職員が一丸となって、水産養殖科学のセンター・オブ・エクセレンスの形成に最大限の努力を傾注したい。

## 2. G-COE グループ横断プロジェクト

### グループ横断プロジェクト委員会

学際的な研究をさらに促進するため、各推進  
担当委員に研究テーマを広く募集し、平成 20・

21 年度には以下のテーマを選定して資金的支  
援を行った。

#### 平成 20 年度

研究題目	研究代表者
1)クロマグロ人工種苗の産業的量产化技術	坂本 亘・澤田好史・石橋泰典
2)クロマグロ最適養殖システムの開発	山根 猛・多田 稔
3)クロマグロの肉質改良のための総合的研究-2 事業場 で生産されている養殖クロマグロの品質評価	塚正泰之
4)持続的養殖を可能にする環境モニタリングシステム の構築	江口 充

#### 平成 21 年度

研究題目	研究代表者
1)クロマグロ人工種苗の産業的量产化技術(継続)	坂本 亘・澤田好史・石橋泰典
2)クロマグロ最適養殖システムの開発(継続)	多田 稔
3)クロマグロ成魚へのビタミン E 投与による品質改良	塚正泰之
4)運動飼育による養殖魚の水銀量の低減化	安藤正史
5)持続的養殖を可能にする環境モニタリングシステム の構築	江口 充

## —平成20・21年度 グループ横断プロジェクト成果報告—

### クロマグロ人工種苗の産業的量产化技術開発

**目的** 近畿大学では1970年から研究・教育プロジェクトであるクロマグロ養殖技術開発とその産業化を継続して行っている。近年は前近畿大学21世紀COEプログラムでの取り組みもあって、完全養殖の達成、完全養殖クロマグロの市場販売、第3世代人工孵化クロマグロの生産と養殖業者への販売など、人工種苗の産業的量产化技術の開発では、世界で最先端かつ大きな技術的進展を果たすことができた。これについては、これまでに学会賞や農林水産大臣賞など各界から大きな評価を得ている。

また、この過程において、原著論文、著書等の公表、国内外の学会・シンポジウムでの講演など、学術活動も盛んに行うとともに、多数の博士、修士および学士号取得者を養成してきた。

これらの状況を鑑みると、近畿大学グローバルCOEプログラムにおいても、クロマグロの人工種苗生産技術開発は、研究・教育の中核になるテーマでもある。

しかし、現在のクロマグロ人工種苗生産技術のレベルを評価すると、ようやく産業化の端緒にいたと言える程度であり、今後、本格的な産業技術に育てるためには、解決すべき様々な課題が残されている。また、国内のみならず海外においても、種苗量产技術に対する需要は急速に高まっており、これまでに増して早急な技術確立が望まれている。

本プロジェクトでは、現在のクロマグロ人工種苗の量产技術を、仔稚魚の生理学・生化学・行動学、栄養要求と飼料開発、さらには将来の方向性を探る流通・経済学の専門家を結集する学際的な

体制構築し、しっかりとした産業基盤となる技術を育てるとともに、その過程で大学院博士課程学生の教育を充実させ、世界のクロマグロおよび他の魚類の養殖科学をリードする教育研究拠点の形成を目的とする。

さらに、本プロジェクトはその性質上、クロマグロ種苗生産技術の技術者の意見、技術を必要とすることから、近畿大学水産養殖種苗センターの技術員と密接な関係を保ち、意見を取り入れ、技術的な協力を得ながら進めている。

#### 平成20, 21年度の横断プロジェクトの成果目標

この期間は、本横断プロジェクトの前半と位置づけ、継続してこれを行うことを前提に計画を立案した。よって、来年度以降のプロジェクトの準備も含まれる。

#### 教育

##### (1) 大学院博士課程学生・博士研究員

今年度博士課程に在学する学生と博士研究員について、本横断プロジェクトの内容での研究を指導し、その成果を学会・シンポジウムでの講演、学術雑誌への論文の投稿により公表させる。

##### (2) 社会人博士号取得希望者

魚類養殖科学に携わる世界の優秀な研究者の博士号取得に向けての研究指導を推進する。

#### 研究

##### (1) クロマグロ養殖および種苗生産技術の現状把握とその産業化の展望の予測

- ・クロマグロ養殖産業の現状把握とその展望
- ・種苗生産技術開発動向の情報収集と技術的需要の把握
- ・種苗量産化技術の経済効果と産業構造への影響

## (2) 種苗生産の効率の改善(対象:卵から 体重 500 g まで)

- ・孵化後 10 日目までの初期減耗要因の解明と対策
- ・共食い発生機構解明とその防除
- ・海上中間育成飼育方法の改善  
衝突死防止のための飼育施設改善, 稚魚のハンドリングを含む沖だし手法の改善
- ・稚魚期の栄養要求の解明と実用配合飼料の開発

## (3) 種苗品質の改善

- ・中間育成飼育方法の改善
- ・実用配合飼料の開発

## (4) 親魚育種手法の開発

- ・幼魚用個体識別標識とその装着法の開発
- ・親魚用個体識別標識とその装着法の開発
- ・個体識別およびマーカーアシスト選抜を目指した DNA マイクロサテライトマーカーの開発。

## 平成 20, 21 年度成果

本プロジェクトは、各研究・教育の集大成として人工種苗の産業的産出化を目指すものである。ここでは、集大成としての産業的産出化の背景、その達成状況と、各研究の概要を述べる。

### 背景

#### クロマグロ人工種苗の産業的産出化

クロマグロ完全養殖が 2002 年に近畿大学で達成され、2004 年にはそれにより生産された魚が成魚となり、市場出荷が始まった。これにより人工種苗生産技術の一応の産業化が達成されたことになる。しかし、近年大西洋クロマグロでは急激に資源状況が悪化し、2010 年は漁獲の 4 割が削減されることが大西洋マグロ類保存国際委員会 (ICCAT) 総会で決定された。

一方、太平洋においても、中西部太平洋まぐろ類委員会 (WCPFC) は 2009 年 12 月 11 日年次会合で、太平洋クロマグロの漁船隻数や操業日数を現状より増やさないとする初の規制導入を全会一致で決め、2010 年に実施することとなった。

さらに、国連食糧農業機関 (FAO) は 2009 年 12 月 14 日に、2010 年 3 月にカタールのドーハで開かれるワシントン条約締約国会議で討議される動植物の規制案に関し、モナコが提案するクロマグロの国際取引禁止案への支持・勧告を見送ったものの、専門家会合では過半数の専門家が支持する立場を示し、緩やかな規制である「輸出の許可制」の対象にすることを、全会一致で支持した。これはクロマグロ規制を求める国際的な声が大いことを如実に裏付けている。

このような動きから、将来、大西洋および太平洋クロマグロの養殖用種苗として、天然稚魚の採捕・利用は大きく制限されることが予想できる。したがって、今後のマグロ養殖技術の目標は、人工種苗を養殖用として供給するとともに、天然資源を増強するための放流種苗を産業レベルで生産することである。以上の観点から、本横断的プロジェクトではクロマグロ種苗の産業的産出化に取り組むことになった。

(1) 親魚の養成 2002 年に近畿大学水産研究所大島実験場で達成された完全養殖により、人工

孵化第2世代のクロマグロが誕生した。同世代は2年後の2004年秋には体重20 kgに成長し、一部は市場出荷され、初めて完全養殖クロマグロが消費者に届くようになった。完全養殖クロマグロの肉質は良好で、また生産履歴が完全に追跡できることから消費者には好意を持って受け入れられている。この第2世代のクロマグロは2007年に初めて成熟し、産卵を行った。その後も2008、2009年と毎年産卵を行っている。

**(2)人工孵化第3世代種苗の生産と販売** 2007年に人工孵化第2世代から採卵した受精卵を用いて、産業規模での生産試験をおこなった。初期減耗軽減策、中間育成での生残率向上、幼魚にまで育てた種苗の輸送方法の改善等に取り組み、2007年のシーズンには、6,988尾の人工孵化第3世代種苗の生産を達成し、初めて人工種苗約1,500尾を国内養殖業者に配布した。

2008年は、9,406尾の種苗を生産し、そのうち5,500尾を国内養殖業者に配布した。2009年は、生産試験の基地を、それまでの大島実験場、奄美実験場の2ヶ所から、浦神実験場の3ヶ所に増やし、約4万尾の種苗を生産し、3万4千尾を国内養殖業者に配布した。正確な生産統計が存在しないので、推計ではあるが、4万尾の人工種苗は、日本国内の太平洋クロマグロ養殖で用いられる天然種苗の数の約10%にあたる。また、2007年、2008年に生産された人工種苗はその後順調に成

長している。ここに至り、人工種苗の産業的量产化が一応達成されたと言えよう。

**(3)今後の方向性・課題** 受精卵から種苗に育つまでの生き残り率をさらに向上させ効率的な生産を図ることが課題である。現在の生き残り率は、受精卵から、陸上水槽での飼育を終える全長6-7 cmのサイズまでで6%、生簀での飼育の開始から、種苗サイズである体重200-500 gまでが40-50%程度であり、受精卵から種苗まででは2-3%となっている。

そのためには、仔稚魚飼育・中間育成では、卵質および卵輸送方法の改善、初期減耗の軽減が必要となる。また、種苗の品質を上げることについては、中間育成では体重500 gまでの海面生簀での中間育成の間の生残率向上と餌料の開発が必要である。さらに、親魚育種に向けて、標識装着手法と成魚の移動、選別手法の開発、遺伝子による雌雄判別と個体識別手法の開発が必要となる。

また、産業として完全養殖技術が根付くためには、生産した種苗の販売あるいはその先に養成されて完全養殖マグロとして出荷するまでのシステムの構築も必要であり、そのためにはクロマグロ養殖産業の現状把握とその展望の予測、種苗生産技術需要の展望の把握、種苗量产化技術の経済効果と産業構造への影響の把握、種苗量产化を基盤とする産業化モデルの提案が必要とされる。