

地球規模課題対応国際科学技術協力

(生物資源研究分野「生物資源の持続可能な生産・利用に資する研究」領域)

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

(パナマ)

平成 25 年度実施報告書

代表者：澤田 好史

近畿大学水産研究所 教授

< 平成 22 年度採択 >

1. プロジェクト全体の実施の概要

パナマ共和国を含む中米諸国では太平洋でのキハダとクロマグロの漁業、養殖業は重要産業であるが、資源量の大きな変動に加え、漁獲過剰と地球規模の気候変動による減少が危惧され、産業基盤が揺らいでいる。さらにこれら2種は日本にとっても重要な水産資源であり、それらの資源の持続的利用は重要課題である。本課題では両種の将来に亘る持続的な漁業に必要な資源管理技術向上と、キハダの天然資源に頼らない養殖技術確立を、パナマ共和国水産資源庁 (ARAP)、日本およびパナマ共和国を含む 21 の国と地域が加盟する全米熱帯マグロ類委員会 (IATTC) との共同研究で目指す。また将来これらの研究を担うパナマの若い専門家の育成も行う。

平成 22 年度 (R/D 署名以前と以降 2011 年 3 月)

次年度からの本格的な飼育実験のための準備期間として、研究・分析設備・機器の準備、試料の分析方法開発、予備的試験等を研究目標とするとともに、人的要素の整備として、研究チーム編成、カウンターパート技術水準等の情報収集、近畿大学での博士号取得等の大学院教育について協議した。

平成 23 年度 (2011 年 4 月から 2012 年 3 月)

キハダ・クロマグロ親魚産卵データ収集、キハダ卵・仔魚飼育実験、分析用野生個体の採取、分析技術開発とカウンターパートの技術取得、キハダ飼育技術開発とカウンターパートの技術取得、飼育・分析用機器配備を実施した。また、各研究項目の近畿大学、ARAP、IATTC の担当者決定とその実施スケジュール協議を実施するとともに、近畿大学大学院での修士号・博士号取得を目標とした大学院レベルのカウンターパートの教育について協議を行った。さらに、試薬、その他消耗品等のパナマ共和国での調達体制の確立に向けた努力を行った。

平成 24 年度 (2012 年 4 月から 2013 年 3 月)

クロマグロとキハダの産卵生態、キハダ母系解析、初期生残・発育に及ぼす重要要因解明、キハダ初期生活史研究のための飼育技術開発について研究が進展し、それぞれの分野で概ねプロジェクトスケジュールに沿った成果が得られた。研究の進展とともに、最終的に良く統合された形でのプロジェクト成果が得られるよう、多岐に亘る研究内容の相互調整が必要となり、これに努めることを重視している。また、カウンターパートの教育・技術向上にも留意しているが、人員の入れ替わりがあり、この対応を実施している。これらプロジェクト進展に伴う課題は、相互に密接なコミュニケーションを図りつつ今後も重視して対応する予定である。

平成 25 年度 (2013 年 4 月から 2014 年 3 月)

本年度はパナマでのキハダ親魚の産卵が停止し、産卵生態や初期飼育などの飼育実験が実施できず、これらの分野で予定された研究は進展させることができなかった。しかしながらクロマグロでは日本で順調な産卵が得られたことから、クロマグロの産卵生態、両種の母系解析、初期生残・発育に及ぼす重要要因解明等について研究が進展し、それぞれの分野でプロジェクトスケジュールに沿った成果が得られた。また、キハダでの飼育実験を実施する代わりに、特にカウンターパートの指導で、研究者として大事な資質である研究成果を学術論文に纏めることと、研究計画の立案の実際について留意し人材育成面での成果を得た。さらに停止したキハダの産卵を再開させるべく、新たな親魚候補の補充も進めた結果、2014 年 3 月中旬に産卵が再開した。研究、成果報告、人材育成で相互に密接なコミュニケーションを引き続き重視して対応する目的で研究組織改革 (研究コーディネーターの配置など) を行った。また来年度はキハダの人工催熟による産卵誘導および遅れている飼育実験の準備を周到に行う。さらにプロジ

エクトのパナマ、日本国民、さらには国際社会での理解促進と将来の社会実装を目的として、国際シンポジウム、国内シンポジウムの準備を進めるとともに、プロジェクト内容や成果の広報、学術発表に努める。

2. 研究グループ別の実施内容

産卵生態解明チーム

研究のねらい

産卵生態解明チームでは、キハダと太平洋クロマグロの資源予測技術向上を目指した天然海域での年毎の産卵状況の把握法開発と、キハダの人工孵化・養殖技術の基礎となるキハダ親魚の飼育下での産卵生態解明、系統判別と育種のための基盤整備を目指している。平成 25 年度はこれらの本格的な研究を継続した。内容としては、1. 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.)、2. キハダと太平洋クロマグロの母系解析(PO 2-1. ~ 2-2.)、3. 両種の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(PO 4.1: PO 4-1-1 から 4-1-7)である。

研究実施方法

1. 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

キハダについてはパナマ共和国 IATTC アチョチヌス実験場で飼育されている産卵親魚の産卵状況(孵化率・卵の化学成分等)と飼育環境の毎日記録する。効率的な採卵法と共に産卵量の推定法を検討する。太平洋クロマグロについては、近畿大学水産研究所大島実験場で飼育されている産卵親魚の産卵状況と飼育環境の毎日記録する。

2. キハダと太平洋クロマグロの母系解析

太平洋クロマグロについては、日本市場での 500 個体の試料を収集する。キハダについては、日本産 25 個体およびパナマ産 77 個体を採集する。両種についてミトコンドリア DNA 調節領域、およびマイクロサテライト領域の解析を行い、北太平洋における遺伝的集団構造の大枠を明らかにする。

3. 両種の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

両種の生理状態の把握方法として、遺伝子の転写産物量は 1 つの指標となりえる。遺伝子発現調査には、マグロ類ではゲノム情報が未整備であるので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 を次世代シーケンサーで分析し、多数の配列情報をライブラリーとした。クロマグロでは 160,582 コンティグが得られ、平均 1,156 塩基、キハダでは 182,967 コンティグ、平均 1,190 塩基であった。今後クロマグロ雌雄生殖腺転写産物についてもライブラリーとする。

平成 25 年度は上記ライブラリーを用いて、クロマグロペプチドトランスポーターの部分配列を同定した。この部分配列の情報を基に、今後ペプチドトランスポーターの同定を試みる。

当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

1. 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

まずアチョチヌス実験場では、キハダの飼育下での産卵状況(産卵数・産卵時刻・孵化率)を毎日記録することを継続している。同時に、産卵と環境の関係を解明すべく、天候、気温、飼育水温等も記録している。またサイホン採卵法を用いた採卵状況について調査した。さらに太平洋クロマグロでも、近畿大学大島実験場(和歌山県東牟婁郡串本町)においても、産卵状況、天候、気温、水温等の記録を毎日行っている。これらのデータの解

析については、さらにデータを収集しつつ行う予定。平成 25 年度は、アチョチヌス研究所で飼育していた親魚の産卵が、2013 年 2 月 9 日を最後に翌 2 月 10 日から停止した。その原因としては、それまで産卵していた雌個体が極めて少数（おそらく 1 尾）であり、産卵停止現象の直前に、1 尾の大型の雌の死亡が確認されたことから、おそらくこの個体の死亡により卵を産出する雌親魚がいなくなったのではないかと推定された。そのことから、パナマ沿岸においてキハダ親魚候補個体の捕獲作業を行い、現在、18 尾の親魚が確保できた。この親魚群から、2014 年 2 月下旬～3 月上旬にわずかながら産卵が確認された。H26 年度の実験への使用が期待できる。

2. キハダと太平洋クロマグロの母系解析

太平洋クロマグロについては、すでに日本市場での 500 個体の試料の収集を終えた。キハダについては、平成 25 年度にアチョチヌス研究所近郊魚市場でヒレを採取できる体制を確立し、70 尾の標本を収集した。キハダ 45 個体およびクロマグロ 71 個体について、ミトコンドリア DNA の調節領域 397 塩基対および 411 塩基対の配列をそれぞれ決定した。また、マイクロサテライト領域について、キハダでは 6 遺伝子座をクロマグロでは 7 遺伝子座を解析済みである。

3. 両種の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・個体・雌雄等判別のための基盤整備

昨年度の成果に加え、11-KT (11-Keto Testosteron) は雄性ホルモンであるが、11-KT を用いた魚類雌雄判別が可能となりつつある。キハダにおいても 11-KT ELISA kit を用いた雌雄判別が可能か否か 2014 年度以降検証する事を立案した。

カウンターパートへの技術移転の状況（日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む）

産卵生態解明のために必要な試料・情報の選択とその収集方法、母系解析のための遺伝子解析技術、産卵親魚の生理状態把握のための遺伝子解析技術、さらには研究成果を纏めて発表する技術がカウンターパートに移転されつつある。

当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況（あれば）

キハダ親魚の産卵が 1 年間に亘り停止したため、同種の産卵生態や初期生活史研究が実施できなかった。産卵停止は、もともと親魚水槽で飼育可能な親魚の数が限られるため、成熟し産卵をしていた雌親魚が水槽への衝突で死亡した後、未成熟な雌親魚しか飼育されていなかったことによると考えられる。そのため年度後半では新たに野生の親魚候補を捕獲し、水槽に補充することを進めた。その結果 2014 年 3 月から産卵が再開され、4 月以降の本格的な産卵が期待できるようになった。しかしながら、飼育下のマグロ類の産卵は条件を整えることが難しいので、2013 年 11 月に行われた合同調整委員会において、アチョチヌス研究所に副親魚群を形成し、成熟ホルモン投与による人工催熟を実施することが同意され、現在ホルモン購入や投与器具等の準備を進めているが、副親魚群候補魚の捕獲が遅れている。この点について来年度早々より鋭意準備を進め、再度の主親魚群の産卵停止に備えるとともに、世界で類のない、また同種の養殖技術として重要なキハダでの人工催熟技術開発を目指す。

栄養要求解明・飼料開発チーム

研究のねらい

本事業の栄養要求解明・飼料開発チームでは、キハダの仔稚魚の天然海域における資源加入量を予測するため、生残に大きく影響する Achotines 地先での餌料プランクトンの資源量や栄養価について調べるとともに、両種の仔稚魚・幼魚期の栄養要求や摂餌生態・消化機能の発育過程を明らかにし、パナマ共和国でのキハダ養殖に必要な配合飼料開発を目指している。

平成 25 年度は、Achotines のキハダ親魚群に産卵が認められず、本チームの研究課題に必要な供試魚を入

手できなかった。そこで、クロマグロ仔魚における腸の吸収担体についての研究と教員によるカウンターパートの教育指導を中心に実施した。

研究実施方法

クロマグロ仔魚における吸収担体の機能について検討するため、成魚の全長から吸収担体 RNA を抽出しその塩基配列を解析している。一方、生餌および配合飼料の給与が腸組織に及ぼす影響についてふ化 60 日後のクロマグロで検討したところ、配合飼料の給与によって腸の肥大が認められたが、組織像に異常は認められなかった。この結果から、クロマグロはふ化 60 日後において魚粉主体の配合飼料に適応していることが示された。

当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

キハダ稚魚の入手ができなかったことから、当初の計画が大幅に遅れている。

カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

IATTC の Carlos Tejada 氏に対して、実験計画の立て方、分析方法の確認と熟達度、実験データのまとめ方と考え方について指導した。これまで、キハダ仔魚飼育に用いる餌料生物の生産を主に担当しており、仔魚の発育・器官形成に裏付けられた餌料生物の質・量が考慮されていなかった。そこで、仔稚魚期における体重・体長の変化に変曲点があること、また、成長は細胞分裂と細胞肥大が複雑に関連しあうことなどを示した。また、論文の書き方も細かく指導した。

ARAP の Thelma Quintero 女史に対しては配合飼料開発に関する基礎事項の習得を目指した。まず、これまで明らかになったクロマグロ仔稚魚の栄養要求と消化吸收過程を説明し、キハダ仔稚魚の成長速度がクロマグロ仔稚魚より遅いことから、クロマグロで消化性の低かった一般魚粉でも利用できる可能性を示した。ついで、キハダ配合飼料開発に日本国内で生産された原料を用いるのは非現実的であることから、パナマ国内産の魚粉や他の原料の利用について本年度より検討を開始した。予め ARAP より入手した魚粉のタンパク質含量が極めて低かったことから、Panama 市近郊の魚粉工場を直接訪問し、キハダ配合飼料に利用できる高タンパク質魚粉が製造されていることを確認した。また、Thelma 女史にも一般成分の分析方法を指導した。

Achotines 実験場に一般分析室が設けられたことから、IATTC および ARAP における研究の進展が期待される。

当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

キハダの産卵停止による研究の遅れ以外にはない。

初期発育解明と飼育技術開発チーム

研究のねらい

魚類は仔稚魚期に大量に斃死する、いわゆる初期減耗のために資源量が大きく変動することが知られている。このため、魚類の資源管理研究では、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、種間比較を行い、初期減耗の原因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が目標である。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。本年度の研究では、主に 1. 卵発生、2. 仔稚魚の環境適応能、3. 視覚の発達過程、4. 仔稚魚の共食い発生要因、5. 形態発育、6. 飼育魚の健康管理とキハダとクロマグロの寄生虫症の比較、7. キハダの飼育環境を検討した。

研究実施方法

1. 卵発生

キハダの発生過程を追跡し、発育段階の決定およびそれらの形態変化を生体写真で記録するとともに、26の一定温度下における発生の進行状況をクロマグロと比較した。また、この発生系列の各発生段階の組織標本を作製し、胚葉形成、器官形成等につき、クロマグロの発生進行と比較した。

2. 仔稚魚の温度耐性とストレス応答

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。本年度は、昨年度に引き続いて仔稚魚を飼育し、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。

3. 視覚の発達過程の解明

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明確にするには、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ことが望ましい。本年度は、昨年度に引き続いて、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比較した。

4. キハダにおける共食い発生原因の解明

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、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。本年度は、仔稚魚の全長、体長、体高、口径、口幅等の形態測定を行い、共食いが可能な体サイズについて調べた。

5. 形態発育

Achotines 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日、3日、5日、7日、10日、14日、20日、24日、27日、および30日にそれぞれ取り上げた個体をブアン氏液で固定後、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6μm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。

クロマグロのインシュリン様成長因子(IGF)の一部配列を用いて、孵化後0日齢から10日齢、および20日齢からの100日齢の発現パターンを調べた。また、キハダIGF遺伝子の一部配列、キハダ、クロマグロのMyo-D遺伝子の一部配列も解読した。これらを用いて筋肉形成過程における遺伝子発現パターンを追跡する予定である。

6. 飼育魚の健康管理

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調べたところ、筋肉溶解を引き起こすことが知られている *Kudoa neothunni* と同定した。また、複数のサンプルをより詳細に調べたところ、近縁別種の *Kudoa* が寄生している事がわかった。同じ種はクロマグロからも見つかっており、これまで知られていない新種であることがわかった。

7. 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

飼育水の細菌群集の制御を目指した飼育法(植物プランクトンの活用)で仔魚飼育を行い、通常の飼育法に比して飼育初期の生残率がどの程度向上するのかを評価する。また、上記飼育法において利用する植物プランクトン培養液を、市販の冷蔵濃縮培養液で代替可能であるかを検討する。

当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

1. 卵発生

キハダの胚発生過程の検討では、日本に持ち帰った固定標本を用いて組織学的解析を行った。発生開始後、卵割期は 20 mpf(受精後分)、胞胚期は 110 mpf、原腸胚期は 270 mpf、体節形成期は 610 mpf にそれぞれ始まり、孵化は発生開始後ほぼ 1380～1440 mpf(23～24 時間)で起こった。クロマグロ(孵化 30 時間)とは、後期胞胚に入る時間がやや遅く、逆に後期胞胚から胚環形成に至る時間はやや速いこと、またその後の被覆運動にかかる時間はクロマグロの約 2 倍かかり、その分 20 体節期までの体節形成にかかった時間がキハダではクロマグロの約 1/2 と著しく速く進行したことで異なった。始原生殖細胞は 80%被覆期には側板の細胞延長部と卵黄細胞膜の間に観察されたが、眼胞形成期には側板近傍に移動し、20 体節期から 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判明した。

2. 仔稚魚の温度耐性とストレス応答 (PO3-1-7)

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、昨年度に実施した温度耐性の試料測定、データ解析を行った。詳細については、26 年度に詳しく検討する予定である。

3. 視覚の発達過程の解明

当初の計画に従って実験を進めたが、クロマグロの視物質オプシン遺伝子の全塩基配列については、他の研究組織からの発表もあり、既報のデータとともに、プライマーの再検討を行った。また、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。キハダについては、視物質オプシン遺伝子の全塩基配列を解読し、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、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。

4. キハダにおける共食い発生原因の解明

年次計画に従い、仔稚魚の全長、体長、体高、口径、口幅等の形態測定を行った。そのデータをもとに、共食いが可能な体サイズについて調べているが、データ数が十分ではない。追加の実験については 26 年度にも実施する必要がある。

5. 形態発育

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 \pm 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。

現在までに、クロマグロについては 1 日齢から 10 日齢、また 20 日齢から 100 日齢までの IGF 発現解析を行った。追って、キハダの同遺伝子の発現動向を調べ比較する。また、Myo-D の配列の一部が明らかとなった。これをもちいて、さらに発現解析に繋げる。

6. 飼育魚の健康管理

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

出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. PBT) 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. PBT のみが確認された。これらの結果をまとめ、学術論文として投稿した。現在はこれらの種の病害性について調査中である。

7. 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)

2013 年度までに現地におけるキハダ飼育試験を実施した結果、植物プランクトンの飼育水への事前添加が仔魚の初期生残向上に好影響を与えることが明らかになった。2013 年度では、植物プランクトンのより容易な利用について検討を行うことにした。すなわち、確保に多大な労力が必要な植物プランクトンの培養液の代わりに、市販の冷蔵濃縮培養液をして同様の効果（飼育水の細菌相制御）が得られるかを検討し、実際の仔魚飼育への応用方法を検討する。パナマ、日本の両方で植物プランクトンを用いた試験を実施し、冷蔵品の最適な利用条件の検討を行う。

8. キハダの海面生簀飼育の適地選定、許可取得、生簀設置(PO 4-4-2)

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、Ashotines 研究所沖合に 2 基の生簀の設置を行う。

カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

カウンターパートに飼育実験、各種行動実験の実施方法、仔魚の測定方法、摂餌率の測定方法、データの解析方法と取り扱いについて指導した。年数を重ねるにつれてカウンターパートの技量も向上し、昨年度よりも詳しく指導することができた。

当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

クロマグロに関しては、カウンターパートの ARAP スタッフとともに、予定どおりの研究を実施することができた。しかし、キハダについては、実験に必要な試料が採取できなかったため、以前に実施した試料の測定やデータ解析を中心に進めた。

3. 成果発表等

(1) 原著論文発表

本年度発表総数(国内 3 件、国際 7 件)

“Published” (国内 2 件、国際 4 件)

“In press” (国内 1 件、国際 3 件)

本プロジェクト期間累積件数(国内 3 件、国際 8 件)

論文詳細情報

1. 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.
2. 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*. *Aquaculture Science*, 61, 315-319, 2014.
3. 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, 180-191, 2014.
4. Sho Shirakashi. Parasites of Cultured Bluefin Tuna (Review in Japanese). Japanese Journal of Veterinary Parasitology, in press.
 5. 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 and Shellfish Immunology, 36, 61-67, 2014.
 6. Katsuya Ishimaru, Takumi Matsuura, Kazunobu Tsunemoto, Sho Shirakashi. Seasonal monitoring of *Kudoa yasunagai* from sea water and aquaculture water using quantitative PCR. Diseases of Aquatic Organisms, 108, 45-52, 2014.
 7. Teruyoshi Tanaka, Kenji Takahashi, Kohsuke Adachi, Haruki Ohta, Yukihiro Yoshimura, Yasuo Agawa, Yoshifumi Sawada, Osamu Takaoka, Amal Biswas, Kenji Takii, Nobuhiro Zaima, Tatsuya Moriyama and Yukio Kawamura. Molecular cloning and expression profiling of procollagen 1 (I) in cultured Pacific bluefin tuna. Fisheries Science, in press.
 8. Amado Cano, Yan-Su Kim, Darys Delgado, Vernon Scholey, and Yoshifumi Sawada. Comparative efficacy of MS-222, 2-phenoxyethanol, and clove oil in early juvenile yellowfin tuna *Thunnus albacares*. Aquaculture Science 62, 107-110, 2014.
 9. Gentoku Nakase, Tomoki Honryo, Liliana Guerra, Diana Perz, Amado Cano, Daniel Margulies, Vernon P. Scholey and Yoshifumi Sawada. Addition of *Nannochloropsis oculata* in pre-rearing water improves survivals of Yellowfin tuna *Thunnus albacares* larvae. Aquaculture Science, in press.
 10. 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, accepted.

(2) 特許出願

本年度特許出願内訳 (国内 0 件、海外 0 件)

本プロジェクト期間累積件数 (国内 0 件、海外 0 件)

4. プロジェクト実施体制

(1) 産卵生態解明チーム

研究者グループリーダー名: 小林 徹 (近畿大学・教授)

研究項目

キハダの飼育下での産卵生態 (産卵シーズン、産卵時刻、産卵と環境要因との関係、産卵と栄養状態との関係) 解明。

キハダの栄養状態と産卵成績との関係解明

キハダ産卵個体識別と野生群の母系解析

(2) 栄養要求解明・飼料開発チーム

研究者グループリーダー名: 滝井 健二 (近畿大学・教授)

研究項目

キハダおよび太平洋クロマグロ仔稚魚・幼魚の摂餌生態解明

キハダ仔稚魚・幼魚の天然海域での餌料の栄養価分析

キハダの消化器官の発育解明

キハダの人工配合飼料開発

(3) 初期発育解明と飼育技術開発チーム

研究者グループリーダー名：石橋 泰典（近畿大学・教授）

研究項目

キハダおよび太平洋クロマグロの成長・発育に及ぼす生物・環境要因の影響解明

キハダおよび太平洋クロマグロの視覚の発育および光刺激に対する反応解明

飼育キハダの遺伝解析・管理技術開発

キハダ健康状態情報収集

キハダ親魚候補魚の捕獲・輸送技術開発

キハダ初期飼育および養成技術開発

以上