

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年3月31日現在

機関番号：82708

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22580217

研究課題名（和文）東シナ海におけるアカアマダイ漁業の漁獲特性の解明と資源管理への応用

研究課題名（英文）Elucidation of fishing selectivities for red tilefish and application to resources management

研究代表者

山下 秀幸（HIDEYUKI YAMASHITA）

独立行政法人水産総合研究センター 開発調査センター 開発調査専門役

研究者番号：60569630

研究成果の概要（和文）：東シナ海におけるアカアマダイ漁業の漁具選択性を明らかにし、資源管理と漁業経営の維持のために最適な釣針サイズを検討した。その結果、延縄で鯛縄針 15 号相当を使用することで、資源を維持しながら、漁業経営を安定させることが可能であることが示唆された。また、日本各地および東シナ海、台湾沿岸のアカアマダイの DNA 解析により、これらが1つの集団であることを明らかにした。資源管理を行う上では、地域のみならず全体としての資源も考慮する必要がある。

研究成果の概要（英文）：The hook selectivity of longline fishing for red tilefish was elucidated. The appropriate hook size for both of the sustainable fishing and resources management is presumed as J#15 for Tainawa-bari hook.

Red tilefish from several Japanese coasts, East China sea and Taiwan coast are presented as a same population. The whole population, not only the local area population, should be considered for resources management.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成22年度	1,200,000	360,000	1,560,000
平成23年度	800,000	240,000	1,040,000
平成24年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：水圏応用科学・水圏生産科学

キーワード：アカアマダイ、漁業、漁具選択性、資源管理、DNA解析

1. 研究開始当初の背景

（1）東シナ海は日本のみならず中国や韓国も利用する国際漁場である。東シナ海でのアカアマダイは1950年代から主に日本の延縄漁業によって利用されてきたが、近年中国船の底曳網の参入も加わって、急激に漁獲量が減少している。他の魚種も同様に減少が著しく、東シナ海は生物の多様性が失われつつあ

る点で世界中から注目されている。東シナ海周辺のアカアマダイの成長や成熟については、従来いくつか研究が行われてきた。しかしながら、有効と思えるような資源管理は打ち出されておらず、特にアカアマダイの資源は危機的状況にある。また、急激な漁獲圧が加わった場合に、成長や成熟などの生活史特性が変化することが知られ、東シナ海のアカ

アマダイにもその可能性がある。

(2) 資源量推定や漁業・資源管理方策の検討については、漁獲の特性についても知る必要がある。アマダイ類は穴居性があり、底曳網では大型の魚が網口回避によって漁獲されにくいとされ、延縄に比べて小型魚だけしか漁獲できないと言われている。米国の研究でも、大西洋の北米東岸の陸棚海域に分布するアマダイ類の一種 *Lopholatilus chamaeleonticeps* について、トロールでは延縄よりも小型魚の漁獲が多いことが示されており、このことは、一般的に行われるトロール調査に基づく面積密度法による資源量推定が困難であることを意味する。従って、アカアマダイの漁業・資源管理に当たっては、漁業の実態を把握するのみならず、資源量について検討する上でもアカアマダイに対する延縄漁業の漁獲特性とともにトロール（あるいは底曳網）の漁獲特性を明らかにする必要がある。しかしながら、本種を漁獲する漁具による本種に対する漁獲特性は、これまでほとんど見られなかった。北米東岸のアマダイ類 *L. chamaeleonticeps* についても、米国でも生活史の研究がいくつかはあるものの、漁具の選択性や漁具能率それに基づく管理方策が研究されたものは見当たらない。

(3) 研究代表者である山下は、これまでに東シナ海で漁獲されるアカアマダイが水揚げされる長崎市場での調査と延縄操業実験により漁獲したアカアマダイの調査を行ってきた。その結果、アカアマダイの取引価格は全長 30cm 未満では低価格でそれを超えると急激に上昇することがわかり、初歩的な YPR 解析によって小型魚の保護を行うことで、漁獲金額の向上にもつながることを示した。また、長崎市場において底延縄と立延縄の2つの延縄漁法でみられた体長銘柄組成の違いが漁法ではなく漁場の違いによることを明らかにし、小型魚が多く分布する海域の漁獲努力量の削減をひとつの可能性のある管理方策として示した。

もうひとつの具体的な方策として、底延縄で使用している釣針の大きさによる選択性を利用するために、研究分担者である東海とともに、操業実験の結果から底延縄で使われる鯛縄針によるアカアマダイに対する選択性を推定し、現在使用されている釣針が全長 30cm 未満を漁獲して不適切であることを明らかにした。また、立延縄で使用されているムツ針の選択性についても、鯛縄針との比較操業実験の結果から明らかにした。さらに、釣針を大きくしたときに、漁具能率は小さくなることを見出し、その機構の仮説を提唱するに至っている。

(4) 研究分担者の東海は、これまで様々な漁具について種選択やサイズ選択の特性を明らかにし、この選択性を考慮した漁獲加入

あたり漁獲量を最大にする分析 (YPR 解析) から最適な管理方策を決定してきた。しかし、資源の保全や回復がより強く求められている現在では、資源の再生産を考慮した解析 (SPR 解析) が必要である。さらに延縄の釣針で見出したように、選択性だけでなく、漁具能率が同時に変化した場合の YPR 解析や SPR 解析は、これまで検討されたことがなかった。

2. 研究の目的

(1) 既往の見解に新たな資料を加え、東シナ海産アカアマダイの生物学的特性を再検討する。成長や成熟に関する知見を整備することにより、資源管理の為の解析精度を向上させる。

(2) すでに公表している成果である延縄の釣針選択性をもとに、比較分析からトロールに対する本種の網口回避能力を漁具の選択性として評価する。

(3) アカアマダイの生活史特性と漁具選択性を用いて、延縄における釣針の大きさを変えたときの漁獲量、金額の変化を、加入量あたり漁獲量、漁獲金額 (YPR 解析) および短期的な漁獲量と漁獲金額のシミュレーションによって明らかにする。

さらに、こうした漁具仕様の変化が資源に与える影響を、加入量あたり産卵量 (SPR 解析) によって推定し、また資源回復の可能性についても検討する。

(4) 各地で漁獲されているアカアマダイについて、DNA 解析によって変異性をしらべ、手段構造を明らかにし、資源管理のあり方について議論する。

(5) 時折アカアマダイに混入して水揚げされる、種不明のアマダイ類を採集し、形態および DNA を精査することによって、その種を特定、または交雑の可能性について検討することにより、資源管理に関わる資料への類似種の混入防止の為の資料を整備する。

3. 研究の方法

(1) アカアマダイの標本を新たに入手し、これまでに得た情報等とあわせて、標本の生物測定を行い、同時に生殖腺の重量、雌雄の判別、生殖腺の発達段階、孕卵数、卵径、卵重量を計測する。また、耳石の輪紋数の計数、輪紋間隔の測定も必要に応じて実施し、生活史特性の再検討を行う。

(2) 延縄とトロールで同時に操業したデータを用いて、延縄の選択性曲線を利用することによって、トロール網口での逃避による選択性を明らかにする。

(3) アカアマダイの成長および成熟に関するパラメータと、漁具の選択性曲線および相対漁具能率の変化を考慮して、釣針の大きさを変化させたときの、加入あたり漁獲量、漁

獲金額を試算し、漁獲量および漁業収入を最大化するための釣針の大きさを検討する。さらに、加入あたり産卵量の変化を試算し、漁業収入を最大化するための釣針の大きさが、資源に与える影響を把握することによって、資源管理をしながら漁業経営を維持していくために最適な釣針サイズを検討する。

(4) 日本各地および東シナ海、台湾沿岸で漁獲されるアカアマダイサンプルを収集し、mtDNA の D-Loop 領域の塩基配列分析を行い、海域間の比較を行う。このことにより、アカアマダイの集団構造を明らかにする。

(5) これまでに東シナ海で得られているアカアマダイや類似種、アマダイ類の交雑個体と思われるものに加えて、新たに同様の標本を収集するとともに、これら個体の mtDNA と核 DNA の塩基配列分析を行う。そして、種ごとの基準となる DNA データカタログを作成し、これらの標準サンプルと比較することにより、種判別を行う技術を検討する。mtDNA と核 DNA をあわせて検討することにより、交雑個体と考えられる個体が本当に交雑個体なのか、交雑個体の場合、その父親種と母親種が明らかになる。遺伝的な手法により種判別が正確になり、上記で検討される資源管理方策などの補正などに利用することができる。

4. 研究成果

(1) 東シナ海全域から漁獲したアカアマダイの測定結果から、体長組成や成熟・産卵時期に海域による違いが認められた。このことから、既往の知見における産卵時期の違いが

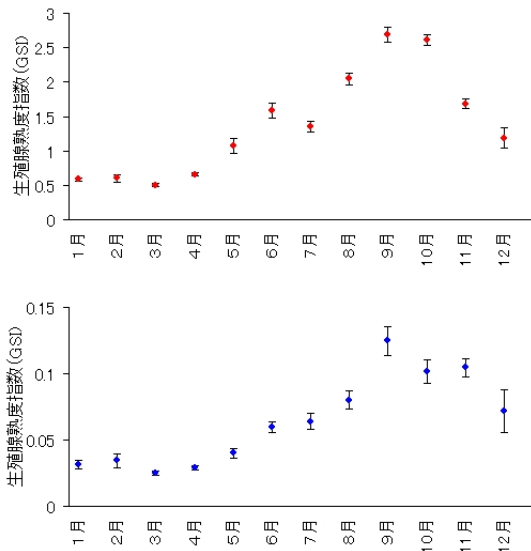


図1 東シナ海産アカアマダイのGSIの月変化

採集海域の違いによるものであることが示唆された。全海域から得られた試料を総合的

にみると、GSI の月変化から、産卵盛期は 9 月および 10 月と推定された(図 1)。なお、11 月にも GSI は比較的高い値を示しているが、卵巣の組織観察結果から、GSI が 1 程度であっても産卵を終了して卵巣卵の退行が始まっている個体も観察されている。

アカアマダイの耳石の輪読結果から、雌雄それぞれの成長曲線を推定した(図 2)。この結果は、雄の成長が雌に比べて早いという点で、これまでの研究と一致しており、東シナ海産のアカアマダイの成長に関する過去の知見とも大差はなかった。

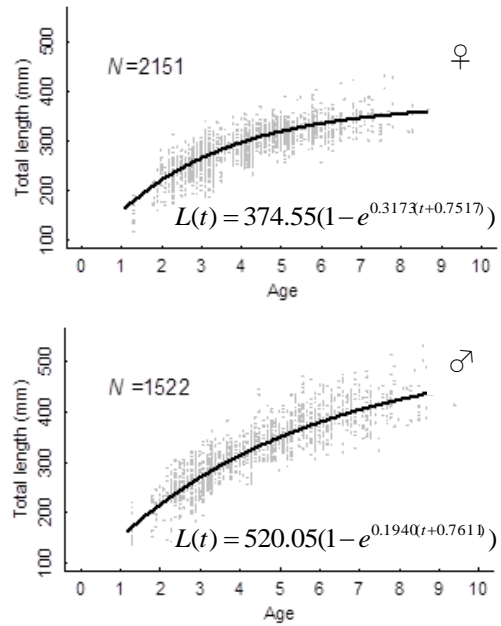


図2 アカアマダイの成長曲線

(2) 延縄では釣針の大きさによる選択性によって全長 200mm より小さな個体が漁獲されず、逆にトロール網では全長 300mm より大きな個体が漁獲なかった (Fig. 1)。そして、別に求められている延縄の釣針選択性 (式 1) を考慮することで、トロール網で大型個体が漁獲されないことを全長に対する単調減少するロジスティック曲線で表すことができた (式 2, 図 3)。アカアマダイの大型個体は、相対的に早く泳げることで、素早く巣穴に逃げ込んでトロール網をやり過ごす確率が高くなって、このような選択性が得られたものと考えられる。

$$S_L(l) = \frac{\exp(-16.73 + 0.0704l)}{1 + \exp(-16.73 + 0.0704l)} \quad (1)$$

$$s(l) = \frac{\exp(8.308 - 0.0306l)}{1 + \exp(8.308 - 0.0306l)} \quad (2)$$

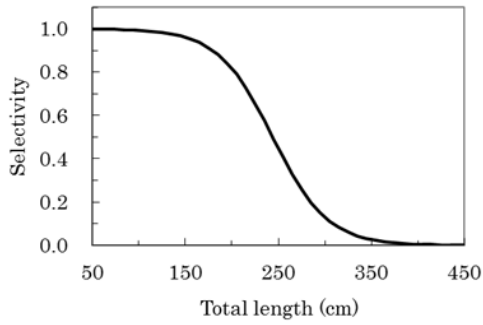


図3 アカアマダイに対するトロール網口の選択性

(3) アカアマダイの成長、成熟に関するパラメータおよび延縄釣針の選択性と相対漁獲能率を考慮し、YPR, VPR, およびSPRを求めた。その結果、YPRでは、現状の鯛縄針12号での値が8.18gに対して、鯛縄針10, 11, 13, 14, 15, 16号ではそれぞれ7.35, 7.86, 8.53, 8.50, 8.10, 7.34gとなる(図3)。このことから、釣針の大きさを12号よりも少し大きくした方がYPRを増大させることができ、この釣針の大きさの中では13号が最も多く、12号に比べて4%増加する。

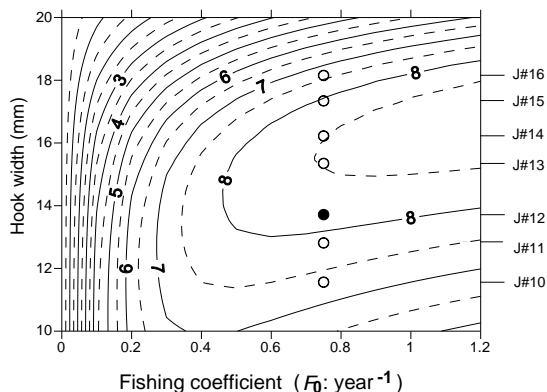


図4 釣針の大きさと漁獲係数を変化させたときの加入あたり漁獲量(YPR)の変化。黒丸は12号を、白丸はその他の針の大きさのYPR値の位置を示す。

加入あたり漁獲金額(VPR)は、鯛縄針12号では8.58円であるのに対して、10, 11, 13, 14, 15, 16号ではそれぞれ6.96, 7.81, 10.04, 10.79, 11.35, 11.16となる(Fig. 3(a))。このことから、釣針の大きさを12号よりも大きくした方がVPRを増大させることとなり、これらの釣針の大きさの中では、鯛縄針15号で最も大きくなり、鯛縄針12号に比べて32%増加する。

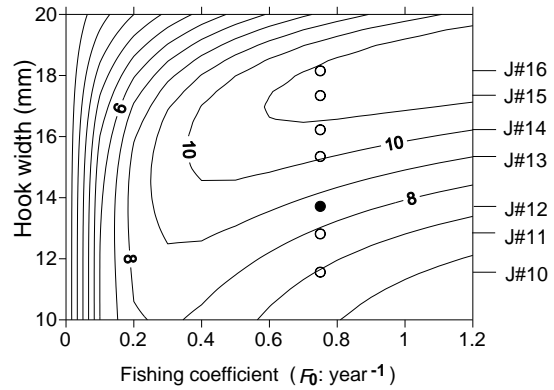


図5 釣針の大きさと漁獲係数を変化させたときの加入あたり漁獲金額(VPR)の変化。黒丸は12号を、白丸はその他の針の大きさのYPR値の位置を示す。

漁獲がない場合、すなわち漁獲死亡係数が0の場合の加入あたり産卵量に対する、漁獲死亡係数と釣針幅を変化させた場合の加入あたり産卵量を、値(%SPR)の等値線(図5)では、現状の鯛縄針12号では%SPRは8.3%である。10号, 11号および13-16号では、%SPRはそれぞれ4.3, 6.2, 15.1, 21.4, 33.8, 46.0となる。釣針を大きくするに伴って、漁獲の開始全長が大型化するだけでなく、相対漁獲能率が低下することで漁獲死亡係数も小さくなり、%SPRは大きくなっていく。これを、前述のYPRを最も大きくする鯛縄針15号まで拡大することによって、%SPRは36%にまで引き上げられる。

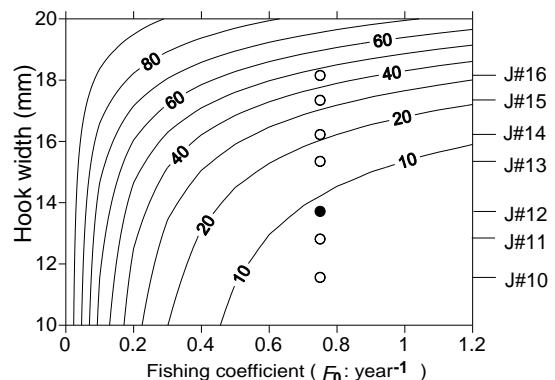


図6 釣針の大きさと漁獲係数を変化させたときの加入あたり産卵量(%SPR)の変化。黒丸は12号を、白丸はその他の針の大きさのYPR値の位置を示す。

以上のことから、釣針の大きさを現在の鯛縄針12号から15号に変えることによって、漁業収入を増加させるとともに、資源の維持増大が期待できるといえる。ただし、短期的には小型魚の漁獲削減により、一時的に水揚

げ金額が減少すると考えられるために、現実には段階的な釣針サイズの変更が望ましいと考えられる。

(4) 日本各地(秋田, 新潟, 京都, 神奈川, 高知, 長崎)および東シナ海, 台湾沿岸で漁獲された, アカアマダイ 209 個体について, mtDNA D-Loop 領域の約 504 塩基を決定した。98 個のハプロタイプが検出された。ハプロタイプ多様度は 0.9249 であり, 変異性は高かった。しかし, 海域特有の塩基置換部位はなかった。

AMOVA 分析を行ったところ, 集団間の変異の割合は 0.7%($p=0.12512$)となり, 集団間に差はなかった。集団間の NJ 系統樹では, 物理的な距離に関係なくクラスターを形成していた(図 6)。また, 海域間の pairwiseFST 値は $-0.01607 \sim 0.13321$ ($P=0.041 \sim 0.911$)であった。海域間に有意差はなかった。

この結果と過去の知見から, アカアマダイの集団間には遺伝的な差異は少なく, 一つの大きな集団を構成していると考えられた。今後, アカアマダイは大きな集団を形成していると考えて資源を管理していく必要がある。卵仔稚魚が黒潮や対馬暖流の影響で移送されるとすると, 東シナ海の南東部がアカアマダイ資源の起源となることが推測され, 本海域の国際的な漁獲動向も注目していく必要がある。

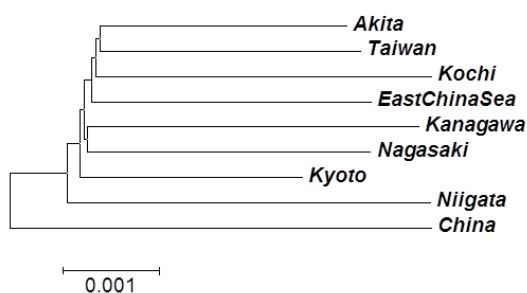


図 5 各地で漁獲されたアカアマダイの集団間の NJ 系統樹

(5) 長崎漁港にアカアマダイとともに水揚げされるアマダイ類を調べた結果, これまでに知られている, アカアマダイ, シロアマダイ, キアマダイの他に, ハナアマダイが確認された。また, その他に種不明の個体が複数確認され, これらの形態について主成分分析及び判別分析によって既知のアマダイ属魚類と比較した。さらに, mtDNA, 核 DNA を調べた結果, アカアマダイとキアマダイの交雑個体, およびアカアマダイとシロアマダイの交雑個体が確認された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 8 件)

①柳本 卓, 山下秀幸, 酒井 猛, 明神寿彦, 小林敬典. DNA 多型分析によって明らかになったアカアマダイの集団構造. DNA 多型, 2010; 18: 127~130.

②濱邊優祐, 原田 誠一郎, 山下秀幸, 東海正. 沖合底曳網におけるアカムツとマアナゴに対するコッドエンド選択性に及ぼす角目網ウインドーの効果. 日水誌 2010; 76: 824-840.

③山下秀幸, 酒井 猛, 片山 知史, 東海正. 東シナ産アカアマダイの成長と成熟の再検討. 日水誌 2011; 77: 188-198.

④柳本 卓, 山下秀幸, 酒井 猛, 明神寿彦, 小林敬典. DNA 分析から明らかになったアマダイ類の交雑個体. DNA 鑑定, 2011; 3: 37-47.

⑤濱邊優祐, 原田 誠一郎, 山下秀幸, 東海正. アカムツとマアナゴに対する沖合底曳網コッドエンド選択性に及ぼす角目網ウインドー長さの影響. 水産工学 2011; 48: 173-182.

⑥酒井 猛, 山下秀幸, 柳本 卓. 中国運搬船が長崎に水揚げしたハナアマダイと思われるアマダイ類. せいかい, 2011; 10: 2.

⑦柳本 卓, 山下秀幸, 酒井 猛. 中国船が長崎港へ水揚げしたキアマダイの素性について. DNA 多型, 2012; 20: 138~142.

⑧山下秀幸, 柳本 卓, 酒井 猛, 矢野綾子, 東海正. 長崎と大分の市場に水揚げされたアカアマダイとキアマダイの交雑個体. 日水誌 2013; 79: 受理済.

〔学会発表〕(計 10 件)

①山下秀幸, 片山知史, 酒井 猛, 東海正. 東シナ海産アカアマダイにおける成長と成熟の再検討. 平成 22 年度日本水産学会春季大会 (2010/03/28, 日本大学生物資源科学部) 講演要旨集, p10 (口頭発表)

②柳本 卓, 山下秀幸, 酒井 猛, 明神寿彦, 小林敬典. DNA 分析によって明らかになったアマダイ類の交雑個体について. DNA 鑑定学会第 3 回 (2010/12/01, 東京発明会館) 講演要旨集, p27-28 (口頭発表)

③山下秀幸, 東海正, トロール網で大型のアカアマダイは獲れないのか? - 延縄との比較から - . 平成 23 年度日本水産学会秋季大会 (2011/09/28, 長崎大学), p118 (ポスター発表)

④柳本 卓, 山下秀幸, 酒井 猛. DNA 分析によって明らかになった中国船が長崎港に水揚げしたキアマダイの素性について 平成 23 年度日本 DNA 鑑定学会 (2011/10/23, 東京)

学術要旨集, p48 (口頭発表)

⑤山下秀幸, 東海 正. 延縄との比較で観察されたアカアマダイのトロール網に対する網口回避とサイズ選択性. 日本海資源生物生産研究会アカアマダイ分科会 (2012/02/29, 出雲市役所)

⑥山下秀幸, 堀川 博, 東海 正. 延縄との比較操業によるアカアマダイに対する底びき網のサイズ選択性. 平成 23 年度日本水産学会春季大会 (2011/03/28, 東京海洋大学) 講演要旨集, P4 (口頭発表)

⑦山下秀幸, 東海 正. 東シナ海のアマダイ延縄漁業における適切な釣針サイズの検討. 平成 24 年度日本水産学会秋季大会 ((2012/09/15, 下関水産大学校) 講演要旨集, p2 (口頭発表)

⑧柳本 卓, 山下秀幸, 酒井 猛. 日本周辺と台湾沿岸に生息するアカアマダイの遺伝的変異性. 平成 24 年度日本水産学会秋季大会 ((2012/09/15, 下関水産大学校) 講演要旨集, p90 (ポスター発表)

⑨山下秀幸, 柳本 卓, 酒井 猛, 矢野綾子, 東海 正. 長崎と大分の市場に水揚げされたアカアマダイとキアマダイの交雑個体. 平成 24 年度日本水産学会秋季大会 ((2012/09/16, 下関水産大学校) 講演要旨集, p99 (ポスター発表)

⑩山下秀幸, 柳本 卓, 酒井 猛, 矢野綾子, 東海 正. 東シナ海から得られたアカアマダイとシロアマダイの交雑個体. 平成 24 年度日本水産学会春季大会 ((2013/03/28, 東京海洋大学) 講演要旨集, p99 (ポスター発表)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

○取得状況 (計 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
取得年月日 :
国内外の別 :

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山下 秀幸 (HIDEYUKI YAMASHITA)
独立行政法人水産総合研究センター・開発調査センター・開発調査専門役
研究者番号 : 60569630

(2) 研究分担者

東海 正 (TADASHI TOKAI)
東京海洋大学・海洋科学技術研究科・教授
研究者番号 : 30237044

(3) 連携研究者

柳本 卓 (TAKASHI YANAGIMOTO)
独立行政法人水産総合研究センター・中央水産研究所・主任研究員
研究者番号 : 30443386

酒井 猛 (TAKESI SAKAI)
独立行政法人水産総合研究センター・西海区水産研究所・研究員
研究者番号 : 70463106