

エ 技術を開発する魚種の自然界における生態等の把握

② 島根県沖のアカムツ、アカアマダイ類の資源・生態調査

島根県水産技術センター

金元保之・松本洋典・寺門弘悦

【目的】

本事業で開発した新たな栽培対象種の添加効果を把握するためには、海域毎における添加前後の資源状態を把握することが必要である。そのため、当センターでは日本海南西海域におけるアカムツ及びアカアマダイの添加前後の資源状態を把握するとともに、自然界における両種の生態等を把握することにより、種苗生産技術に応用することを目的とする。

【研究方法】

両種の放流技術と資源添加に資するため、以下の調査を実施する。

1) 漁獲物統計調査、2) 市場調査、3) 生物精密測定調査

【研究成果の概要】

1) アカムツ

漁獲統計情報について、島根県浜田漁港と山口県下関漁港の沖合底びき網漁業（沖底）の1993-2019年漁期のサイズ別漁獲量データを収集した（山口県水産研究センターと共同で実施）。また、2017-2019年度にかけて収集した合計1,147個体の耳石サンプルの年齢査定結果から、最新の日本海南西海域におけるアカムツの成長式および年齢-体長キー（ALK）を作成した。さらに、これらの情報と沖底の漁獲成績報告書を整理したアカムツCPUEを用いてチューニングVPAを行った。これにより、種苗生産・放流による資源添加を行う前の日本海南西海域のアカムツ資源状況を精度良く推定することが出来た（図1）。

これら日本海南西海域における生物学的情報の整理と資源量推定結果については、本事業の成果として日本水産学会誌に投稿中である。

2) アカアマダイ

浜田漁港に水揚げされる漁獲物を全長組成に変換する「銘柄（箱当たり入り数）-全長」換算表を、測定結果（入り数ごとの全長、標準偏差）をもとに作成した。また同一漁場を利用する他県とのデータ共有を意図して、既存知見（体長-性比関係、季節別ALK）を適用できるよう集計方法を変更して資源量計算を試行した。今後他県のデータを統合することで正確な資源変動が把握できる可能性を示した。

また、県東部で実施しているアカアマダイ標識放流調査についての結果をとりまとめ、①放流地点から大きな移動はしないこと（図2）、②放流種苗の標準的な回収率、③放流密度の低減が回収率を高める可能性（図3）などが明らかとなり、本種の種苗放流技術に資する知見が得られた。得られた成果は学会誌に投稿し受理された（水産増殖70巻2号掲載予定）。

【図表】

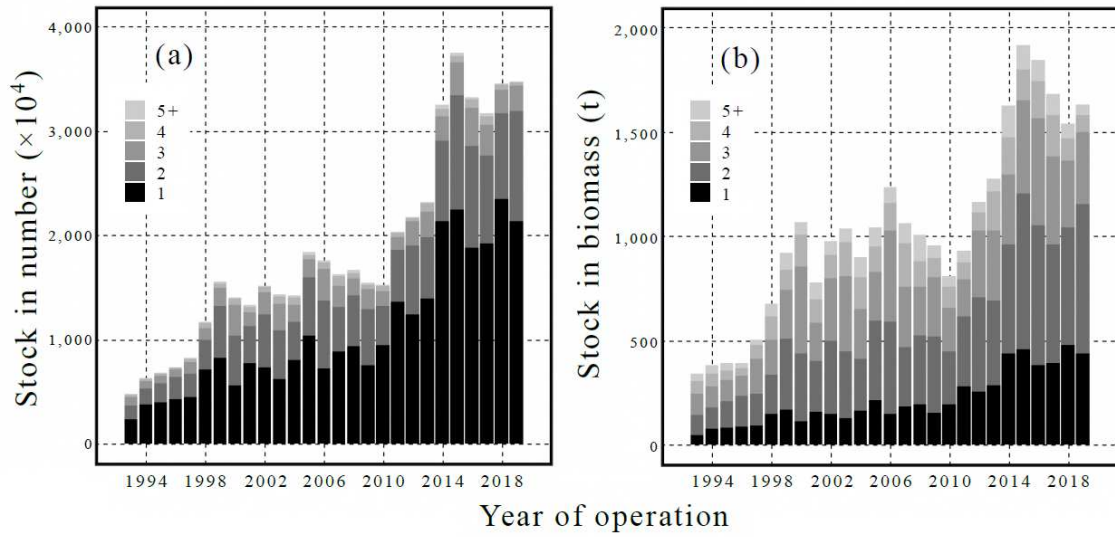


図1 日本海南西海域におけるアカムツの年齢別の推定資源尾数(左)および推定資源量(右)

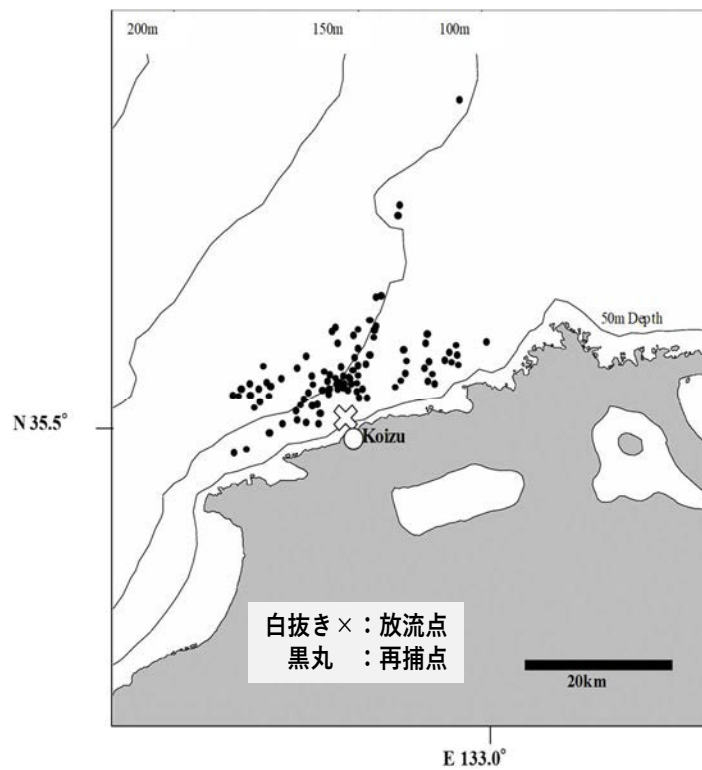


図2 島根県東部のアカアマダイの標識放流における再捕地点

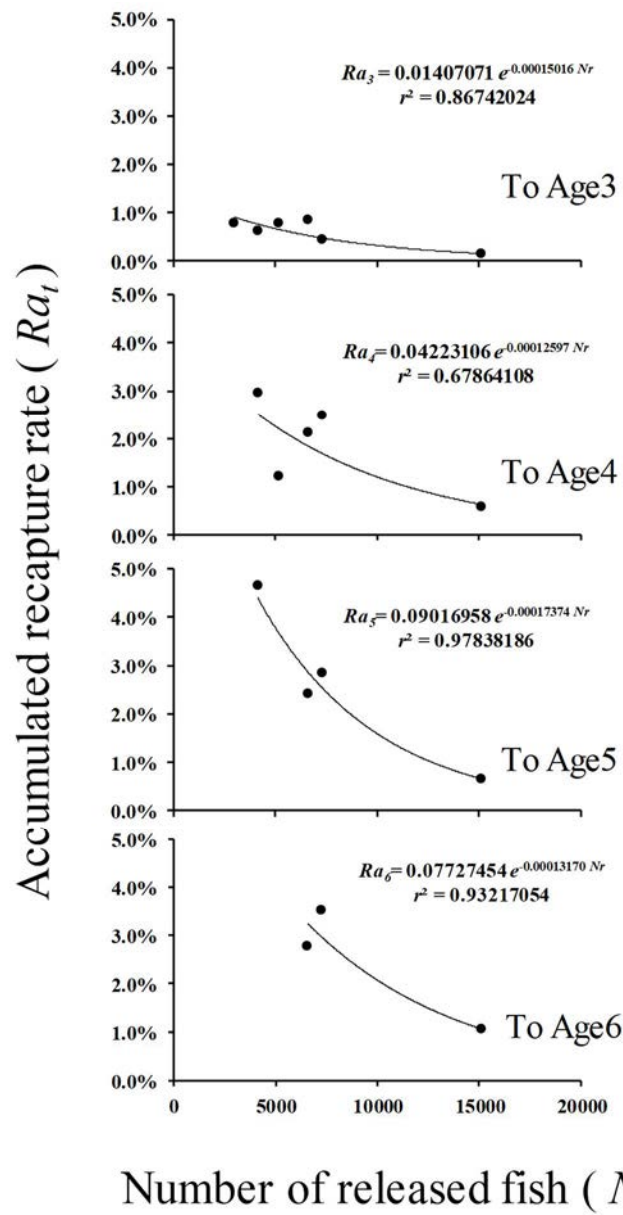


図3 島根県東部のアカアマダイの標識放流における年度別放流尾数と累積回収率の関係

エ 技術を開発する魚種の自然界における生態等の把握

③ 山口県沖のアカムツの資源・生態調査

山口県水産研究センター

河野 光久

【目的】

アカムツの生態に適した種苗生産と放流技術の開発に資するため、アカムツ漁獲量が全国有数の下関漁港を根拠地とする以東機船沖合底びき網漁業（以下：沖底という）を対象としてアカムツの生息環境、産卵期および資源の動向を把握することを目的として、成熟、年齢および銘柄別水揚げ箱数を調査した。

【研究方法】

1) 成熟調査

2021 年 5～9 月に 409 個体（雄 331 個体、雌 78 個体）のアカムツを下関漁港市場で入手し、全長、体長、尾叉長、体重、生殖腺重量の測定を行った。また、熟度の指標として生殖腺熟度指数（GSI）を生殖腺重量(g)÷体重(g)×100 により求めた。GSI の算出には 2017 年から 2021 年に取得したデータを用いた。

2) 年齢調査

2017～2020 年に入手したアカムツのうち 874 個体（雄 161 個体、雌 340 個体、性不明個体 373 個体）の耳石を年齢査定に供した。年齢査定は耳石横断薄片法により行い、査定にあたっては水産資源研究所新潟庁舎に多大な協力をいただいた。

3) 資源動向調査

1999～2020 年漁期（8 月～翌年 5 月）の下関中央魚市場株式会社の水揚げデータを基に、沖底によるアカムツの銘柄別水揚げ箱数を集計し、その動向を調べた。

沖底によるアカムツの銘柄別箱数と銘柄別尾叉長組成データを島根県に提供し、島根県と共同で水産資源研究所新潟庁舎の協力を得て日本海南西海域産アカムツの VPA による資源解析を行った。

【研究成果の概要】

1) 成熟調査

雄では 5～10 月に GSI が 0.5 以上に高まったのに対し、雌ではそれより短い 8～9 月に GSI が 5.0 以上と高くなった（図 1）ことから、8～9 月が産卵期とみなされた。GSI が 0.5 以上を示した雄の最小個体の体長は 118mm、GSI が 5.0 以上を示した雌の最小個体の体長は 199mm であった。

2) 年齢調査

小型の性不明個体を雌雄それぞれの標本に加えて、以下のとおり成長式を推定した（図

2)。

雄：TL=246.9(1-exp(-0.418(t+0.426))), n=533

雌：TL=568.0(1-exp(-0.02(t+1.187))), n=712

ここで TL は全長(mm)、 t は年齢を示す。

推定された成長は河野（2010）の鱗による年齢査定結果に基づく成長とほぼ同様であった。

3) 資源動向調査

沖底によるアカムツの水揚げ箱数は、1999 年（漁期年）から 2013 年までは 23 千箱～66 千箱で推移していたが、2014 年から 2015 年にかけて急増し、2015 年には 113 千箱に達した。その後は減少傾向に転じたが、比較的高い水準にある（図 3）。銘柄別に見ると 2015 年以降、小型の「散ムツ」と 8 段が顕著に増加した。

島根県と共同で日本海南西海域産アカムツの資源解析を行い、資源状態を明らかにした。

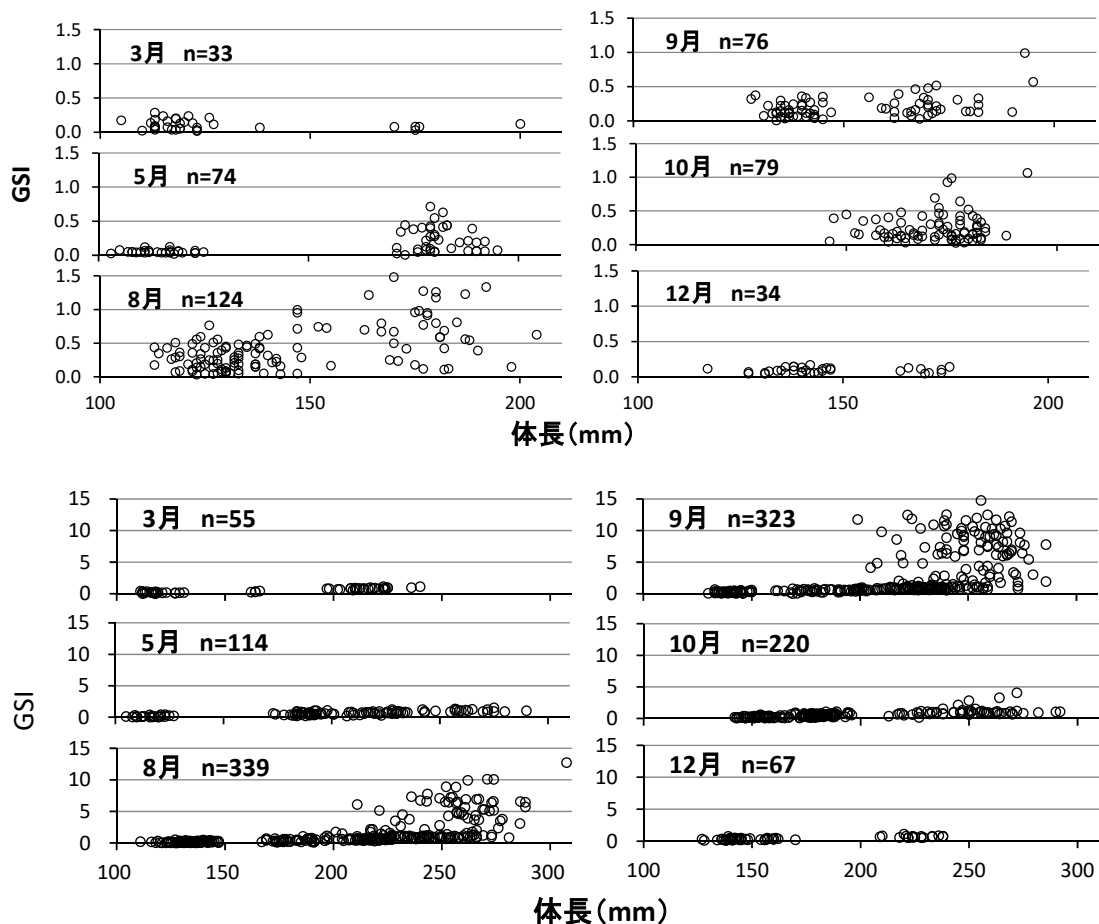


図1 2017～2020 年の 3～12 月に沖底で漁獲されたアカムツ GSI
(上段：雄、下段：雌)

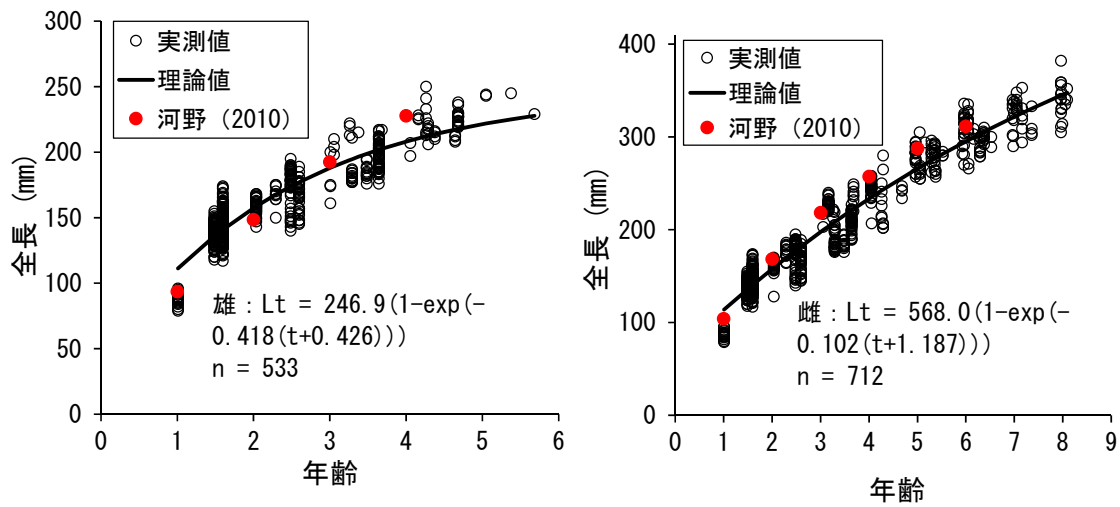


図2 日本海南西海域産アカムツの成長

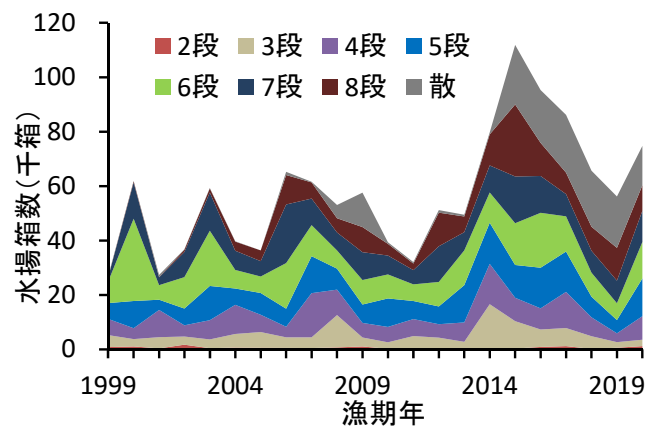


図3 下関漁港市場におけるアカムツの水揚げ箱数の経年変化

(参考文献)

河野光久 (2010) : 日本海南西山口県沖におけるアカムツの年齢と成長. 山口県水産研究センター研究報告, (8), 45-47.

エ 技術を開発する魚種の自然界における生態等の把握

④ 若狭湾のアマダイ類の資源・生態調査

水産研究・教育機構 水産資源研究所

水産資源研究センター

井関 智明

【目的】

若狭湾におけるアカアマダイの漁獲特性、生物特性を調査し、資源解析を実施して近年の資源状況を明らかにする。また、種苗放流尾数等の違いによる資源動向の将来予測を行い、若狭湾における資源管理方策としての種苗放流の有効性やその他に実施すべき漁獲方策について検討する。このうち、R3 年度の本事業では、前年度に引き続き、京都府および福井県の両対象海域で資源解析を実施するとともに、種苗放流、若齢魚の漁獲制限が将来の資源動向に及ぼす影響を評価し、海域ごとに有効な資源管理方策を検討する。

【研究方法】

福井県（嶺南主要 2 港）では 2010～2021 年、京都府（主要 3 港）では 2008～2019 年の資源量を、雌雄別のチューニング VPA により推定した。資源量指標値としては、福井県では、延縄および漕ぎ刺し網の各 CPUE の相乗平均（4 乗根）、京都府では延縄の CPUE を用いた。いずれの CPUE も各年、各漁法の全長組成あるいは銘柄組成と、海域ごとの全長（銘柄）－雌雄比キーから雌雄別の漁獲量を推定し、雌雄別の値を算出した（前年度は雌雄込みの CPUE を利用）。また、京都府においては、調査対象とした主要 3 港の総漁獲量（延縄）と、京都府全体の釣・延縄による総漁獲量の乖離が拡大しているため、前者の年齢別漁獲尾数を、重量比で後者に引き延ばし、資源計算に用いた。

次に、各海域で現状の漁獲強度、期間平均の加入状況（加入尾数あるいは再生産成功率）が継続するという仮定下で、資源量を推定した最終年から 11 年後までの、資源量および漁獲量の将来予測を実施した。併せて、各海域で毎年 10 万尾の種苗放流（2 歳時の添加効率を 0.05 と仮定）を行った場合、2 歳魚の漁獲を制限した場合の将来予測を実施し、種苗放流、漁獲制限が資源動向に及ぼす影響を評価した。

その他、京都府における過去の種苗放流、再捕個体の情報と、上記で推定した同年級、該当年の資源尾数から放流魚の資源添加効率を試算した（結果は省略）。

【研究成果の概要】

推定資源量は、福井県で 2013 年以降、京都府で 2016 年以降、増加傾向にあったが、福井県のみでデータが得られた 2019 年以降は、豊度が低いと考えられる 2017 年級の漁獲加入、主漁獲サイズ（年齢）への成長に対応した漸減傾向を示した。また、福井県の対象海域における推定資源量は、京都府の約 3 倍と推定された。なお、2 歳魚資源量の推移から両海域における加入動向は概ね類似していると考えられた（図 1）。

次に、両海域とも、現状の漁獲強度下で、①再生産成功率〔2歳魚加入尾数（千尾）÷2年前の雌親魚量（トン）〕が過去の平均値で一定であると仮定した場合、②2歳魚加入尾数が過去の平均値で一定とした場合の、11年後までの推定資源量および漁獲量を示した（図2、3）。いずれの海域でも①の場合は、資源量および漁獲量は急増傾向を示し、②の場合は横ばい～漸増傾向で推移した。両海域とも対象期間中の出漁隻数が半分以下まで減少しており、現状の漁獲割合や漁獲死亡係数は低い値となっている。加えて、①では再生産成功率を一定としているため、予測期間当初の資源量（親魚量）の増加に対して、加入尾数も単調増加し、資源量が増加し続けるという推定結果となった。現実の資源では①②いずれの場合も起こり得ず、親魚量の増加は、ある一定水準までは加入量の増加に繋がるものの、それ以上の水準では、加入量は頭打ち（あるいは減少）すると考えられる。以下で、種苗放流あるいは漁獲制限が資源動向に及ぼす影響の評価は、②の仮定下で実施したが、親魚量の増加に伴う加入量の増加を想定していない点で、各方策による効果を控えめに推定していると言える。

上記②の仮定下で、③京都府では2020年以降、福井県では2022年以降、毎年10万尾の種苗放流（2歳時の添加効率0.05と仮定、人工種苗の雌雄比は1:1あるいは全て雌の2つの場合を仮定）を実施した場合、10年後の推定資源量および漁獲量は、実施しなかった場合と比べて、それぞれ京都で6.0%および6.1%、福井で1.9%および1.9%、高い値となった（図4および5、人工種苗の雌雄比が1:1の場合）。

また、④京都府で2022年以降、福井で2024年以降、2歳魚の漁獲制限を実施した場合、8年後の推定資源量および漁獲量は、実施しなかった場合と比べて、それぞれ京都で1.0%および0.7%、福井で6.1%および3.4%、高い値となった（図4および5）。なお、④の開始時期を、③の2年後としたのは、放流魚の漁獲（資源）加入を2歳と仮定しているため、各方策が実際に作用する期間を考慮した比較を行うためである。

比較の結果、相対的に資源量が少なく、漁獲のほとんどが釣・延縄によるもので、漁獲物が大きい京都府では種苗放流の効果が大きく、相対的に資源量が多く、延縄（京都府より針サイズが小さい）に加えて、漕ぎ刺し網や底びき網による小型魚の漁獲が見られる福井県では2歳魚の漁獲制限の方が効果的であると考えられた。なお、福井県で種苗放流のみにより、京都府と同様の資源量の増分（6.0%）を達成するためには、約31万尾の放流が必要となり、現状の種苗生産施設の規模や技術では、実現可能な値とは言えない。

【若狭湾における資源管理方策に対する提言】

本研究において、各年の漁獲物から推定した、年ごとのAge-Length（銘柄）キーを採用し、十分な市場調査データ等と併せて、信頼度の高い年齢別漁獲尾数および推定資源量が得られたことは重要な成果である。各方策の影響を評価した将来予測は、種苗生産、放流に要する経費、達成可能な種苗放流尾数、漁獲制限の現実性等は考慮せず、様々な仮定下で実施した。さらに、本研究では各海域内のみでの再生関係を想定した将来予測を行った

が、実際には若狭湾全域あるいはさらに広範な海域の親魚量が、加入量に影響することは言うまでもない。しかしながら、チューニング VPA により漁獲強度および再生産成功率（実際に起こったと見なせる値、いずれも方策の有無による影響は無視できると仮定）が得られている過去の期間を対象として、各方策を実施した場合においても、定性的には、上記の将来予測と同様の結果が得られることが明らかとなっている。

若狭湾においては、各漁法の出漁隻数は急激な減少傾向にあり、近年の漁獲強度も低くなっていることから、現時点で、資源量の増大を目的とした管理方策を講じる必要性は高くはない。しかしながら、特に福井県においては、小型魚の漁獲制限による漁獲サイズの大変化が、資源量のみならず水揚げ金額の増大にも有効であると考えられる。アカアマダイの漁獲サイズ選択性は、延縄針の大きさ（幅）と関係していることが報告されており（山下 2010）、福井県で主に用いられる延縄針は、京都府と同形状で 1~2 規格小さいことが知られている。このため、福井県における漁獲制限の具体的方策としては、延縄針のサイズの拡大、小型魚を多獲する漕ぎ刺し網の目合い拡大や漁期の短縮が想定される。

また、本種では卓越年級群が発生することが知られており、主たる年級群の豊度に対応した資源量および漁獲量の増減が認められる。日本海南西海域では、アカアマダイ浮遊期仔稚魚の分布密度と、2 年後の加入水準に線形関係が見られ、仔稚魚の分布密度から加入豊度を予測できる可能性が示唆されており（井関ら、H31 年度日本水産学会秋季大会）、若狭湾においても、親魚量や浮遊期仔稚魚の分布密度から加入豊度の（早期）把握が可能となれば、当該年あるいはその後、数年間の種苗放流の実施および種苗放流尾数の加減等を通じて、栽培漁業による、より効果的かつ資源動向に柔軟に対応した管理方策も構築し得ると考えられる。

【引用文献】

山下秀幸，越智洋介，塩出大輔，東海 正．アカアマダイに対する鯛縄針とムツ針の選択性曲線の比較．日本水産学会誌 2010; 76: 46-53.

【図表】

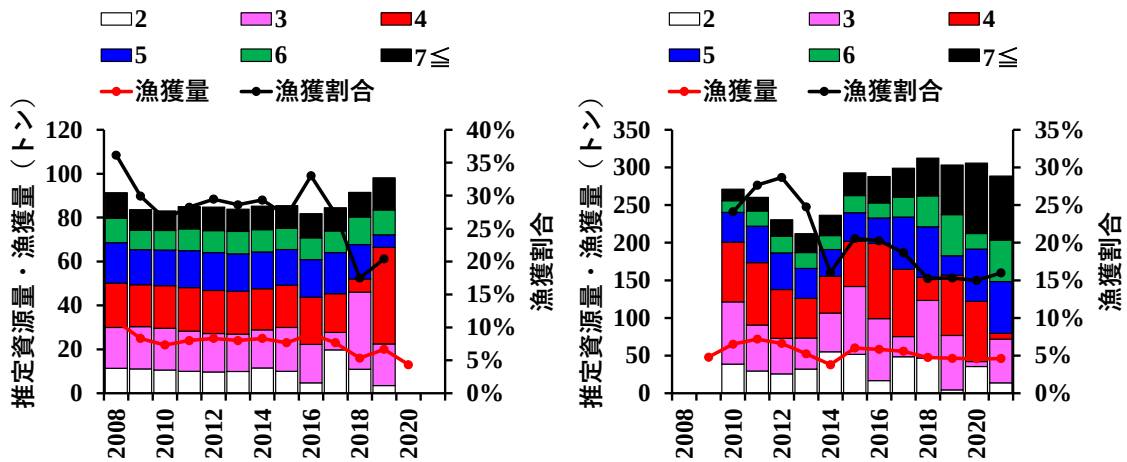


図1 京都府（左）および福井県（右）における推定資源量、漁獲量および漁獲割合の推移

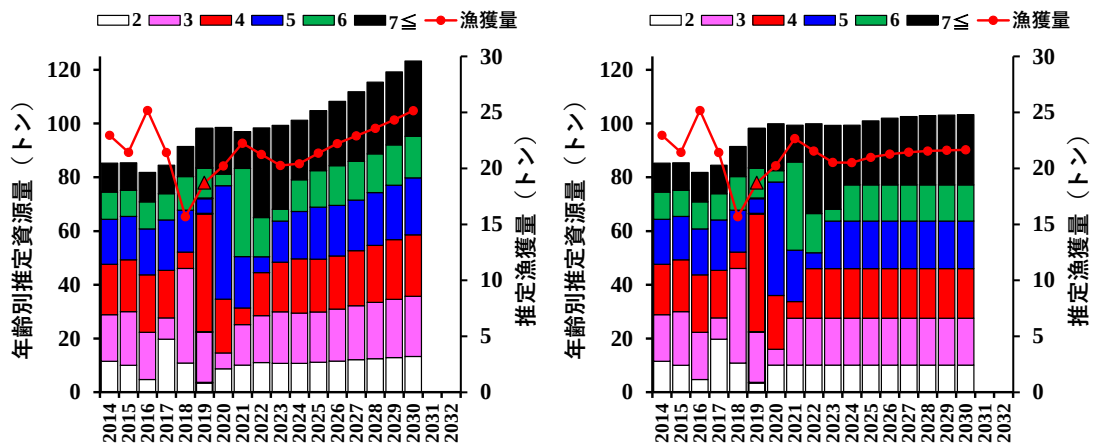


図2 再生産成功率（左）、加入尾数（右）を一定とした場合の資源量、漁獲量の将来予測（京都府）

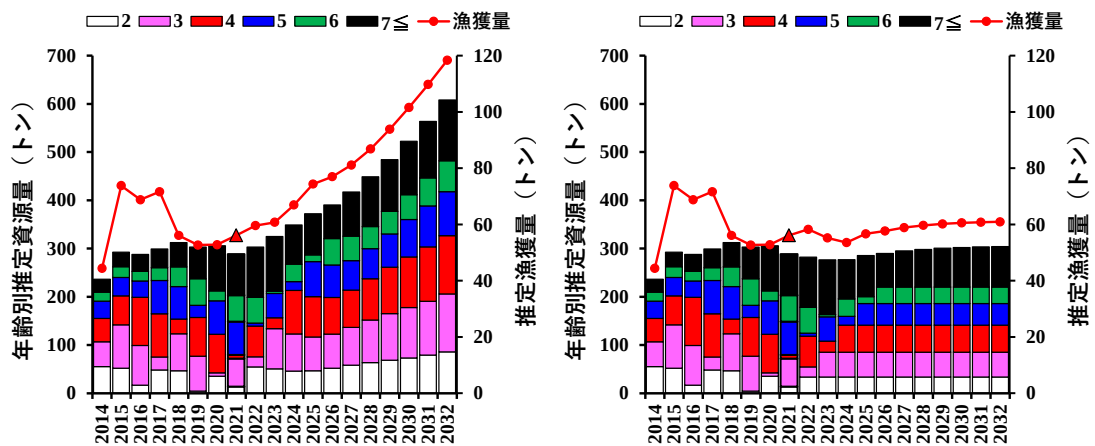


図3 再生産成功率（左）、加入尾数（右）を一定とした場合の資源量、漁獲量の将来予測（福井県）

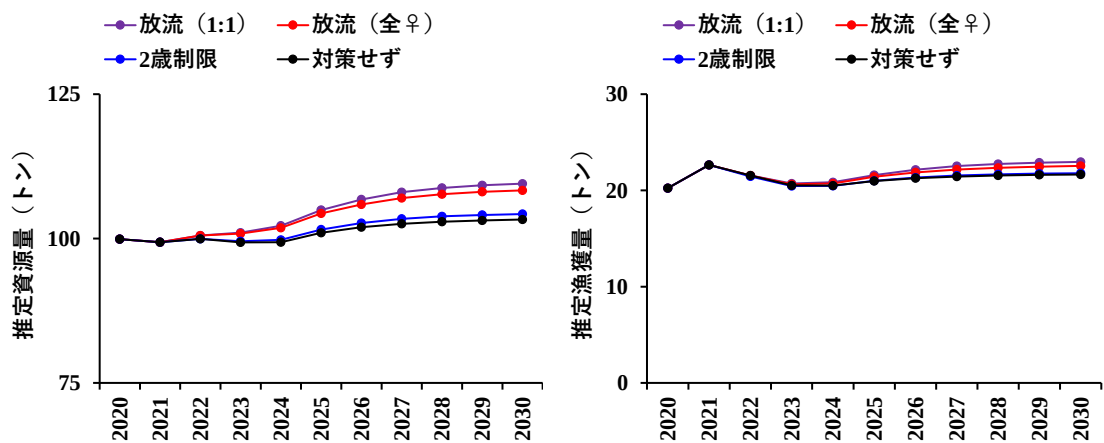


図4 種苗放流あるいは2歳魚漁獲制限を実施した場合の資源量(左)、漁獲量(右)の将来予測(京都府)

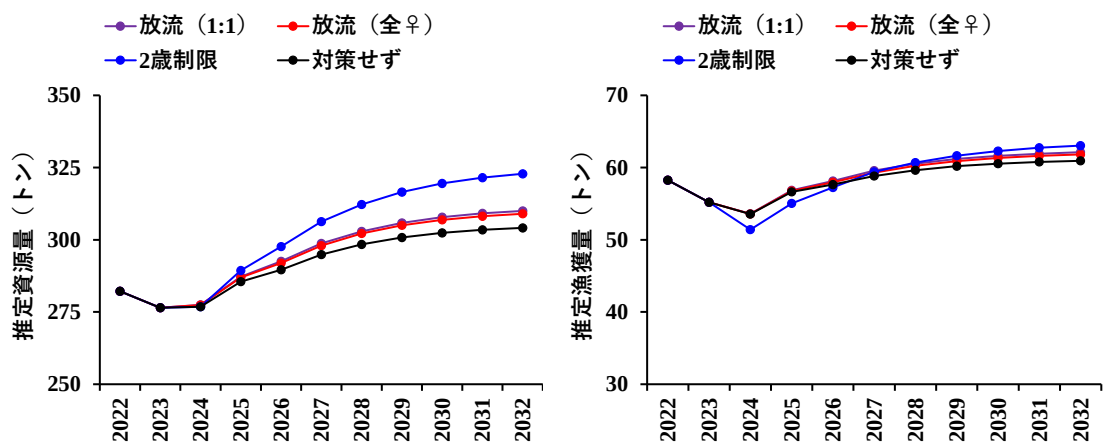


図5 種苗放流あるいは2歳魚漁獲制限を実施した場合の資源量(左)、漁獲量(右)の将来予測(福井県)

エ. 技術を開発する魚種の自然界における生態等の把握

⑤ 山口県沖のアマダイ類の資源・生態調査

山口県水産研究センター

阿武 遼吾

【目的】

シロアマダイは、アマダイ類の中でも希少性が高い高級魚である。山口県では、日本海と瀬戸内海に分布し、漁業者からの種苗放流の要望が強い魚種の1つである。しかし、その生態についてはこれまで殆ど明らかにされていない。

本研究では、漁獲実態調査等により基礎的知見を収集し、本種の生態把握を目的とする。

【研究方法】

1) 分析に供したサンプル

平成30年～令和3年の間、瀬戸内海で漁獲された100サンプル、日本海で漁獲された100サンプル、計200検体を分析に供した。

2) 集団構造解析

DNeasy Blood & Tissue Kit(Qiagen)、エコノスピンのfor DNA(ジーンデザイン)を用いて、粗全DNAの抽出、および、再精製を行った。プロトコルは、DNeasy Blood & Tissue Kit(Qiagen)の標準のプロトコルを用いた。

プライマーセットは、柳本ら(2014)⁽¹⁾のプライマーセットを参考に、L16550(5'-TCACCCCTGGCTCCCAAAGCCAG-3'), H455(5'-TGCATATAAAAGAATGCCGGCATG-3')を本業務において最適化できるよう再設計し、増幅に用いた。PCR増幅は、KOD FX(東洋紡社製)を用い、反応条件は、94℃2分の酵素活性化プロセスの後、98℃10秒の熱変性、55℃30秒のプライマーのアニーリング、68℃1分の伸長反応を30サイクル繰り返した。PCR増幅産物は、AMPure XP(BECKMAN COULTER)を用い、標準のプロトコルにて精製した。

精製したPCR増幅産物を鋳型に、BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit(Thermo Fisher Scientific)を用いて、上記のPCRで用いた、L16550(5'-TCACCCCTGGCTCCCAAAGCCAG-3')と、本業務において目的とする約449bpが得られるような領域に設計したSeq643R(5'-AATTACACGTGCCTGTGCC-3')のプライマーによるサイクルシーケンスを行った。

サイクルシーケンス産物は、BigDye XTerminatorR Purification Kit(Thermo Fisher Scientific)を用いて、不要な物質を除去し、3730xl DNAアナライザ(Thermo Fisher Scientific)でキャピラリー電気泳動および検出を行った。

3) 塩基配列の決定と、集団解析手法

塩基配列情報は、上記のサイクルシーケンス結果の相補鎖をつなぎ合わせ、目的

とする約 449bp プライマー領域以外を取り除いた。こうして得られた配列を、MEGA ver. 10.0.5 でマルチプルアライメントを行ない、ハプロタイプの集計を行った。得られたハプロタイプを元に、米国国立生物工学情報センター(National Center for Biotechnology Information: NCBI)のデータベースを対象とした BLAST 検索を行い、シロアマダイであるか否かを判定した。

上記で得られた個体の内、シロアマダイ以外の個体を取り除き、Arlequin ver. 3.5.1.3(Excoffier, L. et al. 2010)⁽²⁾によって、遺伝的多様性(ハプロタイプ多様度・塩基多様度)の定量、Amova 分析、および、ペアワイズ FST 検定を行った。

【研究成果の概要】

令和 4 年 2 月 1 日時点において、解析結果を確認している状況にある。

【次年度に向けた提言】

県内では瀬戸内海と日本海に分布するが、現時点では遺伝的に同一系群であるか不明である。これまで生産した種苗は、親魚を確保した瀬戸内海に放流したが、日本海沿岸の漁業者からも種苗放流の強い要望があるため、今年度の解析結果を分析し、集団構造を明らかにする。

【参考文献】

- (1) 柳本卓, 酒井猛, & 山下秀幸. (2014). 冷凍フィレーを用いたシロアマダイの集団構造. DNA 鑑定, 6, 35-45.
- (2) Excoffier, L., & Lischer, H. E. (2010). Arlequin suite ver 3.5: a new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. *Molecular ecology resources*, 10(3), 564-567.

エ 技術を開発する魚種の自然界における生態等の把握

⑥ 日向灘のアマダイ類の資源・生態調査

宮崎県水産試験場

中西 健二

【目的】

アカアマダイ種苗を放流する際に問題となる放流直後の狂奔による水面遊泳と、それに伴う海鳥による食害を防止することを目的とした。

【研究方法】

放流直後の狂奔、水面遊泳による広範囲への分散と海鳥による食害防止のため、昨年度実施した囲い網を使った放流方法の再検証を行う。

【研究成果の概要】

今年度生産しているアカアマダイ人工種苗の成長等を考慮し、2月下旬に再検証予定。



写真 昨年度の試験放流の様子

(左：使用した囲い網、中：放流の様子、右：囲い網から潜行するアカアマダイ人工種苗)

【次年度以降に向けた提言】

問題等が発生した場合には改善方法を検討し、より効果的な方法に見直していく。

【目的】

アマダイ類の中でも、漁獲量が少なく、成長や産卵期等の生態的特性が把握されていないシロアマダイの日向灘での漁獲実態や生態的特性を明らかにすることを目的とした。

【研究方法】

日向灘におけるシロアマダイの漁獲実態把握や市場調査・買上調査により、漁獲魚のサイズ組成の把握を行った。

【研究成果の概要】

本県での近年の漁獲量は、2006年から2010年まで減少後、1,000kg～2,000kgの範囲で増減しながら横ばい傾向で推移していたが、2018年以降は増加傾向にあり、2020年は2,799kgであった(図1)。

漁業種類別では、その他の延縄漁業による漁獲が全体の9割以上を占めており(図1)、月別では、1～3月と11～12月の漁獲割合が高かった(図2)。

2017 年以降に市場調査で測定した、シロアマダイの年別のサイズ区分（全長・体重）をみると、2019 年以降は、全長 40 cm 未満、体重 1000g 未満の小型魚の割合が増加していた（図 3）。

【次年度以降に向けた提言】

シロアマダイの漁獲実態や生物学的特性の精度向上のために、市場調査を継続して取り組むとともに、今年度収集したシロアマダイサンプルの遺伝的集団解析を行う。

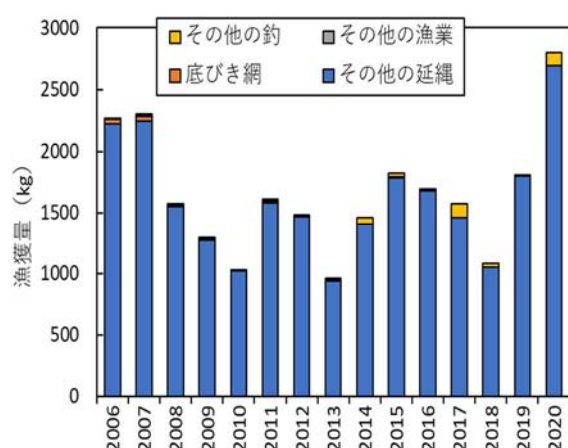


図 1 宮崎県のシロアマダイの漁業種類別漁獲量の推移

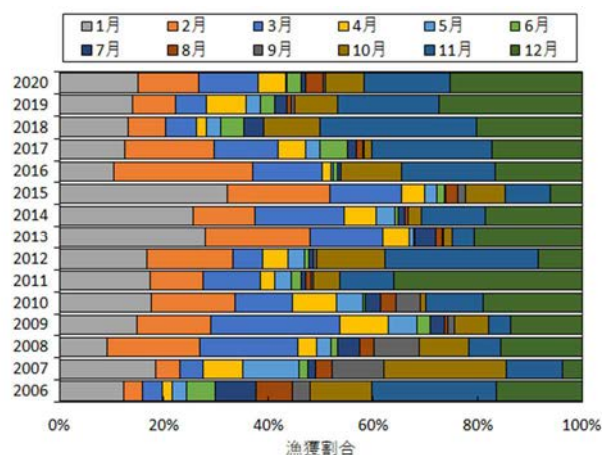


図 2 宮崎県のシロアマダイの月別漁獲割合

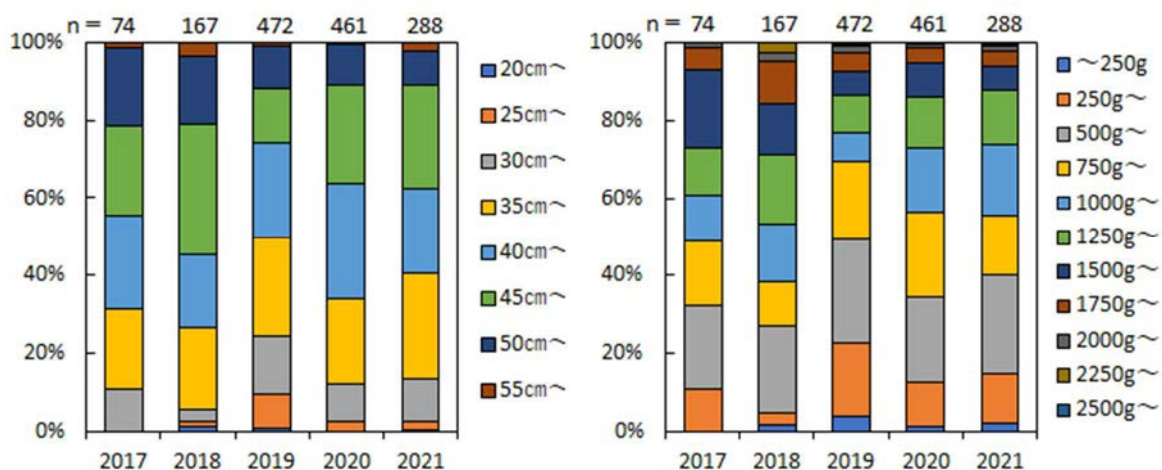


図 3 市場調査で測定したシロアマダイのサイズ区分（左：全長cm、右：体重 g）