公開資料

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）

研究領域「生物資源の持続可能な生産・利用に資する研究」

研究課題名「**資源の持続的利用に向けたマグロ２種の産卵生態と初期生活史に関する基礎研究**」

採択年度：平成　年度/研究期間：３・４・５年/

相手国名：パナマ共和国

終 了 報 告 書

国際共同研究期間*1
平成 23 年　4 月　1 日から平成 28 年　3 月 31 日まで
JST 側研究期間*2
平成 22 年　6 月　1 日から平成 28 年　3 月 31 日まで
（正式契約移行日　平成 23 年　4 月　1 日）

*1 R/D に記載の協力期間（JICA ナレッジサイト等参照）
*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=R/D に記載の協力期間終了日又は当該年度末

研究代表者：　澤田　好史
近畿大学水産研究所・教授

Ⅰ．国際共同研究の内容（公開）

Ⅰ-1. プロジェクト実施の概要

本プロジェクトでは、地球規模の広がりと影響を持ち、資源状況悪化が懸念されるマグロ類 2 種太平洋クロマグロとキハダの資源持続的利用を目指し、パナマ共和国水産資源庁（ARAP）およびマグロ類資源管理の国際機関である全米熱帯マグロ類委員会（IATTC；図 1）と共同して、天然資源の管理・動向予測技術と、養殖による供給で天然魚への漁獲圧を減じるための完全養殖技術の開発を行うことを目的とした。パナマ共和国は上記マグロ 2 種の漁業にその経済が大きく依存する代表的な漁業依存開発途上国であり、IATTC は 1 国では解決できないマグロ類資源管理を国際条約に基づいて実施する国際機関である。マグロ類資源の持続的利用は、日本の途上国貢献を目的とした課題であるのみならず、その資源の最大の利用国である日本の将来に亘る資源確保をも目的とした課題でもある。

本プロジェクトでは、マグロ類の飼育研究とその養殖産業化で世界に類のない科学的知識と技術を有する近畿大学が、それを活かし、途上国と協力して太平洋クロマグロとキハダの資源管理・予測技術開発、そしてキハダの完全養殖技術基盤整備のための科学的知見の蓄積と研究ツール開発を目指した。プロジェクト期間内での研究成果の社会実装としては、これらの研究はマグロ類の飼育が非常に難しいことからこれまで必要とされながらも実施困難であったことから、実際にそれを実施して科学的知見を蓄積することにより、相手国はもとより国際社会にそのような研究が可能であり、有用な科学的知見を獲得できることを示すことで、同様の研究が必要かつ可能であることと、この分野で日本だけが大きな貢献ができることを国際的にアピールすることを目指した。さらにプロジェクト終了後このような国際共同研究が継続できる施設とシステムの構築、またそれらを担うパナマと日本の若い人材の育成も目標とした。

本プロジェクトの主なプロジェクトサイトの要件として、太平洋クロマグロとキハダの飼育研究を実施するための親魚が飼育され、受精卵が得られることがあり、そのような場所は世界でも非常に限られるが、太平洋クロマグロについては日本の近畿大学水産研究所、キハダについてはパナマ共和国にある IATTC アチョチネス研究所を設定し、両研究所の研究施設、設備を充実させ、夏季のクロマグロ産卵期にはパナマ人研究者が近畿大学に滞在し、春季と秋季には近畿大学専門家がアチョチネス研究所に滞在して両種の共同研究を進めた。

本プロジェクトでは以下の 3 つの研究分野を設定した。

（1）初期発育解明と飼育技術開発

（2）産卵生態研究

（3）栄養要求解明と配合飼料開発

これらの研究分野で得られるかなりの部分は、本質的に資源管理技術と完全養殖技術開発の両方に共通して資するものであるとともに、そのようにプロジェクト研究が設計された。

このうち（1）については、卵から仔稚魚、幼魚期までの、これまでに未解明である成長や発育の主な事象について形態学的、生理学的、生化学的に解明するとともに、それらの解明に必要なツールの開発を行った。また成長、発育に大きな影響を及ぼす水温、塩分、流れ、海水面の状態などの物理・化学的環境要因の分析と、必要な餌生物の種類やその分布密度の解明、また仔稚魚の天然海域と飼育環境下の両方での生残りを理解するうえで重要な視覚と行動の特徴把握およびその発育変化の解明を行った。これらの科学的情報と今後それを得るためのツールは、マグロ類の天然資源の将来の動向予測において特に重要な発育初期の生残りの様相、すなわちどのような環境が初期の生残りとその後の資源加入に影響を持つかを明らかにするために大いに有用な情報となる。さらに完全養殖技術開発においては、最も飼育の難しい仔稚魚・幼魚期の飼育技術開発の鍵となる情報が得られるとともに、今後の研究に必要なツールが開発された。そのようなツールの代表例は、ゲノム DNA の BAC クローン、主要器官の cDNA ライブラリー，クローニングで得られた重要遺伝子の遺伝情報である。さらに飼育技術開発での大きな成果としては、プロジェクトでの研究成果と人材育成の集大成として、パナマ共和国で人工孵化したキハダの稚魚から幼魚までの海面生簀での飼育に世界で初めて成功したことが挙げられる。これについては、近い将来太平洋クロマグロでの近畿大学の完全養殖達成に次いで、マグロ類の完全養殖成功の 2 例目となる可能性があり、特筆すべき成果として、パナマ国内、中南米、日本国内で大きく報道され、その意義の理解が広がるとともに、水産分野における日本のプレゼンス向上に大いに貢献した。

研究分野(2)の目的の 1 つは、天然海域では資源の始まりとなる親魚の成熟と産卵の成否がどのような環境や栄養状態に影響されるかを明らかにしようとするものであり、キハダの飼育下での産卵の観察で水温や水質と産卵量の関係についての知見が得られたことに加え、ミトコンドリア DNA 多型解析法開発とゲノム DNA のマイクロサテライトマーカー開発により親魚と卵、仔稚魚の親子関係解析が可能となった。また生殖関連重要遺伝子のクローニングにより生殖器官の成熟状況を遺伝子の発現解析で調べるための遺伝情報が得られた。他方これらの情報は、養殖分野では、完全養殖に欠かせない親魚の養成、催熟技術向上に大いに有効である。さらには天然海域ではクロマグロとキハダがどのような群れ構造を持っているのかを明らかにするための集団遺伝学的解析ツールが開発された。

研究分野（3）では、天然海域での太平洋クロマグロとキハダ仔魚の餌料生物の栄養分析、餌料生物の種類や密度変えたを飼育実験が実施され、それらで得られた仔魚、稚魚、幼魚の魚体の栄養分析により、キハダ仔稚幼魚の成育に必要な栄養成分とエネルギー収支が明らかにされ、両種で比較された。この情報は今後どのような餌料環境でクロマグロとキハダ発育初期の生残りが良いか、すなわち資源加入の成否を左右する餌料条件について重要な知見となる。また、養殖分野では、これらの情報は、飼育下で仔魚に与える餌料の必要量や必要な栄養成分の情報として有用である。さらに既に解明されているクロマグロの稚魚幼魚期の栄養要求に基づいて開発された稚魚幼魚用配合飼料がキハダでも有効であるこ

とが確認されるとともに、現地でのキハダ完全養殖産業化を視野に入れて、そのような配合飼料をパナマ共和国でも製造するために現地で入手可能な原料や施設を分析・検討し、どのような課題があるかが検討された。

（1）から(3)の以上の研究成果はいずれも主として飼育研究という方法によって初めて得られたものであり、いずれもこれまでフィールド調査のみでは得ることが困難であった世界で初めての成果である。また本プロジェクトでの研究成果、研究体制の構築は、熱帯・亜熱帯の沿岸途上国や大洋小島嶼国にとって、日本の研究機関との共同でマグロ類の資源管理技術開発と養殖産業振興を実施するためのモデルとなるものであり、今後同様の研究が開始されることなどの波及効果が大いに期待される。

本プロジェクトの期間内での学術的成果は、国際シンポジウム開催 2 件、国内シンポジウム開催 2 件、学術論文 20 報（和文 1 報、英文 19 報、内 2 報がカウンターパート筆頭著者論文、そのた投稿中・投稿準備中論文 10 報）、国際会議招待講演 9 件、国内会議招待講演 4 件、国際会議口頭・ポスター発表 34 件、国内会議口頭・ポスター発表 36 件、その他著作物 14 件(内カウンターパートによる著作 7 件)、研修マニュアル 2 件、水産業界・教育機関・一般向け講演会講演・講義 14 件により公表された。またプロジェクトのマスコミによる国内外への紹介は、新聞、雑誌、テレビ、ラジオ、Web 等で多数行われ、広報に大いに貢献した。

さらに本プロジェクトの成果として、パナマ共和国政府内に今後同国の魚類天然資源管理と養殖の研究および人材育成に日本の協力の下に積極的に取り組む姿勢を醸成させることができたこと、また全米熱帯マグロ類委員会にも本プロジェクトの後継国際共同研究を強く望む意思の形成に成功したことが大きなものとして挙げられる。今後の活動については、現在具体的な内容が本プロジェクト参加機関間で協議されている。

本プロジェクトでは、太平洋クロマグロについての近畿大学の有する研究技術・知識を活用することで共同研究が進められたが、それらはそのままキハダに応用可能であったわけではなく、種による違い、気候や海況の環境条件による違い、さらには社会的環境の違いが大きく、新たな研究が必要とされた。そして新たな研究が常に近畿大学専門家とそれを支える大学スタッフ、相手国カウンターパートやそれを支えるスタッフが知恵やアイデアを出し合って行われたことで、単なる技術移転ではなく真の共同研究としてなされたと言える。このことは研究参加者全ての実感として共有されており、それによって相手国政府・機関とそのカウンターパートはこの活動の継続を強く望むに至っており、またその計画もされている。さらに技術指導だけではなく、新たな科学的知見を生み出す共同研究ができたことで、研究に対する姿勢や考え方、研究成果の纏め方などが身についたパナマの若手研究者・技術者の育成に大いに成果があった。これは日本側の若手研究者・技術者にとっても同じであるとともに、日本側の大学院生を含む若手研究者が、言語や文化、社会的習慣の異なる研究者と共同研究を行う貴重な経験を積むことができたことは、今後グローバルに水産分野で活躍する日本の人材育成という面で大きな意義があった。このような

成果は、SATREPS で科学技術振興への貢献を任務とする JST と途上国支援を任務とする JICA が連携して初めて可能になったとものの、人材育成すなわち教育と研究の 2 つを任務とする大学には非常に適したプロジェクトであると言える。

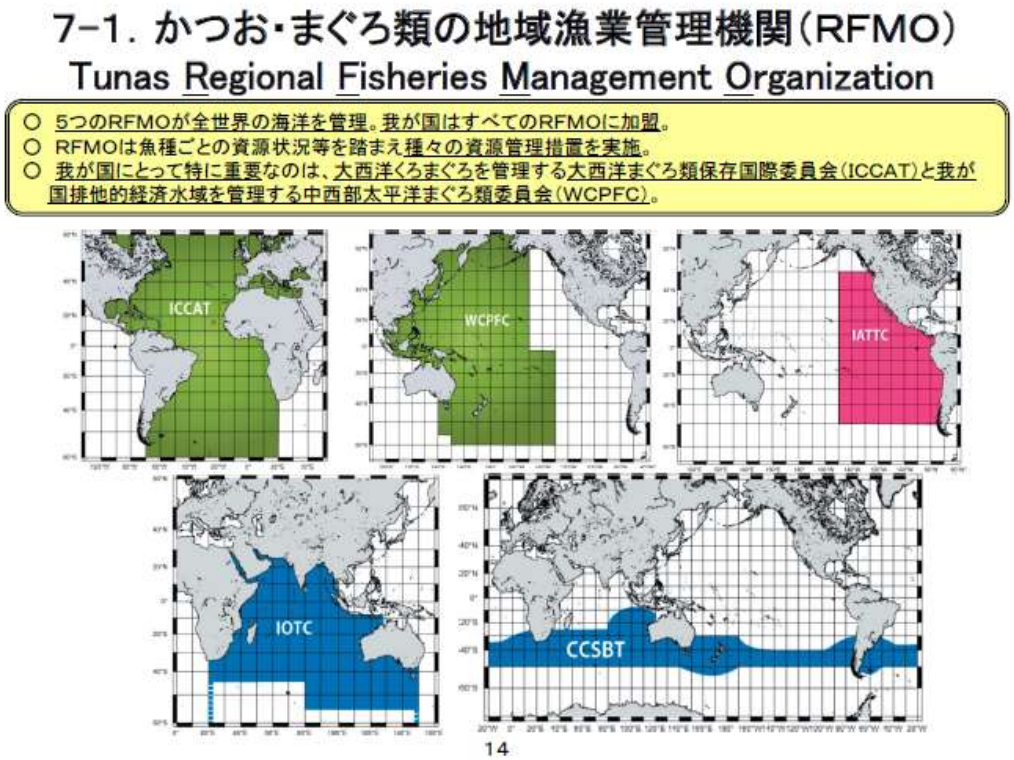


図 1 世界のマグロ類地域漁業管理機関（水産庁ホームページより転載：http://www.jfa.maff.go.jp/j/tuna/pdf/7_tuna_rfmo.pdf）. それぞれ色を付けた海域が各管理機関の管轄海域である.

Ⅰ-2. 当初の研究計画に対する進捗状況（公開）

(1)研究の主なスケジュール(実績)

項目	H22年度（10ヶ月）	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度（12ヶ月）
1．キハダと太平洋クロマグロの資源管理技術向上を目指した繁殖および初期生活史研究						
1-1 **キハダとクロマグロの産卵生態解明**	←→	←→	←→	←→	←→	←→
1-2 **キハダの母系解析**			←→	←→	←→	←→
1-3 **キハダと太平洋クロマグロの初**	←→	←→	←→	←→	←→	←→

期生活史解明						
２．キハダの養殖技術開発 2-1 キハダ親魚遺伝管理のための遺伝子ツール開発 2-2 キハダ健康情報収集 2-3 キハダ親魚候補の捕獲と移送法開発 2-4 キハダの人工孵化と生簀養殖技術開発 2-5 キハダ消化器系の発育と餌飼料開発						

本プロジェクトでは、当初計画した各項目は概ねスケジュール通り実施されたが、2-4 キハダの人工孵化と生簀養殖技術開発は、約 1 年続いたキハダの産卵停止と、その後の産卵再開後の若い親魚が産み出す受精卵の卵質低下のため、その実施は、人工孵化については約 1 年、海面生簀での養殖試験については 2 年近く遅れることとなった。しかしながら、プロジェクトでの技術的進展で産卵が再開し、卵質が向上した 2015 年度春季で研究を集中して精力的に進めたこと、産卵停止あるいは卵質が低下した期間には、その他の項目をスケジュールより先んじて進め、遅れていた内容に集中できるようにしたことにより、当初計画した研究が実施され、新たな科学的知見が得られると共に、それを生み出す研究技術、研究体制、また特に若手研究者がそれらを学術論文などの学術的成果として公表する技術が、パナマと日本の双方で得られた。

本プロジェクトでは、当初最大限の項目として予定したキハダの完全養殖は達成されていないが、プロジェクト終了後数年でこれが達成されるよう、同様の飼育試験が計画されている。

以上より、当初予定されたプロジェクトの研究項目は全て網羅されて実施され、それぞれほぼ予定した研究成果が得られた。

(2) 中間評価での指摘事項への対応

中間評価での指摘事項への対応

１．共同研究各項目の進捗や成果の相互関係がわかりにくいとの指摘に対して

上記の研究の主なスケジュール(実績)であげた各研究項目は、マグロ類の資源管理と養殖技術開発という国際社会へのインパクトが大きく、今後の研究成果の社会実装も期待さ

れる分野での研究項目ではあるが、それらの相互関係については高度に専門的でもあるために、水産分野でも特に当該分野の専門家でないと分かりづらい。これらについては、公開されたプロジェクトの年次報告書での記載、国内外のシンポジウム、学会、講演会での講演、さらには新聞、専門誌、テレビ、ラジオ等マスコミでのプロジェクト紹介などの機会に、専門家はもとより一般市民への理解を得るように努めた。特に本プロジェクトで直接成果が裨益するパナマ共和国の漁業関係者、地方自治体幹部向けの説明会を 2 回、首都でのシンポジウムを 2 回開催し、研究内容について説明する機会を設けた。

これらとは別に、本プロジェクトの理解のために、本報告書において、各研究項目および本プロジェクトで定めたプロジェクト目標との関係について、２．プロジェクト成果目標の達成状況とインパクト(1)プロジェクト全体の章で解説した。

２．本プロジェクトが相手国の科学技術レベル、受け入れ体制などの実情に合った研究計画がなされたとは思われず、中間報告書から判断する限り、「国際共同研究」として進捗しているとは言い難く、国際共同研究というよりもむしろ「技術指導」となっているように見受けられるとの指摘に対して。

SATREPS での活動内容は、相手とする開発途上国の資源管理、養殖分野での科学的、社会的状況を考慮すると、対等の科学力を持つ国際共同研究としてなされ得るところは少なくなりがちである。特に本プロジェクトでは、マグロ類飼育という魚類研究のなかでも最も難しい研究手法を主たる研究手法とした。しかしながら、地球規模課題であり、相手国を含めた多くの開発途上国が直面する「マグロ類資源の持続的利用」に向けた研究手法としては、**２．プロジェクト成果目標の達成状況とインパクト**で述べているように、これ以外の方法がとり得ないものであった。そこで、プロジェクトでは、研究実施にあたりカウンターパートの意見ややり方を多く取り入れるなどの工夫がなされた結果、最終的には相手国機関がプロジェクト終了後も同様の国際共同研究活動の継続を強く望むようになっていること、さらに自主的な活動継続の努力を払う意志を持っていることから、単なる「技術供与」とその後の実用化への協力ではなく、共同研究・開発として受け取られていると言える。

また、本プロジェクトでの指摘の内容について誤解をなくするために説明を付け加えれば、対象とする魚種に、これまで日本側担当機関である近畿大学が初めて人工孵化に携わった 1970 年以降キハダに関する研究を行ってこなかったことが、単なる「技術供与」でなく「国際共同研究」として実施せざるを得なかった理由としてある。近畿大学は太平洋クロマグロの完全養殖技術とそれに必要な科学的情報の蓄積を有するが、それとてまだまだ未開発なところが多く、本プロジェクトでも太平洋クロマグロでの資源予測技術向上に向けた飼育研究等では、新たに様々な研究や工夫を相手国カウンターパートと実施する必要があり、そこではまさにお互いが知恵を出し合う共同研究が行われた。また、キハダは太平洋クロマグロとは同じマグロ属魚類ではあるが、熱帯・亜熱帯性と温帯性その他の生理・

生態の差異は大きく、キハダの資源予測と完全養殖のための飼育研究では、クロマグロでの科学的蓄積は、研究における問題点の把握とその解決に向けた方向性の決定などには活かされたものの、全て一から研究を行う必要があった。本プロジェクトではほぼ全ての研究が、近畿大学専門家と相手国カウンターパートとマンツーマンで、コミュニケーションを密にしながら実施される体制を取った。これにより、科学的にレベルの高い研究であっても、国際共同研究として実施することができ、相手国カウンターパートが継続を望む国際共同研究たり得たと考える。すなわち、当プロジェクトでは、専門家とカウンターパートがほぼマンツーマンで新たな研究に取り組んだことで、どちらの側にも意欲を持たせる国際共同研究となったと言える。

３．相手国カウンターパートの異動が多くあることの影響について

2014 年にパナマ共和国大統領選挙が実施され、政権交代があった。同国では大統領選以前より水産資源庁研究者にもその影響があり、おそらくは政治的な締め付けでプロジェクトの主要なカウンターパートが数名退職した。これはプロジェクトとしては予想し得ないことであり、特に若手の人材育成ではその影響が大きいものであった。パナマ水産資源庁には、プロジェクト期間中人事異動の無いように JST、JICA の協力も得て強く要望したが、なかなか改善されなかった。そこで、プロジェクトではその空白は、可能な限り早く新たなカウンターパートを補充することとし、また新たなカウンターパートに対して早期に日本での研修を実施した。この点では水産資源庁は非常に協力的であった。また、新たなカウンターパートの選定については、水産資源庁カウンターパートとよく協議し、常に適した人材を採用することができたことも、その影響を少なくできた要因である。

しかしながら、プロジェクト期間内での近畿大学博士号取得を予定したカウンターパートの退職により、この点では人材育成の影響を完全に解消できなかったが、全体的にはマンツーマン体制により、人材育成でも効果をあげることができたと言える。また、全米熱帯マグロ類委員会研究者については、このような人事異動の問題はなく、継続的な人材育成もなされた。

本プロジェクトでは実施しなかったが、国際共同研究の継続を考えるのであれば、組織的な性格が長期の人材育成に向いている大学の教員か大学院生の参加を検討すべきであろう。

４．プロジェクト成果の社会実装が具体的なものとして分かりにくいという指摘について

本プロジェクトあるいはそれ以降の継続的な活動が目指**す最終的な目標は、１．太平洋クロマグロとキハダの資源管理の基礎となる科学的な提言と、２．キハダの完全養殖技術の基盤整備**である。

まず１について、研究成果の社会実装を説明する。またそれに向けてのプロジェクト達成状況は**２．プロジェクト成果目標の達成状況とインパクト**で詳述し、ここに概略を記す

こととする。これは上記 2 についても同様である。

マグロ類は広大な海域で大回遊するうえ、海中に産卵され拡散している受精卵は直径 1 mm、それから孵化する仔魚は全長 3 mm という小ささから、その生理・生態情報、特にその必要性が必須のものとして認識されていた産卵生態と初期生活史についての科学的情報蓄積がほとんどなされていなかった。これはそのような対象について科学的情報の蓄積を可能とするフィールド調査の研究手法が無かったことが原因である。

本プロジェクトでは、世界で初めてその生活史の全ての飼育を可能とする完全養殖技術を応用することで、マグロ類の飼育研究による生理・生態情報の蓄積を試み、またそれが可能であることを示すことに努めた。これにより、国際社会に向けてそのような研究が先進国と途上国が協力することで可能となり、**これまでマグロ類資源に大きく依存しながらも、その抱える課題の解決について希望を持てなかった途上国に、そのような研究を開始しまた継続する意欲を持たせること、また、マグロ類を大量消費する先進国にも、消費を将来に亘り継続する方策としてそのような研究を実施する意欲を国民的理解として持たせるととを社会実装の目標とした。**資源管理のためのマグロ類生理生態研究は、地球規模での気候変動などとも大いに関係するため、短期間で完結させることは不可能で、今後その継続的な体制作りが最も肝要である。

次に 2 については、マグロ類の完全養殖は、日本において太平洋クロマグロで達成された事例があるのみで、これまでの EU の支援を受けたヨーロッパ諸国、オーストラリア、韓国などの取り組みにも関わらず、非常に困難で高い科学力を必要とするため日本以外では開発されていない。もちろんそれは養殖産業が未発達でそれに必要な科学力に欠ける途上国ではさらに困難である。しかしながら、養殖によるマグロ類の供給は、マグロ類資源が限りあり、その限界まで利用されている現状、さらに今後の人口、需要増を考えれば困難であっても途上国に必須の事項である。**本プロジェクトでは、キハダの完全養殖が、日本との科学技術協力でパナマで実現可能であることを同国政府、民間関連団体、一般国民、さらには同様の課題を有する中南米の国々、大洋小島嶼国に具体的に示し、そのための研究開発意欲を起こさせること、また研究開発が可能な施設の整備と人材育成を社会的実装の目標とした。**これについては、資源管理研究と同様にパナマ水産資源庁は共同研究の可能性を理解し、その継続を強く希望していること、また、プロジェクトで整備した機材、施設を用いて自らも少しでも活動を継続しようとする予定であることを考慮すると、十分にその目的は達せられるものと思われる。完全養殖の産業化については、日本でもそれが安定して達成されているとは言いがたい状況であり、途上国においてそれはこのプロジェクトの次の段階の目標である。

５．数多い専門家、カウンターパート間での研究の情報共有とコミュニケーションについて

本プロジェクトには、のべ 20 名を超える近畿大学の常勤教員・技術員、博士研究員、研

究補助員、10 名以上のパナマ水産資源庁研究者、6 名の全米熱帯マグロ類委員会研究者が参加した。このように多数の人員間のコミュニケーションはなかなか困難で中間評価時には、多くの研究参加者がコミュニケーション不足を感じていた。

それに対する中間評価以降の対策としては、1）専門家とカウンターパートのマンツーマン体制の意識的な強化、2）すべての情報が集まり、必要な関係者に発信される研究コーディネーター2 名の設置、3）各組織の研究代表者間の会議などを実施した。なお、研究コーディネーターの設置はプロジェクト中間評価調査団からの進言により行われたもので、非常に効果的であり深く感謝している。

また研究全体の意図や研究項目間の関係については、シンポジウムや説明会での講演内容にそれを盛り込んで皆で共有する都と共に、専門家のパナマ共和国全米熱帯マグロ類委員会アチョチネス研究所への派遣時には、必ずインハウスセミナー（研究参加者内のセミナー）を実施したことにより、より理解が進んだ。

これに加えて、相手国内あるいは近隣諸国でのプロジェクトへの関心が非常に高まったことにより、カウンターパートが自主的に研究内容について情報や知識を蓄積することで、プロジェクトの研究項目についての理解が深まったこともある。

６．研究項目が多すぎるのではないかとの指摘について

本プロジェクトが最終目標とする資源管理と完全養殖は、下図 2 と 3 に示すようにもともと多くの分野の研究を必要とする総合的な課題である。特にマグロ類の資源研究では、総合的な科学力での解明を必要とする昨今の地球規模での気候変動と魚類資源量が深く関連すると予想され、今後気候の予測などさまざまな分野での科学的知見の蓄積が必要であるし、養殖分野でも、研究成果が社会実装にまで結びつくためには、特にマグロ類では例えば育種など遺伝学の 1 分野だけの研究成果では、新たに品種が開発されたとしても飼育技術が伴わないと困難である。この点に関しては、同じ食糧産業ではあるが、より歴史が長く技術が発達している農業科学とは大きく異なっており、資源生物学や養殖科学はでは、多くの分野で研究を同時に進めないと、実際の社会実装である政府による資源管理や養殖産業振興には結びつかない。そのため、プロジェクトでは研究項目が多岐に亘った。また、当プロジェクトのような分野での研究経験が少ない相手国のカウンターパートやその所属機関にそのような背景を理解して貰うためにも多くの専門分野を含む体制で研究を行う必要があった。さらに、近畿大学にはそれを可能とする多くの分野に亘る専門家がいたことがそれを実践できた理由である。

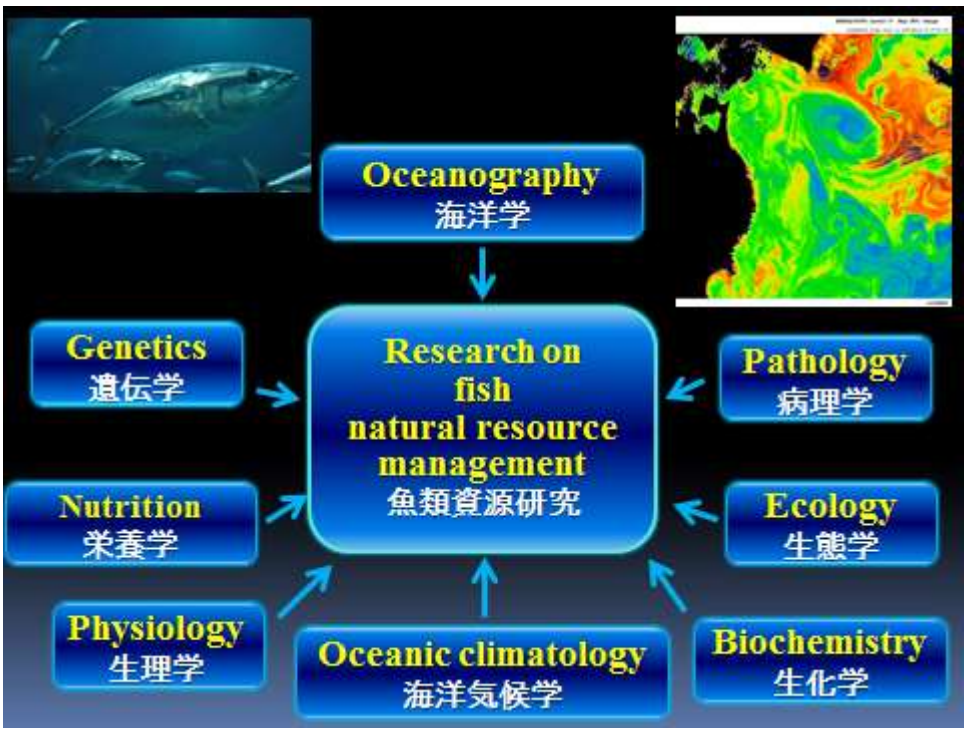


図２．魚類の資源研究で必要とされる研究分野

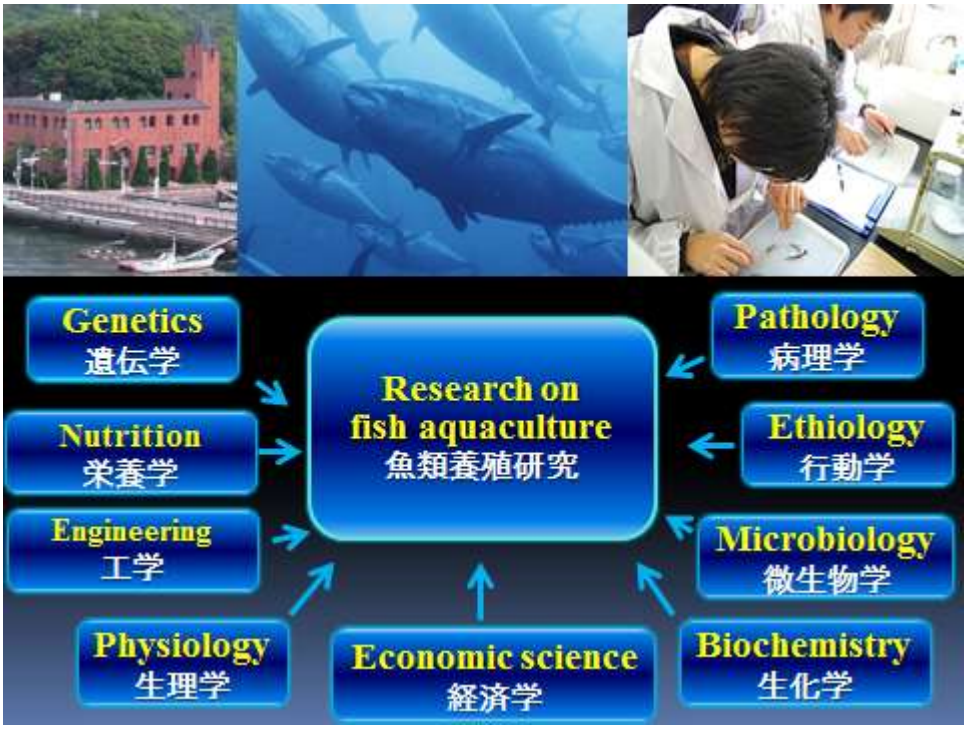


図３．魚類の養殖研究で必要とされる研究分野

(3)プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

本プロジェクトでは次の 2 点について当初予想されなかった事態が生じたので、それらへの対処を行なった。

１．全米熱帯マグロ類委員会で飼育されているキハダの 1 年間の産卵停止と再開後 1 年間の卵質の低下への対応

本プロジェクトでは 2013 年から 2014 年までの 1 年間、全米熱帯マグロ類委員会で飼育されているキハダ親魚群の産卵が停止した。キハダ飼育研究については、世界でも他にキハダ親魚を飼育・産卵させている機関は皆無で、当該研究所の親魚群が唯一の受精卵入手源であったため、この間キハダを受精卵から飼育して材料を得る研究は遅滞することとなった。そのなかで最も遅れることになったのは、陸上水槽で飼育したキハダ稚魚を沖合に設置した生簀で幼魚まで飼育することに関連する内容であった。これらについては、キハダの海面生簀飼育も含めて以下の対応を実施し、当初プロジェクトで予定した内容が実施されるようにした。

キハダ親魚の産卵停止は、もともとマグロ類が強い遊泳能力を有し、壁面への衝突で死亡することが多く陸上水槽で飼育可能な親魚の個体数が少ないこと、またマグロ類の雌親魚は産卵に参加する割合が少ないため、数少ない産卵雌親魚が衝突死すると替わって産卵する個体がいないことに起因していた。また予備的な親魚群を収容する陸上水槽も、陸上水槽の建設と維持管理に多額の資金が必要であるため、アチョチネス研究所には設置されていなかった。

したがって、プロジェクトでは、この問題の解決策として、まず親魚候補を野生で捕獲する努力に集中した。これには、プロジェクト支援機関の JST と JICA の IATTC と ARAP への働きかけで協力を頂いたことが非常に有効であった。また、プロジェクトでは、野生の親魚候補捕獲とその輸送試験実施に備えて船舶を配備したことも大変有効な対策となった。さらに、アチョチネス沖合でのキハダ親魚候補捕獲においては、近畿大学専門家も同行し、未発達な捕獲技術についてアドバイスを行い、技術移転できたことも順調な親魚候補の捕獲に有効であった。

キハダの産卵停止は予想外の事態ではあったが、親魚候補の捕獲・輸送試験の機会が増えることを活かして、その技術の開発に関して、さらに産卵親魚の陸上水槽での維持・管理に関して新たな知見が得られるように努めた。

しかしながら、新たに捕獲されるキハダ親魚候補は、全長 1 m から 2 m の 2 歳以上の成熟し産卵可能な個体を生かしたまま輸送することが不可能であり、全長 40-60 cm の 1 歳前後の未成熟個体であったため、それらが産卵を開始するまでには時間を要した。また、産卵を開始した個体から得られる受精卵は、個体が若いために卵質が十分でなく、その後約 1 年間はそれを用いた飼育試験も困難であった。これにより、多数の個体を必要とするキハダ稚魚から幼魚期の海面生簀での飼育の機会は当初予定した 3 回から最終年度の 1 回に減らさざるを得なかった。そのため陸上水槽から海面生簀への稚魚の移送試験、生簀での餌

料試験、生簀での飼育終了後の幼魚の陸上水槽への移送試験の機会が当初予定より減った。この点については、当初予定した成果を全て達成することができなかった。とはいえ、これらについても未着手とはならず、一定の成果を得たこと、また研究の大きなマイルストーンである完全養殖を目指した世界で初めての海面生簀でのキハダの稚魚から幼魚までの飼育と、その後幼魚を陸上水槽に移しての飼育継続がなされたことで、インパクトの大きな成果が達成されたと言える。

本プロジェクトでは、産卵停止とその後の卵質低下で予定した飼育研究が困難な期間の活動を他の内容の研究活動を優先させることを行い、安定した卵質の受精卵が得られた後に、遅れていた研究活動を優先させる方法を採った。その他には、余剰の時間をプロジェクト内容や意義の理解の浸透、プロジェクト成果の特にカウンターパートによる学術論文への取り纏めの指導にあてることなどにより、プロジェクト内でのコミュニケーション状況の向上と人材育成に努めたことが振り返ればプロジェクトを充実させることに繋がった。

2. パナマ水産資源庁研究員の異動が多く生じたことについて

パナマ共和国では、国家公務員の身分が大統領選挙を大元とする政権交代の影響を大きく受け、大統領の所属する政党を支持できないカウンターパートが辞職を余儀なくされる事態が生じた。この他に夫が職場を他国に変えたための移住、民間の企業への転職、あるいは上司と衝突しての辞職などもあり 7 名のカウンターパートがプロジェクトを離脱した。そのなかには各研究グループで中心的な役割を期待した者もおり、人材育成と技術移転で少なからず影響があった。離脱の理由では特に政治的なものについて、水産資源庁にそのようなことの無いよう要望したが、水産庁長官をもってしてもそのコントロールは困難であるとの回答であった。それらのカウンターパートのなかには近畿大学での論文博士号取得を目指していた者もおり、それが達成されなかった。一方で全米熱帯マグロ類委員会の研究員は国際公務員であることからそのような問題は生じなかった。

この問題に対して取った対策としては、できる限り速やかに適材適所のカウンターパートを補充することを行ったが、これに対してはパナマ水産資源庁も現場レベルでは非常に協力的で、熱心でやる気のあるカウンターパートの補充ができた。また本プロジェクトではほぼマンツーマン体制をとって共同研究を進めたことも、新たなカウンターパートの速やかな適応に有効であった。さらに近畿大学専門家は大学の教職員、博士研究員、大学院生であり、総じて教育について理解があり、熱心に指導・協力する姿勢を持っていたことも大きい。

Ｉ－３．プロジェクト成果目標の達成状況とインパクト

(1) プロジェクト全体

(1) －Ｉ．プロジェクト実施の背景とプロジェクトの目的

当プロジェクトでは、マグロ類資源の利用という日本人には分かりやすい課題に取り組

んだが、そのための考え方・方策に関しては少々複雑な状況がある。ここでは以下の番号を付した項目を順番にたどれば、当プロジェクトを実施した社会的、科学的背景と、当プロジェクトで達成しようとする目的が理解されるように記載した。

１．マグロ類資源の持続的利用は地球規模の課題であり、その成否の影響は開発途上国で特に顕在化する

マグロ類は世界の温帯から熱帯域の海洋に広く分布、回遊する魚類であり、年間 180-200 万トンが世界の 100 ヶ国以上で漁獲され、あまねく食糧として利用されている。したがってマグロ類資源の将来に亘る持続的利用は世界の多くの国々が望む地球規模の資源課題である。

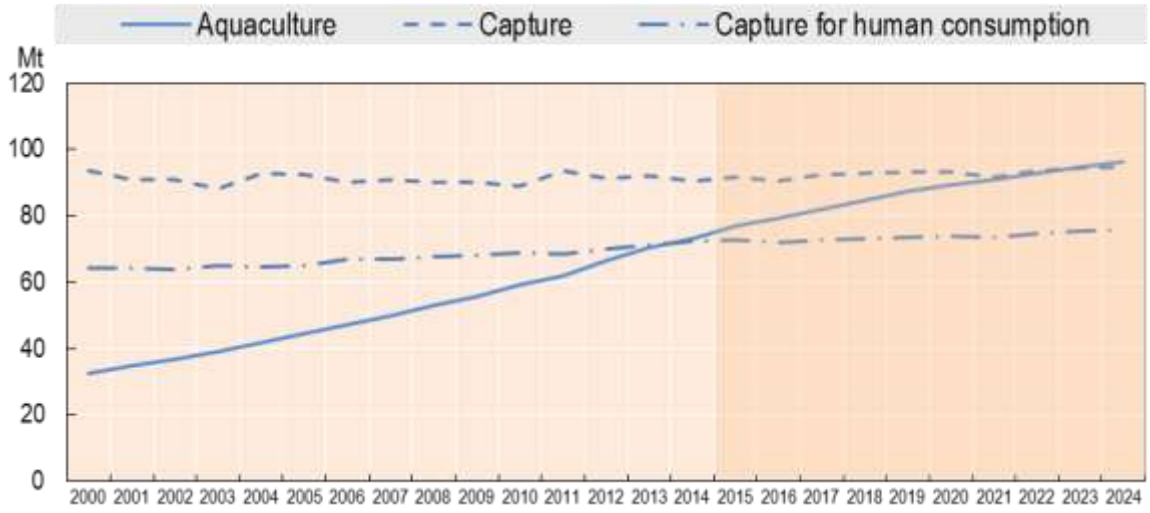
マグロ類の漁獲量では、特にキハダ、メバチ、ビンナガ、コシナガの熱帯・亜熱帯性マグロ類の漁獲が多く（世界のマグロ類全体の漁獲の 88.5%）、各大陸の熱帯・亜熱帯域および大洋島嶼国に多い開発途上国では、その漁業が主要産業となっており、また日常の食糧として利用されているため、その資源の増減は数多くの途上国の経済、食糧事情に大きく反映される、すなわちマグロ類資源の課題は開発途上国の食糧・産業課題として集中して顕在化することが特徴である。

当課題の相手国であるパナマ共和国は、キハダの産卵場が近海に位置し、東太平洋のキハダの 15%を漁獲することから、その漁業が主要産業となっているとともに、同国を経由するクロマグロの貿易量も多いことなど、クロマグロとキハダの資源への経済的依存度が高い。

２．近年マグロ類の需要が世界的に増大しており、このままでは近い将来資源が危機的状況に陥る可能性が高い。それによりマグロ漁業が重要な産業である途上国は食料・経済で打撃を受けるとともに、日本を含む先進国での現状の量での消費が困難となることが予想される。すなわちマグロ類資源の持続的利用を図ることは、日本の途上国支援への貢献と自国の食糧供給への裨益の両方の意味を持つ。

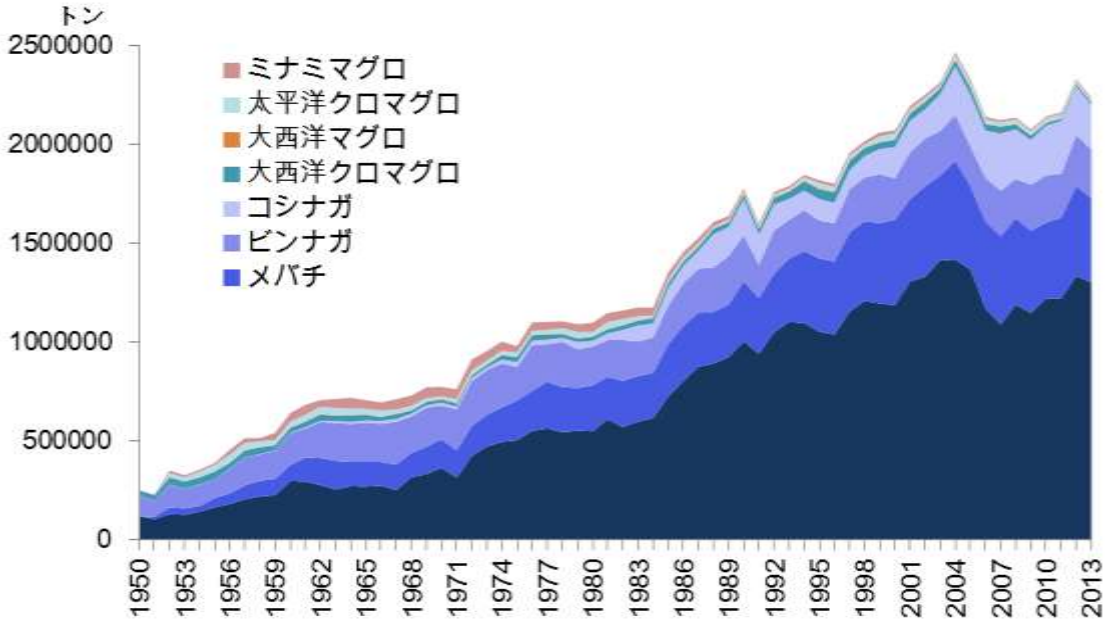
世界の水産業生産では、漁獲漁業の生産は 2000 年以降ほぼ頭打ちであるのに対し、養殖による生産は急激な増加を示しており、2014 年食糧用水産物生産において養殖が漁業を初めて上回る歴史的な年となった。これは一方で漁獲漁業により利用できる資源は限界にあることも示している（図 4）。

マグロ類の資源も例外ではなく、近年の世界の漁獲量を見ると、2004 年以降 220 万トン程度で頭打ちあるいは減少傾向にあり、すべてのマグロで現在最大限資源が利用されているといって過言ではない（図 5）。



OECD-FAO Agricultural Outlook 2015

図 4. 世界の漁獲漁業生産量（Capture）、養殖生産量（Aquaculture）、食糧向け漁獲漁業生産量（Capture for human consumption）の推移（2000 年−2014 年実績、2015 年−2024 年予測）.



© FAO - Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service - 26/08/2015

図 5. 世界の主要なマグロ属魚類漁獲量

そのような状況下で、近年の和食文化の世界的な広がりにより、刺身マグロの消費は、

多くの先進国で、また途上国でも増加しつつあり、世界人口、特に途上国での増加も相まって、今後マグロ類の需要がさらに増大し、乱獲によってその資源が危機的状況に陥る可能性が高い。既に太平洋クロマグロの資源量（マグロ類全体の 0.47%）は乱獲と、おそらくは地球規模の気候変動の影響で、歴史的最低水準にまで減少しており、国際自然保護連合は 2014 年に絶滅危惧種と、またキハダはマグロ類で最も資源量・漁獲量（マグロ類全体の 58.3%）が多いもののやはり絶滅危惧に近い状態としている。

日本は世界のマグロ類生産量の 20%を消費する世界最大のマグロ消費国であり、さらにクロマグロではその 70%を消費していることから、世界のマグロ類資源の持続的利用には最大の責任を負っている。我が国は世界のマグロ類資源の持続的利用を図るという責務を積極的に果たさなければ、将来に亘り現在のような大量消費を続けることに国際社会の理解を得難く、それは困難となる。すなわちマグロ類資源の持続的利用を図ることは、日本の途上国支援への貢献と、自国の食糧供給への裨益の両方の意味を併せ持つ課題である。

３．日本を含めた国際社会はマグロ類の資源管理に取り組んできてはいるが、資源管理が、長期的かつ正確な科学的資源予測に基づくものではないために、有効な管理がなされているとは言いがたい。今後はさらにマグロ類の科学的根拠に基づく正確な資源予測と、それに沿った詳細で厳格な資源管理が必要とされる。

日本では、マグロ類資源を取り巻く事情と、その改善に向けて日本が果たすべき責務は政府にも早くから認識されており、「まぐろ資源の保存及び管理の強化に関する特別措置法」が平成 8 年 6 月に制定され、“まぐろ資源の保存及び管理の強化を図るための所要の措置を講じ、もってまぐろ漁業の持続的な発展とまぐろの供給の安定に資する”ことが謳われている。また日本は、国際条約に基づく全てのかつお・まぐろ類の地域漁業管理機関に加盟し、資源管理を実施している。その最たる例としては、2015 年から太平洋クロマグロの 30 kg 未満の小型魚の漁獲を 2002-2004 年平均水準から半減することが措置されている。

しかしながら、そのような措置にも関わらず、多くのマグロ類で資源が危機的な状況にあることは、現状の資源管理が十分に効果的とは言えないことを意味している。将来獲得競争がより激しくなることが予想されるマグロ類の資源の管理を、政治的な困難さを克服して各国が納得出来るようなものとするためには、科学的知見に基づいた長期的で正確な資源予測による資源管理、すなわち魚種ごと、年ごと、海域別、サイズ別の漁獲割当て、さらには産卵場や育成場の環境保全などを行う必要がある。また、日本の水産専門家の意見でも、太平洋クロマグロの資源への新たな加入（産卵された受精卵から幼魚にまで育ち、漁獲対象となること）には環境条件が重要とされるが、その具体的な条件が未解明であるとされている。

また、このようにマグロ類の資源管理は、広域かつ多国の経済専管水域に亘るものであるために、国際社会も条約に基づいた 5 つのマグロ類の資源管理機関と、各国政府の資源管理機関が主要な役割を果たしてきており、日本が国際資源管理機関と共同で資源管理に

科学的に貢献できれば、マグロ類資源という地球規模資源の管理における日本のプレゼンスは大きくなる。

４．長期的かつ正確な資源予測をフィールド調査や漁獲で得たデータのみから行うことは、大洋に広く分布し、大回遊するマグロ類では必要な生態情報を得ることが難しいために困難であり、それを補う方策として飼育研究による生態の解明が必要である。

大洋に広く分布し回遊するマグロ類天然資源の長期的で正確な予測には、広範囲に亘る同時的なフィールド調査による生態の解明が必要であるが、マグロ類の受精卵直径約 1 mm、それから孵化する仔魚は全長約 3 mm と発育初期のサイズは小さく、大洋での採集調査の困難さから想像されるように、フィールド調査による発育初期の資源状態の包括的で正確な把握は現状では極めて困難である。特に地球規模で分布するマグロ類資源の動向は、気候変動・海象変動の影響を受け、それが地球規模で変動する昨今ではいっそう困難と言える。このことにより、これまでの資源管理では、経験的あるいはこれまでの漁獲実績に基づく資源分配の手法が採られてきた。しかしながら、漁獲データは国によって精度がまちまちであり、今後変動する気候などの影響を予測した長期的な資源動向の展望は得られない。

生態情報把握の困難を克服して長期的かつ正確な資源予測を行うためには、フィールド調査以外に飼育研究を実施し、様々な基本的生理生態を明らかにすることや、条件を変えた飼育による成長、生残、行動、成熟と産卵のデータを蓄積し、環境の変動と再生産、生残りの関連を明らかにすること、さらにはねらいを絞った実施可能なフィールド調査計画を策定可能とすることが必要である。

５．しかしながらマグロ類の飼育は大変困難で、これまで飼育研究による生態情報の蓄積が大変少ない。また生態情報では特に産卵生態と初期生活史が資源予測に必要とされる。

日本は、1980 年代から世界で 6 つ組織されているマグロ類の地域漁業管理機関（国際共同資源管理機関）のうちでも唯一自前の研究施設をパナマ共和国に有する全米熱帯マグロ類委員会（IATTC）と、小規模であるがキハダの産卵生態と初期生活史解明研究に取り組んできた経緯がある。しかしながら、一国の取り組みでは得られる情報が限られており、さらに多国による国際共同研究がなされた例はない。

また、長期的で正確な資源予測を可能にするために必要な科学的知見・データについては、大量に産卵し、そのうちのごく少数が成魚となるマグロ類などの資源量は、親魚による産卵量と、受精卵から環境に左右されて急激に生存数を減らす仔稚魚、幼魚までの発育初期の生残りで決定されるので産卵生態と初期生活史が中心的な内容となり、これらが資源予測研究では必須となる（図 6）。

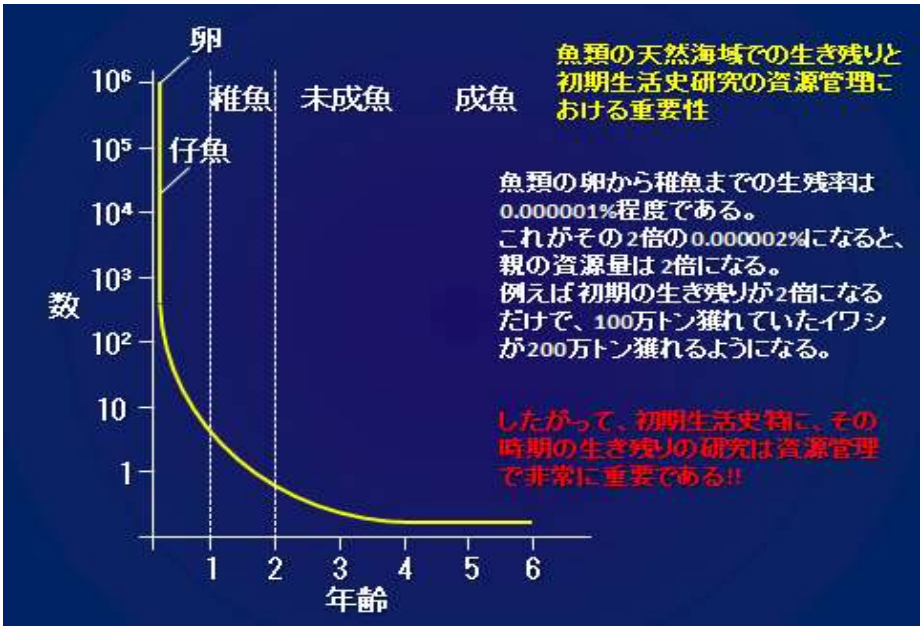


図 6. マグロ類など多産性魚類の生存曲線の概念

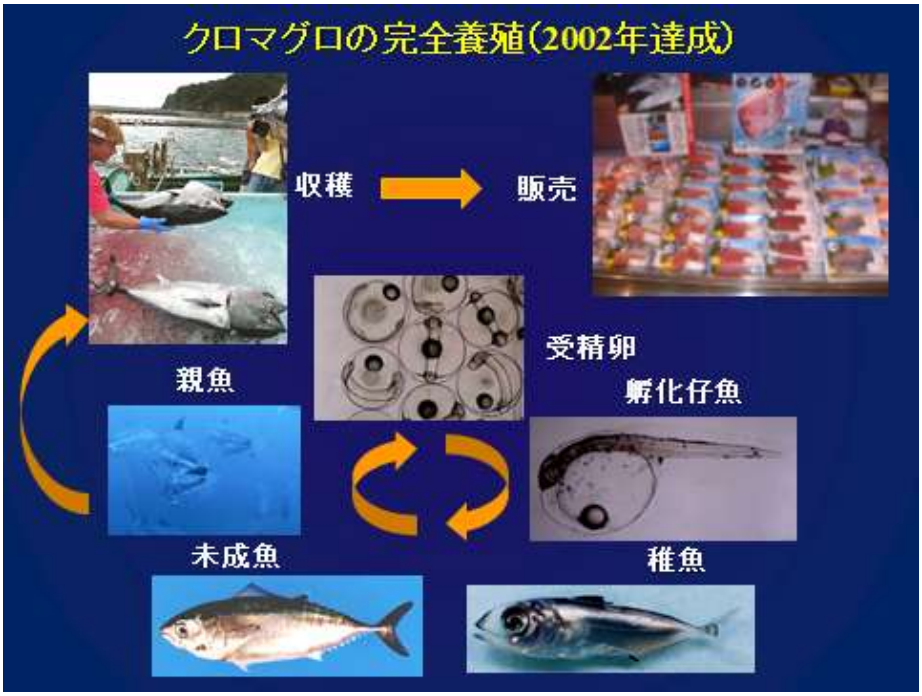


図７．クロマグロ完全養殖とその産業化概念図

６．マグロ類の増大する市場の需要に応える方法としては、資源管理とともに天然資源に依存しない養殖である“完全養殖”による供給が有効である。また、完全養殖技術の開発には、その基礎となる産卵生態と初期生活史研究が必須である。

他方で、マグロ類天然資源を持続的に利用するために、現状の漁獲圧力を減じ、なおか

つ増大する市場の需要に応える方法としては、天然資源に依存しない養殖である“完全養殖”による供給が唯一の方法である。すなわちマグロ類資源の持続的利用を図るには、科学的根拠に基づいた資源予測と資源管理、そして完全養殖の 2 つが取るべき手段である。

現在マグロ類養殖は、日本以外では、ヨーロッパ地中海沿岸諸国、オーストラリア、メキシコ、台湾などで行われているが、これらはすべて天然捕獲の幼魚または成魚を生簀で育てる（蓄養）手法を取っており、蓄養ではマグロ類天然資源の漁獲圧力を減らすことはできないばかりか、それが盛んになりよけいに漁獲圧力を増大させる結果を招いている。例えば、これにより大西洋のクロマグロは一時資源状態が極端に悪化し、絶滅危惧種とされている。すなわち、現状の天然種苗に依存する養殖では資源への悪影響は避けられず、マグロ類資源に対する漁獲圧削減と、漁獲を補う市場供給には人工種苗を用いる完全養殖が必要とされる（図 7）。

キハダの養殖は、メキシコ、台湾などで試みられているが、すべて天然捕獲幼魚を種苗として使用するいわゆる“蓄養”であり、親魚を養成して受精卵を得てそれをまた成魚まで育てる完全養殖に成功した例はない。

さらに、完全養殖技術の開発では、特にそのスタートとなる受精卵を得るための産卵生態の研究と、最も困難な発育ステージである孵化仔魚から稚魚、幼魚までの時期すなわち初期生活史の研究が必要である。

７．日本そして当課題を担当する近畿大学はマグロ類の飼育技術で世界トップの水準にあり、その技術と科学的知識を応用し、マグロ類の科学的な資源予測に必要な知見の蓄積と、途上国のこれからのマグロ養殖産業振興のモデルとしてパナマ共和国でのキハダの完全養殖技術開発に貢献することができる。

当課題日本側メンバーが所属する近畿大学は、1970 年からマグロ養殖研究に取り組み、世界に先駆けて 2002 年に太平洋クロマグロの完全養殖を達成した。マグロ類は一般に親魚を飼育して繁殖させ、受精卵を得ること、受精卵から仔魚、稚魚、未成魚、成魚までの成育が大変困難であり、1990 年代からヨーロッパ諸国、オーストラリア、米国、韓国、台湾でその飼育が試みられてはいるものの、今なお生活史の全てを完結する完全養殖は達成されていない。また既に完全養殖を達成するなど最も進んだ近畿大学の技術を持ってしても、受精卵から成魚までの生残率は 5%程度と、まだまだ研究・技術開発の必要がある。

そのような飼育研究を実施し、困難をある程度克服して完全養殖に至った例は日本では近畿大学以外に民間企業 1 社があるのみで、世界でもヨーロッパ地中海沿岸諸国で大西洋クロマグロ、オーストラリアでミナミマグロ、米国でタイセイヨウマグロについて試みられたが、いずれも完全養殖は達成されておらず、マグロ類の完全養殖技術は、世界で日本だけが有するマグロ類生態に関する科学的知見の蓄積と、高度な飼育技術により実現されたもので、その分野では他の追随をゆるさない。このことはマグロ類資源の持続的利用という地球規模課題解決に向けての近畿大学の世界に類を見ない科学的技術的優位性である

(図 8)。

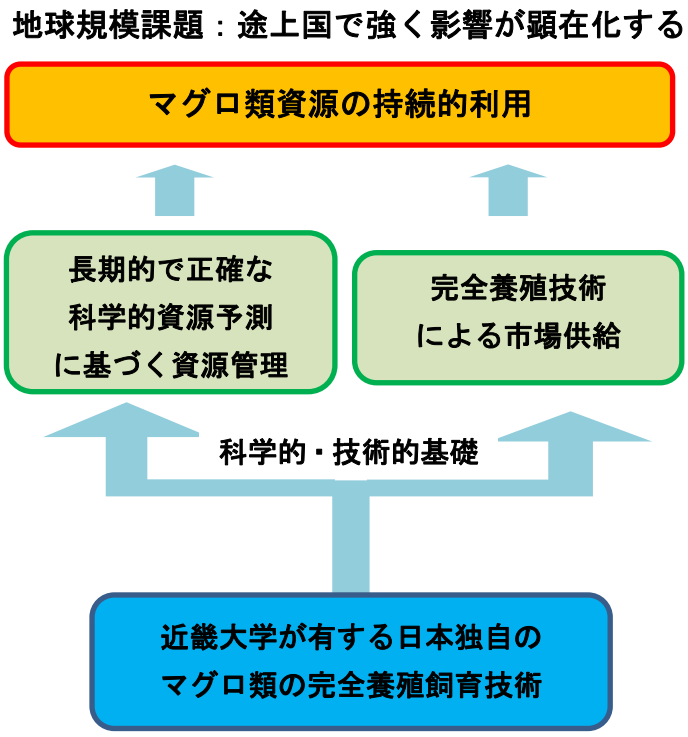


図 8. 本プロジェクトでターゲットとする地球規模課題と当課題の目標、担当機関である近畿大学が有する科学技術の関係

世界の熱帯亜熱帯域には、キハダ、メバチ、ビンナガ、コシナガなど、マグロ類全体の 8 割を占める資源が分布するが、太平洋クロマグロ以外のマグロではさらに養殖技術の完成度は低く、これらについてパナマ共和国を含む開発途上国で養殖技術が開発された例は皆無である。今後これらのマグロ類で完全養殖技術が開発されれば、開発途上国での主要な産業として発展する可能性がある。さらに技術的に飼育が難しいマグロ類の飼育研究に取り組むことで、他の魚類にも応用可能な養殖技術の開発と人材育成にも貢献することが期待される。

また、科学的見地からすれば、太平洋クロマグロでさらに完全養殖技術開発を進めようとする場合、他のマグロ類での飼育研究の機会が得られれば、種間の比較によってさらにマグロ属魚類の生態の特徴に関する情報が得られる、科学的に大変に有益で貴重な研究となる。当課題では、日本独自で開発された技術の知財保護のため、太平洋クロマグロの完全養殖技術開発は実施せず、キハダでそれを実施した。完全養殖技術は同じマグロ属であっても魚種や自然・社会的環境が異なれば、全く新たに開発する必要が多々あることが実際に経験された。

８．マグロ類の資源管理技術開発と増大する需要に新たな供給方法を拓く完全養殖技術開発を日本が途上国と、また国際機関と共同で行うことは、途上国での漁業・養殖業支援という国際貢献と、自国の漁業・養殖業振興の両方の意味を持ち、外交的には水産分野での日本のプレゼンス向上に繋がる。

本プロジェクトはマグロ類資源の持続的利用という地球規模課題が特に顕在化する途上国の 1 つであるパナマ共和国と、マグロ類資源管理を実施する国際資源管理機関を相手として、我が国の責務の履行、そしてそれらを継続できるような体制作りと、将来それらを担うパナマ、日本両国の人材育成を、我が国が世界のどの国よりも高い水準で有するマグロ類研究能力を活かした太平洋クロマグロとキハダの資源予測のための科学的知見蓄積と、キハダの完全養殖技術開発の分野での科学技術協力を上位目標として実施された。特に国際資源管理機関との共同研究は、国際的なプロジェクトの認知度という点では大きな効果があり、今後獲得競争が激化する限りある水産資源利用における日本のプレゼンス向上には有効である。

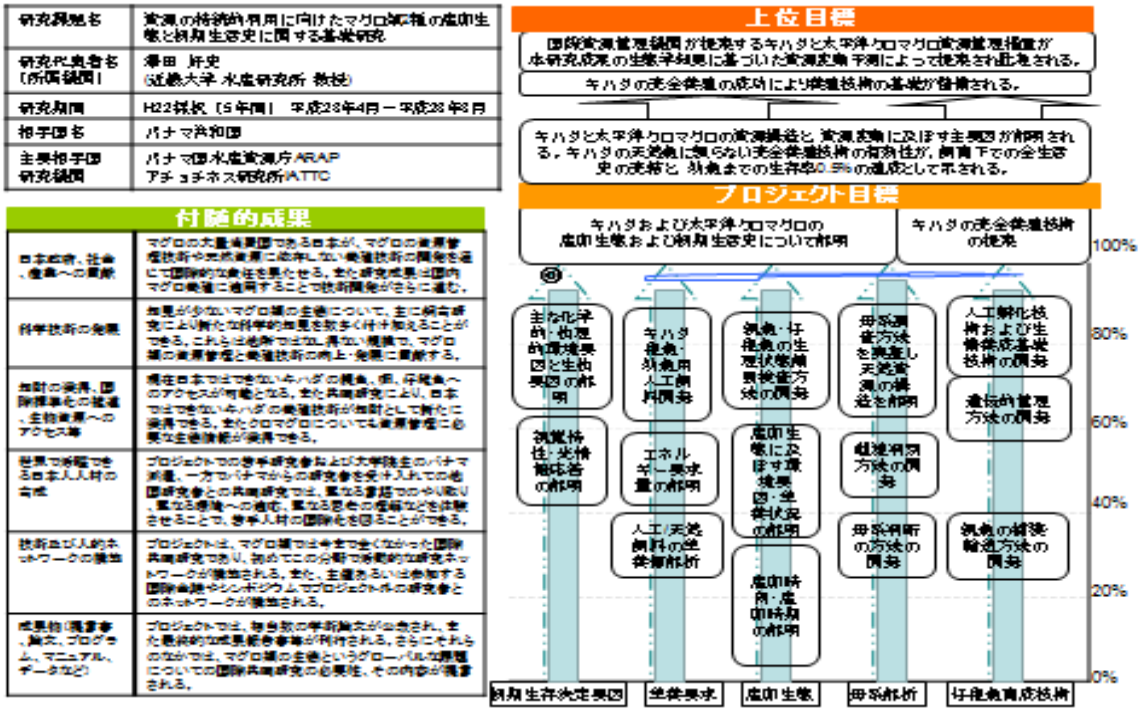
さらに、国内の状況を見ると、水産業での生産は、漁業も養殖も含めて 1974 年をピークに、各国の 200 海里排他的経済水域による遠洋漁業での漁獲の減少、マイワシやスケトウダラといった多獲性魚種の漁獲減少、沖合・沿岸漁業での漁獲の減少などで生産量が減りつつある。また、養殖業でも、世界的には 2014 年に食糧消費に関しては漁獲漁業をその生産量が上回りさらに増加しているものの、国内では生産量は減少している。これらの結果漁業・養殖業の国内就労人口が減少し、将来的に水産物の供給が危うくなる食糧安全保障上の問題が生じている。日本の漁獲漁業・養殖業は技術的に世界トップレベルにありながら、産業としては斜陽である。このような状況を改善するためには、その世界トップの技術力をうまく活用し、若い世代が将来就労・活躍できる場をつくることが必要であり、そのような機会の水産業での構築とそのための人材育成は大学の役割である。

本プロジェクトの共同研究相手は ARAP と IATTC の 2 つの機関であるが、それぞれ近畿大学とあるいは ARAP と IATTC 間で実施した共同研究の内容が一部異なる。すなわち近畿大学、ARAP、IATTC は太平洋クロマグロとキハダについて資源管理・予測のための研究を実施した。しかしながら IATTC は資源の国際管理を目的とした国際機関であり、養殖技術開発には携わらないため、キハダの養殖技術開発（太平洋クロマグロについてはプロジェクトで養殖技術開発を実施しない）は近畿大学と ARAP 間でのみ実施した（図 9）。

また、太平洋クロマグロとキハダの飼育研究は、それぞれそれらがプロジェクト以前より飼育されていた近畿大学と IATTC とで実施された。

図 9. 当プロジェクトのスキーム

I－（2）プロジェクト全体の予定成果達成状況と成果のインパクト



研究課題名	資源の持続的利用に向けたマグロ2種の産卵生態と初期生活史に関する基礎研究
研究代表者名（所属機関）	澤田 好史（近畿大学 水産研究所 教授）
研究期間	H22採択（5年間） 平成23年4月－平成28年3月
相手国名	パナマ共和国
主要相手国研究機関	パナマ国水産資源庁ARAP アチョチネス研究所IATTC

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	マグロの大量消費国である日本が、マグロの資源管理技術や完成資源に依存しない養殖技術の開発を通じて国際的な責任を果たせる。また研究成果は国内マグロ養殖に適用することで技術開発がさらに進む。
科学技術の発展	知見が少ないマグロ類の生態について、主に飼育研究により新たな科学的知見を数多く付け加えることができる。これらは他所ではなし得ない機会で、マグロ類の資源管理と養殖技術の向上・発展に貢献する。
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	現在日本ではできないキハダの養魚、卵、仔稚魚へのアクセスが可能となる。また共同研究により、日本ではできないキハダの養殖技術が知財として新たに獲得できる。またクロマグロについても資源管理に必要な生態情報が獲得できる。
世界で活躍できる日本人人材の育成	プロジェクトでの若手研究者および大学院生のパナマ派遣、一方でパナマからの研究者を受け入れての他国研究者との共同研究では、異なる言語でのやり取り、異なる環境への適応、異なる思考の理解などを体験させることで、若手人材の国際化を図ることができる。
技術面及び人的ネットワークの構築	プロジェクトは、マグロ類ではまだまだ全くなかった国際共同研究であり、初めてこの分野で多数的な研究ネットワークが構築される。また、主催あるいは参加する国際会議やシンポジウムでプロジェクトの研究者とのネットワークが構築される。
成果物（報告書、論文、プログラム、マニュアル、データなど）	プロジェクトでは、多数の学術論文が公表され、また最終的な成果報告書等が刊行される。さらにそれらのなかでは、マグロ類の生態というグローバルな課題についての国際共同研究の必要性、その内容が報告される。

図 10. JST 成果目標シート

図 10 に示されるように、本プロジェクトの上位目標は１．国際資源管理機関が提案するキハダと太平洋クロマグロ資源管理措置が本研究成果の生態学知見に基づいた資源変動予測によって提案され批准される、２．キハダの完全養殖の成功により養殖技術の基礎が整備される、の 2 項目であり、これらの項目別に本プロジェクトで実施された研究内容との関連、達成状況およびインパクトについて説明する。

本プロジェクトでは、上位目標 1 に対して、太平洋クロマグロとキハダの資源管理に必要な産卵生態と初期生活史解明を、上位目標 2 に対しては、キハダの天然資源に頼らない完全養殖技術の提案を、当該分野で実績のある近畿大学とパナマ共和国水産資源庁（ARAP）の要請により、日本およびパナマ共和国を含む加盟 22 の国と地域が運営する全米熱帯マグロ類委員会（IATTC）およびパナマ水産資源庁（ARAP）との共同研究で目指すことが目標とされた。

１）上位目標１についての研究達成状況

このうち 1 で述べられている「本研究成果の生態学的知見に基づいた資源予測」については、本プロジェクトではプロジェクト目標とされている「キハダおよび太平洋クロマグロの産卵生態および初期生活史について解明」において多くの研究成果が挙げられ、これら 2 種の産卵生態と初期生活史解明のための科学的知見が蓄積された。それらでは、現在考え得るマグロ類資源変動に及ぼす環境要因のうち、産卵と初期生活史でその成否の鍵となる役割を持つ物理・化学環境要因としての水温、塩分、生物環境要因としての赤潮、仔魚の餌生物であるコペポーダを中心とする餌料プランクトンの分布密度と栄養的価値、仔魚自身の分布密度について解明が進んだ。さらに今後仔稚魚の生理状態を把握するための基盤的なツールとしてキハダゲノム DNA の BAC ライブラリーが作成された。

また、今後太平洋クロマグロとキハダの海洋での産卵生態を探るうえで最も基本的で重要となるこれらの 2 種の個体群構造、すなわちどれだけの系群や母系が存在するかを解明するための集団遺伝学的ツールとして、ミトコンドリア DNA 多型解析法とゲノム DNA のマイクロサテライトマーカーが開発された。またキハダ親魚の飼育下での産卵状況がモニターされ、どのくらいの産卵量があり、それが環境要因のうち何によって左右されるかが明らかにされた。さらに親魚の産卵量を規定する親魚の成熟、栄養等の生理状態を把握するツールとして生殖器官である精巣と卵巣で発現している遺伝子の cDNA ライブラリーも作成され、それを利用したマイクロアレイ作成の準備がなされた。

また、同時にそれらは学術論文、著作、学会・シンポジウム等の講演、マスコミを通じた広報活動で公表された。

これらの活動は、これまで取り組むことが困難で手つかずの分野であったが、飼育研究を中心としながらも必要分野では野外調査も取り入れた研究により、**世界で初めて包括的な取り組みの研究モデルとして提案できた。**しかしながら、大回遊する魚類での産卵生態と初期生活史の完全な解明は今後も本プロジェクトと同様の、あるいはそれを発展させた

研究内容のさらなる継続を必要とする課題である。

２）上位目標２について実施された研究達成状況

中南米諸国の開発途上国、あるいは大洋の小島嶼開発途上国では、チリでのサケ養殖など一部の国あるいはエビ類を除いて魚類養殖産業が未発達である。パナマ共和国もその例外ではない。本プロジェクトでは、プロジェクト目標として「キハダの完全養殖技術の提案」を挙げた。すなわち同国で最重要な水産対象種であるキハダの天然資源に頼らない養殖が同国と日本の科学者との協力で実現可能であることを示し、キハダ完全養殖産業のきっかけとなるとともに、最も技術的に困難な養殖対象種で産業を提案することで、それよりも容易な他の有望魚種の養殖の気運を高めようとした。

より具体的には、キハダの飼育下での産卵状況が毎日記録され、産卵に適した環境が明らかにされたことで、今後完全養殖の出発点となる飼育下での親魚の産卵に適する環境条件、栄養条件解明に貴重な情報となった。また飼育下での産卵を成功させるために、クロマグロおよびキハダの生殖腺の発育や成熟に関する生理学的状態を知ることが必要であるが、それらに関連する生殖器官での遺伝子発現を解析するツールとして卵巣、精巣で発現している遺伝子の DNA ライブラリーが開発された。また親魚から受精卵、仔稚魚、幼魚と成長する間の生残りや成長を母系で追跡するためのミトコンドリア D-loop 領域の多型解析方法を確立するとともに必要なゲノム DNA マイクロサテライトマーカーやそれを開発するに必要な STR プライマーを開発した。また現在最も技術の進んでいる太平洋クロマグロでも受精卵から稚魚期までの生残率は 10%に満たず、完全養殖ではその時期の飼育技術開発が必須であるが、キハダの生残りや成長を左右すると考えられる物理化学要因である水温、塩分、流れ、飼育水槽への通気量等と卵発生、仔魚の生残の関係、視覚と行動の特徴よびその発達が明らかされ、クロマグロで得られている情報と比較された。またキハダの外部形態、消化器官を中心とする内部形態およびその機能の発育が明らかにされ、クロマグロと比較された。さらに親魚の栄養状態とそれから産み出される受精卵の卵質との関係について明らかにされるとともに、稚魚、幼魚の栄養要求等を調べる飼育実験により、キハダ用配合飼料が基本的にはクロマグロ用のものが使用できることが明らかとなった。さらにこれらの親魚、受精卵、仔稚魚における研究を飼育技術向上に活かし、世界で初めて人工孵化したキハダ稚魚を海面生簀と陸上水槽で幼魚にまで育てることに成功した。これらの成果により、それまで近畿大学等で蓄積された太平洋クロマグロの完全養殖技術との対比も利して、キハダの完全養殖技術の提案が可能となった。なお、本プロジェクト期間内ではキハダ完全養殖は達成されなかったが、今後その達成に向けた国際共同研究か計画されつつある。

以上の 2 つのプロジェクトの目標の達成状況に関してそのインパクトは、以下の 3 点に纏められる

１）相手国内でプロジェクト活動の理解が得られ、その意義を認めて継続的な活動を望むようになったこと

キハダの産業的な養殖は、メキシコ、台湾などで試みられているが、すべて天然捕獲幼魚を種苗として使用するいわゆる“蓄養”であり、親魚を養成して受精卵を得てそれをまた成魚まで育てる完全養殖に成功した例はない。また現在キハダの完全養殖に取り組んでいる例も当プロジェクトをおいて世界で他に無い。パナマ共和国はキハダの養殖技術開発を望みながらも魚類養殖技術が未発達な状況ではそれが困難であった。さらに、パナマ共和国では、野生の幼魚を捕獲して養殖するいわゆる蓄養は、キハダ資源保護を図るために違法とされているので、技術的に難度の高い完全養殖に取り組む必要があった。当プロジェクトはパナマ側の、資源管理とキハダ養殖のこのような要望を受けて開始されることになったが、親魚群の維持・管理、採卵、受精卵から仔稚魚を経て幼魚までの飼育技術の開発がなされ、特にそれまで全く行われていなかった人工孵化して育てられた稚魚・幼魚の海面生簀での飼育という完全養殖技術のマイルストーンが達成されたことは、パナマ共和国を含む中南米途上国に大きなインパクトを与えた。

成果のインパクトとして国際機関や相手国政府での文書化された機関や政府の方針という形で採用されたものはないが、パナマ水産資源庁、全米熱帯マグロ類委員会ともにプロジェクトの活動を高く評価し、期間中活動の意欲も高く協力的であったこと、さらにプロジェクト終了後も同様の活動を強く望んでおり、すでにそのための計画立案や施設整備などの準備も始めていること、パナマ共和国水産資源庁長官、IATTC 委員長のなどのプロジェクトサイト視察時のプロジェクトに対する肯定的な発言などから、それまで困難とされ、実施されることがなかった本プロジェクト研究の意義があまねくきちんと理解されるようになったと言え、またそれを継続しようとする意思を持つに至ったことは最大のインパクトである。

２）相手国だけでなく国際社会、日本国内でプロジェクトの意義が理解されるようになったこと

本プロジェクト活動の目的や成果は、学術的著作、国内外の学術集会での講演、一般・水産関係者向け講演、テレビ、ラジオ、新聞、雑誌、機関誌等マスコミによる報道などで広く紹介され、学界、産業界、一般市民に肯定的に評価されている。特に多くの専門分野が必要な天然資源予測と完全養殖技術開発が飼育研究を基盤とした国際共同研究で可能であることを世界で初めて示したことは大きなインパクトがあり、そのような研究についての理解が得られたと確信している。

一方で本プロジェクトは ODA の一環で実施されるものであり、その実施には、日本国民の理解を得ることが必須であった。プロジェクト開始当初は、30 年以上の期間と多額の費用を費やして獲得した世界に類のない太平洋クロマグロの完全養殖技術を活用することについて、移転された技術が相手国で産業化されて日本へ養殖マグロが輸出されるようにな

り、国内の養殖業者との競合が起こることが懸念されたが、日本国内で市場価値を得る可能性がない養殖キハダの技術開発に研究を限定し、クロマグロの養殖技術開発はプロジェクトから除外したこと、研究で得た知財をプロジェクト内で保守するような方策を採ったこと、さらにそれが可能な相手機関を選定したことなどを国内講演会やマスコミでの紹介を通じて説明した結果、そのような懸念は聞かれなくなった。

３）相手国、国内双方の若い人材の育成とその育成体制の構築

当プロジェクトでは、カウンターパートとして参加した 9 割が 20 歳代から 30 歳代の研究者、技術者であった。彼らは、プロジェクトサイトでの滞在費用や時間外手当などの点では自国政府や機関からの支援が必ずしも十分とは言えない状況下でもプロジェクトに熱心に取り組み、必要とされた新たなアイデアを提供するとともに、研究成果を主著者や共著者として学術雑誌や国際シンポジウムで公表し、さらに自国民にプロジェクトの紹介を積極的、自主的に実施したことが、当プロジェクトに参加した相手国の若い人材の育成が効果を挙げるものであったことを物語っている。

また、プロジェクトには近畿大学の若手教員、技術員、大学院生が参加し、国際共同研究の経験を積んだ。彼らは国内と大いに異なる自然、社会環境のなかで異なる言語を話すカウンターパートと協力して新たな科学的知見の獲得と技術開発に熱心に取り組んだ。このような活動は、相手国内のみならず、カウンターパートの近畿大学への研修招聘でも大いに行われた。その成果は、学術論文、博士論文、修士論文、また卒業論文として纏められた。このような経験は、内向きと言われる若手人材が海外で活躍の場を得ることについて今後大いに役立つものとなろう。その重要性については、2103 年 3 月 26 日東京海洋大学で開催された第 61 回日本水産学会漁業懇話会講演会「グローバル人材育成へ ODA 活用－水産系大学の取り組みと将来への展開」の大学が参加できる JICA 事業～水産分野における大学との連携について～で実例として紹介され、その意義が伝えられるとともに、SATREPS 事業が今後のグローバル人材育成に有用であることが報告され、その認識が水産学会会員など水産業関係者にも広まることとなった。

Ｉ－（3）研究運営体制構築、日本人人材の育成（若手、グローバル化対応）、実施した人的支援

１．研究運営体制

1）相手国および自国の担当機関

当プロジェクトでの相手国担当機関は、パナマ共和国水産資源庁（ARAP）とマグロ類の地域漁業管理機関である全米熱帯マグロ類委員会（IATTC）である。ARAP はマグロ類の資源持続的利用を目指す開発途上国で水産資源の管理、水産業振興を担当する機関であり、IATTC は、国際条約に基づいて太平洋の東半分を管理海域とし、そこでのマグロ類資源の管理、国別の漁獲割当ての協議、資源管理に必要な研究・調査を行う機関である。IATTC

には日本、パナマ共和国を含む 22 の国と地域が条約を批准して参加している。当プロジェクトでは、マグロ類 2 種太平洋クロマグロとキハダの資源に食糧と経済を大きく依存し、その漁獲漁業の存続と養殖振興を望むパナマ共和国と、この 2 種の資源管理を 50 年以上に亘り長く担当してきた国際機関を相手とすることで、地球規模課題であるマグロ類資源の持続的利用を目指した研究が有効になされるとして選定された。なお IATTC は世界の海域ごとに 5 つあるマグロ類の地域漁業管理機関のうちでも唯一自前の研究部門を持つ組織であり、パナマ共和国にあるアチョチネス研究所はマグロ、カジキ類の研究を行う目的で 1985 年に設立され、1993 年からは日本の公益財団法人海外漁業協力財団の協力により、キハダ親魚および仔稚魚の飼育研究施設が建設され、ARAP との共同研究、また日本の大学、機関との共同研究が行われてきた経緯がある。

日本側担当機関は、1948 年の設立以来一貫して水産増養殖研究と教育そしてその産業化に取り組み、2002 年には世界で初めて太平洋クロマグロの完全養殖を達成した近畿大学水産研究所（ホームページ URL : http://www.flku.jp/）と近畿大学農学部水産学科であり、資源管理技術開発、養殖技術開発で必要な多くの分野に亘る専門家を擁することで、当該分野の研究と人材育成が可能であるとして担当した。

2) 人的配置

近畿大学専門家は、延べ教授 8 名、准教授 1 名、講師 2 名、助教 3 名、博士研究員 6 名、研究支援員 3 名、技術職員 4 名、研究補助員 2 名、大学院博士課程学生 1 名、修士課程学生 21 名が、専門分野ごとに 3 つの研究グループ、初期発育解明と飼育技術開発チーム，産卵生態研究チーム，栄養要求と配合飼料開発チームに所属して研究を実施した。

この他に、ARAP、IATTC、近畿大学水産研究所にはそれぞれプレオジェクトメンバーではないが技術職員、事務職員が研究をサポートした。

ARAP のカウンターパートは、専門を異にする 14 名、IATTC カウンターパートは初期生活史研究グループに所属する 6 名である。

3) プロジェクトサイトの設定

当プロジェクトでは、どちらも親魚の飼育が行われ、受精卵が得られることから、太平洋クロマグロの飼育研究は近畿大学水産研究所と近畿大学農学部で、キハダの飼育研究は IATTC アチョチネス研究所で行われた。プロジェクトの研究内容から、日本でもパナマでも同様の研究が実施でき、対象 2 種の比較研究が可能となるように、飼育施設、研究機器等を配備した。具体的には飼育設備では、直径 20 m 海面生簀 2 基、非常用発電機、餌料保管用冷凍庫、1 t 飼育水槽、幼魚飼育用フェンス、衝突死防止緩衝材、紫外線海水殺菌装置、調査船、栄養分析室・分析機器、顕微鏡等生物観察機器、PCR 装置等生化学分析機器、超低温冷凍庫、資料整理室、移動・運搬・船舶牽引用車両である。

4)プロジェクト活動管理体制

プロジェクトの運営については、代表的な各組織の研究者、ARAP 長官、副長官、研究部長、財務部長等、JICA パナマ事務所のスタッフおよび JST の担当者が参加して年 1 回 11 月にパナマシティーで開催される合同会議（JCC）で各年度の活動の総括と翌年の計画の協議、問題点の協議が行われた。

さらに、JCC の下に、近畿大学、ARAP、IATTC の委員数名からなる研究委員会、予算委員会、広報委員会が設置され、研究計画立案や調整、各年度の研究の総括、予算の立案と執行、プロジェクトの広報の協議を適宜実施した。

この他、JICA パナマ事務所、JICA 関西を結んでのテレビ会議、JST、JICA 東京本部での会議で、専門家と支援機関の意思疎通、協議を多数回実施した。また、専門家のパナマ派遣では JICA パナマ事務所で協議と報告を実施した。

これらに加えて、専門家とカウンターパート、あるいは JST、JICA 間コミュニケーションを十分取れるように、研究コーディネーター2 名（近畿大学ビッシャシュ・アマル講師、阿川泰夫助教）が 2013 年より任命され、情報の共有と管理にあたった。

また近畿大学学内では、専門家の所属機関である水産研究所、農学部、学術研究支援部、広報部などが連携してプロジェクトに当ることで運営の円滑化が図られた。

２．日本人材の育成

1)近畿大学若手人材の育成

近畿大学農学研究科博士後期課程 1 名、博士前期課程 22 名の研究並びに学会発表等支援することができた。

また博士後期課程 1 名、博士前期課程学生 7 名をパナマ共和国アチョチネス研究所へ派遣し、現地での研究活動に従事させつつ、中南米の社会事情等を肌で学んでもらった。とりわけ 3 名の修士過程学生についてはスペイン語を話すまでに成長し、内 2 名は大手商社へ就職し養殖事業で中南米出張をこなしている。学生への学習効果と海外での経験を積ませる効果は絶大であった。

３．人的支援（留学生・研修・若手育成）

研修

ARAP 職員アンヘル氏はプロジェクト開始より積極的に研究活動に参加し魚飼育技術を学習し磨いた。アンヘル氏はプロジェクト期間途中に現地のスギ養殖会社へ就職し、キャリアパスにつながった。

ARAP 研究員、IATTC 研究員の受け入れ状況は下の通り。

2011 年度

水産研究所　大島実験場

Adames Marcias Karis Vanessa　来日 2011 年 8 月 25 日　帰国　10 月 15 日

キハダと太平洋クロマグロの母系解析及び生理状態の学習

Guevara Tapia Ileans Edith　　来日 2011 年 8 月 25 日　帰国　10 月 15 日

キハダと太平洋クロマグロの母系解析及び生理状態の学習

水産研究所　白浜実験場

Trejos Lasso Lissette Tatiana　　来日 2011 年 9 月 13 日　帰国　10 月 15 日

キハダの健康管理に関する解析の訓練

2012 年度

水産研究所　大島実験場

Avilla Madrid Angel Gabrial　　来日 2012 年 7 月 1 日　帰国 9 月 7 日

マグロ初期発育・初期生残学習

Munez Pereligina Anna Teodoravna　　来日 2012 年 7 月 1 日　帰国 9 月 7 日

マグロ初期発育・初期生残学習

2013 年度

水産研究所大島実験場

Guillen Madrid Angel Gabriel　　来日 2013 年 7 月 10 日　帰国 8 月 21 日

マグロ初期発生・初期生残学習

Alvaro Ortiz Diaz　　来日 2013 年 7 月 10 日　帰国 7 月 31 日

マグロ初期発生・初期生残学習

Cerrud Barria Giancarlo Enrique　来日 2013 年 8 月 21 日　帰国 10 月 16 日

マグロ類の産卵生態・母系解析と魚群遺伝管理・初期発生と解明

Suzana Milagros Cusatti Souza　　来日 2014 年 1 月 28 日　帰国 2 月 26 日

マグロ類の DNA 鑑定による産卵新魚特定技術習得および学習

水産研究所浦神実験場

Quintero Vaga Thelma Maria　　来日 2013 年 9 月 16 日　帰国 11 月 16 日

飼育技術および生化学的分析を学習

農学部水産学科石橋教授研究室

Yazmín García　　来日 2012 年 7 月 10 日　帰国 8 月 21 日

飼育技術および生化学的分析を学習

2014 年度

水産研究所大島実験場

Suzana Milagros Cusatti Souza　　来日 2015 年 3 月 3 日　帰国 3 月 26 日

マグロ類の DNA 鑑定による産卵新魚特定技術

水産研究所浦神実験場

Luis Tejada　　来日 2014 年 9 月 16 日　帰国 10 月 14 日
マグロ餌開発

2015 年度
水産研究所大島実験場
Alvaro Ortiz Diaz　　来日 2015 年 7 月 20 日　帰国 8 月 29 日
太平洋クロマグロ初期飼育技術開発及び飼育水槽色が及ぼす影響調査
Suzana Milagros Cusatti Souza　　来日 2015 年 9 月 17 日　帰国 10 月 16 日
マグロ類の DNA 鑑定による産卵新魚特定技術習得および学習
水産研究所白浜実験場
Lissette Trejos Lasso　　来日 2015 年 7 月 29 日　帰国 9 月 30 日
海産魚の寄生虫の採取・同定技術および防除法の習得
水産研究所浦神実験場
Thelma Quintero Vega　　来日 2015 年 7 月 13 日　帰国 8 月 29 日
飼育技術および生化学的分析を学習
農学部水産学科石橋教授研究室
Yazmín García　　来日 2015 年 7 月 13 日　帰国 8 月 29 日
クロマグロの初期発生と生残に関する技術研修
水産研究所大島実験場
Dario Sandoval　　来日 2016 年 1 月 8 日　帰国 2 月 3 日
魚類初期生活史研究と飼育技術習得
LIC. Malurisbel Lopez　　来日 2016 年 1 月 8 日　帰国 2 月 3 日
魚類の遺伝学的研究法習得

I－（4）．個々の研究分野での研究成果

個々の研究分野での研究は以下の表のように計画した。

Persons in charge Blue: KU, Red: ARAP, Green: IATTC	Outputs	Activities		2011				2012				2013				2014				2015			
				I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Miyashita, Sawada Cano Scholey (US)	1. Spawning characteristics of YFT and PBF are determined	1-1 Investigation of YFT spawning time in a day and spawning season	1-1-1 Recording daily time of spawning in broodstock tank	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
			1-1-2 Analysis of the data					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		1-2 Investigation of environmental factors affecting the YFT spawning	1-2-1 Monitoring of environmental parameters (water temperature and chemistry, meteorological conditions)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
			1-2-2 Analysis of the data					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Taki, Biswas, Cano, Scholey (US)		1-3 Investigation of the effect of nutritional status on the spawning of YFT	1-3-1 Feeding different diets and supplements to the broodstock	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
			1-3-2 Analysis of the nutritional content of broodstock feed and their fecundity and egg quality to select optimal diet and supplements					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Sawada, Kobayashi, Yagishita Davis, Ileana de Tapia Santiago (US)		1-4 Development of a simple but thorough method to examine the physiological status of brood fish, larvae, and juveniles of YFT and PBF (cDNA library and microarray development of visceral organs including gonads)	1-4-1 Development of cDNA bank for the liver and gonads	■	■	■	■	■	■	■	■												
			1-4-2 Development of Microarray									■	■	■	■	■	■	■	■				
			1-4-3 Analysis of egg chemical constituents (at external institutions) and hatching rate and early development	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Sawada, Kobayashi, Yagishita Davis, Ileana de Tapia Santiago (US)	2. The method to identify maternal line of YFT is established by using mitochondria D-loop for analysis	2-1 Examination of mitochondria D-loop as a method to identify maternal line of YFT.	2-1-1 Sample collection of mitochondria D-loop and its analysis	■	■	■	■	■	■	■	■												
			2-1-2 Maternal line analysis(PCR analysis) of YFT									■	■	■	■	■	■	■	■				
		2-2 Verification of the method by analyzing selected wild caught YFT samples to examine their maternal lines	2-2-1 Collection of samples(sampling and purchase at markets)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
			2-2-2 Analysis of the YFT Pacific population					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Sawada, Sakamoto, Miyashita, Ishibashi, Kobayashi, Naka Nadia Morales, Daryn Delgado Margulies (US), Wexler (US), Santiago (US)	3. Critical factors that affect survival of YFT and PBF in their early life history are identified.	3-1. Comparative investigation of early development and the effects of physical and chemical factors on YFT and PBF.	3-1-1 Microscopic and histological observation of YFT embryogenesis					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
			3-1-2 Experimental manipulation of physical factors (temperature, dissolved oxygen, and UV radiation) and observation of the developing speed			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
			3-1-3 Rearing of larvae and juveniles, and observation of external morphology	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
			3-1-4 Rearing of larvae and juveniles, and histological observation of internal morphology					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
			3-1-5 Rearing of juveniles and young, and observation of external morphology									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
			3-1-6 Rearing of juveniles and young, and histological observation of internal morphology									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
			3-1-7 Experimental manipulation of physical factors (temperature, dissolved oxygen, UV radiation, microturbulence and light intensity) and observation of growth, survival, and			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Ishibashi Marcos Nuñez Margulies (US)		3-2. Comparative investigation of the vision characteristics and the larval response to light information in YFT and PBF.	3-2-1 Detection and identification of visual pigment in YFT and PBF	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
			3-2-2 Behavior analysis of photic stimulation response in larvae and juvenile			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
			3-2-3 Ontogenetic analysis of visual pigment in larval and juvenile YFT									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
			3-2-4 Expression analysis of visual pigment in larval and juvenile PBF			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
Taki, Biswas MR Angel Guillen or Panamanian KU graduate student B Tejada (P), Wexler (US), Margulies (US), Santiago (US)		3-3. Comparative investigation of feeding ecology, behavior, growth and survival of YFT and PBF in early life stages	3-3-1 Experimental manipulation of prey type and abundance and observation of feeding behavior, diet selection, growth, and survival of YFT and PBF in early life stages			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
			3-3-2 Larval rearing and chemical analysis of larvae and feeds			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
			3-3-3 Collection and chemical analysis of wild planktons in the YFT nursery areas			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
			3-3-4 Experimental manipulation of larval density and observation/estimation of growth and survival of YFT and PBF			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
		3-4. Comparative investigation of the nutritional value of artificial and natural food types of YFT and PBF.	3-4-1 Nutritional analysis of different types of artificial food and available natural food			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
			3-4-2 Rearing experiment using different food types			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Sawada, Kobayashi, Yagishita, Panamanian KU graduate student A Davis, Ileana de Tapia Santiago (US)	4. Fingerling production technologies that support early life history study of YFT are developed.	4-1. Development of tools for genetic analysis and management of YFT	4-1-1 Development of YFT BAC clone			■	■	■	■														
			4-1-2 Development of YFT and PBF gene pool			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
			4-1-3 Development of STR primers of YFT and PBF	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
			4-1-4 Development of the basis of gene distribution of YFT and PBF									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
			4-1-5 Cloning of GH, IGF, Myo-D gene of YFT and PBF	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
			4-1-6 Expression analysis of GH, IGF, Myo-D genes of YFT and PBF									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
			4-1-7 Isolation and establishment of sex-linked DNA markers of YFT							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Sawada, Josefa Trejos , Scholey (US)		4-2. Collection of information for health management of YFT.	4-2-1 Comparative analysis of tissue samples taken from wild fish and broodstock for parasite identification	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Sawada, Cano, Scholey (US)		4-3. Improvement of capture and transportation methods for YFT brood stock candidates	4-3-1 Evaluation and modification of existing methods for capture and transportation of	■	■	■	■	■	■														
			4-3-2 Trials using new methods and equipment			■	■	■	■	■	■												
			4-3-3 Selection of optimum methods and equipment					■	■	■	■												
Sawada, Sakamoto, Miyashita, Ishibashi, Nakagawa, Hon Cano, Ibarra Margulies (US), Scholey (US)		4-4. Development of hatchery and cage culture technologies for fingerling production of YFT.	4-4-1 Manipulation of air/water supply volume and method and observation of larval growth and survival of YFT			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
			4-4-2 Site selection, permitting and cage installation			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
			4-4-3 Experimental rearing of YFT juveniles in the sea cage									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Taki, Biswas Mr Angel Guillen or Panamanian KU graduate student B Tejada (P)		4-5. Investigation of the development of visceral organs and their functions, and the quality and quantity of foods for YFT.	4-5-1 Histological and enzyme analysis of visceral organs					■	■	■	■	■	■	■	■								
			4-5-2 Biochemical analysis of enzymatic activities					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
			4-5-3 Biochemical analysis of larval and juvenile YFT and feeds									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

プロジェクトの研究計画は英語で作成されたが、その日本語訳を以下に示す。研究計画と実際に行われた研究内容との対比を分かりやすくするためである。

PO1. Spawning characteristics of YFT and PBF are determined
キハダと太平洋クロマグロの産卵の特徴が明らかにされる

PO1-1. Investigation of YFT spawning time in a day and spawning season キハダの産卵時刻と産卵期を調べる

- PO1-1-1. Recording daily time of spawning in broodstock tank キハダ親魚水槽での産卵時刻記録
- PO1-1-2. Analysis of the data データ解析

PO1-2. Investigation of environmental factors affecting the YFT spawning キハダの産卵に及ぼす環境要因の影響を調べる

- PO1-2-1. Monitoring of environmental parameters (water temperature and chemistry, meteorological conditions) 環境要因のモニタリング（水温、化学成分、気象・海象）
- PO-1-2-2. Analysis of the data データ解析

PO1-3. Investigation of the effect of nutritional status on the spawning of YFT キハダの産卵に及ぼす親魚の栄養状態を調べる

- PO1-3-1. Feeding different diets and supplements to the broodstock 親魚に異なる餌料やサプリメントを与える
- PO1-3-2. Analysis of the nutritional content of broodstock feed and their fecundity and egg quality to select optimal diet and supplements 最適な親魚餌料とサプリメントを選定するための餌料の栄養分析と産卵量、卵質の関係の検討

PO1-4. Development of a simple but thorough method to examine the physiological status of brood fish, larvae, and juveniles of YFT and PBF (cDNA library and microarray development of visceral organs including gonads) キハダと太平洋クロマグロの生理的状態を調べる簡便で詳細な方法の開発（内臓と生殖器官のcDNAライブラリーとマイクロアレイ）

- PO1-4-1. Development of cDNA bank for the liver and gonads 肝臓と生殖器官のcDNAバンクの開発
- PO1-4-2. Development of Microarray マイクロアレイの開発
- PO1-4-3. Analysis of egg chemical constituents (at external institutions) and hatching rate and early development 卵の化学成分分析（外部機関委託）と孵化率、初期発育

PO2. The method to identify maternal line of YFT is established by using mitochondria D-loop for analysis ミトコンドリアD-loop領域の多型を用いたキハダの母系解析法が確立される

PO2-1 Examination of mitochondria D-loop as a method to identify maternal line of YFT.
キハダの母系解析法としてのミトコンドリアDNA Dループ領域分析

PO2-1-1. Sample collection of mitochondria D-loop and its analysis
ミトコンドリアDNA Dループ領域の試料収集と解析

PO2-1-2. Maternal line analysis (PCR analysis) of YFT キハダの母系解析（PCR）

PO2-2. Verification of the method by analysing selected wild caught YFT samples to examine their maternal lines 野生キハダ試料の母系解析試験での母系解析法の有効性確認

PO2-2-1. Sample collection of mitochondria D-loop and its analysis ミトコンドリアDNA Dループ領域試料収集と解析

PO2-2-2. Analysis of the YFT Pacific population キハダ太平洋個体群の解析

PO3. Critical factors that affect survival of YFT and PBF in their early life history are identified.
キハダと太平洋クロマグロの初期生活史での生残に重要な要因が明らかにされる

PO3-1. Comparative investigation of early development and the effects of physical and chemical factors on YFT 初期発育とキハダの初期発育に及ぼす物理・化学要因の比較研究

PO3-1-1. Microscopic and histological observation of YFT embryogenesis キハダ胚発生の顕微鏡的、組織学的観察

PO3-1-2. Experimental manipulation of physical factors (temperature, dissolved oxygen, and UV radiation) and observation of the developing speed 物理環境を変える試験（水温、溶存酸素、紫外線強度）と発育速度の観察

PO3-1-3. Rearing of larvae and juveniles, and observation of external morphology 仔稚魚飼育と外部形態の観察

PO3-1-4. Rearing of larvae and juveniles, and observation of internal morphology 仔稚魚飼育と内部形態の観察

PO3-1-5. Rearing of juveniles and young, and observation of external morphology 稚魚幼魚飼育と外部形態の観察

PO3-1-6. Development of cDNA bank for the liver and gonads 肝臓と生殖器官のcDNAバンクの開発

PO3-1-7. Experimental manipulation of physical factors (temperature, dissolved oxygen, UV radiation, microturbulence and light intensity) and observation of growth, survival, and stress response 物理環境（水温、溶存酸素、紫外線強度、微少乱流、光強度）を変えた飼育実験において成長、生残、ストレス応答を観察する

PO3. Critical factors that affect survival of YFT and PBF in their early life history are identified.
キハダと太平洋クロマグロの初期生活史での生残に重要な要因が明らかにされる

PO3-2. Comparative investigation of the vision characteristics and the larval response to light information in YFT and PBF. キハダとクロマグロの仔魚の視覚と光に対する応答の比較研究
- PO3-2-1. Detection and identification of visual pigment in YFT and PBF キハダとクロマグロの視色素の同定
- PO3-2-2. Behavior analysis of photic stimulation response in larvae and juvenile 仔稚魚における光刺激に対する行動反応の解析
- PO3-2-3. Ontogenetic analysis of visual pigment in larval and juvenile YFT キハダ仔稚魚の視色素の個体発生に伴う変化
- PO3-2-4. Expression analysis of visual pigment in larval and juvenile PBF クロマグロ仔稚魚の視色素遺伝子の発現解析

PO3-3. Comparative investigation of feeding ecology, behavior, growth and survival of YFT and PBF in early life stages キハダとクロマグロの初期生活史における摂餌生態、行動、成長、生残の比較
- PO3-3-1. Experimental manipulation of prey type and abundance and observation of feeding behavior, diet selection, growth, and survival of YFT and PBF in early life stages キハダとクロマグロ発育初期の餌生物の種類と量を変えた実験での、摂餌生態、摂餌選択性、成長、生存の比較
- PO3-3-2. Development of cDNA bank for the liver and gonads 肝臓と生殖器官のcDNAバンクの開発
- PO3-3-3. Collection and chemical analysis of wild planktons in the YFT nursery areas キハダ仔稚魚の生育場での餌料プランクトンの採集と栄養成分の解析
- PO3-3-4 Experimental manipulation of larval density and observation/estimation of growth and survival of YFT and PBF キハダとクロマグロの仔魚密度を変えた実験での成長と生存評価

PO4. Fingerling production technologies that support early life history study of YFT are developed.キハダの初期生活史研究をサポートする種苗生産技術が開発される

PO4-1. Development of tools for genetic analysis and management of YFT キハダの遺伝学的解析のためのツールの開発
- PO4-1-1. Development of YFT BAC clone キハダBACクローンの開発
- PO4-1-2. Development of YFT and PBF gene pool キハダとクロマグロのジーンプールの開発
- PO4-1-3. Development of STR primers of YFT and PBF キハダとクロマグロのSTRプライマーの開発
- PO4-1-4. Development of the basis of gene distribution of YFT and PBF キハダとクロマグロの遺伝子分布解析基盤の開発
- PO4-1-5. Cloning of GH, IGF, Myo-D gene of YFT and PBF キハダとクロマグロのGH、IGF、Myo-D遺伝子のクローニング
- PO4-1-6. Expression analysis of GH, IGF, Myo-D genes of YFT and PBF キハダとクロマグロのGH、IGF、Myo-D遺伝子の発現解析
- PO4-1-7. Isolation and establishment of sex-linked DNA markers of YFT キハダの性特異的DNAマーカーの開発

PO4-2. Collection of information for health management of YFT. キハダの健康管理のための情報収集
- PO4-2-1 Comparative analysis of tissue samples taken from wild fish and broodstock for parasite identification 野生魚と飼育親魚から得られる組織標本の寄生虫検査のための比較解析

PO4-3. Improvement of capture and transportation methods for YFT brood stock candidates キハダ親魚候補魚の捕獲と輸送方法の改善
- PO4-3-1. Evaluation and modification of existing methods for capture and transportation of YFT キハダの捕獲と輸送で現在用いられている方法の評価と改善
- PO4-3-2 Trials using new methods and equipment 新しい方法と器具のテスト
- PO4-3-3 Selection of optimum methods and equipment 最適法の選定

本プロジェクトでの研究の内容や研究項目相互の関係について概要を述べると以下のようになる。また、PO1 から PO3 までの研究内容は、すべて天然資源管理・予測のための技術開発あるいはそれに必要な科学的情報の蓄積と、完全養殖技術開発の両方に資すること

ができるように設計された。

PO1 の内容は、天然海域での新たな資源加入の出発点となる産卵生態について、産卵の様相、産卵に及ぼす環境、栄養要因の解明、親魚の成熟、生理状態を知るためのツールの開発を行うものである。これらは、野生の親魚の産卵生態解明の他に、完全養殖においても最も基礎となる受精卵を得るための親魚養成の技術開発に資するものである。

PO2 の内容は、資源管理の基礎となる太平洋におけるキハダの群れ構造の解析と、養殖においては産み出された受精卵から生残り易い母系、家系の選択をミトコンドリア DNA の多型を利用した方法で資するものである。

PO3 の内容のうち 3-1 は、資源加入で最も重要な初期生活史すなわち受精卵から仔稚魚、幼魚における生残りに関係する発育変化とそれに及ぼす物理・化学要因の解明を目指すものである。その解明は将来の資源予測に重要である。また、現在のマグロ類養殖では、初期生活史における生残率が低いことが大きな課題であり、この向上にも資するものである。3-2 は、天然海域での初期生活史での生残りで重要な餌の探索に必要な視覚の特徴把握と発育変化を明らかにするもので、この研究で得られる情報は養殖飼育における最適な餌の選択にも利用できる。3-3 は、餌料が十分でない天然海域での生残り（ほとんどの仔魚は飢餓により死亡するとされている）で重要な仔魚の摂餌生態、摂餌行動それらと成長と生残の関係を明らかにしようとするものである。この情報は、完全養殖技術での仔魚飼育での給餌方法の開発に応用できる。3-4 は、天然海域での仔魚の餌料生物（動物プランクトン）の栄養分析を行い、どのような栄養成分がマグロ属仔魚に必要かを明らかにしようとするものである。餌料の必須栄養成分が明らかになれば、養殖で与える餌料に応用できる。

PO4 の内容はすべてキハダの完全養殖技術開発に関するもので、4-1 は今後キハダの発育や成長の様相を遺伝子発現で明らかにするためのツール開発である。養殖では飼育魚の健康管理や疾病対策が必要である。4-2 ではマグロ養殖で特に大きな問題となっている寄生虫症について研究を実施した。4-3 は、野生で捕獲する親魚候補魚や人工孵化して育てた飼育魚の捕獲や輸送技術開発である。マグロ類は稚魚・幼魚期での捕獲や輸送が極端に困難であり、他の魚種とその点が大きく異なる。捕獲や輸送は養殖では必須のプロセスなのでそれらの方法開発が必要である。これまで世界で本格的にキハダ稚魚から幼魚までの飼育に成功した例は皆無であり、4-4 はプロジェクトにおける研究成果を総合して挑戦しなければならない大きなマイルストーンと言える。またこれができなければ養殖は不可能となる。4-5 はキハダ養殖で用いる生物餌料、配合飼料の開発を目的として実施された。魚類養殖でそれらは種によって変える必要がある。クロマグロではすでにかなりの知見が集積されているが、それと比較しつつ研究を進めた。

Ｉ－（4）－１．　初期発育解明と飼育技術開発チーム

①研究のねらい

魚類の資源量変動では、卵、仔稚魚期に起こる初期減耗が将来の資源量の鍵を握ることが知ら

れている。このため、資源管理研究では、卵、仔稚魚期の生残過程を明らかにすることが大変に重要である。本研究チームは、大規模回遊魚のクロマグロおよびキハダ仔稚魚の生態的特徴について初期減耗の原因となる要因についてその影響を解明するとともに、キハダの資源増強の基礎知識を得ることを目標にしている。具体的にはキハダとクロマグロの卵、仔魚、稚魚、幼魚期までの天然海域での成長、発育、生残の様相、特にこれらと環境要因および餌料との関係を両種で比較しつつ明らかにすることを目的の一つとしている。また、キハダの人工孵化・養殖技術の基盤整備のために飼育下での成長、発育、生残の様相とそれらの改善策を開発することをもう一つの目的としている。

また必要な場合や、キハダ、クロマグロで試料の入手が著しく困難な場合は、マグロ属近縁のサバ科魚類や入手が容易な魚種で試料を得た。

②研究実施方法

本分野での研究は、日本の近畿大学水産研究所において飼育親魚から得られた太平洋クロマグロ受精卵、パナマ共和国アチョチネス研究所において飼育親魚から得られたキハダ受精卵からの飼育実験を必要な試料を得る手段としたが、遺伝的な多様性が必要とされる試料、飼育下では得にくい試料については、パナマのアチョチネス周辺海域、日本の串本、沖縄周辺海域で捕獲したキハダやクロマグロから採取した。仔稚魚飼育研究においては、クロマグロとキハダの試験結果の比較が可能なように、できるだけ飼育設備、環境を同じとなるように努めた。そのために、貧弱で脆弱であったアチョチネス研究所における飼育施設をかなり改良した。また、キハダの稚魚から幼魚の飼育研究・飼育技術開発では、パナマ共和国において初めてマグロ飼育用をアチョチネス研究所沖合の研究用海域に政府の許可を得て設置した。さらにキハダ親魚候補魚の捕獲や輸送試験用に船舶を配備し活用した。

③当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況とインパクト

以下 PO との関連で各項目の進捗状況とインパクトについて述べる

A 卵発生過程（PO3-1-1）

自然産卵により得られた受精卵の形態形成過程を追跡するとともに、胚期の各発生段階における始原生殖細胞の動態を調べた。

26℃における胚期の発生段階の進行を詳細に観察したところ、本種の胚発生過程の進行は、クロマグロよりも後期胞胚に入る時間が遅く、逆に後期胞胚から胚環形成に至る時間は速いことなどがわかった。また、胚期の始原生殖細胞は、80%被覆期には胚体側部と卵黄細胞膜の間に観察されたが、20～30 体節期には体節下部に移動し、孵化期には消化管後端の左右側部に 8～10 個集中して存在することがわかった。それ以前の動態については、vasa 遺伝子生殖細胞特異発現遺伝子のプローブを作製して、さらなる解析を進めている。

B 卵発生速度と水温の関係（PO3-1-2）

キハダの卵発生の基本情報として、水温による卵発生の速度の違いを明らかにした。キハダ卵はクロマグロ卵より小さく、孵化仔魚の体長も小さいこと、また最適孵化水温はクロマグロでは24℃であるのに対し、27℃であることが明らかとなった。

C キハダ仔稚魚の外部形態・内部形態の発育（PO3-1-3、3-1-4、3-1-6、4-5-1、4-5-2）

仔稚魚の外部形態や骨格、内臓器官や組織の発育過程を明らかにすることは、これまで知見が極めて少ないマグロ類仔稚魚発育の基本的な知見として重要である。また仔稚魚期の消化器系の発育は、消化機能の発育を明らかにして適切な人工飼料を開発すること、すなわち完全養殖ための飼育技術開発において重要な知見となる。

・飼育下での成長と生殖巣の形態、細胞構成の発育

アチョチネス研究所の陸上親魚水槽で 22～23 時に自然産卵された受精卵を採取して、水温 24.3～28.6℃でワムシ、アルテミア、孵化仔魚を順次与えて飼育した仔稚魚を用いた。この間、孵化後 1、 3、 5、 7、 10、 14、 20、 24、 27、 および 30 日にそれぞれ取り上げた個体をブアン試液で固定後、各発育段階の任意の 5 尾の脊索長または標準体長を測定したのち、常法で 6 μm 厚のパラフィン切片として、生殖細胞の位置、数および生殖巣の形態と細胞構成の変化を観察した。

供試魚の体サイズは、1 日齢には 3.1 mm であったものが 10 日齢には 4.7 mm、14 日齢には 5.8 mm になるとともに尾骨が形成され、20 日齢には 9.3 mm、30 日齢には 16.7 mm に成長した。始原生殖細胞は 1 日齢には消化管の後端背部に 15±2.3 個(Av±SD)が集中していたが、3 日齢にはストローマ細胞にすでに接触しており、10 日齢にはさらに周囲を囲まれ生殖巣原基を形成した。その後 14 日齢には生殖原細胞の肥大が観察されたが、20 日齢になってもその数は 14±1.5 個であった。その後、27 日齢から生殖細胞の極めて緩やかな増加が見られ、30 日齢には 22±3.2 個となった。しかし、輸精管や卵巣腔の形成など性分化の兆候は、孵化後 30 日ではまだ観察されなかった。

・キハダの消化系および消化酵素の発達

キハダ消化酵素遺伝子をクローニングして仔稚魚の成長に伴う発現をクロマグロと比較することにより、キハダ初期飼育のための基礎的知見を得ようとした。孵化後 20 日齢のキハダより消化酵素（アミラーゼ、キチナーゼ、トリプシン、キモトリプシンおよびペプシン）の cDNA をクローニングし、全長の塩基配列を決定してアミノ酸配列を推定するとともに、孵化後 30 日目までの仔稚魚におけるそれら遺伝子の発現を RT-PCR 法により調べ、すでに解析済みであるクロマグロと比較した。アミラーゼおよびキチナーゼ遺伝子を各 1 種類ずつ、トリプシンの前駆体であるトリプシノーゲン、キモトリプシンの前駆体であるキモトリプシノーゲンおよびペプシンの前駆体であるペプシノーゲン遺伝子を各 2 種類ずつの塩基配列をそれぞれ決定し、分子系統樹を作成したところ全ての遺伝子がクロマグロと同じクラスターに位置し、いずれの消化酵素もクロマグロとその構造が類似していることが推測された。消化酵素遺伝子の発現時

期もクロマグロとキハダでは類似していたが、発現の開始がキハダの方がわずかに遅い可能性が考えられた。

D クロマグロ仔魚の成長能・飢餓耐性とそのキハダとの比較（PO3-1-3、3-3-3、3-4-2）

近畿大学水産研究所大島実験場にてクロマグロが受精卵より飼育された。クロマグロはキハダより大きな体サイズで孵化し、孵化時にはキハダよりも内部エネルギーを多く持っており、飢餓耐性も高い。小型の卵（マグロ類で直径約 1 mm）を多産する魚類の場合、孵化直後は口も開いておらず、目も見えないので、専ら卵黄などの内部エネルギーに依存して過ごすが、数日後には消化管もでき、視覚も備わって餌を取る、すなわち外部エネルギーにエネルギー源をシフトする。このときに環境中には餌料生物（動物プランクトン）が少ないと大量死が起こる。この時期を資源学的には Critical Period と呼び、初回摂餌の成否がその後の資源量に大きく関与すると考えられている。この時期の飢餓耐性はそのわずかな差が個体の生死、ひいては資源量を左右する重要な因子となる。また、クロマグロ仔魚はキハダよりも体サイズの小さな餌生物での成長能が劣ることも判明している。

E キハダ稚魚・幼魚の外部形態発育（PO3-1-5）

人工孵化し育てたキハダ稚魚・幼魚について、死亡個体あるいはサンプリングした個体の全長の成長の記録がアチョチネス研究所でカウンターパートにより続けられている。これは今後も完全養殖が達成されるまで継続され、世界で初めての記録となる。

F 仔稚魚の環境適応能の発達(PO3-1-7)

仔稚魚の環境変化に伴う影響を推察するには、各種環境負荷に対するストレス耐性および応答を調べる必要がある。本プロジェクトでは、海洋環境として重要な水中の酸素濃度と、水面を遊泳することの多い仔稚魚の紫外線耐性を調べた。

・仔稚魚の低酸素耐性

仔稚魚を飼育し、連続的な低酸素に対する半数致死レベルを調べた。次に、半数致死レベルでの仔稚魚を取り上げ、リアルタイム PCR を用いて、ストレスタンパク質関連遺伝子の発現解析を行った。

クロマグロの低酸素耐性に関しては、近畿大学農学部キャンパスおよび水産研究所大島実験場で飼育した仔稚魚を用い、当初の計画に従って実施することができた。また、半数致死レベルで仔稚魚を取り上げて試料を保存しストレスタンパク質関連遺伝子の発現解析を行った。キハダについては実施した温度耐性の試料測定、データ解析を終了時までに終える予定である。

・仔稚魚の紫外線耐性

クロマグロ仔魚を近畿大学農学部で飼育し、紫外線に対する半数致死濃度をそれぞれ調べた。また、アチョチヌス研究所のキハダ卵およびふ化仔魚を用い、紫外線に対する半数致死濃度をそれぞれ調べた。キハダの水温耐性については、顕微鏡カメラと計測ソフトを用い、以前に実施

した試料を測定し、データ解析を行った。

クロマグロの紫外線耐性に関しては、近畿大学農学部キャンパスで飼育した仔魚を用い、当初の計画に従って実施し、新たな知見を得ることができた。キハダの紫外線耐性については、アチョチヌス研究所での卵およびふ化仔魚を用いて実施したが明瞭な結果は得られなかった。キハダの水温耐性については、以前に実施した試料を測定し、データ解析を行っている。

G 視覚の発達過程（PO3-2-1～4）

キハダとクロマグロ仔稚魚の自然環境下における適切な生息環境を推察するには、それぞれの魚の視覚特性と光情報に対する行動、飼育成績を詳細に調べる必要がある。

本研究では、視物質オプシン遺伝子の同定と仔稚魚期における各種視物質オプシン遺伝子の発現解析を進めた。また、仔稚魚の遊泳行動等に及ぼす光波長の影響を調べた。キハダ視物質オプシン遺伝子の同定は、既報のクロマグロオプシン遺伝子配列を参考にプライマーを作成し、仔稚魚期における各種視物質オプシン遺伝子の発現解析を進めた。また、昨年に引き続き、仔稚魚の遊泳行動に及ぼす光波長の影響を調べるため、波長の異なる各種 LED 下で仔稚魚の遊泳行動を調べ、遊泳速度、摂餌量等をそれぞれ測定した。さらにクロマグロ仔稚魚の発育に伴う視物質オプシン遺伝子の発現解析を進めた。

キハダの視物質オプシン遺伝子の配列を解読し、同定を行うため、現在は作成した cDNA 遺伝子の構造解析を継続している。また、昨年に続いてクロマグロ仔魚を農学部キャンパスで飼育し、遊泳行動に及ぼす各種 LED 光の影響を調べたところ、再現性が確認された。

H キハダ仔魚の飼育生物環境(PO4-4-1)

マグロ類の仔稚魚飼育において、初期の生残の中でも孵化から給餌が始まる前までの 3 日間程度の期間の生残は、卵質に左右されることが大きいとされ、これまであまり飼育水環境の問題として評価・検討されてこなかった。

本課題ではここに注目し、この期間の生残の評価行うと同時に、飼育水の微生物環境を制御することでそれを向上させることを試みた。ふ化直後のキハダ仔魚を 3 種類の飼育水を用意した試験水槽に収容し、給餌開始期（ふ化後 3 日目）までの生残を観察・比較した。飼育水には、現地で培養したナンノクロロプシス培養液（以下ナンノ）または市販の冷蔵濃縮ナンノを添加した。また、何も添加しない（通常の飼育法、対照区）飼育水も用意した。摂餌開始（ふ化後 3 日目、餌料の投餌はしないで終了）時の生残尾数を計数し初期生残への影響を検討した。

試験における飼育事例では、摂餌開始までに対照区でも半数の仔魚が死亡している事が確認された。市販の濃縮ナンノを添加した事例では飼育成績のばらつきが大きくなり、その添加が飼育水環境を不安定化させる可能性が示唆された。また、培養したナンノも生残が対照区よりも劣るケースもみられ、添加量の過多や培養液のコンディション不良などの条件下では、飼育水環境を悪化させる要因となりうると考えられた。この点については繰り返し試験をする必要がある。ふ化から摂餌開始までの期間は、生残尾数の検討があまり行われておらず、飼育水の管理とい

う考え方もほとんどない期間である。この期間の生残以上に沖出し稚魚が生き残ることはあり得ないので、今回の結果は有用な知見となると考える。

I キハダの初期飼育技術開発（PO4-4-1）

クロマグロの完全養殖技術開発で最も困難ではあるが技術基盤として最も重要な仔魚飼育技術開発では、初期減耗、特に孵化後すぐから始まる浮上斃死と沈降死による減耗については多くの研究がなされている。浮上斃死の防止策としては、水表面への油膜形成により仔魚と水表面（空気）との接触を防ぐ方法がクロマグロを始めハタ類の初期飼育でも用いられるが、水表面への油膜形成は鰾開腔を阻害し結果として沈降死を助長しかねない。クロマグロの仔魚飼育ではこの油膜除去のタイミングが重要かつ限られた期間にしか鰾開腔しないことが判明しているがキハダでは知見がない。そこで、キハダの浮上死防止実験を行い、浮上斃死を油膜形成により防除できるのか検討した。また水表面への油膜形成が鰾開腔を阻害するのか飼育試験を行い成長・生残等を比較した。さらにこれらの知見を基に適切な油膜除去のタイミングを検討する為の予備試験を行った。

キハダの飼育技術開発に向けて浮上斃死の防止方法と、生残の関係を明らかにする為の基礎的な知見を得ることができた。適切な油膜除去のタイミングを検討したが再現性を確認するためにも追試する必要がある。

J 仔稚魚の共食い発生要因(PO4-4-1)

キハダとクロマグロ仔稚魚は、自然環境下でも飼育環境下でも、同種の個体に向けた攻撃行動や共食いが多発するが、その発生原因については不明な点が多い。この行動は自然環境下では両種の仔稚魚の生残りを理解するために、飼育環境下では完全養殖における仔稚魚生産効率を向上させるために詳細の解明が必要とされる。

仔稚魚の全長、体長、体高、上鰐長、口径等の形態測定を行い、共食いが可能の体サイズについて調べた。また、異なる飼育水温下でクロマグロ仔魚を飼育し、複数の観察者で攻撃行動等を測定した。

クロマグロ仔稚魚の全長、体長、体高、上鰐長、口径等の形態測定を行った。そのデータをもとに、共食いができる魚体差について調べ、飲み込が可能な大きさを求めることができた。また、水温によって攻撃行動の発生頻度に変化のあることが示唆された。

K 生物餌料の密度と仔魚の成長・生残の関係解明（PO3-3-1）

キハダとクロマグロ仔魚の天然海域での成長と生残を大きく左右する要因として、生物餌料である動物プランクトンの分布密度が考えられる。これについて、培養生物餌料であるワムシの水槽内密度を変えたキハダおよびクロマグロ仔魚の飼育実験を行ってその影響を調べる。両種の餌料密度と成長・生残を比較することにより、共通の特徴と種間の差を明らかにする。

クロマグロの仔魚飼育で培養生物餌料であるワムシの密度を変えて飼育した結果、クロマグロ

ではこれまで結果が得られているキハダに比べて低い生物餌料密度で顕著に成長と生残が悪化することが明らかとなったが、さらに生物餌料密度の範囲を広げてこの現象について詳細を明らかにすることが必要で現在 2015 年夏に実施した実験結果を解析中である。

L 飼育魚の健康管理（PO4-2-1）

魚類の養殖においては、魚病のコントロールが重要である。特にマグロ類では、これまでの太平洋クロマグロの知見から、寄生虫症が重要な魚病であることが明らかにされている。本プロジェクトではキハダの寄生虫症について科学的知見を得ようとした。

太平洋産キハダを調査したところ、近年日本のクロマグロで問題となっている筋肉寄生性の粘液胞子虫が確認された。キハダ寄生種とクロマグロ寄生種について、胞子の形態と遺伝子を詳細に調べた結果、これらが別種であることが明らかとなった。キハダでみられた種は筋肉の死後融解を引き起こすことで知られる既知種の *K. neothunni* であり、クロマグロ寄生種は新種（Kudoa sp. 太平洋クロマグロ）であった。さらに国内の研究者と連携して、天然クロマグロ、キハダの複数株を調査した結果、キハダでは 2 種が混合感染するが、クロマグロでは Kudoa sp. 太平洋クロマグロのみが確認された。現在はこれらの種の病害性について調査中である。またキハダの筋肉中から見つかった粘液胞子虫の遺伝子と形態を複数のサンプルでより詳細に調べたところ、近縁別種の Kudoa が寄生していることがわかった。

M キハダの海面生簀飼育の適地選定、許可取得、生簀設置（PO4-4-2）

キハダ幼魚海面飼育用生簀設置については，適地選定，設置許可取得を終え，アチョチネス研究所沖合に 2 基の生簀の設置を行った。

N クロマグロ稚魚の運動能力と摂取エネルギー解明（PO4-5-3）

マグロ類は稚魚期など発育の初期から特に高い遊泳能力を有していることが知られている。そのような高い遊泳能力がどのような仕組みで達成されているかを明らかにすることは、基礎的な生物の特徴の解明として重要であるとともに、それをエネルギー面から、特に環境要因との関係についても解明することにより、成長、発育、生存に必要なエネルギーに関する知見が得られ、養殖における飼料の開発に繋がる。

稚魚期のクロマグロを対象として、餌と水温が運動能力と摂取エネルギーに及ぼす影響を明らかにした。密閉した水槽内で、クロマグロ稚魚へ給餌を行ない餌の種類や量を変えて摂餌後の酸素消費量と遊泳速度の変化を測定した。さらに、適水温・低水温時に海上生簀で摂餌後の行動変化測定を実施する。同様の実験をキハダでも実施し、クロマグロとの比較を行ない、キハダ海上生簀飼育のための基礎データとした。

クロマグロ稚魚は、摂餌後に遊泳速度が最大で 1.3 倍、酸素消費量が 1.6 倍に増加することが明らかになった。これは消化・吸収に伴う特異的動的作用によるものと考えられた。低水温環境下(15℃)では、適水温時(25℃)に比べて、摂餌量の減衰・遊泳速度の低下・消化時間の遅延

が見られた。クロマグロ同様にキハダでも餌や環境水温によって同様の運動・生理変化を示すものと考えられる。現在、アチョチネス研究所の陸上水槽のキハダで同様の実験を実施し、解析を行なっている。

O キハダ飼育における空気、飼育水供給等あるいは微生物環境と成長・生残の関係解明（PO 4-4-1）

微生物環境と成長・生残

飼育試験において飼育水の細菌数が飼育開始直後に急増することを確認したので、飼育水での細菌の増殖は不可避との前提でこれをいかに制御するか、という課題を設定して研究を進めた。細菌群の解析については、分子生物学的な手法の導入を試行し、解析条件の検討を行った。これらの課題を検討するため、のべ 3 回の飼育試験を実施した。現在その結果を解析している。

飼育水流動が仔魚の生残に及ぼす影響

キハダの飼育初期における沈降現象の発生を軽減するために，適切な飼育水の流動環境について調べる。すなわち，水槽形状および水流発生法の異なる環境下でキハダ仔魚を飼育し，摂餌数，成長，生残率等の飼育成績に及ぼす影響をそれぞれ検討する。

水槽形状および水流発生法の異なる環境下で飼育成績の異なることが示唆された。飼育成績等について，さらに解析を進めている。

P キハダの完全養殖を目指した陸上水槽における仔魚から稚魚、稚魚から幼魚までの海面生簀および陸上水槽での飼育（PO4-4-3、4-3-1、4-3-2、4-3-3）

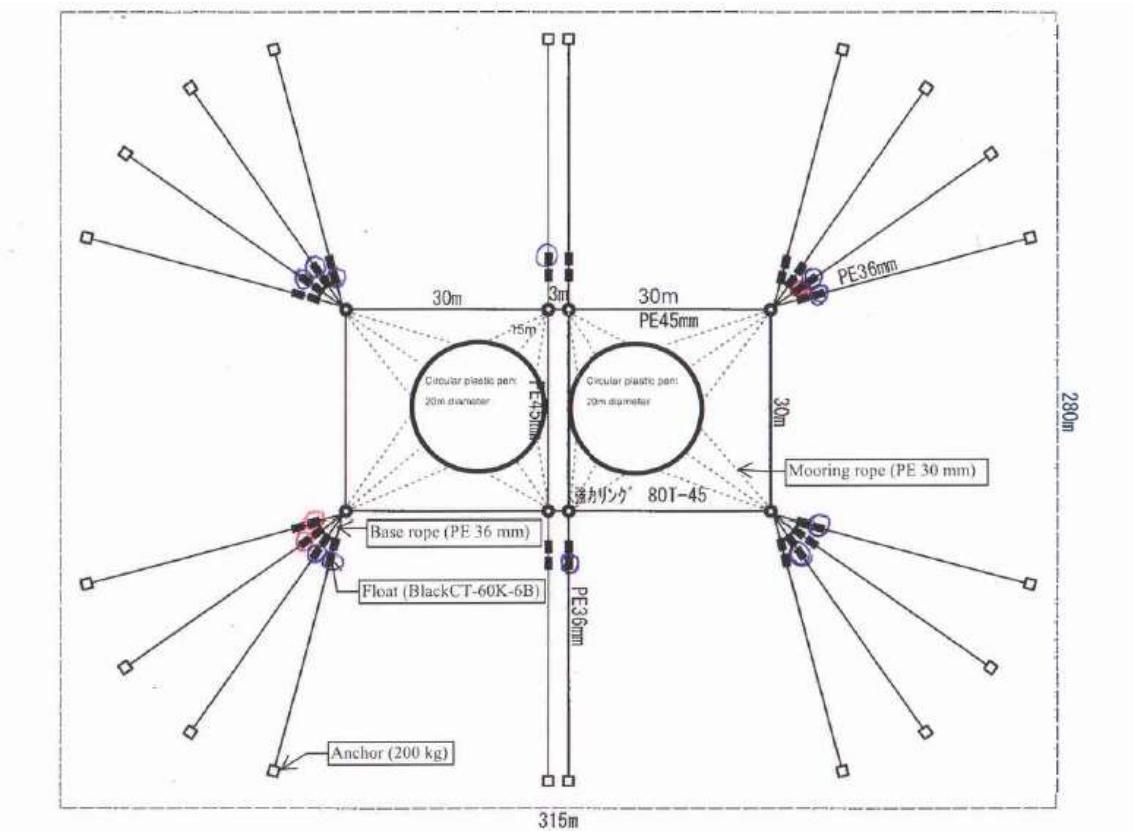
プロジェクト期間 5 年の最終年度を迎える今年、これまでの研究成果と育成した人材を活用し、陸上の水槽で育成したキハダ稚魚を海上の生簀に移し約 4 週間の飼育の後、さらに陸上へ再度輸送し大型水槽に収容した。クロマグロでも困難な海面生簀での生残率は当初目標の 20%を超え 28.5%を達成した。今後はプロジェクト終了後も同様の飼育を継続し、数年後の産卵すなわち完全養殖を目指す。

海面生簀設置場所の選定、生簀の組み立てと設置

海面生簀はパナマ共和国アチョチネス研究所沖合の水深 30 m に設置した。設置に当っては、あらかじめ設置、その後の管理、飼育管理計画をカウンターパートと立案し、必要な人員、機器、設置と管理のスケジュールを決定した。また、生簀設置に当っては、海域を管轄する ARAP 内部でも許可申請を行った。アチョチネス研究所沖合に設置を行ったのは、パナマ政府の管轄する実験海域であり、研究所から目視でき管理が容易なこと、稚魚の陸上水槽から近く、稚魚期以降の飼育のための輸送に時間がかからないこと、漁船や貨物船等の通行の妨げにならないことを考慮した結果である。

設置場所の選定では、海風、波浪、海流の観察と聞き取り調査による情報収集を行った。ここでは IATTC および ARAP カウンターパートのこれまでの経験と地元漁業者による情

報が有効であった。またこれ以外に、生簀係留装置であるアンカー（1 基約 200 kg）や係留ロープ等の設計の資料とするために、近畿大学専門家の潜水による底質調査が行われた。その結果現場海域は、底質が砂であり、固定アンカーが効きにくく、アンカーの爪を特別の形状に設計した。生簀は日本から輸送し、日本の生簀製作業者から人員が派遣され、また必要な機器が輸送されて現地で組み立てた（下図参照）。



キハダ稚魚幼魚飼育用海面生簀（中央円形部分）および生簀係留系設計図．生簀の直径は 20 m

陸上で組み立てた生簀は、カウンターパートと地元漁業者が協力して専門家の指導のもと設置海域に運ばれ、専門家と日本から派遣された生簀製造会社が指導して現地に設置された。

生簀の組み立て（左）と組み立てた生簀（右）

生簀の海面設置後は、フロートの破損や流出があり、その管理が専門家とカウンターパートの連携で行われた（下図参照）。

海面生簀のフロートの点検を実施するカウンターパート

また、キハダ飼育にあたっては、自動給餌機の設置法や、稚魚が夜間生簀網に衝突して死亡することを防ぐ夜間照明筏で工夫があった。

キハダ稚魚・幼魚飼育の詳細

１．時間的な経過

2015 年 4 月 21 日

パナマ共和国ロスサントス県アチョチネスに所在する IATTC アチョチネス研究所にて、同研究所の陸上水槽で飼育されているキハダ親魚から 73,080 粒の受精卵を得て 7 m^3 容水槽にて飼育を始めた。

2015 年 6 月 12 日（孵化後 52 日）

人工孵化させ育てたキハダ稚魚 238 尾（平均全長 12.1 cm）を、同研究所沖合の海面生簀に移す。その後 26 日間海面生簀で飼育した。

2015 年 7 月 8 日（孵化後 78 日）

生簀で生存していたキハダ幼魚 68 尾（生存率 28.6%、平均全長 18.7 cm）を再び陸上に移送し，大型水槽での飼育を始めた。

2015 年 8 月 30 日（孵化後 131 日）現在

2 年後の産卵、完全養殖達成を目指し、卵から全て陸上水槽で飼育していたキハダ幼魚と合併し、大型陸上水槽の飼育を継続中。推定生存尾数 18 尾。

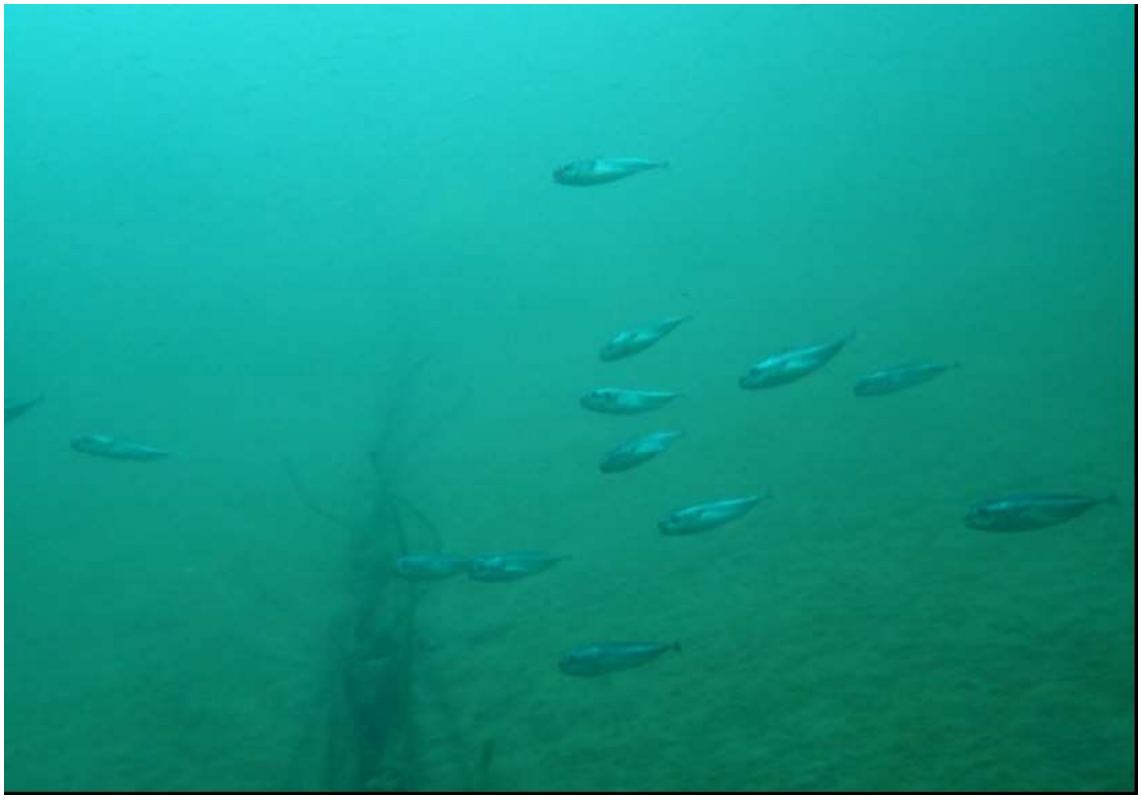
2015 年 9 月 29 日（孵化後 161 日）

陸上水槽で飼育されていた最後のキハダ幼魚は死亡した。陸上水槽での死亡は主として正体不明の鳥またはコウモリによる夜間の食害、衝突死であり、時に食害による減耗は予想を超えたものであった。これにより本プロジェクトでの完全養殖の達成は不可能となったが、今後それに向けた研究に貴重な情報、大きな教訓を得ることができた。

これらの過程においては、飼育魚の収穫、輸送でこれまでにない新たな方法が採られた他、これらの場面では、ハンドリングが難しく、大量死が頻発する稚魚・幼魚の扱いで特に留意する点、例えば溶存酸素のモニタリングが PO4-3 の内容として共同研究された。

生簀網の投入前の陸上での点検（左）陸上水槽で育てたキハダ稚魚の海面生簀へ輸送するための収穫（右）

収穫したキハダ稚魚の浜までのトラック輸送



生簀網の中を泳ぐキハダ稚魚

IATTC アチョチネス研究所の水槽で最後に死んだキハダ幼魚

以上のように初期発育解明と飼育技術開発はほぼ全ての緩急計画（PO）の内容について研究が実施され、新たな科学的知見が得られている。各項目では今後の研究で明らかにすべきところがあるものの、計画通り研究が行われたことは専門家とカウンターパート、それを支えた各所属機関、JST、JICA、在パナマ日本大使館、機器調達に協力頂いた日本およびパナマの企業、その他関係者の協力のお陰である。

④ カウンターパートへの技術移転の状況

本研究分野では、上記の研究はほぼすべてカウンターパートと共同でマンツーマン体制で実施され、飼育技術、分析技術、またそれを纏める技術が指導された。IATTC の数名の研究者を除いて、それ以外の IATTC そして ARAP のほとんどのカウンターパートは本プロジェクトでの研究は初めてに近い経験であった。指導した技術のうちには短期間でカウンターパートが習得できた技術もあれば、今後さらに習得に時間を有する技術もある。一概には技術移転の状況を評価することは難しいが、カウンターパートは皆熱心に技術習得に取り組んだ結果、かなりの部分で自立して研究ができる技術が身についた、あるいはその考え方が身についたと言える。また、本プロジェクトでは魚類飼育、そのなかでも最も難しいマグロ類の飼育に初めて取り組み、その考え方や実施態度について学んだことは、今後カウンターパートの大きな財産となろう。しかしながら、今後も継続的な習得が必要であることは言うまでもない。

一方で、カウンターパートは、特にキハダの稚魚・幼魚の海面生簀での飼育研究では、生簀の設置、運営、飼育に、日本の技術とは異なる考え方やそれまでの経験に基づく技術を用いて近畿大学専門家と共同で取り組み、新たな技術開発に貢献した。それは今後のパナマでの養殖技術開発、飼育研究を切り開く可能性を十分に感じさせるものであった。

本プロジェクトでは、カウンターパートのキハダの仔稚魚飼育技術習得については、特に基盤となる技術であるため、これを研修コースとして実施し、5 名が研修を受けた他その技術は「Larval and juvenile rearing of yellowfin tuna (YFT) in SATREPS project」としてマニュアル化された。さらに、海面生簀の維持管理についても研修を実施し、修了者 4 名を得た。さらにプロジェクト終了直前には、今後カウンターパートが自らの知識で海面養殖適地を選定できるように、2 日間の実際の候補地を視察しながらの研修を実施し、7 名の修了者を得た。これらはどれも今後のパナマ共和国での魚類飼育研究、養殖産業発展に欠かせない知識、技術であり、すべてきちんと技術移転された。

⑤初期発育解明と飼育技術開発チームの研究成果のインパクト

初期発育研究、飼育技術開発では、仔稚魚・幼魚の飼育が最も基本となるが、パナマでのキハダの仔稚魚・幼魚の飼育では、日本で行うような設備が整っていないこと、それをプロジェクトで全て整えるのは費用の点から困難であったこと、自然環境が異なることなど予想以上に大きな障害、難点があった。プロジェクトではこの克服にカウンターパート

と共同で取り組めたことが、近畿大学専門家にとっても大きな経験となった。この経験は、特に若い研究者にとって今後の資源管理技術開発、養殖技術開発研究で大きな財産となると考えられる。

また、本分野で得られた内容は、資源管理・予測技術開発での科学的知見の蓄積としてはこれまでにない情報量であり、他国の専門家の意見や感想から、今後このような共同研究が実施される契機となることと確信している。例えば、本プロジェクトでは、クロマグロとキハダの卵から仔稚魚期の成長や生残りとそれに関連する物理・化学・生物要因がの関係が研究されたが、このような研究はマグロ類の資源量に決定的な役割を果たす時期の成長や生残りを解明するものであり、将来さらに知見が集積されれば、マグロ類資源予測モデル作成への貢献が期待される。

さらにこの分野での成果、特にキハダ稚魚・幼魚の海面生簀での飼育は中南米、日本の双方でメディアにより大きく報道され、行政、水産業界、一般市民の関心を高めた。今後そのことにより、プロジェクト活動理解が広がり、活動の継続に繋がることが大いに期待される。本分野での成果は、途上国の食糧産業創出に、日本の科学技術協力が有効であることを大きく印象づけた。またこの稚魚・幼魚飼育技術が定着すれば、アチョチネス研究所は、中南米での養殖研究に加え、資源研究への材料提供を行える拠点となり得る。

Ⅰ－（4）-2.　産卵生態研究チーム

研究グループ A

① 研究のねらい

キハダ親魚の性成熟や生理状態を知るパラメータとして、関連遺伝子の転写産物（mRNA）の定量は有効であるが、クロマグロ、キハダには関連遺伝子の塩基配列情報は未整備であった。よって基礎情報となるcDNAライブラリーを整備し、mRNA定量の網羅的な解析に使えるmicroarray作成のための情報とした。また、対象遺伝子の完全長同定を行うためBACライブラリーの整備（PO4-1-1）、様々な遺伝解析に有用なマイクロサテライト領域増幅プライマー開発を行う(PO 4-1-2, 4-1-3, 4-1-4)。加えて、産卵親魚の生理状態把握のための遺伝子発現解析と家系判別・育種のための基盤整備を行う（PO4-1-1, 4-1-2, 4-1-3, 4-1-4, PO4-1-5, 4-1-6, 4-1-7）。

② 研究実施方法

<u>両種産卵親魚の生理状態把握のための遺伝子発現解析と系統判別・育種のための基盤整備</u>

生殖腺を含む内臓の生理状態把握として、指標となる遺伝子群発現状況を解析するため、遺伝子群のライブラリー作成とクローニングが必要となる。両種各臓器で発現しているmRNAを採取し、cDNAライブラリーを作成した。このためには、捕獲直後のキハダを解剖し、筋肉や内臓を液体窒素で保存しなくてはならない。よって、沖縄県沖へ赴き、キハダ捕獲を行った。

さらに、母系解析や生理状態把握、個体識別、育種等で必要となる様々な遺伝子のライブラリーとして、キハダのゲノムDNAの1セットをライブラリー化したBACクローンを作成した。　研究実施のため，近畿大学側にPCR機，ナノドロップ分光機，ブロックインキュベーターを整備した。同様にパナマ水産資源庁研究体制構築として，高速微量遠心機，roter geneリアルタイムPCR機，サーマルサイクラー，ナノドロップ分光機を整備した。指導，共同実施カウンターパートはカーラ・アダムズ氏，イリアナ・タピア氏，ジャン・カルロ氏，マル・ロペス氏，スザンナ・クサッティ氏。マル・ロペスは最終年度からのSATREPS参加であり，実験指導をまだ行っていない。ロペス氏を除く全員に魚類筋肉，血液，受精卵1粒由来DNAの分析法を伝授した。(PO1-4・4-1)

発表論文

T. Kobayashi, T. Honryo, Y. Agawa, Y. Sawada, I. Tapia, K.A. Macìas, A. Cano, V.P. Scholey, D. Margulies and N.Yagishita. (2015) Gonadogenesis and slow proliferation of germ cells in juveniles of cultured yellowfin tuna, *Thunnus albacares*. *Reproductive Biology*, 15, 106-112

Y. Agawa, M. Iwaki, T. Komiya, T. Honryo, K. Tamura, T. Okada, N. Yagishita, T. Kobayashi, Y. Sawada. (2015) Identification of male sex‐linked DNA sequence of the cultured Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis*. *Fish. Sci*., 81: 113-121.

③当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況とインパクト

(PO 1-4)予定通り情報整備を終えた。

マグロ類ではゲノム情報が未整備であったので解析対象遺伝子配列同定から始めなくてはならない。調査候補対象遺伝子は多数であるので、多数遺伝子のクローニングの手間を省略できるよう工夫し、キハダ肝臓、幽門垂、頭腎由来 cDNA を次世代シークエンサーで分析した。クロマグロでは肝臓、幽門垂、脾臓雌雄生殖腺の mRNA 解析を行い、下テーブルの通り情報取得した。転写産物の情報は国際 DNA データベースに登録予定であり、既報のクロマグロデータに加え新規にキハダの情報が追加され、層の厚い情報となる。

Table. クロマグロ、キハダ内臓および、クロマグロ生殖腺転写産物解析結果(抜粋)

サンプル	コンティグ数	平均 bp	マップされたリード%
クロマグロ内臓3種	160,582	1156.5	89.25
キハダ内臓3種	182,967	1190.4	89.42
クロマグロ生殖腺	146,534	867.0	91.80

クロマグロでは、作製した BAC クローンライブラリーを分析し、多型が見られるマイクロサテライト領域を増幅可能な25のPCR プライマーセットを開発した。これによりクロマグロ集団構造解析を行えるようになり、研究グループB柳下ら発表論文の成果につながった。キハダでは、作製した BAC クローンにおける末端の塩基配列を決定し、PCR プライマーを開発中である。

本プロジェクトで開発したクロマグロ雌雄 DNA マーカー、近畿大学完全養殖群に適用可能であるが、天然魚群には適用できない事が分かった。よって天然魚キハダへの適用は不可能であると判断した。DNA マーカーの代わりに、雄ホルモン 11-kt の定量で雌雄判別手法できる実験系を立ち上げた。血液と鰭を用いた予備試験では、3 歳魚より雌雄判別可能であることが分かった。

キハダおよびクロマグロの発育関連遺伝子の解析は、既に解読できたインシュリン様成長因子(IGF)遺伝子の一部、および体節形成に関わる Myo-D 遺伝子の一部配列をプローブにして発現解析を進めている。また、それぞれの完全長 cDNA の解読を引き続き継続中である。（カウンターパートの予定外の異動があり，進行少し遅れたものの予定通り終了）(PO4-1-1, 4-1-2, 4-1-4:当初計画を終了、4-1-3: 当初計画の 95% が終了、PO4-1-5, PO4-1-6 当初計画の 85%が終了、PO4-1-7 当初計画通り終了)。

⑤ 研究題目ごとのカウンターパートへの技術移転の状況

キハダ雄性ホルモンの定量によるキハダ雌雄判別を IATTC クサッティ氏と進めた。血液，筋肉および鰭を用いて定量する手法を伝えた。また必要な試薬類を適宜輸送した。(PO4-1-7)

⑥ 研究題目ごとの当初計画では想定されていなかった新たな展開

プロジェクト全体を通して，カウンターパートのプロジェクト途中にもかかわらず現地政治情勢により公務員が離職し活動に参加できない期間があった。後任の CP に一から同じ事を教え，またさらに離職する繰り返しでパナマ側研究者の育成は捗らなかった。

雌の多いキハダ魚群の編成は，安定した産卵の確保を行う上で重要である。クロマグロ，キハダ養殖に雌雄判別は重要な技術である。クロマグロで明らかになった，性に連鎖した DNA マーカーをキハダに適用しようと予定していたがしかし，近畿大学第二から第四世代に適用可能なものは野生のクロマグロに適用できないことが分かった。このことから，天

然キハダに DNA マーカーを適用するのではなく，性ホルモンの定量によって雌雄判別を行う取り組みをプロジェクト途中から IATTC と協力して試験した（PO4-1-7）。

研究グループ B

① 研究のねらい

太平洋のキハダとクロマグロで，資源管理上重要な遺伝的集団構造を母系解析で把握する(PO2-1)。マグロの産卵生態は，その飼育の困難さから未解明な点が多い。近畿大学で完全養殖されているクロマグロでも，どの雌親が何粒の卵を産んだという情報は無い。これは、海上生簀での受精卵の回収効率が低いこと、親魚が限られた親個体から産み出された完全養殖第2、3世代目であり、遺伝的多様性が低く、現在の方法では雌個体を遺伝学的に区別できないからである。アチョチネス研究所の陸上親魚水槽では、受精卵の回収効率は生簀に比べて高いが、まだ十分ではない。また、そこで飼育されている野生捕獲親魚は遺伝学的多様性を保持し、固有のD-loop配列を有することから、雌個体の識別は容易である。本研究を通じてキハダで得られる情報、すなわちどの個体がいつ、何粒産卵したかはマグロ属産卵生態を知るうえで大変貴重な情報である(PO2-1)。

クロマグロ、キハダの海洋での分布と遺伝的多様性を知ることは両種の資源管理上大切である。これを知る目的で野生キハダとクロマグロ標本採取を行う(PO2-2)。

②研究実施方法

野生キハダと太平洋クロマグロの母系解析

クロマグロでは、世界の総漁獲量の70-80%が水揚げされる日本市場の漁獲物から個体ごとに遺伝試料を収集し、解析する。キハダも同様に試料収集すると同時に、パナマその他の漁獲物調査により集団構造を解析した。

両種野生個体でミトコンドリアDNAおよび核DNAマイクロサテライト領域の解析を行うとともに、飼育親魚の個体識別、産出卵の親子鑑定などを行う基盤を整備し、親魚の遺伝管理方法を開発する。野村ら2014発表論文では，両種の海域分布に遺伝学的な偏りがないことが報告された（PO2-1、2-2）。

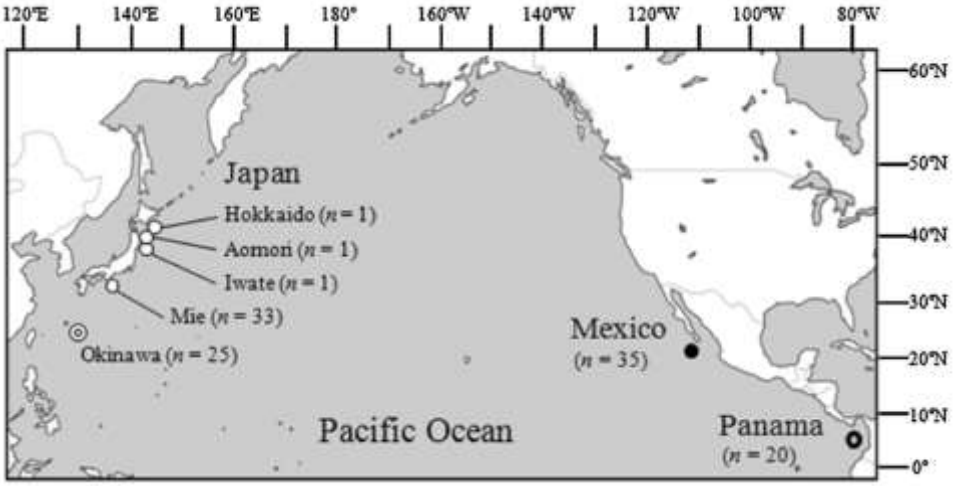


図　(○日本●メキシコ)クロマグロ、(◎日本○パナマ）キハダ採取地 Nomura et al 2014 より引用　　以上追加発表論文

N. Yagishita, Y. Sawada, Y. Agawa, and T. Kobayashi. (2014) Isolation and characterization of 25 microsatellite loci from the Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* (Perciformes, Scombridae). *Conservation Genetics Resources* 6, 189-191

S. Nomura, T. Kobayashi, Y. Agawa, D. Margulies. V. Scholey, Y. Sawada and N. Yagishita. (2014) Genetic population structure of the Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* and the yellowfin tuna *Thunnus albacares* in the North Pacific Ocean. *Fish. Sci.*, 80: 1193–1204.

③　当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

キハダと太平洋クロマグロの母系解析（PO 2-1、2-2）

ミトコンドリア DNA の分析では、クロマグロの日本産 36 個体および中米産 35 個体について 398 塩基対を、キハダの日本産 25 個体およびパナマ産 20 個体について 411 塩基対の調節領域の塩基配列を決定した。マイクロサテライト領域の分析では、クロマグロについて 12 遺伝子座、キハダについて 8 遺伝子座を解析した。その結果、ミトコンドリア DNA およびマイクロサテライト領域において、両種とも太平洋東西の集団間に遺伝的差異は見られなかった。

アチョチネス実験場産卵キハダの分析を行った所，2014 年産卵個体は 1 個体で，孵化率が良かった日，悪かった日共に 1 尾由来の卵であることが分かった。2015 年産卵分の調査をしたところ，生け簀に沖田視したロットは 2014 年産卵分と，2015 年に新たに判明した母系 2 尾であった。これとは別の 2015 年試験用のロットでは 2014 に産卵した個体 1 尾に由来し，日によって産卵の有無があることが明らかになった。

クロマグロ系統判別・育種のための基盤整備

クロマグロでは，整備作製した BAC クローンにおける末端の塩基配列を基に、多型が見られるマイクロサテライト領域を増幅可能な 25 の PCR プライマーセットを開発した。

キハダにおいても作製した BAC クローンにおける末端の塩基配列を決定し、PCR プライマーを開発した。

④　カウンターパートへの技術移転の状況

この他，PCR 法の基礎，筋肉や受精卵 1 粒の DNA 調整法とこれらを用いた親魚（母系，D-loop）分析法をパナマ人 CP に習得してもらった。また DNA 解析技術を用いたキハダの雌雄判別と親魚編成技術は研修コースとして実施し、修了者 1 名を得るとともにその技術は「クロマグロ小離鰭の 11-kt ホルモン定量による雌雄判別法実験手法」としてマニュアル化された。

⑤　研究題目ごとの当初計画では想定されていなかった新たな展開

キハダおよび太平洋クロマグロの飼育下での産卵状況、産卵と環境との関係に関する情報の収集（PO 1-1.～1-4.）（H25 年度）に採集した親魚候補が、今年度 5 月中旬から産卵を開始した。このことを受けて産卵生態や初期発育に関する研究も再開出来たが、産卵時刻がこれまでの 22～23 時でなく、14 時～14 時 30 分ごろと、大幅に変化した。これが親魚の遺伝的影響か年齢の影響によるものかは定かではない。産出卵の卵質の安定化を測るべく、今後の状況を見据えたい。

栄養要求と配合飼料開発チーム

§1. 親魚餌料と産卵成績（PO1-3）

①　研究のねらい

キハダ（キハダ）およびクロマグロ（太平洋クロマグロ）の産卵生態と初期生活史を明らかにするには、産卵期における親魚の栄養要求を満たす必要がある。これまで多くの海産養殖魚で親魚餌料に関する検討が行われ、イワシ類やアジ類、軟体類のイカ、甲殻類のナンキョクオキアミなどを単独で、あるいは組み合わせることで優れた産卵成績の得られることが示されている。一方、産卵親魚の配合飼料開発も試みられ、脂肪酸ではドコサヘキサエン酸（DHA）とイコサペンタエン酸、リン脂質のレシチンおよびビタミン E や C などに効果のあることが報告されている。IATTC アチョチネス実験場では陸上産卵水槽で飼育するキハダ親魚に、冷凍イワシ類やイカ類に市販のサケ・マス用配合飼料を加えたものを主に給与していたが、産卵数や発生率、ふ化率が日によって大きく変化し、安定した産卵実績が得られない状況が続いていた。そこでまず、餌料種の違いがキハダの産卵行動や成績に及ぼす影響について検討し、次いで、産卵成績とそれら餌料の栄養素（水分、タンパク質、脂質、灰分、DHA および EPA）含量との関係について調べた。なお、我が国におけるクロマグロ親魚は生簀網で産卵させることから、産卵数をはじめ産卵成績について詳細な検討は行われていない。

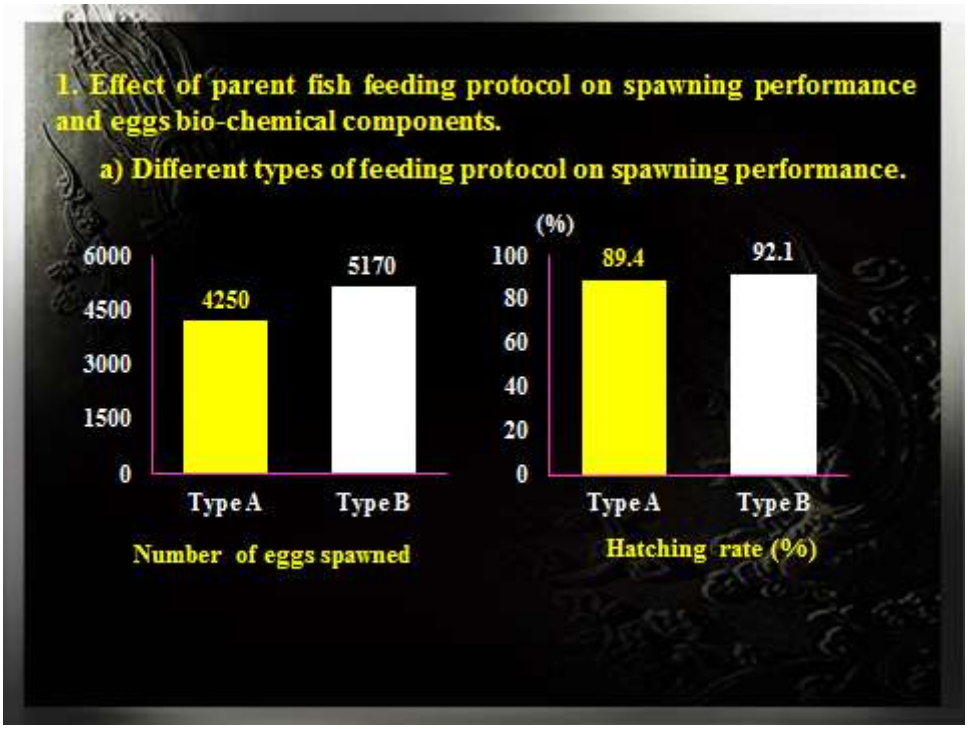
② 研究方法と成果

アチョチネス実験場の陸上水槽で飼育している親魚群に、イワシ類：イカ類を重量比で50～75：50～25（タイプ A）および 50：50（タイプ B）になるよう 10 日間それぞれ連続して給与し、毎日の産卵数やふ化率の変化について調べた。また、給与したイワシ類やイカ類の栄養素含量についても分析した。一方、卵発生に伴う生化学的な変化の把握は、親魚飼料が具備すべき条件やふ化後の栄養要求重要の理解につながる。そこで、卵発生における各ステージ卵を採取して栄養素成分と各種酵素活性を測定した。

期間中における産卵数およびふ化率の平均値で比較すると、イカ類を多く給与したタイプ B が 5､100 卵/日で､イワシ類を多く給与したタイプ A の 4､200 卵/日より優れていた（下図参照）。また、顕著な違いはなかったが、ふ化率もタイプ B がタイプ A より高かった。餌料の栄養素についてみると、イカ類がイワシ類より水分および灰分含量が低く、逆に、タンパク質含量は高く、脂質含量に違いはなかった。しかし、マグロ類の必須脂肪酸と考えられる DHA および EPA 含量はいずれもイカ類で顕著に多かった。これらの結果から産卵期におけるキハダ親魚には､タンパク質含量と DHA および EPA 含量の高い餌料を給与する必要がある。おそらく、後述するように、卵発生期間における著しい細胞数の増加や器官分化に、タンパク質と膜リン脂質を構成する高度不飽和脂肪酸が多量に必要なためと考えられる。

キハダの卵発生に伴う生化学成分の変化では、卵の総燃焼エネルギー、遊離アミノ酸、トリグリセリドおよびグリコーゲン含量は徐々に低下し、タンパク質含量は僅かずつ増加した。また、リン脂質含量はふ化直前から上昇する傾向がみられた。卵発生期間に脂質がエネルギー源として消費し、タンパク質を合成蓄積する方向に代謝調節されていることが推察された。一方、GOT、GPT、アルカリ性ホスファターゼおよびクレアチンキナーゼなどの酵素活性は、卵割期から発眼・クッパー氏胞出現期まで低下し、ふ化直前より急激に上昇した。これらの結果から、卵発生において、エネルギー源に受精直後は一部の遊離アミノ酸と期間を通してトリグリセリドを利用し、ふ化前から肝臓や筋肉そして骨格の分化・形成が促進されることを示している。

産出卵には発生に必要なタンパク質や脂質量が保障されていなければならない。キハダにおいても、産卵期には新鮮でタンパク質・高度不飽和脂肪酸含量が多く含まれる餌料を給与しなければならない。



③ 目標達成状況とインパクト

キハダ親魚の産卵期における好ましい餌料生物と栄養素に関して貴重な知見が得られたが、予定していた最適な餌料種の検索やそれらの栄養素含量についての比較試験を実施できなかった。これは、アチョチネス実験場で飼育されている親魚の数が僅かで一群に限られていたこと、ハンドリングによって産卵を停止する可能性があったことなどによる。しかし、卵の生化学成分に関する多くの貴重な知見が得られたことから、目標は十分に達成したと評価できる。

④ カウンターパートへの技術移転状況

親魚餌料に関して本研究を実施するまで生餌のイワシ類やイカ類を、保存数量を考慮した割合で給与する体制にあったが、イカ類を多く給餌すると産卵成績の向上することが理解され、担当のカウンターパートに餌料種と栄養素に対する注意を喚起できた。また、生餌の保管を長期間-20℃で行うとビタミンや生理活性物質が失活するので、冷凍生餌を給餌する場合にはサケ・マス配合飼料でなくビタミン剤を直接添加するのが望ましいことを指導した。アメリカ合衆国から購入した総合ビタミン剤が実際に添加されるようになった。

⑤ 想定できなかった新たな展開

卵発生ステージの変化と生化学的を結び付けることができ、これまでに経験しなかったインパクトをカウンターパートに与えることができた。キハダに限らずパナマにおける親魚餌料の発展が期待される。

§2. 初期発育期間におけるキハダおよび太平洋クロマグロの摂餌生態、成長および生残（PO3-3）

餌料生物と給餌密度がキハダおよび太平洋クロマグロの摂餌、餌料選択、成長や生残率に及ぼす影響（PO3-3-1）

① 研究のねらい

本研究はキハダと太平洋クロマグロの天然資源への加入（卵から孵化して幼魚まで生残し、資源として評価できる段階に至ること）に影響を及ぼす両種の生態や生物学的環境に関する知見を得るために計画された。この比較研究はまた両種の初期生活史（卵から幼魚まで）の成長や生残の割合の潜在的な違いに関する重要な情報を提供する。

② 研究方法と成果

本研究では、IATTC アチョチネス研究所でキハダの、近畿大学で太平洋クロマグロの卵仔魚、稚魚期初期の飼育実験を行い、成長能力、飢餓耐性、摂餌様式を調べた。また、飼育研究の方法の改善を目指して、2 種類のマグロ用生物餌料（動物プランクトン、ワムシ）の栄養強化剤がクロマグロ仔魚の成長と生残に及ぼす影響を比較した。

本研究では、太平洋クロマグロ仔魚はキハダよりも大きな体サイズで孵化し、餌を採り始める（初回摂餌）までにより多くの内部エネルギーを持っていることが明らかとなった。その結果太平洋クロマグロ仔魚はキハダよりも飢餓耐性に優れていた。しかしながら大きな体サイズは、餌となる生物が小さく密度が低いときには成長や生残で有利になることはなかった。一方でキハダ仔魚は太平洋クロマグロ仔魚より成長が速く、初回摂餌が遅れても耐性を持ち、小さな餌でも生残率も高かった。

ワムシの栄養強化剤比較試験は、2 種類ともそれぞれ太平洋クロマグロとキハダの成長と生残に有効であることが証明され、試験方法が正しい結果をえるために適切であることが確認された。

③ 目標達成状況とインパクト

海産魚類の卵、仔魚、稚魚期は大量死と速い成長で特徴づけられる。多くの海産魚類、特に海洋の表層に生息する浮き魚類は多産であり、小さい卵や仔魚を産し、複雑な海洋生態系で摂餌をして成長する。この発育初期における死亡率や成長率は変化に富み、その少しの違いが生き残った魚や資源への加入量に大きな影響を及ぼす。したがって海産魚類の初期生活史においてその生残を制御する物理、化学、生物学的環境を明らかにすることが元雄も重要であり、資源量の評価や資源管理に大いに有用な情報となる。

太平洋クロマグロとキハダは世界で最も産業的価値の高い魚であり、それらの資源加入の変動が資源量の変動に最も直結する。しかしながら両種の資源加入の変動を制御するメカニズムはほとんど明らかとなっていない。本プロジェクトで採られた研究アプローチは、個体や試験個体群に焦点を当てて行うものであり、将来個体群レベルの変動を推測するた

めの、資源加入前の生残に深い洞察を可能にするものである。例えば、太平洋クロマグロとキハダの成長や飢餓耐性を調べた研究は天然海域での初期生活史における成長の程度を予測することに利用可能である。完全に解明されれば、本飼育研究の成果は、計測可能な物理、化学、生物学的要因に基づいた太平洋クロマグロとキハダの初期生活史における生残を予測することに貢献するものである。

本研究を通じて、これまで IATTC と ARAP が実施してきたキハダの飼育研究の成果と、近畿大学が実施してきた太平洋クロマグロの研究成果が比較され、世界で初めて本格的なマグロ類の資源管理のための初期生活史の比較研究がなされたことは特筆に値する。また、そのような研究が、飼育実験を基盤とした国際的共同により可能であることを示したことにより、今後このような国際共同研究が開始されることが予想される。

④カウンターパートへの技術移転状況

研究を通じて、これまで IATTC と ARAP が実施してきたキハダの飼育方法と、近畿大学が実施してきた太平洋クロマグロの飼育方法が比較、検討されて、より改善された研究方法として専門家とカウンターパートに共有されることとなった。

産卵海域の天然プランクトンや生物餌料、そしてキハダふ化仔魚の化学成分（PO3-3-2、3-3-3）

① 研究のねらい

キハダおよび太平洋クロマグロの初期発育期間における成長と餌料生物の栄養価との関係を理解することは、種苗生産を行う上でも資源加入量を推察する上でも有効な手段になる。太平洋クロマグロの産卵場は南西諸島の東岸沖合と日本海の若狭湾から能登半島沖合であり、産卵期にそれら海域での太平洋クロマグロ仔魚や動物プランクトンのサンプリングは容易でない。しかし、アチョチネス実験場の沿岸海域はキハダの産卵場であることから、仔魚やプランクトンの採集は可能である。多くの海産魚の種苗生産ではふ化仔魚の餌料として、培養が可能なシオミズツボワムシ（ワムシ）やアルテミア幼生（アルテミア）が主に給与されている。天然の動物プランクトンと培養したワムシ・アルテミア、そしてキハダ仔魚の体成分の比較も、キハダの種苗生産技術の確立に貢献できる重要な知見の一つである。

② 研究方法と成果

アチョチネス研究所の西沖合数 km の海域が産卵場で、成熟した親魚や稚魚を採捕できる。そこで、実験場所有の小型船舶で産卵場の水深 50 m から、開口部の直径が約 1 m のプランクトンネットを垂直上方に引いて動物プランクトンを採取した。なお、キハダ親魚はアチョチネス実験場では通年産卵することから、この海域でも産卵は通年行われていると考えられている。また、プランクトンの採取は午後 2:00～4:00 に実施した。プランクトンやワムシ・アルテミアの個体数は実態顕微鏡で、栄養素成分は AOAC 法で分析した。また、ふ

化直後および 9 日後の仔魚を必要尾数取り上げて栄養素含量を分析した。

キハダふ化仔魚の栄養素含量は水分 90%、タンパク質 5.3%、脂質 2.0%および灰分 1.0%であった。天然動物プランクトンではそれぞれ順に 90～92%、1.4～5.3%、0.3～0.4%および 3.7～5.4%で、ふ化仔魚に比べてタンパク質と脂質含量が低く、灰分含量が高かった。後述（PO3-3-4）するように初期発育期間ではタンパク質を蓄積し、脂質をエネルギー源として利用する方向で代謝調節していることが示唆された。この点を考慮すると、仔魚の成長を栄養素含量が少ない天然プランクトンで維持するには、多量に摂取し続ける必要がある。そこで、キハダ仔魚のふ化直後から 9 日後までのタンパク質増加量をもとに天然プランクトンの必要量を試算したところ、遊泳能力やタンパク質の蓄積率を考慮すると、少なくとも 1.1×10^{5} 個体/m^{3} のプランクトンが生息する水界にとどまる必要がある。仔魚がそのような条件に生息し続ける確率はかなり低いことが考えられ、これが天然海域におけるマグロ類の低い生残率の一因であると推察できる。しかし、種苗生産に用いられるワムシは水分 85～87%、タンパク質 7.3～7.6%、脂質 0.7～1.3%および灰分 2.0～2.2%であり、アルテミアのタンパク質と脂質含量も天然プランクトンより高かった。太平洋クロマグロの仔魚飼育には主にワムシが用いられており、ふ化 40 日後の生残率は 5～10%で天然海域での 0.1%未満より極めて高い。太平洋クロマグロやキハダにとってワムシでの初期飼育は極めて有効な方法であることを確認した。

③目標達成状況とインパクト

天然プランクトンやワムシ・アルテミアの餌料生物の栄養素含量を明らかにするとともに、天然条件下におけるキハダの極めて低い生き残りは、動物プランクトンの低いタンパク質と脂質含量に基づくことが推察された。一方、生物餌料として繁用されているワムシ・アルテミアの栄養素価が高く、これらの給与が種苗生産における生残率の向上につながることも示唆された。本研究で、ワムシの栄養強化方法に関する重要なポイントが得られたことも注目される。

親魚飼育の難しい状況から PO3-3-1 の研究を実施できなかったが、仔魚期における成長と生物餌料との栄養学的な関係を明らかできたことから、当初の目標を達成したと判断する。

④カウンターパートへの技術移転状況

IATTC 職員を招聘してキハダ種苗生産に有効なワムシの栄養強化方法について論議し、それらに基づいてワムシの培養を実施し、栄養学および生化学成分の分析についても指導した。アチョチネス実験では本研究を実施するまでワムシ培養数のみに注視していたが、数だけでなく栄養的な質も重要であることを認識させた。カウンターパートがパナマでのキハダ種苗生産、特にワムシの培養方法の普及に貢献できるものと確信している。

§3. 初期発育期間における消化器官の発達と機能化および配合飼料開発（PO4-5-1、4-5-2、4-5-3）

① 研究のねらい

キハダおよび太平洋クロマグロの資源の持続的利用を可能にするための産卵生態と初期生活史に関する基礎研究では、単に資源維持を自然に託す受動的な研究に終始するのでなく、資源増強を目的とする積極的な応用的研究も進める必要がある。すなわち、キハダおよび太平洋クロマグロの種苗量産技術の確立に向けた研究も必要である。太平洋クロマグロに関してはこれまでの多くの研究が蓄積され、受精卵の 5～10%を種苗にまで飼育できる技術が確立されているが、キハダにおける種苗生産は緒に就いたところであり、解決すべき多くの課題が山積している。本研究テーマではキハダの種苗生産で最も飼育が難しいとされる初期発育期間に注目し、成長、魚体の栄養素、核酸、各種酵素活性の変化を明らかにして、種苗量産技術の確立に必要な生化学的基礎知見を集積しようとした。また、本グループが開発した太平洋クロマグロ配合飼料のキハダへの利用性を稚魚で確認し、今後の種苗生産技術の確立に必要な応用的知見を得ようとした。

② 研究方法と成果

卵、ふ化直後から 40 日後まで 3～7 日間隔で必要数の仔魚・稚魚を取り上げて、体重と体長を測定した後、魚体の栄養素含量および核酸含量を分析した。太平洋クロマグロ稚魚用飼料のキハダにおける利用性を確認する飼育試験は 2 度実施した。第 1 試験はふ化 30 日、体重 0.12 g の稚魚を 1 m^3 容の水槽に 100 尾収容して試験区を設け、冷凍イワシを細切した生餌とチリ酵素処理魚粉および魚油からなる配合飼料をそれぞれ 1 日 6 回飽食給与して 10 日間飼育した。なお、各飼料に 5 重複区を設けて実施した。第 2 試験はふ化 30 日後、体重 0.45 g の稚魚を 0.5 m^3 容水槽に 25 尾ずつ収容して設けた 3 試験区に、チリ産酵素処理アジ魚粉（CEFM）と魚油からなる飼料 1、ヨーロッパ産酵素処理底生魚粉（EEFM）と魚油からなる飼料 2 およびイワシ類の生餌を、それぞれ 1 日 6 回飽食給与して 10 日間飽食給与して飼育した。

キハダはふ化 29 日後に仔魚から稚魚に変態した。また、キハダの成長は太平洋クロマグロに比べてはかなり遅いことが分かった。太平洋クロマグロは速い成長を維持するために消化のよい CEFM を要求するが、キハダは成長速度が遅いため多少消化性の劣る魚粉でも問題なく飼育できるかもしれない。

キハダの初期成長に注目すると、体重はふ化 12 日後、27 日後および 33 日後に屈曲点が認められ、屈曲点以前より以後の成長速度が急増した。体長の屈曲点はふ化後 9 日後、25 日後および 33 日後に出現し、体重と同様に屈曲点以降の増加が大きかった。次に、魚体のタンパク質、脂質および灰分含量はふ化 12 日後、27 日後および 33 日後から急激に上昇した。しかし、体重を体長 ^{3} で乗じて求めた肥満度は、ふ化後から 6 日後にかけて低下し、その後は 9 日後まで上昇してピークに達した。その後は 15 日後にかけて低下したのち、30 日後まで上昇してピークに達してから 40 日後にかけて再び低下した。これらの結果から初期

発育期には体長の伸びと体幅の増加を交互に繰り返して成長することが示された。そこで、細胞数およびタンパク合成の指標である DNA および RNA 含量を測定したところ、DNA 含量はふ化から 16 日後まで高く推移し 22 日後から低下し、RNA 含量はふ化から 9 日後まで高く推移した後、15 日後にかけて急激に低下し、その後は 27 日後まで上昇した。次に、細胞当たりのタンパク質合成能を示す RNA/DNA 比をみると、先の肥満度と同期した変化が得られ、先に示した初期発育における体幅の伸びと細胞肥大との関係が支持された。これらの変化から、ふ化 15 日後まではワムシを給与し、それ以降 30 日後までは比較的栄養価の高いふ化仔魚を、その後は栄養価の高い生餌あるいは配合飼料に切り替えて飼育することが、早い成長と高い生残率の維持に繋がることが示唆された。

第 1 試験では、開始から 5 日後にかけて生餌区の生残率が 10%まで急激に低下したが、配合飼料区では問題なく成長し生残率は 80%を維持した。そこで、配合区の供試魚を分割して生餌区を設け再試験を行ったが、その開始 5 日後には再び生餌区の生残率が 50%以下に低下し、配合飼料区では順調に成長し生残率も高かった。第 2 試験では生残率の急激な低下はみられなかったが、終了時における生餌区の生残率が 30%と最も低く、CEFM 区の 50%、EEFM 区の 75%の順に向上した。終了時の魚体重は CEFM 区が 3.2 g と最も重く、EEFM および生餌区は 2.4 g 前後で CEFM 区の 75%であった。しかし、タンパク質および脂質蓄積率は CEFM 区と EEFM 区に近似した値が得られ、生餌区が低かった。CEFM 区の生残率が EEFM 区より低かったのは、太平洋クロマグロでもみられる衝突死（脊椎骨、頭蓋骨の骨折が死因となる）が頻繁に起こったためで、CEFM 飼料の栄養学的な問題ではないと考えられる。冒頭でも述べて予想したように、キハダ の成長は太平洋クロマグロに比べて遅いことから、太平洋クロマグロ飼料を充分利用できることを証明した。

③ 目標達成状況とインパクト

初期発育における成長と化学分析から、種苗生産における餌飼料の切り替えのポイントを示すことができた。最終年度にキハダの種苗生産を比較的大きな規模で実施し、沖出しや親魚用稚魚の生産に世界で初めて成功したが、このバックグラウンドにここで得られた知見が大きく貢献したことになる。また、キハダにおいても太平洋クロマグロ配合飼料を充分に利用できることを確認したので、陸上の種苗生産だけでなく海上の生簀網における稚魚飼育で省力化や効率化を可能にした。これらを踏まえると目標を充分に達したと評価できる。今後、パナマにおけるキハダ養殖の発展に寄与できるインパクトは大きい。

④ カウンターパートへの技術移転状況

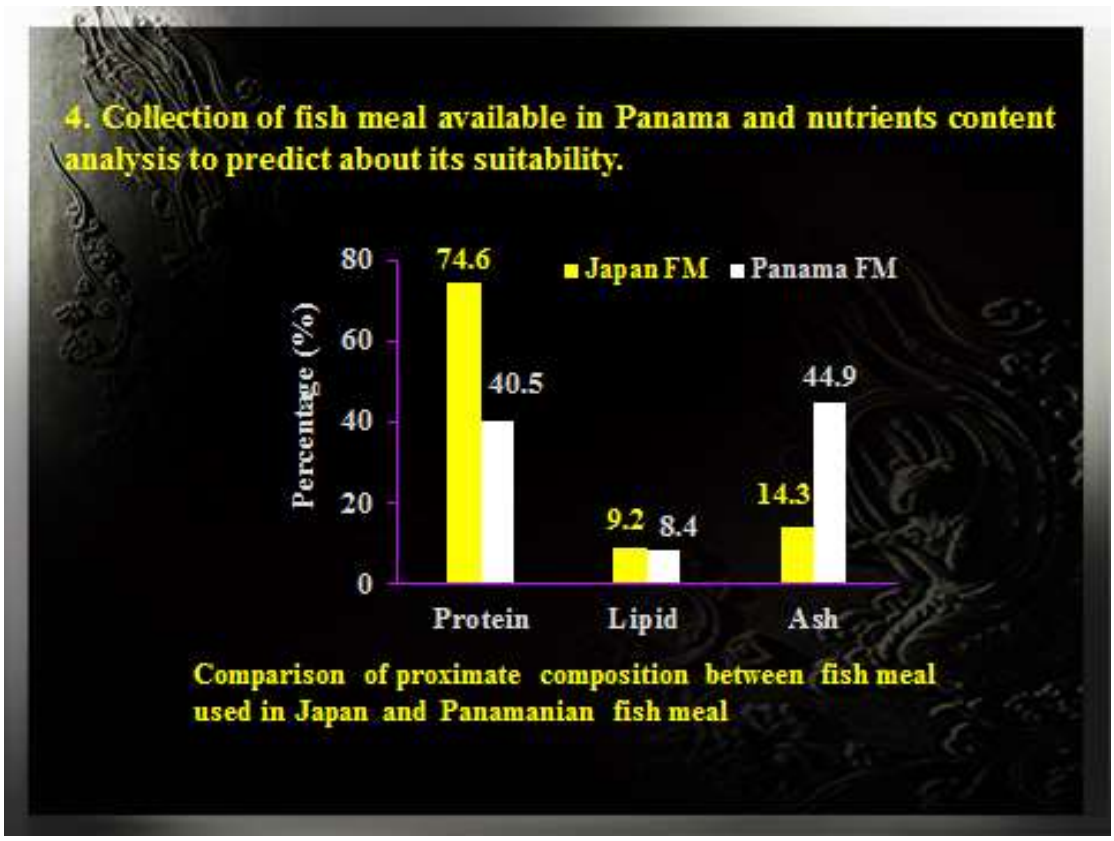
ARAP に所属するカウンターパートとともに、配合飼料でのキハダ稚魚の飼育試験を実施した。飼育試験におけるポイントや飼育技術を指導するとともに、データの処理と解釈についても十分に時間をとり論議した。また、研究者倫理についても話し合った。招聘期間では、飼育試験でサンプリングしたサンプルの分析を指導し、分析技術の習得を促した。したがって、技術移転は十分できたと判断している。

なお、アチョチネス実験場に栄養素（水分、タンパク質、脂質、糖質および灰分）分析および脂肪酸分析のための機器がプロジェクトによって整備された。今後、ARAP や IATTC のみならずパナマ国内における研究の進展や教育に大きく貢献するであろう。

⑤ 想定できなかった新たな展開

パナマ国内でキハダ配合飼料の製造を行うことを想定して、パナマ市郊外の魚粉飼料メーカーを訪問し魚粉の品質について話し合った。我々からキハダ飼料の魚粉の内容について説明したが、提供された魚粉はいずれも品質が劣り、特にタンパク質含量が低く（下図参照）他の海産魚の配合飼料にも使用できないレベルのものであった。パナマ国内で魚類養殖産業を発展させるためには、良質の魚粉だけでなく、脂質源や糖質源、それにビタミン・ミネラルが容易に入手でき、配合飼料の造粒ラインや輸送体系などが整備される必要がある。パナマ政府の今後の努力に期待したい。

本 SATREPS プロジェクトにおいて、キハダ資源の持続的利用に向けた産卵生態と初期生活史に関する多くの基礎的知見を得ることができた。特に、本グループではキハダの卵発生や初期発育期間の栄養学・生化学変化を把握し、栄養要求に関する多くの示唆が得られるとともに、配合飼料の開発が可能であることを現地の担当者を含めて全員で認識した。中米では生餌さえ入手が難しい状況であるが、今後のパナマにおけるキハダ養殖産業の発足・発展を切に願っている。



Ⅱ．国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

(1) プロジェクト全体

1. プロジェクト全体の課題、相手国研究機関の状況と問題点、プロジェクト関連分野の現状と課題

1-1. プロジェクト全体の課題

飼育研究を方法とする資源管理技術向上を目指したマグロ類の産卵生態、初期生活史の研究は、キハダで IATTC がプロジェクト以前に行ったもの以外には世界に皆無であった。本プロジェクトでの研究はこの分野での本格的研究の口火をきるものとなったが、今後その継続が望まれる。マグロ類の飼育には大型施設が必要で運営資金も嵩むので、これにはやはり国際的な共同研究体制が必要であろう。完全養殖の研究もその点では同じであるが、こちらは民間での技術活用を目指すものであるので、なかなか共同研究は難しい点があるが、その基盤整備であれば公的機関も参加でき、企業活動のベースとなるので、共同研究も実施がそれほど困難でないと考えられる。

プロジェクト全体の課題としては、以下の 2 つがあった。

1-1. 食糧科学分野での技術協力における知財の確保

日本の研究機関が先進的な科学技術をもって食糧科学分野で途上国の支援を行う場合、最も留意すべき点は、もともと有する知財や、プロジェクトで生み出された知財の無秩序な拡散を防ぐことである。供与された科学技術、あらたに開発された科学技術が相手国で活用されず、そこから流出して第三国で利用されることは意図しないこととして避けるべきであろう。さらに、対象とする生物が日本でも消費される農作物や水産物あるいはそれ近縁のものである場合、相手国あるいはその周辺諸国、さらには第三国の先進国がそれを生産し、日本に輸出する可能性があり、その場合国内の農業や水産業と競合することになる。いわゆる経済学でいうところの“ブーメラン効果”である。これまでに米や和牛、あるいは漁法や養殖魚などで、必ずしも途上国支援の結果や自発的な技術協力の結果ではないが、国内の食糧生産技術が流出して国内産業を圧迫する結果をもたらした例がある。この問題については、次のような対処法がある。

（1）相手国およびの相手国機関の慎重な選定
（2）研究対象とする生物の慎重な選定
（3）知財拡散を防ぐ方策の実施

（1）については、プロジェクトを実施するに当っては、まず知財の保護を良く理解している相手国機関を選定することは当然のことであり、プロジェクト計画時に優先的に考慮される事項である。(2) についてもプロジェクト計画時に十分に考慮されるべき事項である。本プロジェクトの場合、2 つの上位目標に関して資源管理においては、研究の結果生み出される科学的知見や資源管理技術の直接の利用者は、日本も参加する国際資源管理機関や各国の公立試験研究機関であり、それにより日本のマグロ類漁業が不利益を被ることは無い。

しかしながら養殖の場合は、他の農作物や家畜と同様に、日本に市場が無いながらも、途上国や第三国に市場性を有する研究対象を選ぶ必要がある。そこで本プロジェクトでは、太平洋クロマグロに関しては養殖技術開発を行わず、キハダをその対象とした。漁業で捕獲されたキハダは日本でも市場性があるが、養殖キハダは日本での市場性が無いからである。天然捕獲のキハダは日本での市場価格が太平洋クロマグロに比べて大きな価格差で安価であることから、現在国内では太平洋クロマグロの養殖は盛んであるが、キハダの養殖は行われていない。キハダは天然捕獲では天然・養殖太平洋クロマグロより安価であるが、これを完全養殖すればコストがかかるためにクロマグロと同じ値段になる。その場合日本の消費者は太平洋クロマグロを選択することにより市場性を持たないためキハダの養殖はなされていない。海外でも太平洋クロマグロがメキシコで、大西洋クロマグロが地中海諸国で、ミナミマグロがオーストラリアで日本への輸出を目的として養殖（完全養殖でない蓄養）されているが、キハダの養殖（蓄養）はごく少量あるものの日本へ生産物が輸出されていない。しかしながら、世界的な和食ブームの広がりと、日本人ほどマグロ類の種類を峻別しない消費者の存在は、今後キハダにおいても資源が限られるキハダの養殖による日本以外の国々への供給の可能性が十分に高い。本プロジェクトではそれを考慮してキハダを完全養殖技術開発の対象とした。

（3）に関しては、プロジェクト開始時に交わした了解覚書（Memory of Understanding）に全ての参加機関が知財保護の義務を有することを明記した他、相手国カウンターパートに知財保護の誓約書を書かせるなどの方策を実施した。この他に、国際機関である IATTC には特に、研究成果を論文や学会発表で公表されるまでは、カウンターパートの所属する初期生活史研究グループ内にのみ限ることを取り決めた。さらに、公表する学術論文や学会講演ではいわゆるノウハウに属する知財が公開されないようにした。

これらの 3 つの対策により、本プロジェクトでは、学術論文や研究成果が制限無く第三国に広がることを防いだが、これについては、科学技術分野での知財の保護に十分な経験を有する JST、これまでにも技術協力を行ってきた JICA のアドバイスが非常に有用であり感謝している。

1-2. IATTC アチョチネス研究所陸上水槽で飼育されているキハダ産卵親魚の約 1 年間に亘る産卵停止と、産卵再開後の約 1 年間の卵質低下の影響

近畿大学で飼育されている太平洋クロマグロの産卵については、特に問題無く、順調に受精卵が得られたが、本プロジェクトでは、主たる研究手法は飼育研究であるので、その出発点となる飼育親魚の産卵停止は、本プロジェクトの研究対象生物 2 種のうちキハダの産卵生態、初期生活史研究遂行に少なからず影響を与えた。大型マグロ類の飼育下での産卵は 1979 年に近畿大学で野生捕獲して養成された太平洋クロマグロ親魚が世界で初めての事例である。その後旧財団法人日本栽培漁業協会、国内養殖会社 3 社、地中海にあるイタリアの養殖会社の海面生簀で、キハダ、太平洋クロマグロ、大西洋クロマグロの飼育下での産卵が得られているものの、海洋環境が毎年変動し、安定した毎年充分量の採卵には難

がある。陸上水槽での産卵は、マグロ類は遊泳力が強く、ちょっとした刺激でパニックに陥り、水槽壁に衝突して死亡することが頻繁に起こることから水槽で飼育できる成魚個体数が生簀よりも少なく、葛西臨海水族園と独立行政法人水産総合研究センターで太平洋クロマグロの産卵が達成されており、またオーストラリアの民間企業でミナミマグロの陸上水槽での産卵が達成されているものの、より広い海面生簀での産卵にもまして不安定である。

本プロジェクトにおける研究は、太平洋クロマグロが夏季を中心とする産卵期が限られるのに対し、水温が 24℃以上であれば年中産卵するキハダであるとは言え、数少ない産卵雌親魚が衝突死すると産卵個体がいなくなってしまうということが起こった。これに対しては迅速に野生の産卵親魚候補を捕獲し、新たに導入を図ったが、海域での捕獲後活かして陸上水槽へ移送することは、少なくとも全長 90 cm、体重 20 kg を超える成魚では暴れるなどして困難であり、体重 4 から 8 kg の未成魚を捕獲して成熟するまで 1 年以上飼育する必要があったため、産卵開始とそれによって可能になる研究の開始が遅れた。また初めて産卵を開始した若齢親魚から産み出される卵は卵質が悪く、それから孵化した仔魚が虚弱で生残りが悪く、仔稚魚の飼育研究に支障をきたした。このように産卵親魚の確保と催熟は、大型で取り扱い（ハンドリング）の難しいマグロ類では、研究の大きな課題であった。

対策としては、研究サイトに産卵候補魚が容易に捕獲できる場所を選ぶこと、産卵に必要な環境条件が安定して長続きする場所を選ぶこと、産卵親魚を迅速に補充することなどが挙げられる。これらに当たっては、本プロジェクトで解明された産卵必要環境、外部形態には差がない雌雄の DNA マーカーによる判別法、成熟状態のマーカーなどが今後役立てられることが期待される。

それに加え、本プロジェクトではキハダの受精卵が得られないと遂行不可能な研究が遅滞する間、他の研究を精力的に進め、産卵再開、卵質安定後に集中して遅れを取り戻したこと、その間研究を振り返り、カウンターパートにそれまで実施した研究を学術論文として纏めることを指導したことなどで対処したことで、未実施の内容を生簀での餌料比較試験など最小限に抑えることができた。

1-2. 相手国研究機関の状況と問題点

相手国機関であるパナマ水産資源庁と全米熱帯マグロ類委員会におけるプロジェクト全体としての問題点としては、以下の 3 点が挙げられる。

1-2-1. 相手国機関であるパナマ水産資源庁を含む政府の組織改革による人事異動等

パナマ共和国では 2014 年 6 月に大統領選挙が実施され、新たな大統領が選ばれて政府役職の顔ぶれが一新されたことの影響が大きい。大統領選に伴い、それ以前の数ヶ月と、それ以降も現在に至るまでカウンターパート機関であるパナマ水産資源庁を含む政府の組織改革が進行中で、プロジェクト実施において重要な地位を占める水産資源庁長官および研究部長が未定となっているなどして、プロジェクト活動に関する意志決定が一部滞った結果平成 2014 年度、2015 年度に予定していたパナマ人研究者の日本での研修である。パナマ

水産資源庁研究者の日本研修が水産資源庁内で許可できる責任者がおらず、研修ができなくなり、技術移転・習得に影響があった。

また、パナマ共和国では、国家公務員の身分が大統領選挙を大元とする政権交代の影響を大きく受け、大統領の所属する政党を支持できないカウンターパートが辞職を余儀なくされる事態が生じた。この他に夫が職場を他国に変えたための移住、民間の企業への転職、あるいは上司と衝突しての辞職などもあり 7 名のカウンターパートがプロジェクトを離脱した。そのなかには各研究グループで中心的な役割を期待した者もおり、人材育成と技術移転で少なからず影響があった。離脱の理由では特に政治的なものについて、水産資源庁にそのようなことの無いよう要望したが、水産庁長官をもってしてもそのコントロールは困難であるとの回答であった。それらのカウンターパートのなかには近畿大学での論文博士号取得を目指していた者もおり、それが達成されなかった。一方で全米熱帯マグロ類委員会の研究員は国際公務員であることからそのような問題は生じなかった。

この問題に対して取った対策としては、できる限り速やかに適材適所のカウンターパートを補充することを行ったが、これに対してはパナマ水産資源庁も現場レベルでは非常に協力的で、熱心でやる気のあるカウンターパートの補充ができた。また本プロジェクトではほぼマンツーマン体制をとって共同研究を進めたことも、新たなカウンターパートの速やかな適応に有効であった。さらに近畿大学専門家は大学の教職員、博士研究員、大学院生であり、総じて教育について理解があり、熱心に指導・協力する姿勢を持っていたことも大きい。

一方で、パナマ国内での活動については、水産資源庁内のほとんどのプロジェクトが停止するなか、本プロジェクトへの予算措置や人員の配置は問題なく行われたので影響はなかった。特にパナマ人研究者の全米熱帯マグロ類委員会アチョチネス研究所での共同研究に必要な旅費などは十分措置されるなど、この点についてはかつては大きな課題であったが、それが改善した。このあたりはプロジェクトが進んで、その重要性や意義についての理解を促す努力が実ったことを示している。

しかしながら現在でもこの組織改革がいつ終了するのかの見込みが立たないままとなっている。幸いに、そのような中でも、予算獲得、人員配置にはカウンターパートが自発的に努力をし、この面では自立発展性、将来の活動継続性が見える結果となっている。

1-2-2. パナマ共和国における主なプロジェクト活動拠点である全米熱帯マグロ類委員会アチョチネス研究所の経費の負担

当プロジェクトのパナマ共和国における主な活動拠点である全米熱帯マグロ類委員会アチョチネス研究所では、春季（4-7 月）と秋季（9-12 月）の年 2 回近畿大学専門家が派遣されるとともに、パナマ水産資源庁（ARAP）および全米熱帯マグロ類委員会（IATTC）のカウンターパートがほぼマンツーマンとなるような体制で、それぞれ ARAP および IATTC の費用で派遣され、共同研究、プロジェクト運営のための協議、研究セミナーなどが行われてきた。これらにおいては、ARAP、IATTC によるカウンターパートの旅費・滞在費の負担

の他に、カウンターパートではないものの共同の研究、協議などで必要となるそれぞれの職員の協力が得られている。それらはしばしば通常の業務以外の範疇に属するものであり、臨時の支出をともなうものであった。さらに、アチョチネス研究所での光熱費やプロジェクトで使用する自動車、船舶の燃料費、専門家およびカウンターパートの研究所滞在のための宿泊に必要な費用などが、両カウンターパートから支出されている。これらのことは、両組織のプロジェクトに対する協力的な態度を表すと同時に、プロジェクト終了後もこの研究体制が維持される可能性を高めている。しかしながら、両カウンターパート組織の財政的な支援はなお不足気味であり、今後より充実すべきことが課題として挙げられる。

1-2-3. ARAP、IATTC ともに研究員の長期の海外留学・研修が困難である点

本プロジェクトでは ARAP、ATTC ともに人材不足が主な理由で、勤務地を留守にする長期留学や研修が困難とされた。これについては、専門家とカウンターパートのマンツーマン体制による研究指導、技術指導により、研究やプロジェクト運営に必要な考え方や技術の習得がなされるよう努めた。この体制は非常に効果的であったが、研究に必要な技術のうち海産魚類の飼育技術については、短期間で習得し難いところもあり、長期の留学や研修ができることが望ましかった。

これについては、今後以下の対策が考えられる。1 つは飼育技術のマニュアル化である。それが国内でなされていれば、日本語のマニュアルを相手国の言語に翻訳することはそれほど難しくない。本プロジェクト終了までに、あるいは終了後でもそのような取り組みを行うべく努力すべきであろう。

他の方法としては、大学院への長期留学あるいは研修が可能な大学を相手国機関に加えることが考えられる。プロジェクトで留学や研修をした人材が、プロジェクト後に習得した技術や知識、研究成果を活かせる公的機関や民間企業への雇用を果たし、継続的な共同研究の維持や社会実装の促進がなされればより所期の目的の達成に有効であろう。本プロジェクトでも計画当初パナマの国立大学の参加を考慮したが、途上国の大学にありがちであるが、実際に訪問調査をしてみたところ研究設備が非常に貧弱であり、その整備をプロジェクトで行うと大きな資金が必要と予測されたために、ARAP を優先した。しかしながら若い人材の育成という点では、学生を IATTC や ARAP の研究所に招き、共同研究を行うことで有効な方策が取れたかもしれない。また、当初計画から大学をはずしたのは、当プロジェクトの相手国機関が ARAP と IATTC の 2 つであり、それ以上の複雑さを避けるという意味と、大学院を修了した学生がどの程度パナマに残って就職するか予測ができなかったためでもある。

1-3. プロジェクト関連分野の現状と課題

・マグロ類の資源構造解明と産卵生態解明

大洋に広く分布するマグロ類の資源構造、すなわち家系の数や家系ごと、雌雄ごとの生態や分布の違い、産卵生態などは多くが未解明である。本プロジェクトでは将来これらの

分野の研究に必要なツールがいくつも開発された。そのなかでも特にゲノム DNA、ミトコンドリア DNA 解析による家系判別、雌雄判別、親子鑑定法の確立、さらには生理や生態を知る手がかりとなる重要遺伝子発現解析法の開発成果は、今後のこれらの研究に大きく貢献するものとなるであろう。しかしながら、本プロジェクトですべてのツールが揃ったわけではなく、新たなツールの開発、また本プロジェクトで開発されたツールの改善等も今後継続的に必要である。

・資源予測・資源管理のためのマグロ類初期生活史研究

マグロ類の資源予測は現状では専ら世界各国が提供する漁獲データを基礎データとして行われているが、提供される漁獲データが主要な国においても必ずしも信頼できるものではないことがあることもあり、また、マグロ類は地球規模に分布するのに対し、地球規模の環境変動の影響がその資源量に及ぼす影響が考慮された予測モデルが存在しないことから、資源量予測は数年のスパンという極めて短期的なものに留まっている。今後は各国の提供する漁獲データをより信頼できるものにすることが必要ではあるが、それだけではより長期的、より強固な科学的基礎に基づいた資源予測、資源管理を行うには不十分である。すなわち、そのためには資源変動のメカニズム解明が不可欠であり、それには本報告書で前述したように産卵生態と初期生活史、特に資源加入に至る過程の解明とそれに及ぼす物理・化学・生物環境要因の解明が必要である。このような分野での研究は、地球規模での気候変動の研究と同様に、多くの分野で一つ一つの課題を解明し、最後にはそれを予測モデルとして統一することが必要である。これには一国の 1 つの研究機関で行うことは困難で、他国の多数の機関が参加する国際共同研究で進めるしが方法が存在しない。本プロジェクトでは世界で初めてこのような国際共同研究が飼育試験を基盤として可能であることを示し、重要な科学的知見を多く産み出すことができたが、まだまだ解明が必要な課題は多数残されている、というより始まったばかりと言う方が適当であろう。したがってこのような多くの分野での国際共同研究を継続することが何よりも必要とされる。そしてこれは日本が国際的にリードするかたちで進められるべきである。

・マグロ類の初期発育解明と飼育技術開発

本プロジェクトではこれらの項目について、世界最先端の研究成果が得られたものの、これらの項目でもまだまだ研究が必要な事項が沢山残されている。今後これらについても世界的にトップの水準の技術を持つ日本がリードするかたちで研究を行うことが、養殖産業的にも、国際社会でのマグロ類資源管理でのプレゼンス向上、すなわち資源外交においても重要である。

本プロジェクトでは、特に受精卵からの太平洋クロマグロおよびキハダの仔稚魚、幼魚への飼育が重要な研究手法となるが、ARAP 研究者である程度の魚類の発育初期の飼育技術を持つ者は少ないこと、さらに IATTC アチョチネス研究所以外の ARAP の研究所の魚類飼育施設は、根本となる海水取水の設備からして十分には整っておらず、自前でのその習得が困難で、研究に十分なレベルまで技術を引き上げることに非常な労力を要した。またそのようにしてある程度の技術を有するに至った研究者が、上述のような政治的なあるいは

組織の事情で離職したことで、再度教育が必要であった。魚類飼育技術の習得はもともと短期間では困難であり、カウンターパートが 1 年から数年のある程度の長期間近畿大学で研修できれば習得が確実に早く行われたと思われる。本プロジェクトではそのような人材に対し、特に近畿大学技術者・研究者が派遣先のパナマにおいてマンツーマンで指導するとともに、短期の近畿大学での研修を繰り返し実施したことでカウンターパートの技術習得に努めた。しかしながら多くの開発途上国では国家公務員といえどもその身分は日本などに比べて不安定であることを考えれば、これは広く存在する問題である。本プロジェクトでも相手国政府にカウンターパートの身分安定を強く働きかけたが、政府のかなり上層部からの指示が人事に及ぶらしく、改善は困難であった。

解決策として考えられるのは、本プロジェクトでは実施しなかったが、相手国の研究機関として相手国での課題を直接担当する政府機関の他に、大学院への長期留学が可能な大学も選定し、将来相手国政府の研究機関や民間企業などで雇用される可能性の高い若手人材を育成する必要があると考えられる。本プロジェクトでは、相手国機関が多くなりすぎること、大学院を修了した学生の就職状況が不明であったことからそのような方法を採用しなかった。今後は近畿大学大学院へ留学した学生の ARAP での雇用を強く働きかけるなどして、長期的な人材育成を図ることが有効かも知れない。

・完全養殖技術開発と資源加入過程解明のための栄養要求と配合飼料開発

栄養要求や飼料開発を目的として飼育試験では、日本から必要な材料や製品、試験に必要な試薬類をパナマ共和国へ輸送する必要があった。これらは冷凍や冷蔵で輸送することが必要な場合が多かったが、現地での空港や港からの冷凍、冷蔵の輸送ルートは確実とは言えず。必要な輸送方法をとることが困難であった。そのために必要な材料や試薬が入手できず、常温で輸送可能ではあるが、性能的に十分とは言えない代替品を使用することも必要であった。また、現地で調達も試みたが、先進国で生産される材料や試薬類は調達先を探すことも困難である場合があった。特に途上国で見積を複数箇所から取り寄せて価格を比較することはかなり難しい。実験材料や試薬の調達と輸送については、JICA 現地事務所の多大な協力を頂き、影響は最小限に抑えられた。また、スミソニアン協会にも米国からの試薬類購入で協力を頂くなどの方策を取ったが、これは開発途上国で科学技術協力を行う際の大きな問題である。

Ⅲ．社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

Ⅲ-1．成果展開事例

1．パナマ共和国における魚類養殖産業振興策としての同国水産資源庁での養殖技術開発意欲向上と自立的研究体制構築

2．全米熱帯マグロ類委員会とパナマ共和国におけるマグロ類のより高度な資源管理を目的とした産卵生態と初期生活史研究推進意欲向上と自立的研究体制構築

（1）相手国における社会実装

本プロジェクトの 2 つの上位目標は「国際資源管理機関が提案するキハダと太平洋クロマグロの管理措置が本研究成果の生態学的知見に基づいた資源変動予測によって提案され批准される」と、「キハダの完全養殖成功により養殖技術の基礎が整備される」であるが、本報告書で述べてきたように、マグロ類の資源管理は、資源加入量の推定と加入した資源のその後の予測では科学的知見が用いられているものの、資源予測、特に長期的予測で根本となる卵から幼魚までの生残りの量的様相、すなわち資源加入量の年変動の機構についてはこれまでほとんど科学的知見がなく、それを利用する体制が取られていない。本プロジェクトでは、その部分の研究が飼育研究を中心として、研究に必要なツールを開発すれば行えることを実例を持って示したことが最大の社会実装である。今後は、そのような研究の有効性が認識され、国際共同研究が実施され、その成果がマグロ類の資源管理措置において活用されることは大いに期待される。特に、地球規模の大気候変動が予測され、その予測が急激に正確さを増し、海洋環境の予測もできるようになりつつある現状を考えると、将来には資源加入量の年変動機構を、地球規模の気候変動などと結びつけて資源量の長期的予想をすることに用いられよう。さらに、地球規模とは異なるが、ローカルな海洋環境変化が資源量に大きな影響を及ぼすことも十分予想される。すなわち産卵や初期生活史で重要な場所の海洋環境変化や火山活動、海洋汚染の影響である。実例で挙げれば、2010 年のメキシコ湾原油流出事故の発生海域は、大西洋クロマグロの 2 つの産卵場のうち 1 つで産卵期直前に起こったことが挙げられる。詳しい調査がされておらず、どのような影響があったか不明であるが、このようなローカルな事故などによる汚染や急激な海洋環境変動の影響は、飼育実験を行って調べればその予測に大変有効である。今後このような点を国際的にアピールし、将来的には国際的な資源保護機関の会議での具体的な社会実装がなされるように努める。その意味で言えば、プロジェクトの相手機関にマグロ類国際資源管理機関を選定したことは非常に有効であり、IATTC は本プロジェクトを非常に高く評価し、委員長が視察に訪れるなどした他、プロジェクト活動の継続を強く希望している。このような国際組織による高い評価は将来の社会実装に繋がる可能性を高くしている。

また、養殖に関しては、これまでパナマ共和国に全くなかったマグロ類飼育用の海面生簀飼育施設が設置され、実際にプロジェクトで活用され、2 年後のキハダ完全養殖達成に向けた飼育が継続されていること、さらにその施設は、プロジェクト終了後も近畿大学の指導を受けながら ARAP と IATTC が使用する計画がなされていること、さらに IATTC アチョチネス研究所、ARAP バカモンテ研究所にプロジェクトで配備された飼育施設と研究機器についても ARAP と IATTC が継続しての使用が決まっていること、すなわち共同研究の継続体制が整いつつあることがプロジェクトの社会実装として挙げられる。今後は具体的に近畿大学が関与する国際共同研究として継続する道を探る努力を行うことになる。さらに、本プロジェクトで養殖技術を身につけた ARAP 研究員 1 名が、パナマ共和国の大西洋側にあるスギ養殖を行う会社に転職したことも、育成した人材の養殖産業が未発達な相手国での養殖産業振興への貢献であり人材育成の結果が見える社会実装であると言える。

さらに、本プロジェクトの研究成果や人材育成の社会実装として、相手国や国際機関の文書化されるような政策や施策の決定として実現した例はないが、パナマ共和国では、大統領選挙前後の政治的な空白期間でも、水産資源庁の多くのプロジェクトが停止するなか、当プロジェクトには予算がついて優先的に実施が図られたことが政府の施策への反映として挙げられる。

(2) 国内における社会実装

・日本の文部科学省が選定し、JST が活動推進に必要な支援を行うスーパーサイエンスハイスクール（SSH）事業への貢献

(1) JST のスーパーサイエンスハイスクール（SSH）指定校和歌山県立海南高等学校で同事業特別講演会講師として招聘され（2012 年 7 月 13 日）、SATREPS を含む近畿大学のマグロ研究の活動内容を高校生に紹介した。また、2011 年 8 月 18 日には SSH 活動の一環として生徒、教員 10 名が近畿大学水産研究所大島実験場に来所し、SATREPS その他の活動について視察を行った。

(2) SSH 指定校である熊本県立熊本北高等学校から、SSH 活動の一環として平成 26 年度講演会に講師として研究代表者が招聘され、今後の科学技術開発を担う高校生に当プロジェクトの活動内容、その背景と意義、さらに国際社会のなかでの日本の科学技術のプレゼンス向上について理解を得る機会を得た。

Ⅲ-2. 社会実装に向けた取り組み

本プロジェクトで重視されるのは、研究成果、研究体制の構築、人材育成以外に、プロジェクトの国際・国内理解を促進することである。日本人さらには世界の人々にマグロ類資源の持続的利用が地球規模課題であり、それは途上国、先進国共通のものであること、新しく効果的な研究手法を用いた国際共同研究でその解決に向けた取り組みが可能であること、特に日本にはその取り組みを実施する責任があることについて、専門家、業界関係者、一般市民から広く理解を得ることが今後の同様の活動の継続と発展に繋がる。

(2) -1. シンポジウム、説明会の主催と講演、研究機関、業界団体、一般向け講演会での講演によるプロジェクト概要や意義の紹介など

年月日	名称	場所 （開催国）	参加人数 （相手国からの招聘者数）	概要
2010 年 11 月 10 日	富山県民生涯学習カレッジで研究ダ代表者が招待講演を実施。	富山県高岡市（日本）	参加合計 30 名。	近畿大学における SATREPS を含むマグロ研究について紹介した。
2011 年 2 月 21	在パナマ日本大	在パナマ日本大	参加合計 20 名。	SATREPS におけ

日−3 月 5 日	使館関係者も交えた SATREPS 研究協議と現地検分を随時実施	使館（パナマ共和国）、パナマ水産資源庁、全米熱帯マグロ類委員会アチョチネス実験場、JICA パナマ事務所	在パナマ日本大使も含む。（相手国からの招聘者数：12 名）	る今後の研究内容・実施方法の協議と現地検分を実施した。
2011 年 9 月 14 日	日本外国特派員協会が近畿大学大島実験場を取材し、研究代表者が案内した。	近畿大学水産研究所大島実験場	外国報道機関特派員、ジャーナリスト 7 名。	近畿大学における SATREPS を含むマグロ研究について紹介した。
2011 年 11 月 17 日	SATREPS キックオフ国際シンポジウム	スミソニアン熱帯研究所（パナマ共和国）	全参加者約 80 名。近畿大学専門家 11 名（相手国からの招聘者数：パナマ政府 1 名、ARAP14 名、IATTC5 名、スミソニアン熱帯研究者研究員 14 名）。	パナマ政府関係機関、パナマ大学の教職員・学生、国際機関（FAO、BID）担当者・研究者、民間漁業会社、漁業者など幅広い方面の人々を対象として、プロジェクトの活動、目的、意義などの周知のため開催した。シンポジウムにはパナマ農牧省大臣、水産資源庁長官、在パナマ水城大使、JICA パナマ支所長等が出席した。 プロジェクトの全体説明、各関係機関の役割とメンバー紹介、各分野の研究活動計画、期待される成果が発表された。 本シンポジウムにはマスコミも多数出席し、後日各紙・Web 上で大きく取り上げられた。
2011 年 11 月 1 日	北海道大学特別講義「海と生命」で研究代表者が	北海道大学札幌キャンパス	北海道大学全学部 1 年生 120 名。	近畿大学における SATREPS を含むマグロ研究につい

	講師として招聘された。			て紹介した。
2012 年 3 月 15 日	筑波大学附属駒場中学校生徒がマグロ見学で来所し、研究代表者が案内した。	近畿大学水産研究所大島実験場	3 年生 41 名、引率教員 1 名。	近畿大学における SATREPS を含むマグロ研究について紹介した。
2012 年 7 月 20 日	近畿大学付属新宮高等学校が大島実験場を見学し、研究代表者が案内する。	近畿大学水産研究所大島実験場	参加合計生徒・教員約 54 名。	近畿大学における SATREPS を含むマグロ研究について紹介した。
2012 年 11 月 1 日	SATREPS パナマ課題プロジェクト紹介地域シンポジウム	ペダシ市（パナマ共和国）	近畿大学専門家 8 名。（相手国からの招聘者：ペダシ副市長、地元漁民をはじめ 44 名）	プロジェクトの目的と活動内容について、拠点となるアチョチネス研究所地元の市民への説明と意見交換を実施した。
2012 年 11 月 22 日	全国水産試験場長会議に研究代表者が講演者として招聘された。	和歌山県水産試験場	参加合計 60 名（各都道府県水産試験場長他）	近畿大学における SATREPS を含むマグロ研究について紹介した。
2012 年 12 月 10 日	北海道大学全学教育科目「海と生命」講義	北海道大学札幌キャンパス	北海道大学全学部 1 年生 120 名。	北海道大学全学教育科目「海と生命」にて「クロマグロの完全養殖ーこれまで、現在、未来」の題目で講義を行い、そのなかで SATREPS についても紹介した（北海道大学から講師依頼）。
2013 年 1 月 11 日	韓国海洋研究院が主催する高校生への見学会で研究代表者他が案内をした。	近畿大学水産研究所大島実験場	参加合計 26 名（研究院研究者と韓国高校生）	近畿大学における SATREPS を含むマグロ研究について紹介した。
2013 年 5 月 2 日	日本政府主催（外務省中東アフリカ局、経済産業省通商政策局）日本・UAE ビジネスフォーラムに、研究代表者が講演者として招聘された。	アブダビ：エティハド・タワー・ジュメイラ（アブダビ首長国）	日本政府関係者（内閣総理大臣・官房副長官・外務省・経産省・農水省関係者他）・企業関係者（経団連代表他）・アブダビ政府関係者（アブダビ皇太	アブダビ政府関係者・民間企業関係者に、近畿大学における SATREPS を含むマグロ研究について紹介した。

			子他)・民間企業関係者・等合計200名。	
2013年5月24日	和歌山県立日高高等学校附属中学校実習で、近大水研大島実験場マグロ研究見学の案内を研究代表者他が努めた。	近畿大学水産研究所大島浜実験場	日高高校付属中学校生徒・教職員合計85名。	近畿大学におけるSATREPS を含むマグロ研究について紹介した。
2013年6月6日	宮崎県立海洋高等学校短期航海実習で、近大水研大島実験場マグロ研究見学の案内を研究代表者他が努めた。	近畿大学水産研究所大島実験場(日本)	宮崎県立海洋高等学校生徒・教職員合計95名(相手国からの招聘者は無し)	近畿大学におけるSATREPS を含むマグロ研究について紹介した。
2013年6月21日	海南ライオンズクラブ講演会で研究代表者が講師として招聘された。	和歌山県海南市料亭美登利(日本)	海南ライオンズクラブ会員合計35名。	近畿大学におけるSATREPS を含むマグロ研究について講演した。
2013年7月25日	プロジェクト紹介現地プレゼンテーション	パナマ共和国トノシ市	40名(相手国地元関係者39名)	プロジェクトサイトから約 55 km(海のトノシ市ブカロ地区住民(主に漁民)、担当地区海上警察、環境庁トノ市支所職員、港湾局職員に対しプロジェクトの目的や活動内容、今年度予定されている生簀の設置について周知を目的(盗難予防)にプロジェクト紹介を、現地調整員と ARAP カウンターパートが実施した。
2013年10月22日	北海道大学全学教育科目「海と生命」講義	北海道大学札幌キャンパス	北海道大学全学部1年生120名。	北海道大学全学教育科目「海と生命」にて「クロマグロの完全養殖ーこれまで、現在、未来」の題目で講義を行い、そのなかで

				SATREPS についても紹介した（北海道大学から講師依頼）。
2014 年 3 月 3 日	大阪府行政書士旭東支部研修会	大阪府行政書士会大会議室	参加合計 30 名、大阪府行政書士会旭東支部会員。	マグロ養殖の技術と知財化の重要性について研究代表者が講演した。
2014 年 3 月 8 日	近畿大学　第 3 回　地球規模課題対応国際科学技術協力事業シンポジウム講演要旨集 「資源の持続的利用に向けたマグロ 2 種の産卵生態と初期生活史に関する基礎研究」 クロマグロとキハダの資源保護と中米キハダの完全養殖を目指して	築地市場厚生会館	参加合計 80 名（水産業界企業、学界、文科省、在日パナマ大使、WWF、一般聴衆）	プロジェクトの中間期までの成果を報告する国内シンポジウムを開催した。
2014 年 7 月 17 日	スーパー連携大学院コンソーシアムが主催する「グリーンフロート構想研究会」第 11 回状況報告会	野村證券株式会社（東京・大手町）	大手商社、金融、建築等企業関係者、JST、NEDO、大学関係者約 200 名。	「海洋都市グリーンフロートにおける水産資源を活用したビジネスモデル構築への提言」で講演依頼のあった「赤道直下のキハダ養殖の技術課題」について研究代表者が講演した。
2014 年 10 月 21 日	北海道大学全学教育科目「海と生命」講義	北海道大学札幌キャンパス	北海道大学全学部 1 年生 120 名。	北海道大学全学教育科目「海と生命」にて「クロマグロの完全養殖ーこれまで、現在、未来」の題目で講義を行い、そのなかで SATREPS についても紹介した（北海道大学から講師依頼）。
2014 年 11 月 15	和歌山県歯科医	きのくに会館（和	和歌山県内歯科	近畿大学の

日	師会総会講演会	歌山市）	医師 50 名。	SATREPS を含むマグロ研究活動について紹介した。
2015 年 10 月 20 日	北海道大学全学教育科目「海と生命」講義	北海道大学札幌キャンパス	北海道大学全学部 1 年生 120 名。	北海道大学全学教育科目「海と生命」にて「クロマグロの完全養殖ーこれまで、現在、未来」の題目で講義を行い、そのなかで SATREPS についても紹介した（北海道大学から講師依頼）。
2015 年 11 月 16 日	SATREPS 成果報告国際シンポジウム	スミソニアン熱帯研究所（パナマシティー）	120 名	当プロジェクトの成果について近畿大学専門家とカウンターパートが報告した。また外部招待講演者がマグロ類の資源管理と養殖について講演を行った。
2015 年 12 月 19･20 日	SATREPS 水産養殖技術開発研究プロジェクトネットワーク共同シンポジウム	東京海洋大学	100 名	SATREPS 生物資源領域 4 課題、環境エネルギー分野 1 課題が専門家と一般向けに合同シンポジウムを実施した。
2016 年 2 月 18 日	広島県立油木高校講演会	広島県立油木高校	80 名	研究代表者がプロジェクトについて高校生に講演を実施した。
2016 年 2 月 19 日	JICA 中国主催による「養殖セミナー　～養殖で途上国を元気に、日本を元気に～」	ひろしま国際センター･交流ホール	80 名	研究代表者が養殖分野での海外活動について海外進出を目指す養殖関連中小企業、地方自治体職員、NPO、高校生等に講演を実施した。
2016 年 3 月 26 日	平成28年度日本水産学会春季大	東京海洋大学	予定	研究代表者が養殖用魚類人工種

	会シンポジウム「魚類人工種苗の形態異常：これまでとこれから」			苗生産における形態異常について招待講演を行った。

この他に、2012年3月2日米国ラスベガスで開催された国際養殖学会Aquaculture America 2012にて、半日のSpecial Session「Tuna Aquaculture and Stock Management for Sustainability」を主催し、SATREPSプロジェクトの紹介、マグロ類資源管理と養殖に関する講演を募った。

（2）-2. イベント出展

1)第 2 回 SATREPS 写真展 「地球のために・未来のために～食卓を守る研究者たち～」

主催: 独立行政法人科学技術振興機構(JST)、世界銀行情報センター（PIC 東京）共催

日時: 2012 年 2 月 20 日（月）～3 月 2 日（金）。午後 1 時から午後 4 時 30 分まで（土日祝閉館）。（トークセッションのある 2/20、2/23、2/27、3/1 は午後 1 時から午後 8 時）

場所:世界銀行情報センター（PIC 東京）

内容:SATREPS 他 2 課題とともに、活動内容を紹介する写真展とトークセッション(研究代表者澤田:2 月 27 日コーヒーアワー）を行った。

2)SATREPS 写真展－Wonderful World 地球のために、未来のために

主催:JST

日時:平成 25 年 1 月 23 日（水）～平成 25 年 3 月 10 日（日）

場所:日本科学未来館 3 階サイエンスライブラリ

内容:地球規模のさまざまな課題に科学技術で挑戦する SATREPS の研究員が撮影した「素顔の地球」を展示。

3）「米国科学振興協会（AAAS）」年次大会（AAAS20142015 年 2 月 13-17 日にアメリカ・シカゴで開催）にてプロジェクトが JST により紹介された。

4）「米国科学振興協会（AAAS）」年次大会（AAAS20152015 年 2 月 12-16 日にアメリカ・サンノゼで開催）にてプロジェクトが JST により紹介された。

（2）-3. プロジェクトホームページ

本プロジェクトについては、日本語、英語、スペイン語で作成したホームページをインターネット（URL; http://satreps-kinkiuniv.jp/japanese/index.html）で公開し、一般に情報提供した。

Ⅳ．日本のプレゼンスの向上（公開）

本プロジェクトでは、パナマでのキハダ稚魚飼育が可能となったこと一つの到達点とし、その成果を本邦マスコミ（NHK テレビ、毎日新聞）、現地マスコミに紹介し、それらが放映あるいは紙面に掲載された。このことはまず本邦で、日本の科学技術協力・外交におけるプロジェクトの意義、重要性の理解を図り、さらに将来これを担う若い研究者の育成することに大きなインパクトを与えた。我々は、本プロジェクトでは、日本の進んだ科学技術を持って研究の国際化を図り、開発途上国に広く共通する地球規模課題を解決することで日本の存在感を高めるとともに、本邦で魚類資源管理や養殖を学ぶ学生が、国際研究機関や海外の養殖企業で職を得ることに繋がると考える。そのようなプロジェクトのインパクトについては、十分国内でも周知・理解促進が必要である。

一方でパナマでは、水産資源管理の将来に亘る利用における重要性や養殖による供給の可能性についての理解がまだ一般人には浸透しておらず、これについて理解を広めることがパナマ国内あるいは周辺スペイン語圏の国々でのプロジェクトの意義の理解、将来の継続性を得るうえで大変に重要なことであり、広報活動の意義がそこにある。

１．メディアでの報道、プレスリリース

相手国

・首都パナマシティーで開催されたキックオフ国際シンポジウム、成果報告国際シンポジウム、プロジェクトサイトプレスツアー、地域説明会では、パナマ国内、中南米向けのテレビ、新聞、ラジオ、Web ニュースで数多く取り上げられ、プロジェクトの理解に大いに貢献した。以下紹介例

EL IMPARCIAL 2011.11.21　Buscan mejores técnicas para producción de atún

ラ・エストレージャ紙（パナマ）2015 年 7 月 8 日「パナマはキハダマグロの聖地に変わる」（日本国外務省ホーム-ページに掲載：http://www.mofa.go.jp/mofaj/p_pd/ip/page4_001312.html）

www.fis.com　2011.5.20　Deal signed to study bluefin and yellowfin tuna

Prensa.com　2011.4.4　Tuna study reveals data

www.fis.com　2011.11.14　Kick-off symposium scheduled for unprecedented tuna research agreement

laestrella.com.pa　2011.11.19　Proyecto de reproducción del atún

telemetro.com　2011.11.20　Estudios pioneros del atún se harán en Panamá

Noticias Internacionales　2011.11.20　Investigan japoneses y panameños técnicas para producir atunes

diaadia.com 2011.11.20　Actualmente trabajan: 12 científicos de la Universidad de Kinki, 11 técnicos de la ARAP y 6 de la Comisión de Atún

SIPSE.com 2011.11.21　Japoneses y panameños, en busca de mejores atunes

hoy.com.ec 2011.11.21　Panamá promueve estudios del atún

centralamerica.bz 2011.11.22 Estudio sobre sustentabilidad del atún

elproductor.com 2011.11.22 Panamá promueve estudios del atún

panamaon.com Acuerdo de cooperación permitirá estudio sobre el Atún en Panamá

thepanamadigest.com 2011.11.23 Tuna Dream Team Kicks Off Unprecedented Study

elsiglo.com Inician estudio del atún

telemetro.com, elconfidencial.com 2015.6.10 Japón busca en Panamá poblar los océanos c on atunes de aleta amarilla

・ARAP、IATTC によるプレスリリース

・ARAP La Marea

・ARAP PROMOVERA LA REPRODUCCIÓN DE LOS ATUNES

・IATTC 2011 年 5 月 11 日 Kinki University, IATTC and Republic of Fanama Sign Tuna Research Accord

日本国内・相手国以外での報道の例

・テレビ

・NHK 国際報道 2014 年 11 月 28 日（金）キハダマグロを養殖せよ 日本の水産技術・パナマでの挑戦 パナマ現地プロジェクトサイトからの中継と研究代表者、専門家、カウンターパート、現地マスコミのインタビュー。

・NHK サイエンス ZERO 「No.476 完全養殖マグロ 大量生産に挑む!」2014 年 8 月 24 日（土）他放送、現在もオンデマンドで視聴可。
近畿大学専門家がマグロ研究に取り組む様子、完全養殖技術の解説で出演

・第 10 回 NHK 高校講座 地理 「林業・水産業と世界の自然環境」で研究代表者がマグロ資源と養殖を取り巻く状況を解説。

・テレビ東京「未来世紀ジパング」 平成 2012 年 12 月 24 日 プロジェクトの紹介

・新聞報道

・毎日新聞 2011 年 5 月 21 日 和歌山版 マグロ養殖の最先端 資源確保地球規模で研究

・産経新聞 2011年11月22日 水ひと模様 クロマグロ養殖

・日本経済新聞 2011年11月24日 パナマでキハダマグロの養殖研究 近大など

・産経新聞 2011年11月27日 マグロが結ぶ 日本とパナマ

・読売新聞 2012 年 1 月 1 日 夢が泳ぐ おいしく育て近大マグロ

・産経新聞連載 「魚ゴコロ人ゴコロ」で近畿大学専門家がプロジェクトや研究内容を紹介した。

・日本経済新聞 2014 年 4 月 15 日「近大マグロ、パナマで育つキハダの産卵量 2 割増」

・読売新聞 2014 年 11 月 28 日 近大・パナマ キハダマグロ完全養殖間近

・読売新聞 2015 年 6 月 18 日 近大マグロ パナマ沖に

・読売新聞 2015 年 7 月 9 日 科学技術 新たな外交手段に 水害予測、マグロ養殖---

得意分野活用

・読売新聞　2015 年 8 月 15 日　キハダマグロ養殖の現状と未来

・その他

・MSN　産経ニュース　2011.12.27 03:06　ポトマック通信　マグロが結ぶ　日パナマ

・日経サイエンス 9 月号特別付録　親と子の科学の冒険 2013 2013 年 6 月 25 日 JST による寄稿　SATREPS 各プロジェクトの紹介

・近畿大学によるプロジェクト紹介、トピックスのプレスリリース
2015 年 6 月 10 日　目指すは第二のマグロ完全養殖! キハダの稚魚を世界で初めて海面の生簀へ　近畿大学水産研究所

・JICA ホームページ　2014 年 12 月 17 日　未来の食卓を守る! キハダマグロの生態解明に向けたパナマでの取り組み

・JICA's World December 2012 No.51 12 特集　科学技術協力　世界を変えるイノベーション　マグロの資源管理と養殖で世界の食を守る　パナマ

・JST news 2013-9 月号　太平洋のマグロ育成を究める

・四国新聞社　2015 年 7 月 9 日　キハダマグロの稚魚成育に成功/パナマで近大と JICA
http://www.shikoku-np.co.jp/national/science_environmental/20150709000563

・月刊養殖ビジネス 2016 年 2 月号　パナマで人工ふ化キハダ稚魚・幼魚の海面生簀での飼育に成功　澤田好史

2. 相手国要人の評価と協力

・歴代 ARAP 長官はプロジェクトを大いに評価し、全てプロジェクトサイト視察に訪れるとともに、キックオフ・成果報告シンポジウム、年に 1 度開催される全体会議に出席し、プロジェクトの運営に積極的に関与した。

・IATTC 委員長が同委員会本部のある米国サンディエゴ市からキックオフ国際シンポジウムに出席し、プロジェクトサイト視察に訪れ、また近畿大学専門家が本部を訪問した居りにプロジェクトへの積極的な支援について述べた。

・プロジェクトキックオフ国際シンポジウムにパナマ共和国エミリオ・キースウェッテル（Emilio Kieswetter）農牧開発大臣が参加、プロジェクトへの期待をこめた挨拶を行った。さらに、JST 主催の写真展での当プロジェクトの紹介ブース展示用にパナマの民族衣装の貸与、パナマ産コーヒーの提供等の協力があった。

・2016 年 9 月 30 日、Jorge Arango パナマ共和国農林大臣、Esteban Giron 副大臣、Jorge Motta 科学技術庁長官、Ivan Flores　ARAP 長官、Gil Artzyeli イスラエル大使、Gerardo Escudero IICA パナマ所長などがプロジェクトサイト（アチョチネス研究所）を訪問し、カウンターパートである Amado Cano 氏からプロジェクトの概容について説明を受けた。一行はプロジェクトに大いに興味を抱いていた。

Ⅴ．成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

別紙参照

Ⅵ．投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

Ⅶ．その他（非公開）

以上

V. 成果発表等

（1）論文発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

①原著論文（相手側研究チームとの共著論文）

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめーおわりのページ	DOIコード	国内誌／国際誌の別	発表日・出版日	特記事項（分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。）
平成25	Gentoku Nakase, Tomoki Honryo, Liliana Guerra, Diana Perez, Amado Cano, Daniel Margulies, Vernon P. Scholey and Yoshifumi Sawada. Addition of *Nannochloropsis* sp. to Pre-rearing Water Improves Sur vival of Yellowfin Tuna *Thunnus albacares* Larvae. Aquaculture Science, Vol. 61 (2013) 395-398	10.11233	国内誌	出版済み	
平成25	Yoshifumi Sawada, Toshio Kaga, Yasuo Agawa, Tomoki Honryo, Yang-Su Kim, Masahiro Nakatani, Tokihiko Okada, Amado Cano, Daniel Margulies and Vernon Scholey. Growth Analysis in Artificially Hatched Pacific Bluefin Tuna, Thunnus orientalis. AquacutIture Science, 61, 315-319, 2013.		国内誌	出版済み	
平成26	Amado CANO, Yang-Su KIM, Darys I. DELGADO, Vernon P. SCHOLEY, Yoshifumi SAWADA. Comparative Efficacy of Anesthetics among MS-222, 2-Phenoxyethanol, and Clove Oil in Early Juvenile Yellowfin Tuna *Thunnus albacares*. Aquaculture Science 2014. 62(1). 107-110.		国内誌	出版済み	
平成26	Yang-Su Kim, Tsukasa Sasaki, Masato Awa, Maho Inomata, Tomoki Honryo, Yasuo Agawa, Masashi Ando, Yoshifumi Sawada. Effect of dietary taurine enhancement on growth and development in red sea bream *Pagrus major* larvae. Aquaculture Research 2014, 1-12.	10.1111	国際誌	出版済み	
平成26	Tanaka T., Takahashi K., Adachi K., Ohta H., Yoshimura Y., Agawa Y., Sawada Y., Takaoka O., Biswas A., Takii K., Zaima N., Moriyama T. and Kawamura Y. Molecular cloning and expression profiling of procollagen α1 (I) of cultured Pacific bluefin tuna. Fish. Sci. (2014)	10.1007/s12562-014-0737-7	国際誌	出版済み	
平成26	Angel Guillen, Tomoki Honryo, Juan Ibarra, Amado Cano, Daniel Margulies, Vernon P Scholey, Jeanne B Wexler, Maria S Stein, Toru Kobayashi and Yoshifumi Sawada, "Effect of Water Temperature on Embryonic Development of Yellowfin Tuna *Thunnus albacares* Inhabiting the Eastern Pacific Ocean", Aquaculture Science, 2014 62(3),319-322.		国内誌	出版済み	
平成26	Tomoki Honryo, Teruyoshi Tanaka, Angel Guillen, Jeanne B Wexler, Amada Cano, Daniel Margulies, Vernon P Scholey, Maria S Stein, Yoshifumi Sawada, "Effect of water surface condition on survival, growth and swim bladder inflation of yellowfin tuna, *Thunnus albacares* (Temminck and Schlegel), larvae", Aquaculture Research, 2014, in press	10.1111/are	国際誌	in press	
平成27	Kobayashi T, Honryo T, Agawa Y, Sawada Y, Tapia I, Macìas KA, Cano A, Scholey VP, Margulies D, and Yagishita N. 2015. Gonadogenesis and slow proliferation of germ cells in juveniles of the cultivated yellowfin tuna *Thunnus albacares*. Reprod. Biol., 15(2), 106-112.	doi:10.1016/	国際誌	出版済み	
平成27	Nomura S., T. Kobayashi, Y. Agawa, D. Margulies. V. Scholey, Y. Sawada and N. Yagishita*. 2014 (Nov.). Genetic population structure of the Pacific bluefin tuna Thunnus orientalis and the yellowfin tuna Thunnus albacares in the North Pacific Ocean. Fish. Sci., 80: 1193-1204.	10.1007/s12562-014-0789-8	国際誌	出版済み	
平成27	Yang-Su Kim, Darys Isabel Delgado, Ing. Amado Cano, Yoshifumi Sawada. Effect of temperature and salinity on hatching and larval survival of yellowfin tuna *Thunnus albacares*. Fish. Sci. (2015).	10.1007/s12	国際誌	in press	
平成27	Shin, S.P., Shirakashi, S., Hamano, S., Kato, K., Lasso, L.T.,Yokoyama, H. Phylogenetic study of the genus Kudoa (Myxozoa: Multivalvulida) with a description of Kudoa rayformis sp. nov. from the trunk muscle of Pacific sierra Scomberomorus sierra. Molecular Phylogenetics and Evolution.	0.1016/j.ympev.2016.02.019	国際誌	出版済み	

論文数 11 件
うち国内誌 4 件
うち国際誌 7 件
公開すべきでない論文 件

②原著論文（相手側研究チームとの共著でない論文）

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめーおわりのページ	DOIコード	国内誌／国際誌の別	発表日・出版日	特記事項（分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。）
平成25	白樫 正, 養殖マグロにみられる寄生虫, 獣医寄生虫学会誌, 2013, 12, 65-104		国内誌		
平成26	Ohnishi, T., Biswas A., Kaminaka K., Nakao T., Nakajima M., Sakakibara N. and Takii K. Energy partitioning in cultured juvenile Pacific bluefin tuna, Thunnus orientalis (Temminck & Schlegel, 1844). Aquacult. Res. (2014)	10.1111/are.12658	国際誌	in press	
平成26	Naoki Yagishita, Yoshifumi Sawada, Yasuo Agawa, and Toru Kobayashi. Isolation and characterization of 25 microsatellite loci from the Pacific bluefin tuna Thunnus orientalis (Perciformes, Scombridae). Conservation Genetics Resources 6, 189-191, 2014		国際誌	出版済み	
平成26	Mark Polinski, Sho Shirakashi; Andrew Bridle; Barbara Nowak. Transcriptional immune response of cage-cultured Pacific bluefin tuna during infection by two Cardicola blood fluke species, Fish & Shellfish Immunology,2014, 36, 61-67	10.1016/j.fsi.2013.10.008	国際誌	出版済み	
平成26	Yoshiki Tsutsumi, Taro Matsumoto, Tomoki Honryo, Yasuo Agawa, Yoshifumi Sawada and Yasunori Ishibashi, Effects of light wavelength on growth and survival rate in juvenile Pacific bluefin tuna, Thunnus orientalis. Environmental Biology of Fishes 97, 53-58, 2014.	10.1007/s10641-013-0122-x	国際誌	出版済み	

平成26	Hiroshi Yokoyama, Jun Suzuki, Sho Shirakashi. Kudoa hexapunctata n. sp. (Myxozoa: Multivalvulida) from the somatic muscle of Pacific bluefin tuna Thunnus orientalis and re-description of K. neothunni in yellowfin tuna T. albacares. Parasitology International, 2014, 571-579	10.1016/j.parint.2014.03.006	国際誌	出版済み	
平成26	T. Matsumoto, Y. Agawa, T. Okada, Y. Sawada, Y Ishibashi. Opsin gene analysis in the cultured kawakawa *Euthynnus affinis*. Aquaculture Sci. 2015		国内誌	出版済み	
平成26	Y. Agawa, M. Iwaki, T. Komiya, T. Honryo, K. Tamura, T. Okada, N. Yagishita, T. Kobayashi, Y. Sawada. Identification of male sex-linked DNA sequence of the cultured Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis*. (2015) Fish. Sci., 81: 113-121.	DOI 10.1007/s12562-014-0833-8	国際誌	出版済み	世界初サバ科魚類の性染色体構成を実験的に示した。
平成27	Shirakashi, S., Tani, K., Ishimaru, K., Shin, S.P., Honryo, T., Uchida, H.,Ogawa, K. Discovery of intermediate hosts for two species of blood flukes Cardicola orientalis and Cardicola forsteri (Trematoda: Aporocotylidae) infecting Pacific bluefin tuna in Japan. Parasitology International. 2016, 65, 128-136.	10.1016/j.parint.2015.11.003.	国際誌	出版済み	

論文数 9 件
うち国内誌 2 件
うち国際誌 7 件
公開すべきでない論文 件

③その他の著作物（相手側研究チームとの共著のみ）（総説、書籍など）

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年		出版物の種類	発表日・出版日	特記事項

著作物数 0 件
公開すべきでない著作物 件

④その他の著作物（相手側研究チームとの共著でないもの）（総説、書籍など）

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ－おわりのページ		出版物の種類	発表日・出版日	特記事項
平成22	Yoshifumi Sawada. An expertize concering on the artificial hatching and larval rearing of the Pacific bluefin tuna. Proceedings of the Symposium of Taiwan and Japan Aquaculture Engineering on the Environment Balance Management and Technology, 312-336, March, 2010.		シンポジウム論文集		
平成23	滝井健二. クロマグロ栄養・飼料研究の昨日・今日・明日」③稚魚用配合飼料の低廉化への取り組みと今後の展望. アクアネット2011年4月号、68-71.		業界雑誌		
平成23	2011年キックオフシンポジウムパンフレット（英文および西文各6ページ） SATREPS PROJECT“ Comparative Studies of The Reproductive Biology and Early Life History of Two Tuna Species (Yellowfin Tuna and Pacific Bluefin Tuna) for the Sustainable Use of These Resources”(PROATUN) 2011.		国際シンポジウムパンフレット		
平成23	澤田　好史. 技術の知的財産化，生産物のブランド化を　クロマグロ人工種苗生産の安定的発展に向けて. 水産界，2013年3月号（1538号），14-15.（財団法人　船員保険会）		業界雑誌		
平成24	○Vernon P. Scholey, ○Daniel Margulies, ○Maria S. Stein, Guillermo A. Compean, ○Jeanne B. Wexler, Richard B. Deriso. Cria de atunes El laboratorio de la CIAT en Achotines, Panama. INFOPESCA INTERNACIONAL NUMERO 52 - OCTUBRE/DICIEMBRE - ANO 2012 pp.26-29.		業界雑誌		カウンターパートによる著作。○印はカウンターパート。
平成25	○Daniel Margulies, ○Vernon P. Scholey, ○Jeanne B. Wexler, ○Maria S. Stein. Achotines Laboratory Home To Continuing Studies Of Tuna Early Life History The Global Magazine for Farmed Seafood March/April 2013 pp. 72-73.		業界雑誌		カウンターパートによる著作。○印はカウンターパート。
平成25	○Daniel Margulies, ○Vernon P. Scholey, ○Jeanne B. Wexler, ○Maria S. Stein, Richard B Deriso and Guillermo A Compean. The IATTC Achotines Laboratory - a world leader in tuna research. INFOFISH International 2013 pp. 24-28.		業界雑誌		カウンターパートによる著作。○印はカウンターパート。
平成25	○Daniel Margulies, ○Vernon Scholey, ○Jeanne Wexler and ○Maria Stein. Achotines Laboratory home to continuing studies of tuna early life history. Global Aquaculture Advocate, March-April 2013: 72-73.		業界雑誌		カウンターパートによる著作。○印はカウンターパート。
平成25	○Maria Stein, ○Daniel Margulies, ○Vernon Scholey and ○Jeanne Wexler. El Laboratorio de Achotines: atunes aleta amarilla cautivos en Panama. Panorama Acuicola 2013, 18(3): 26-32.		業界雑誌		カウンターパートによる著作。○印はカウンターパート。
平成25	○Jeanne Wexler, ○Daniel Margulies, ○Vernon Scholey and ○Maria Stein. El Laboratorio de Achotines. Panama Fishing Magazine, March 29, 2013: 6-8.		業界雑誌		カウンターパートによる著作。○印はカウンターパート。
平成25	○Vernon Scholey, ○Daniel Margulies, ○Jeanne Wexler and ○Maria Stein.Captive culture of yellowfin tuna Thunnus albacares for research and investigation. World Aquaculture Society, World Aquaculture Magazine.2013		業界雑誌		カウンターパートによる著作。○印はカウンターパート。
平成25	本領智紀　マグロ養殖と国際研究　産経新聞寄稿　和歌山版連載「魚ゴコロ　人ゴコロ」平成25年7月27日.		新聞		
平成25	近畿大学　第3回　地球規模課題対応国際科学技術協力事業シンポジウム講演要旨集「資源の持続的利用に向けたマグロ2種の産卵生態と初期生活史に関する基礎研究」 クロマグロとキハダの資源保護と中米キハダの完全養殖を目指して. pp. 14, 2014.		シンポジウム講演要旨集		
平成27	Genetics in tuna aquaculture. Yoshifumi Sawada and Yasuo Agawa. In; Advances in Tuna Aquaculture From Hatchery to Market. Daniel Benetti ed. Elesevier Publishing.		単行本分担執筆		

著作物数 14 件
公開すべきでない著作物 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要（コース目的、対象、参加資格等）、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項
平成23	クロマグロ小離鰭の11-ktホルモン定量による雌雄判別 目的：雌の多いキハダ親魚群編成　研修実施数1、　修了者1名	クロマグロ小離鰭の11-ktホルモン定量による雌雄判別法実験手法	
平成23	キハダの仔稚魚飼育　研修実施数1　修了者5名	Larval and juvenile rearing of yellowfin tuna (YFT) in SATREPS project	
平成26	海面生簀の維持管理法　研修実施数1　修了者7名	写真にて技術を解説	
平成27	海面養殖適地選定に関する実地研修　修了者4名		

V. 成果発表等

（2）学会発表【研究開始～現在の全期間】（公開）

①学会発表（相手側研究チームと連名のもののみ）（国際会議発表及び主要な国内学会発表）

年度	国内/国際の別	発表者（所属）、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演	口頭発表	ポスター発表
平成23年度	国内学会	金　良洙, Darys Delgado, Vernon Scholey, 澤田好史. キハダの胚発生期および仔魚期初期の適正飼育水の検索.平成24年度日本水産学会　春季大会			○
平成23年度	国際学会	Tomoki Honryo, Angel Guillen, Juan Ibarra, Daniel Margulies, Vernon Scholey, Toru Kobayashi and Yoshifumi Sawada. Temperature devendent embryonic development of yellowfin tuna, Thunnus albacares. Aquaculture Europe 2011. October			○
平成23年度	国内学会	本領智記, Angel Guillen, Juan Ibarra, Daniel Margulies, Vernon Schoely,小林徹, 澤田好史. キハダの卵内発生速度と孵化所要時間に及ぼす水温の影響. 平成24年度日本水産学会　春季大会			○
平成24年度	国際学会	Daniel Margulies, Vernon Scholey, Jeanne Wexler, Maria Stein, Yoshifumi Sawada, Yang-Su Kim, Tomoki Honryo and Angel Guillen. Comparative research on the reproductive biology and early life history of Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) and yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). Aquaculture America 2013, Nashville, TN, February 2013.		○	
平成24年度	国際学会	Yang-Su Kim, Daniel Margulies, Vernon P. Scholey, M.S., Ing. Amado Cano, and Yoshifumi Sawada. Investigation of suitable water temperature and salinity for hatching and early larval stages of yellow fin tuna. World Aquaculture Sciety 2013			○
平成24年度	国際学会	Teruyoshi Tanaka, Tomoki Honryo, Yoshifumi Sawada, Vernon Scholey, Amal Biswas and Kenji Takii. Gross energy consumption in Yellowfin tuna with embryonic development. Aquaculture 2013, Nashville, Tennessee, USA, February 22-25, 2013.			○
平成24年度	国内学会	中瀬玄徳、本領智記、Amado Cano、Daniel Margulies、澤田好史、「ナノクロロプシス事前添加によるキハダ仔魚初期生残の向上」平成25年度日本水産学会春季大会（東京海洋大、品川）平成25年3月		○	
平成24年度	国内学会	野村尚平, 小林　徹, 阿川泰夫, Dan Margulies, Vernon Scholey, 澤田好史, 柳下直己. クロマグロおよびキハダの北太平洋における遺伝的集団構造. 平成24年度日本水産学会秋季大会.		○	
平成24年度	国内学会	小林 徹, 本領智記, 阿川泰夫, 澤田好史, Tapia I, Adames K, Cano A, Scholey V, Marguries D, 柳下直己. 養成キハダの生殖巣形成過程. 平成25年度日本水産学会春季大会.			○
平成25年度	国際学会	Tomoki Honryo, Angel Guillen, Teruyoshi Tanaka, Amado Cano, Daniel Margulies, Vernon Scholey and Yoshifumi Sawada. Effects of water surface condition on survival growth and swim bladder inflation ration on yellowfin tuna, Thunnus albacres larvae. Asia-Pacific Aquaculture 2013.		○	
平成25年度	国際学会	Yasunori Ishibashi, Tomotaka Saida, Yazmin Villarreal, Angel Guillen, Yoshifumi Sawada, Tomoki Honryo. Ontogenic changes in tolerance to high- and low-temperature stressors of larval and juvenile Pacific bluefin tuna Thunnus orientalis. Asian-Pacofoc Aquaculture 2013, Dec 11-13, 2013.			○
平成25年度	国際学会	Nomura S, Kobayashi T, Agawa Y, Margulies D, Scholey V, Sawada Y Yagishita Y. Genetic population structure of the yellowfin tuna Thunnus albacares in the North Pacific Ocean. 9th Indo-Pacific Fish Conference.			○
平成25年度	国内学会	澤田好史, 本領智記, 阿川泰夫, 樋口和宏, 阿波賢人（近大院）, Amado Cano, Vernon Scholey, Daniel Margulies. 魚類胚の催奇性環境要因ー低O2・高CO2. 平成25年度日本水産学会　春季大会		○	
平成25年度	国内学会	中瀬玄徳、本領智記、Amado Cano、Daniel Margulies、澤田好史「ナノクロロプシス事前添加によるキハダ仔魚初期生残の向上」平成25年度日本水産学会春季大会（東京, 2013. 3. 28）		○	
平成25年度	国内学会	石橋泰典, 斉田朋孝, Yazmin Villarreal, Angel Guillen, 澤田好史, 本領智記. クロマグロ仔稚魚の発育に伴う温度ストレス耐性およびHSP70発現量の変化.平成25年度日本水産学会 秋季大会　津市　2013年9月19-22日			○
平成25年度	国内学会	中瀬玄徳、新川貴晃、Diana Perez、Liliana Guerra、Amado Cano、Daniel Margulies、澤田好史「養魚場底質における有機物量への投餌の影響範囲」平成26年度日本水産学会春季大会（北海道大学、函館）平成26年3月			○
平成26年度	国内学会	澤田好史, 加賀俊生, 本領智記, 阿川泰夫, 金　良珠, 中谷正宏, 岡田貴彦, Amado Cano, Vernon Scholey, Daniel Margulies. 人工孵化クロマグロの成長解析. 平成26年度日本水産学会春季大会, 函館市, 平成26年3月28日		○	
平成26年度	国内学会	小林 徹, 本領智記, 阿川泰夫, 澤田好史, Tapia I, Adames K, Cano A, Scholey V, Margulies D, 柳下直己. 養成キハダ胚期の形態形成と生殖細胞の動態. 平成26年度日本水産学会春季大会. 函館, 30 March, 2014			○
平成26年度	国内学会	松本太朗, 橋本伸一郎, Daniel Margulies・Vernon P. Scholey , 石橋泰典 . キハダのオプシン遺伝子. 平成26年度日本水産学会秋季大会, 福岡市, 九州大学. H26/9/20 要旨集p.107/ 講演番号848			○
平成26年度	国内学会	本領智記、Angel Guillen・、Amado Cano、Daniel Margulies、倉田道雄、澤田好史　キハダ仔稚魚期における適切な餌料系列の検討　平成27年度日本水産学会春季大会(東海洋大, 品川),平成3月27日～31日演題番号1118			○

平成26年度	国内学会	金　良洙,Amado Cano,Darys I. Delgado,Vernon P. Scholey,澤田好史「キハダ初期稚魚における適正麻酔剤(MS-222, 2-フェノキシエタノール, Clove oil)の検索」平成27年度日本水産学会春季大会(東海洋大, 品川),平成3月27日～31日			○
平成27年度	国内学会	本領智記, Amado Cano, Daniel Margulies, 倉田道雄, 澤田好史.　パナマ共和国におけるキハダの生簀網飼育　平成28年度日本水産学会春季大会(東京海洋大, 品川)　平成28年3月26日～30日　演題番号1160			○
平成27年度	国際学会	Yoshifumi Sawada et al. SATREPS最終シンポジウム 2015 11月16日スミソニアン熱帯研究所(パナマシティ市)	○		
平成27年度	国際学会	Yasuo Agawa et al. SATREPS最終シンポジウム 2015 11月16日スミソニアン熱帯研究所(パナマシティ市)	○		
平成27年度	国際学会	Yasunori Ishibashi et al. SATREPS最終シンポジウム 2015 11月16日スミソニアン熱帯研究所(パナマシティ市)	○		
平成27年度	国際学会	Biswas A. et al. SATREPS最終シンポジウム 2015 11月16日スミソニアン熱帯研究所(パナマシティ市)	○		
平成27年度	国際学会	Lasso, T.L., Shirakashi, S. Cano A. Comparative study of parasites in Pacific bluefin tuna, yellowfin tuna and others Scombrid fishes from Panamá. SATREPS international Symposium. 2015 11月16日スミソニアン熱帯研究所(パナマシティ市)		○	
平成27年度	国際学会	D. Margulies, J. Wexler, M. Stein, V. Scholey, T. Honryo, M. Kurata, Y.S. Kim, T. Matsumoto, A. Biswas, A. Cano, Y. Agawa, Y. Sawada. Laboratory research on early life stages of yellowfin tuna Thunnus albacares with an emphasis on juvenile rearing studies. Aquaculture 2016. Feb. 22-26th, Las Vegas, USA.		○	
平成27年度	国際学会	V. Scholey, D. Margulies, J. Wexler, M. Stein, S. Masuma, Y. Sawada. Spawning history of broodstock yellowfin tuna Thunnus albacares and improved methology for their capture and maintenance. Aquaculture 2016. Feb. 22-26th, Las Vegas, USA.		○	
平成27年度	国際学会	M. Stein, D. Margulies, J. Wexler, V. Scholey, T. Honryo, A.D. Ortiz, Y.S. Kim, Y. Agawa, Y. Sawada. Comparative laboratory studies of feeding dynamics and digestion rates of yellowfin Thunnus albacares and pacific bluefin Thunnus orientalis larvae. Aquaculture 2016. Feb. 22-26th, Las Vegas, USA.		○	
平成27年度	国際学会	J. Wexler, D. Margulies, M. Stein, Y.S. Kim, T. Sasaki,T. Honryo, V. Scholey, A. Guillen, Y. Agawa, Y. Sawada. Comparative growth and survival studies of yellowfin Thunnus albacares and Pacific bluefin Thunnus orientalis tuna larvae. Aquaculture 2016. Feb. 22-26th, Las Vegas, USA.		○	
			4	12	15

②学会発表(相手側研究チームと連名でないもの)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演	口頭発表	ポスター発表
平成23年度	国際学会	Yoshifumi Sawada.Comparative Studies of the Reproductive Biology and Early Life History of Two Tuna Species for the Sustainable Use of these Resources. SATREPS Kick-Off Symposium, 17th Nov., 2011, Panama City.	○		
平成23年度	国際学会	Kenji Takii. Introducing of Nutrition and Feed Development Team in Comparative Studies of the Reproductive Biology and Early Life History of Two Tuna Species for the Sustainable Use of these Resources. SATREPS Kick-Off Symposium, 17th Nov., 2011, Panama City.	○		
平成23年度	国際学会	Toru Kobayashi, Introducing of Spawning Ecology Team in Comparative Studies of the Reproductive Biology and Early Life History of Two Tuna Species for the Sustainable Use of These Resources. SATREPS Kick-Off Symposium, 17th Nov., 2011, Panama City.	○		
平成23年度	国際学会	Yasunori Ishibashi, Introducing of Early life history and rearing technology development team in Comparative Studies of the Reproductive Biology and Early Life History of Two Tuna Species for the Sustainable Use of These Resources. SATREPS Kick-Off Symposium, 17th Nov., 2011, Panama City.	○		
平成23年度	国際学会	Biswajit K. Biswas, Amal Biswas, Idomoto Norifumi, Kita Yasuo and Kenji Takii. Dietary alternative protein sources for juvenile Pacific bluefin tuna, Thunnus orientalis. Aquaculture Europe 2011, Rhodes, Greece.		○	
平成23年度	国際学会	Yang-Su Kim, Chihiro Aoki, Shinji Yamamoto, Kenta Ishimoto, Kenji Takii, Osamu Murata, and Yoshifumi Sawada. Effect of starvation on survival rate and body composition of juvenile pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis*. Aquaculture Europe 2011. October			○
平成23年度	国内学会	橋本伸一郎, 本領智記, 石橋泰典.クロマグロ*Thunnus orientalis*仔魚の適正光波長. 日本動物学会第82回大会.　旭川, 9月21日～23日			○
平成24年度	国際学会	Yasuo Agawa, Takafumi Komiya, Tomoki Honryo, Toru Kobayashi, Michio Kurata, Tokihiko Okada, and Yoshifumi Sawada. Identification of a male characteristic DNA marker of pacific bluefin tuna, Thunnus orientalis. European Aquaulture 2012.		○	
平成24年度	国際学会	Yasuo Agawa, Takafumi Komiya, Tomoki Honryo, Toru Kobayashi, Michio Kurata, Tokihiko Okada, and Yoshifumi Sawada. Identification of a male characteristic DNA marker of aquacultured pacific bluefin tuna, Thunnus orientalis. Aquaculture America 2013.		○	
平成24年度	国際学会	Tomoki Honryo, Michio Kurata, Ai Sumitomo and Yoshifumi Sawada. The explore of possible initial swim bladder inflation periods and time of day on Pacific bluefin tuna Thunnus orientalis. World Aquaculture Sciety 2013		○	

平成24年度	国際学会	Yasunori Ishibashi, Yoshiki Tsutsumi, Taro Matsumoto, Tomoki Honryo, Yoshifumi Sawada, and Yasuo Agawa. Effects of photoenvironmental control on the feeding, growth, and survival rate of juvenile Pacific bluefin tuna (Thunnus orientalis). Asia-Pacific Marine Biotechnology Conference, Marine Bio 2012, Kouchi, 2012年7月13日～16日			○
平成24年度	国際学会	Shinichiro Hashimoto, Tomoki Honryo, Yasuo Agawa,Yoshifumi Sawada, Taro Matsumoto, and Yasunori Ishibashi.Determination of the optimal light wavelength for survival and growth performance and analysis of the opsin gene expression in the larvae of Pacific bluefin tuna (Thunus orientalis).Asia-Pacific Marine Biotechnology Conference, Marine Bio 2012, Kouchi, 2012年7月13日～16日			○
平成24年度	国内学会	金　良洙, 猪股万穂, 阿波賢人, 佐々木つかさ, 本領智記, 澤田好史. タウリン強化ワムシがマダイ仔魚の成長と変態に及ぼす影響.平成24年度日本水産学会秋季大会		○	
平成24年度	国内学会	大西尭行, 津田裕一, 坂本亘, 山本眞司, 村田修「クロマグロ稚魚と餌と行動に関する研究-1　餌と水温が遊泳速度に及ぼす影響」平成24年度日本水産学会春季大会 (東京, 2013. 3)		○	
平成24年度	国内学会	大西尭行, 津田裕一, 坂本亘,山本眞司,村田修「餌と温度が養殖クロマグロ稚魚の生残に及ぼす影響」平成24年度日本水産学会秋季大会 (山口2012. 9)		○	
平成25年度	国際学会	Yang-Su Kim, Tsukasa Sasaki, Masato Awa, Maho Inomata, Tomoki Honryo, Yasuo Agawa, Masashi Ando and Yoshifumi Sawada. Effect of dietary taurine enhancement on the growth and ontogenetic development in red sea bream Pagrus major larvae. Asia-Pacific Aquaculture 2013.		○	
平成25年度	国際学会	Yasuo Agawa, Yoshihiro Takada, Kohei Tamura, Masato Awa, Tomoki Honryo, Toru Kobayashi, Michio Kurata, Tokihiko Okada and Yoshifumi Sawada. Identification of male and female characteristic DNA marker of aquacultured pacific bluefin tuna, Thunnus orientalis. Aisa-Paific Aquaculture 2013.		○	
平成25年度	国際学会	Yoshifumi Sawada, Toshio Kaga, Yasuo Agawa, Tomoki Honryo, Yang-Su Kim, Michio Kurata, Yasuhiro Nakatani, Toshio Tamura, Tokihiko Okada and Shigeru Miyashita. Growth analysis in artificially hatched Pacific bluefin tuna, Thunnus orientalis.Aisa-Paific Aquaculture 2013.		○	
平成25年度	国際学会	Amal Biswas, Biswajit K. Biswas and Kenji Takii. The development of formulated diet for promoting sustainable aquaculture of Pacific bluefin tuna, Thunnus orientalis. BIT's 2nd Annual World Congress of Mariculture and Fisheries, Hangzhou, China, September 23-25, 2013.		○	
平成25年度	国際学会	Kenji Takii, Amal Biswas, Osamu Takaoka, Biswajit K. Biswas, Fusaka S., Imura N., Nakao T. and Yagi N. Digestive organ development and functions of tuna-I, in bluefin tuna, Thunnus orientalis fingerlings. APA 2013, Ho Chi Minh City, Vietnam, December 10-13, 2013.		○	
平成25年度	国際学会	Amal Biswas, Aumi Kurono, Roslianah B. Asdari, Hideo Araki and Kenji Takii . Does the processing of soybean meal help replacing more fish meal in the diet of red sea bream, Pagrus major juvenile? APA 2013, Ho Chi Minh City, Vietnam, December 10-13, 2013.		○	
平成25年度	国際学会	Masato Awa,Yasuo Agawa, Tomoki Honryo, Michio Kurata,Tokihiko Okada, and Yoshifumi Sawada. Analysis of the HIF-1α gene transcripts under hypoxia and/or hypercapnia in red sea bream Pagrus major early embryos. Aisa-Paific Aquaculture 2013.			○
平成25年度	国際学会	Maho Inomata, Tomoki Honryo, Yasuo Agawa, Tokihiko Okada, Toshio Tamura and Yoshifumi Sawada. Research on handling technology improvement and stress response of juvenile Pacific bluefin tuna Thunnus orientalis. Aisa-Paific Aquaculture 2013.			○
平成25年度	国内学会	滝井健二　成果の概要と初期飼育における体成分変化と栄養要求. 近畿大学第3回地球規模課題対応国際科学技術協力 シンポジウム,東京,平成25年3月8日	○		
平成25年度	国内学会	石橋泰典　マグロ類2種の環境適応能の初期発育とキハダ仔稚魚の飼育技術開発. 近畿大学第3回地球規模課題対応国際科学技術協力 シンポジウム,東京,平成25年3月8日	○		
平成25年度	国内学会	小林　徹　パナマ陸上水槽でのキハダ親魚とその産卵. 近畿大学第3回地球規模課題対応国際科学技術協力 シンポジウム,東京,平成25年3月8日	○		
平成25年度	国内学会	倉田道雄, 石橋泰典, 本領智記, 片山茂和, 福田漠生, 滝井健二, 宮下　盛, 澤田好史.クロマグロ稚魚における鰾開腔不全と成長および前彎症との関連 平成25年度日本水産学会 秋季大会　津市2013年9月19-22日		○	
平成25年度	国内学会	大西尭行, 津田裕一, 坂本亘,山本眞司,村田修「摂餌がクロマグロ稚魚の酸素消費量と遊泳速度に及ぼす影響」平成25年度日本水産学会春季大会 (東京, 2013. 3)		○	
平成25年度	国内学会	石橋泰典, 秋山真理, 倉田道雄, 岡田貴彦. クロマグロ仔稚魚の発育に伴う低酸素ストレス耐性およびストレス応答の変化.平成25年度日本水産学会 秋季大会　津市　2013年9月19-22日			○
平成25年度	国際学会	Yasunori Ishibashi, Tomotaka Saida, Yazmin Villarreal, Angel Guillen, Yoshifumi Sawada, Tomoki Honryo. Ontogenic changes in tolerance to high- and low-temperature stressors of larval and juvenile Pacific bluefin tuna Thunnus orientalis. Asian-Pacofoc Aquaculture 2013, Dec 11-13, 2013.			○
平成26年度	国内学会	阿川泰夫, 本領智記, 倉田道雄, 岡田貴彦, 澤田好史. クロマグロ雄に特徴的なDNA多型マーカーについて. 平成26年度日本水産学会春期大会　函館市2014年3月27-30日 演題#537.		○	

平成26年度	国内学会	金　良洙, 佐々木つかさ, 阿川泰夫, 安藤正史, 澤田好史. タウリンおよびセレン強化ワムシの給餌がクロマグロ仔魚の成長および脊索屈曲に及ぼす影響. 平成26年度日本水産学会春季大会　函館市2014年3月27-30日		○	
平成26年度	国内学会	松本太朗, 阿川泰夫,　岡田貴彦, 澤田好史, 石橋泰典. マグロ類の視覚特性比較.　平成26年度日本水産学会 春季大会　函館市2014年3月27-30日			○
平成26年度	国際学会	Y. Agawa, Y. Yamane, M. Iwaki, T. Honryo, M. Kurata, T. Okada, Y. Sawada. Identification of male and female characteristic DNA marker of aquacultured pacific bluefin tuna, Thunnus orientalis. AE 2014, San Sebastian, Spain, October 14-17, 2014.			○
平成26年度	国際学会	Biswas A., Ahn H., Onishi T., Takahashi Y., Uemura S., Nakajima M., Nakao T. and Takii K. Growout feed development for Pacific bluefin tuna, Thunnus orientalis: utility of normal fish meal and squid meal. AE 2014, San Sebastian, Spain, October 14-17, 2014.		○	
平成26年度	国際学会	Shirakashi, S., Suzuki, J.,Yokoyama, H.,. Kudoa (Myxozoa: multivalvulida) infections in cultured pacific bluerin tuna in Japan, World Aquaculture Adelaide 2014, Adelaide convention centre.　June 7-11,2014		○	
平成26年度	国内学会	加賀俊生、阿川泰夫、本領智記、岡田貴彦、澤田好史　成長優良クロマグロに特徴的なDNAマーカーの探索　平成26年度日本水産学会秋季大会, 福岡市, 九州大学. H26/9/20　講演番号891			○
平成26年度	国内学会	佐々木つかさ, 倉田道雄, 本領智紀, 金　良珠, 阿川泰夫, 片山茂和, 澤田好史, .水槽壁面色がカンパチ仔魚の成長, 生残, 顎形態異常に及ぼす影響.平成26年度日本水産学会秋季大会, 福岡市, 九州大学. H26/9/20 要旨集p.43/ 講演番号407		○	
平成26年度	国内学会	松浦大貴・家戸敬太郎・安　孝珍・石橋泰典・澤田好史・宮下　盛（近大水研）、キハダ消化酵素遺伝子のクローニングと仔稚魚における発現、平成26年度日本水産学会近畿支部例会、京都、11月22日		○	
平成26年度	国内学会	阿川泰夫, 加賀俊生, 岩城真結, 岡田貴彦, 澤田好史「完全養殖クロマグロ成長に関連すると考えられるアレルについて」平成27年度日本水産学会春季大会, 東京海洋大学3月27-31日　演題番号1108			○
平成26年度	国内学会	谷和樹, 白樫正, 石丸克也, 本領智記(近大水研), 内田紘臣（串本海中公）,小川和夫（目黒寄生虫館）, クロマグロ養殖生簀周辺のフサゴカイに寄生していた住血吸虫（予報）, 日本魚病学会平成27年春期大会, 東京海洋大学2015年3月		○	
平成26年度	国内学会	倉田道雄、田村慶希、本領智記、石橋泰典、澤田好史　　光周期がクロマグロ仔魚の成長・鰾開腔および生残に及ぼす影響平成27年度日本水産学会春季大会(東海洋大, 品川),3月27日～31日演題番号1114			○
平成26年度	国内学会	田村慶希、倉田道雄、本領智記、石橋泰典、澤田好史　　照度がクロマグロ仔魚の成長, 鰾開腔および生残に及ぼす影響平成27年度日本水産学会春季大会(東海洋大, 品川),3月27日～31日演題番号547		○	
平成26年度	国内学会	澤田好史、佐々木つかさ、倉田道雄、本領智記、金　良珠、阿川泰夫、片山茂和、岡田貴彦　水槽壁面の明度環境がカンパチ仔稚魚の顎形態異常, 行動, 成長, 生残に及ぼす影響平成27年度日本水産学会春季大会(東海洋大, 品川),3月27日～31日演題番号549			○
平成27年度	国際学会	Yasuo Agawa, Yoshihiro Takada, Yoshiyuki Yamane and Yoshifumi Sawada. Identification of male and female characteristic DNA marker of Pacific Bluefin tuna. Aquaculture 2016 2月22-26日米国ラスベガス市		○	
平成27年度	国際学会	Amal Biswas, Teruyoshi Tanaka, Yasuo Agawa, Yoshifumi Sawada and Kenji Takii. Prediction of somatic growth pattern from changes in RNA, DNA and protein synthesis at early stages in yellowfin tuna, *Thunnus albacares*. Aquaculture 2016 2月22-26日米国ラスベガス市		○	
平成27年度	国内学会	三好映実, 谷口友希, 石橋泰典(近大農)クロマグロ仔魚の遊泳行動等に及ぼす光波長の影響 平成27年度日本魚類学会年会、奈良、9月5日			○
平成27年度	国際学会	Y. Sawada. Chalenges of raising bluefin tuna. Bluefin Futures Symposium. Jan. 18-20th, 2016,　Monterey, CA, USA.	○		
平成27年度	国内学会	澤田好史.　マダイにおける骨格異常と胚発生環境との関わり. 平成28年度日本水産学会春季大会シンポジウム　魚類人工種苗の形態異常：これまでとこれから. 平成28年3月26日. 東京海洋大学.	○		
			9	25	15 件

V. 成果発表等

（3）特許出願【研究開始～現在の全期間】（公開）

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	その他（出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい）	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する外国出願※
記載例	2012-123456	2012/4/1	○○○○						戦略太郎	○○大学◎◎研究科△△専攻	PCT/JP2012/123456
No.1											
No.2											
No.3											

※関連する外国出願があれば、その出願番号を記入ください。

国内特許出願数　　件

公開すべきでない特許出願数　　件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	その他（出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい）	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する国内出願※
記載例	PCT/JP2012/123456	2012/9/20	○○○○						戦略太郎	○○大学◎◎研究科△△専攻	特願2010-123456
No.1											
No.2											
No.3											

※関連する国内出願があれば、その出願番号を記入ください。

外国特許出願数　　件

公開すべきでない特許出願数　　件

V. 成果発表等
（4）受賞等【研究開始～現在の全期間】（公開）

①受賞

年度	賞の名称	業績名等 （「〇〇の開発」など）	受賞日	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 （選択）	特記事項

0 件

②マスコミ（新聞・TV等）報道（プレス発表をした場合にはその概要もお書き下さい）

年度	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載日	掲載面		プロジェクトとの関係 （選択）	特記事項
2011	Prensa.com	Tuna study reveals data	4月4日			1.当課題研究の成果である	
2011	IATTC press release	Kinki University, IATTC and Republic of Fanama Sign Tuna Research Accord	5月11日			1.当課題研究の成果である	
2011	ARAP press release	PROMOVERA LA REPRODUCCIÓN DE LOS ATUNES	5月11日			1.当課題研究の成果である	
2011	www.fis.com	Deal signed to study bluefin and yellowfin tuna	5月20日			1.当課題研究の成果である	
2011	毎日新聞	マグロ養殖の最先端　資源確保地球規模で研究	5月21日	和歌山版		1.当課題研究の成果である	
2011	laestrella.com.pa	Proyecto de reproducción del atún	11月19日			1.当課題研究の成果である	
2011	www.fis.com	Kick-off symposium scheduled for unprecedented tuna research agreement	11月20日			1.当課題研究の成果である	
2011	telemetro.com	Estudios pioneros del atún se harán en Panamá	11月20日			1.当課題研究の成果である	
2011	Noticias Internacionales	Investigan japoneses y panameños té cnicas para producir atunes	11月20日			1.当課題研究の成果である	
2011	diaadia.com	Actualmente trabajan: 12 científicos de la Universidad de Kinki, 11 técnicos de la ARAP y 6 de la Comisión de Atún	11月20日			1.当課題研究の成果である	
2011	EL IMPARCIAL	Buscan mejores técnicas para producci ón de atún	11月21日			1.当課題研究の成果である	
2011	SIPSE.com	Japoneses y panameños, en busca de mejores atunes	11月21日			1.当課題研究の成果である	
2011	hoy.com.ec	Panamá promueve estudios del atún	11月21日			1.当課題研究の成果である	
2011	centralamerica.bz	Estudio sobre sustentabilidad del atún	11月22日				
2011	elproductor.com	Panamá promueve estudios del atún	11月22日			1.当課題研究の成果である	
2011	産経新聞	水ひと模様　クロマグロ養殖	11月22日			1.当課題研究の成果である	
2011	panamaon.com	Acuerdo de cooperación permitirá estudio sobre el Atún en Panamá	11月23日			1.当課題研究の成果である	
2011	thepanamadigest.com	Tuna Dream Team Kicks Off Unprecedented Study	11月23日			1.当課題研究の成果である	
2011	elsiglo.com	Inician estudio del atún	11月23日			1.当課題研究の成果である	
2011	日本経済新聞	パナマでキハダマグロの養殖研究　近大など	11月24日			1.当課題研究の成果である	
2011	産経新聞	マグロが結ぶ　日本とパナマ	11月27日			1.当課題研究の成果である	
2011	産経ニュース	ポトマック通信　マグロが結ぶ　日パナマ				1.当課題研究の成果である	
2012	読売新聞	夢が泳ぐ　おいしく育て近大マグロ	1月1日			3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2012	産経新聞	魚ゴコロ人ゴコロ		連載		3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2012	JICA's world	No.51, 12 科学技術協力　世界を変えるイノベーション　マグロの資源管理と養殖で世界の食を守る　パナマ	12月号			3.一部当課題研究の成果が含まれる	

2012	テレビ東京	未来世紀ジパング-プロジェクトの紹介	12月24日			2.主要部分が当課題研究の成果である	
2013	日経サイエンス	9月号特別付録　JST寄稿SATREPS各プロジェクトの紹介	9月号			3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2013	JST news	太平洋のマグロ育成を究める	9月号			1.当課題研究の成果である	
2014	日本経済新聞	近大マグロ、パナマで育つキハダの産卵量2割増	4月15日			1.当課題研究の成果である	
2014	NHKサイエンスZERO	No.476 完全養殖マグロ　大量生産に挑む!	8月24日			3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2014	NHK高校地理	「林業・水産業と世界の自然環境」で研究代表者がマグロ資源と養殖を取り巻く状況を解説	8月24日			3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2014	読売新聞	近大・パナマ　キハダマグロ完全養殖間近	11月28日			1.当課題研究の成果である	
2014	NHK国際報道	キハダマグロを養殖せよ　日本の水産技術・パナマでの挑戦	11月28日			1.当課題研究の成果である	
2014	JICAホームページ	未来の食卓を守る! キハダマグロの生態解明に向けたパナマでの取り組み	12月17日			1.当課題研究の成果である	
2015	近大によるプレスリリース	目指すは第二のマグ完全養殖! キハダの稚魚を世界で初めて海面の生簀へ	6月10日			1.当課題研究の成果である	
2015	telemetro.com, elconfidencial.com	Japón busca en Panamá poblar los océanos con atunes de aleta amarilla	6月10日			1.当課題研究の成果である	
2015	読売新聞	近大マグロ　パナマ沖に	6月18日			1.当課題研究の成果である	
2015	ラ・エストレージャ紙	パナマはキハダマグロの聖地に変わる	7月8日			1.当課題研究の成果である	
2015	四国新聞	キハダマグロの稚魚生育に成功/パナマで近大とJICA	7月9日			1.当課題研究の成果である	
2015	読売新聞	科学技術新たな外交手段に　水害予測、マグロ養殖-得意分野活用	7月19日			3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2015	読売新聞	キハダマグロ養殖の現状と未来	8月15日			1.当課題研究の成果である	
2015	月刊養殖ビジネス	パナマで人工ふ化キハダ稚魚・幼魚の海面生簀での飼育に成功	2016年2月号			1.当課題研究の成果である	

V. 成果発表等

（5）ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】（公開）

①ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2011年11月17日	キックオフシンポジウム	スミソニアン熱帯研究所（パナマシティ市）	50名	SATREPSプロジェクトの開始と趣旨説明
2012年2月27日	トークセッション『パナマ：日本人の大好物、マグロの持続可能な漁業と養殖を支援せよ！』	世界銀行東京事務所（東京）	30名	STREPSの趣旨と研究進捗の説明
2012年3月2日	特別セッション「資源持続的利用マグロ類に向けた養殖と資源管理」	Paris Hotel and Casino（アメリカ）	50名	SATREPSの研究成果の発表
2012年12月24日	日経スペシャル 未来世紀ジパング ～沸騰現場の経済学～ 池上彰の年末解説スペシャル! 2012世界が伝えたニッポン	アチョチネス研究所（パナマ）		研究サブリーダー石橋泰典とARAPプロジェクトメンバーAmado，Yazmin氏，他がテレビ東京「未来世紀ジパング」に出演し，パナマで日本が協力するキハダの生態系を維持するための取り組みを紹介した。
2014年3月10日	シンポジウム「南米パナマでのキハダの資源保護と完全養殖を目指して」	築地市場会館（東京）	50名	SATREPSの研究成果の発表
2014年5月	NHK高校講座　地理	東京		研究代表者澤田好史とプロジェクトメンバー阿川泰夫がNHKEテレ　高校講座　地理　第10回現代世界の系統地理的考察【資源と産業】編　林業・水産業と世界の自然環境　に出演し，マグロ養殖の現状とその意義について解説した。
2014年6月21日	海南ライオンズクラブ総会	和歌山県海南市	30名	研究代表者澤田好史が，海南ライオンズクラブ総会にてマグロ養殖の現状と将来について講演し、そのなかでSATREPS本プロジェクトについて紹介した。
2014年7月15日	近鉄情報セミナー	大阪市	200名	研究代表者澤田好史が，近鉄情報システム株式会社主催の近鉄情報セミナーにてマグロ養殖の現状と将来について講演し，そのなかでSATREPS本プロジェクトの紹介を行った。
2014年7月17日	グリーンフロート構想研究会第11回状況報告会 「グリーンフロートにおける水産資源を活用したビジネスモデル構築江ノ低減」	東京	80名	研究代表者澤田好史が，スーパー連携大学院コンソーシアムが主催する「グリーンフロート構想研究会」第11回状況報告会「グリーンフロートにおける水産資源を活用したビジネスモデル構築への提言」で講演依頼のあった「赤道直下のキハダ養殖の技術課題」について講演し、SATREPS本プロジェクトの紹介を行った。
2014年8月24日	NHK Eテレ　サイエンスZERO	東京		研究代表者澤田好史とプロジェクトメンバー本領智紀が，NHKEテレ　サイエンスZERO No.476「完全養殖マグロ　大量生産に挑む！」に出演し，マグロ養殖研究と資源保護を目的とした研究について解説した。
2014年9月11日	第38回近畿地区公立学校事務長会研究協議会・第12回近畿地区特別支援学校事務長・事務職員研究協議会	和歌山市	300名	研究代表者澤田好史が，近畿公立学校事務長会及び近畿地区特別支援学校事務長・事務職員協会協議会においてマグロ養殖の現状と将来について講演し、SATREPS本プロジェクトの紹介を行った。
2014年10月19日	G1関西	大津市	200名	研究代表者澤田好史が，一般社団法人G1サミット主催のG1関西パネルディスカッション「食から紐解く一次産業の未来」で登壇し，マグロ研究とその社会実装についてディスカッションを行った。

2014年10月2日	都市再生機構西日本支社，日本経済新聞大阪支社「ビジネス・ロケーション・フォーラム関西」	大阪市	500名	研究サブリーダー石橋泰典が，都市再生機構西日本支社，日本経済新聞大阪支社主催のビジネス・ロケーション・フォーラム関西にて「完全養殖クロマグロの量産化を目指して」を講演し，そのなかでSATREPS本プロジェクトの紹介を行った。
2014年10月21日	北海道大学全学教育科目「海と生命」	札幌市	１１０名	研究代表者澤田好史が，北海道大学全学教育科目「海と生命」第4週講義でマグロ類の資源管理と養殖について講演し，そのなかでSATREPS本プロジェクトの紹介を行った。
2014年11月11日	平成26年度熊本北高等学校スーパーサイエンスハイスクール講演会	熊本市	700名	研究代表者澤田好史が，平成26年度熊本北高等学校スーパーサイエンスハイスクール講演会においてマグロ類の資源管理，マグロ養殖の現状と将来について講演し、SATREPS本プロジェクトの紹介を行った。
2014年11月15日	和歌山県歯科医師会総会	和歌山市	80名	研究代表者澤田好史が，和歌山県歯科医師会総会でマグロ養殖の現状について講演し，そのなかでSATREPS本プロジェクトの紹介を行った。
2014年6月11日	プロジェクトテレビ会議（非公開）	神戸市	10名	JICA関西にて、近畿大学専門家、JICAパナマ事務所、JICA東京本部担当部署が参加し、テレビ会議を実施した。議題は1. 国際学会への参加，2. 短期専門家の航空券の手配・日程連絡，3. 機材の購送，4. パナマ大学の学生対象のプロジェクト訪問，5. 春の派遣時の振り返り⇒秋の派遣に向けて，6. 広報関連，7. 現地購入の機材・部品購入，8. 購入した機材の確認，9. その他　パナマでの政権交代の影響など。
2014年6月11日	プロジェクトテレビ会議（非公開）	神戸市	10名	三国学会渡航について情報交換。 2.短期専門家の派遣について近畿大学担当者を決め、旅程情報のやり取りは担当者からJICAへ連絡する事を確認、決定。 3. 今年度輸送品については海送で2回までとする事を合意。 4. 産卵から沖出しに関する詳細な人員配置、スケジュールを議論しており、渡航90日前までにJICAへ連絡する事で合意。 5. その他メディア取材については、魚の飼育開始日が見積もれればある程度自動的に設定できる旨説明した。 6. 近畿大学内部の情報共有の為、1週間に1度程度ニュースメールをすることで対応する。 次回テレビ会議を8月に行う事で各々了承した。
2014年8月13日	プロジェクトテレビ会議（非公開）	神戸市	10名	JICA関西にて、近畿大学専門家、JICAパナマ事務所、JICA東京本部担当部署が参加し、テレビ会議を実施した。議題は1. 国際学会への参加，2. 短期専門家の航空券の手配・日程連絡，3. 機材の購送，4. パナマ大学の学生対象のプロジェクト訪問，5. 春の派遣時の振り返り⇒秋の派遣に向けて，6. 広報関連，7. 現地購入の機材・部品購入，8. 購入した機材の確認，9. その他　パナマでの政権交代の影響など。
2014年8月6日	プロジェクト会議（非公開）	和歌山県白浜町	17名	近畿大学水産研究所白浜実験場において，近畿大学専門家，担当事務職員が参加して全体会議を実施し，プロジェクトの現況の共有と，今後の進め方について協議した。
2015年2月5日	プロジェクト会議（非公開）	東京都	7名	SATREPS当課題の現況報告と今後の活動、さらにプロジェクト後の活動について、JSTおよびJICA担当者と協議した。
2015年5月1日	プロジェクト会議（非公開）	神戸市	13名	SATREPS当課題の現況報告と今後の活動、さらにプロジェクト後の活動について、JSTおよびJICA担当者と協議した。 近畿大学6名、JICA東京2名、JST2名 JICAパナマ支所3名。

2015年11月16日	SATREPS最終シンポジウム	スミソニアン熱帯研究所（パナマシティ市）	50名	SATREPプロジェクトの活動報告および研究成果の発表
2015年12月19，20日	国際シンポジウム「SATREPS水産養殖技術開発研究プロジェクトネットワーク」	東京	100名	国内外SATREPSプロジェクト複数チームの活動報告および研究成果の発表
2016年2月18日	広島県立油木高校講演会	広島市	80名	プロジェクトの取り組み、マグロ飼育技術の講演
2016年2月19日	JICA中国主催養殖セミナー　～養殖で途上国を元気に日本を元気に～	広島市	80名	プロジェクトの取り組み、マグロ飼育技術、中小企業の海外進出についての講演
26				

②合同調整委員会開催記録（開催日、出席者、議題、協議概要等）

年月日	出席者	議題	概要
2012年6月8日	1）パナマ側参加者パナマ共和国水産資源庁：長官ジオバンニラウリ，研究開発局長クワイ・ベン，アチョチネス研究所責任者アマド・カノ博士，プロジェクトコーディネーターテルマ・マキンテロ，ジャスミン・ビジャレアル 2）日本側参加者：チーフアドバイザー：澤田好史，プロジェクトコーディネーター：木部彰二，JSTワシントン事務所， JICA事務所パナマ表所長，JICA職員：カルロス·ザンブラーノ，竹林あゆみ，中野敦彦，ダヤンボニーラ 3）全米熱帯マグロ類委員会参加者：上席研究員ダニエル·マーグリーズ，Achotines研究所長：イング・バーノン・スコーリー	内容 1）2011年の活動内容。 2)2012年の活動計画。 2）2012年の購入機材と2013年の機材購入予定。 3）カウンターパートの日本研修に関して 4）カウンターパートの追加について 5）各機関の2012年の予算 6）その他の議題に関して。	合同調整委員会はパナマ共和国水産資源庁庁舎で開催され，JICAパナマ支所長挨拶のに続いて左記の議題について協議が行われた。2011年の活動内容を確認し、2012年の活動予定の内容、また左記事項について協議された。会議終了後、ミニッツに各機関が署名した。
2013年11月19日	1）パナマ側参加者パナマ共和国水産資源庁：長官ジオバンニラウリ，研究開発局長クワイ・ベン，アチョチネス研究所責任者アマド・カノ博士，プロジェクトコーディネーターテルマ・マキンテロ，ジャスミン・ビジャレアル 2）日本側参加者：チーフアドバイザー：澤田好史，プロジェクトコーディネーター：木部彰二，JSTワシントン事務所， JICA事務所パナマ小林所長，JICA職員：カルロス·ザンブラーノ，竹林あゆみ，中野敦彦，ダヤンボニーラ 3）全米熱帯マグロ類委員会参加者：上席研究員ダニエル·マーグリーズ，Achotines研究所長：イング・バーノン・スコーリー	内容 1）2012年の活動内容。 2)2013年の活動について。 2）2013年の購入機材と2014年の機材購入予定。 3）カウンターパートの日本研修に関して 4）カウンターパートの追加について 5）各機関の2013年の予算 6）その他の議題に関して。	合同調整委員会は全米熱帯マグロ類委員会アチョチネス研究所で開催され，JICAパナマ支所長挨拶のに続いて左記の議題について協議が行われた。2012年の活動内容を確認し、2013年の活動予定の内容、また左記事項について協議された。会議終了後、ミニッツに各機関が署名した。
2014年11月8日	1）パナマ側参加者パナマ共和国水産資源庁：研究開発局長クワイ・ベン，アチョチネス研究所責任者アマド・カノ博士，プロジェクトコーディネーターテルマ・マキンテロ，ジャスミン・ビジャレアル 2）日本側参加者：チーフアドバイザー：澤田好史，プロジェクトコーディネーター：阿川，プロジェクトコーディネーター ：ビッシャシュアマル，プロジェクトコーディネーター：川人美智子， JICA事務所パナマ所長： 小林一美，JICA職員：カルロス·ザンブラーノ，竹林あゆみ，中野敦彦，ダヤンボニーラ 3）全米熱帯マグロ類委員会参加者：上席研究員ダニエル·マーグリーズ，Achotines研究所長：イング・バーノン・スコーリー	内容 1）2014年から2015年のための活動の年間計画と進捗状況の報告。 2）2013-14 年の購入機材と2014-15.年の機材購入予定。 3）カウンターパートの日本研修に関して 4）カウンターパートについて 5）各機関の2013年と2014年の予算 6）その他の議題に関して。	合同調整委員会はパナマ共和国水産資源庁庁舎で開催され，JICAパナマ支所長挨拶のに続いて左記の議題について協議が行われた。また、その他の議題では、特に本プロジェクトの活動について互いに意義が大きいことに合意するとともに，プロジェクト終了後の活動について，パナマ共和国水産資源庁、全米熱帯マグロ類委員会ともにプロジェクト関連の活動を積極的に継続する意志が確認された。会議終了後、ミニッツに各機関が署名した。

2015年11月23日	1）パナマ側参加者パナマ共和国水産資源庁：研究開発局長クワイ・ベン，アチョチネス研究所責任者アマド・カノ博士，プロジェクトコーディネーターテルマ・マキンテロ，ジャスミン・ビジャレアル　　2）日本側参加者：チーフアドバイザー：澤田好史，プロジェクトコーディネーター：阿川，プロジェクトコーディネーター　:ビッシャシュアマル，JICA:プロジェクトコーディネーター：久笹逸夫，JICA事務所：カルロス･ザンブラーノ，竹林あゆみ，中野敦彦，ダヤンボニーラ 3）全米熱帯マグロ類委員会参加者：上席研究員ダニエル･マーグリーズ，Achotines研究所長：イング・バーノン・スコーリー	内容 1）2014年から2015年のための活動の年間計画と進捗状況の報告。 2）活動後の新しいMOUの策定について 6）その他の議題に関して。	最終合同調整委員会はパナマ共和国水産資源庁庁舎で開催され，沖出し成功につて報告が行われ、左記の議題について協議が行われた。また、その他の議題では、特に本プロジェクトの活動について互いに意義が大きいことに合意するとともに，プロジェクト終了後の活動について，パナマ共和国水産資源庁、全米熱帯マグロ類委員会ともにプロジェクト関連の活動を積極的に継続する意志が確認された。

4

研究課題名	資源の持続的利用に向けたマグロ類2種の産卵生態と初期生活史に関する基礎研究
研究代表者名（所属機関）	澤田　好史 (近畿大学 水産研究所　教授)
研究期間	H22採択 （5年間） 平成23年4月～平成28年3月
相手国名	パナマ共和国
主要相手国研究機関	パナマ国水産資源庁ARAP アチョチネス研究所IATTC

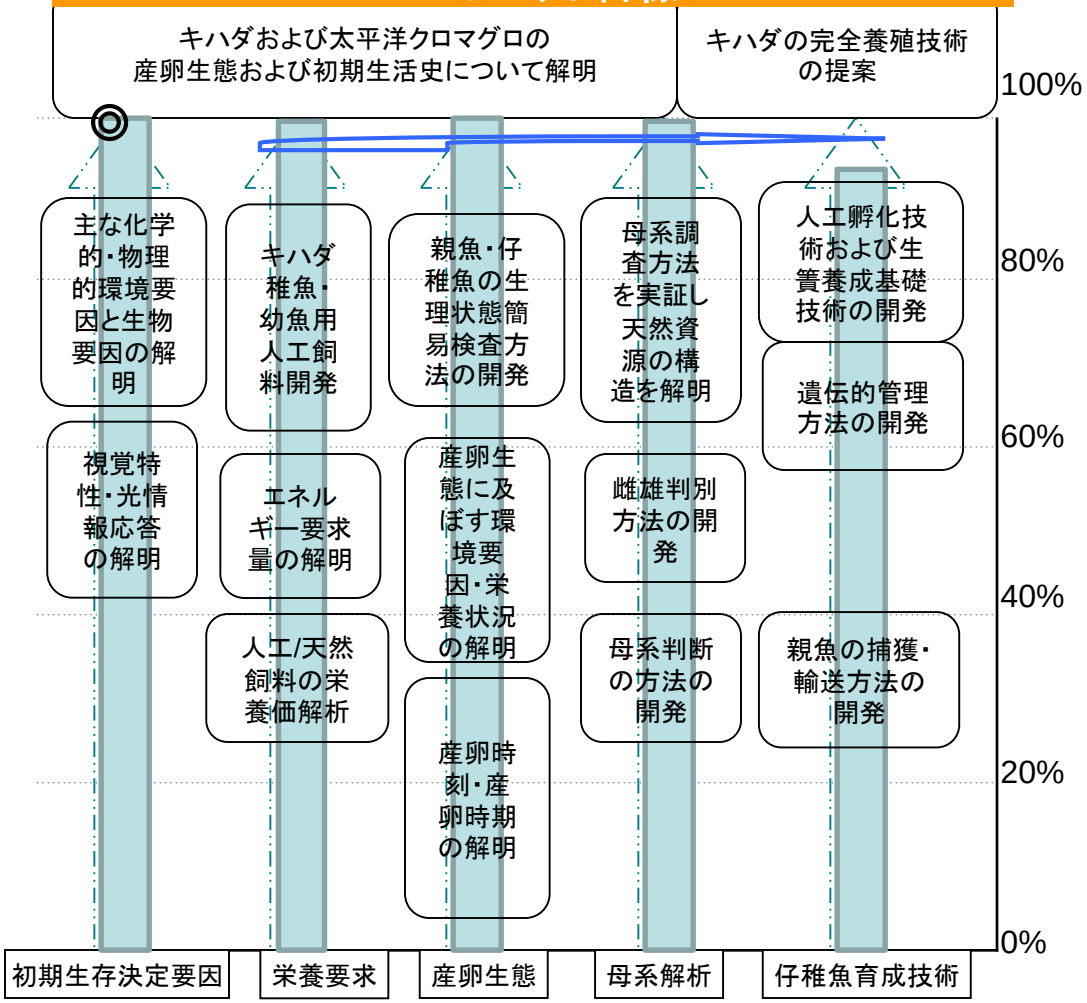
付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	マグロの大量消費国日本が、マグロの資源管理技術や天然資源に依存しない養殖技術の開発を通じて国際的な責任を果たせた。また研究成果は国内マグロ養殖での技術開発促進、人材育成に貢献した。
科学技術の発展	知見が少ないマグロ類の生態について、主に飼育研究により新たな科学的知見を数多く付け加えることができた。この分野での世界に例の無い共同研究の内容・規模で、マグロ類の資源管理と養殖技術の向上・発展に貢献した。
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	現在日本では得られないキハダの親魚、卵、仔稚魚へのアクセスが可能となった。また共同研究により、日本ではできないキハダの養殖技術が知財として新たに獲得できた。またクロマグロとキハダについても国際資源管理に必要な生態情報が獲得できた。
世界で活躍できる日本人人材の育成	若手研究者、大学院生のパナマ派遣、パナマからの研究者を受け入れての共同研究では、異なる言語、異なる環境、異なる思考を体験させるとともに、新たな科学技術・知識の創造の場を提供することで、日本人若手人材の国際化、能力向上が図られた。
技術及び人的ネットワークの構築	プロジェクトは、マグロ類では今まで全くなかった国際共同研究であり、初めてこの分野で活動的な研究ネットワークが構築された。また、主催あるいは参加する国際会議やシンポジウムでプロジェクト外の研究者とのネットワークが構築された。
成果物（提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど）	プロジェクトでは、相当数の学術論文が公表され、また最終的な成果報告書等が刊行された。さらにそれらのなかでは、マグロ類の生態というグローバルな課題についての国際共同研究の必要性、その内容が提言された。さらに重要な技術マニュアルも作成された。

上位目標

国際資源管理機関が提案するキハダと太平洋クロマグロ資源管理措置が本研究成果の生態学知見に基づいた資源変動予測によって提案され批准される。

キハダの完全養殖の成功により養殖技術の基礎が整備される。

キハダと太平洋クロマグロの資源構造と，資源変動に及ぼす主要因が解明される。キハダの天然魚に頼らない完全養殖技術の有効性が，飼育下での全生活史の完結と，幼魚までの生存率0.5%の達成として示される。

プロジェクト目標