

令和5年度 特筆すべき研究成果

国立研究開発法人 水産研究・教育機構

番号	成果名
重点研究課題 1. 水産業の持続可能な発展のための水産資源に関する研究開発	
1	ズワイガニの自主的管理効果の検証
2	大規模水揚げ市場への自動撮像装置の導入、実証試験を開始
3	日本沿岸海域におけるpHの短期変動
重点研究課題 2. 水産業の持続可能な発展のための生産技術に関する研究開発	
4	クロマグロ早期種苗の活用による冬季生残率の向上
5	人工種苗由来のウナギの社会実装に向けた社会需要の把握
6	マダイイリドウイルス病を発生させない防疫対策の提案
7	水中ドローンを用いた魚礁効果の定量評価手法の開発
8	オオクイロナマコの産卵誘発と人工飼育技術の開発
9	細胞形態に基づく赤潮動態予察法を確立
重点研究課題 3. 漁業・養殖業の新たな生産技術定着のための開発調査	
10	アカイカ漁場探索を効率化する手法を開発
11	スジアラ養殖・企業化に向けたコスト削減に成功
人材育成業務	
12	水産研究・教育機構発のベンチャー企業設立
13	船用ディーゼルエンジンにおけるブラックカーボンゼロシステムの開発

ズワイガニの自主的管理効果の検証

水産資源研究所 水産資源研究センター 底魚資源部

研究の背景・目的

1. 漁獲可能量 (TAC) による漁獲量の総量規制が行われている中、漁獲枠をどのように利用するか、つまり自主的管理が重要となっています。また、TAC 管理が行われていない多くの漁業資源においても、資源保護・有効利用に向けた自主的管理が推進されています。
2. 各地で資源管理協定等による自主的管理が進められているものの、自主的管理による実際の効果検証が進んでいません。そのため、実効性のある自主的管理に向けての科学的な計画の立案方法、及び管理効果の検証方法の事例紹介が求められています。
3. 本課題では、科学的に自主的管理効果を検討した事例として、日本海西部におけるズワイガニを対象に生物学的知見 (放流後の死亡率) を基にした効果的な漁期設定、及び保護区設定による商品価値の低い個体の保護効果を定量的に示すことを試みました。

りが少ない甲羅の柔らかい経済価値の低いカニのことです。一方、脱皮後1年以上を経た甲羅が堅く、身の詰まった経済価値の高いカニはカタガニと呼ばれています。しかし、ズワイガニの漁期中、特に水温の高い11月に未成年やミズガニを混獲後に放流しても死亡率が高く (結果的に死亡数が多く)、この期間は自主的管理による管理効果が低いことが示されました (図1)。そのため、11月は未成年やミズガニの混獲を避けることが特に重要となりました。

この結果を基に2023年漁期現在、兵庫県では「11月については、カニ解禁日以降に公休日を96時間以上 (32時間以上を3回以上) 設けるものとする。」、鳥取県では「11月については、雄、雌ガニ解禁日以降に公休日を96時間以上 (24時間以上を4回以上または32時間以上を3回以上) 設けるものとする。」との記述内容で、それぞれ自主的規制が設けられています。

研究成果

1. 放流個体の死亡数による効果的な漁期設定

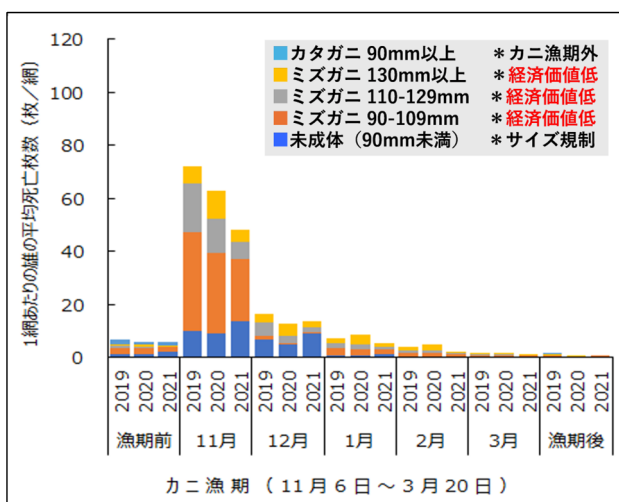


図1. 自主的管理 (サイズ規制、漁期規制、経済的価値) による放流個体の推定死亡数

日本海西部においてズワイガニは、省令に基づく漁期規制 (漁期は11月6日~3月20日)、及びサイズ規制 (甲幅90mm以上) による管理のほか、経済的価値の低いミズガニの漁獲を避ける等の自主的管理が実施されています。ミズガニとは、脱皮直後の身の入

2. 効果的な保護区設定の検討

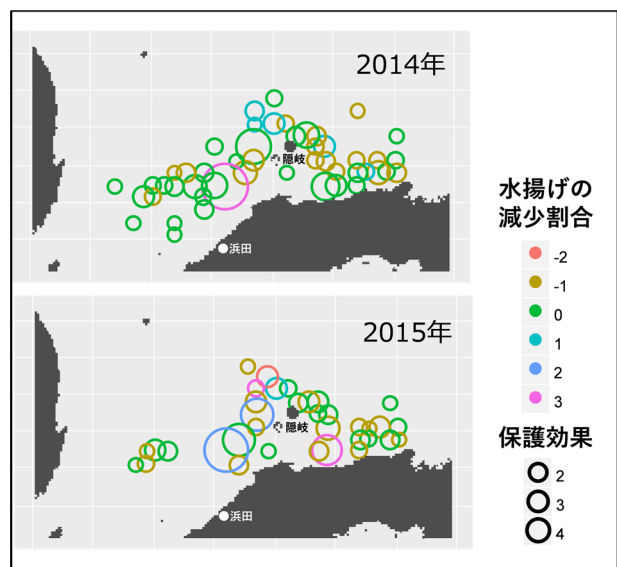


図2. 保護区設定による管理効果の検討結果
保護区設定の影響として、カタガニの水揚げ量の減少率 (○の色) と、混獲回避によるミズガニの保護効果 (○の大きさ) で示した。

ズワイガニは雌雄、サイズによって主分布水深が異なります。この特性を利用して経済価値の低いミズガニを避けるように保護区を設定する自主的管理方策を検討しました。保護区による管理効果は、保護区設

定によるカタガニの水揚げ量の減少率(マイナス効果)と、混獲回避によるミズガニの保護効果(プラス効果)の組み合わせで評価しました。その結果、2014、2015年に共通して、浜田沖及び隠岐周辺海域にはカタガニの漁獲量が減少するものの、ミズガニの高い保護効果が期待される漁区があることが分かりました(図2)。

この結果を基に、隠岐西方海域に84 km²の恒久的保護区を新たに設けることが提案され、2017年11月6日の漁期から適用されました。その後、2018年には隠岐北方海域に17 km²、2019年には隠岐北方海域に320 km²の恒久的保護区が新設されるに至りました。

3. 自主的管理による効果

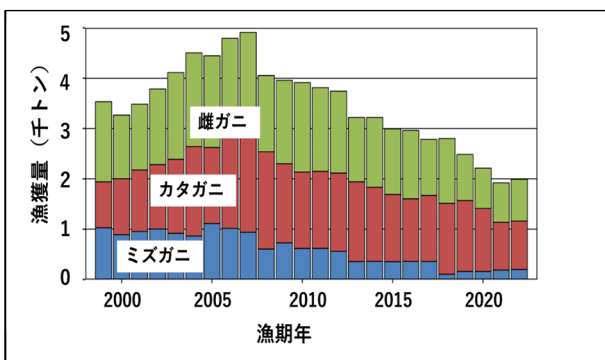


図3. 日本海西部 (A 海域) におけるズワイガニの漁獲量ミズガニ、カタガニ、雌ガニ別で示した。

以上のような科学的な根拠に基づいた自主的管理の推進によって、近年の日本海西部 (A 海域) におけるズワイガニの漁獲量は、加入量の減少によって減少傾向にあるものの、経済価値の高いカタガニを中心とした漁獲物組成へと変化しました(図3)。特に2018年以降はミズガニの漁獲量が大きく減少しており、経済的にも効果的な資源の利用になりました。さらに2024年漁期以降は、加入量増加による漁獲可能量の増加も予測されていることから、自主的管理による資源保護効果はより一層高くなることが期待されています。

最後に、本研究で対象としたズワイガニのように生物学的情報が多い魚種では今回のような検討が可能です。しかし、自主的管理が行われている魚種には、情報の少ない魚種も多いことや、自主的管理が生物学的な理由ではなく、行政区分的な理由によって策定される場合もあります。そのため、自主的管理計画の策定や、その効果検証には対象とする魚種のデータの蓄積状況に応じた対応が求められます。

アウトカム

1. 本研究で対象としたズワイガニを事例とすることで他の魚種においても効果的な自主的管理の計画策定、及び効果検証が進められるようになります。
2. 効果的な自主的管理の推進によって資源の維持・管理のほか、漁業者の経営・収入の安定化につながります。

*本研究の詳細は、「自主的管理措置の実践とその効果検証に関する事例集」の一部として、令和6年3月に水産研究・教育機構より公表されています。水産研究・教育機構のウェブサイト等でも公開されており、閲覧可能です。

大規模水揚げ市場への自動撮像装置の導入、実証実験を開始

水産資源研究所 水産資源研究センター
漁業情報解析部 情報企画グループ

研究の背景・目的

1. ある魚種の現在の漁獲量がその資源状態に対して持続的な水準かどうか評価することを「資源評価」と呼びます。
2. 資源評価では、漁獲された魚の体長組成（数 cm 刻みで設定された体長階級幅ごとの魚の尾数）が重要なデータのの一つなのですが、現状では調査員が手で直接魚体を測定することで取得しています。
3. すなわち、経費削減等の問題で調査員の人数が減少すると測定尾数も減少し、資源評価結果の不確実性が上昇する危険性ははらんでいます。
4. 近年、調査員の人数に依存しない方法として、深層学習を用いて魚体画像から体長組成を推定する研究が報告されています。
5. 本研究では、体長組成を推定するために必要な魚体画像を収集することを目的として、自動撮像装置を長崎県松浦市に設置し、実証実験を開始しました。

研究成果

1. 松浦市及び（株）西日本魚市の許可を得て、2024年10月2日に、松浦魚市場での漁獲物水揚げに使用されているベルトコンベア上に自動撮像装置を設置しました（図1）。
2. 設置後、毎月我々が調査に出向き機器の動作確認や設定調整を行い、これまでに大中型まき網漁業で漁獲されたマサバ等を対象に合計8万枚程度の画像デ

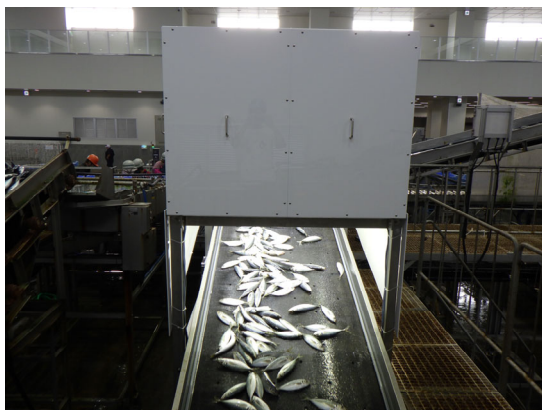


図1. 松浦魚市場のベルトコンベア上に設置した撮像装置

ータを取得しました（図2）。そのうち8,000枚程度を魚体検出と体長推定を行うAI（人工知能）モデルの教師データとして準備しました。今後、我々が現地に出向くことなく画像データを得られるよう、ネットワークを通じたデータ転送・保守点検環境を整備する予定です。

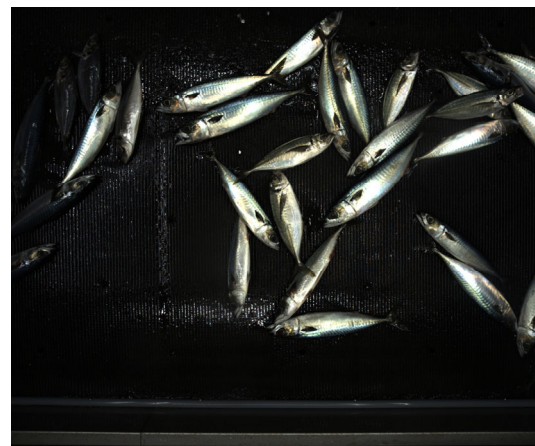


図2. 自動撮像装置から得られる魚体画像例

3. 自動撮像装置の設置と併せてAIモデルの改良を実施し、その成果を公表しました。大量の画像を瞬時に解析し、重複や見切れによる魚体の欠損を排除することで（図3）、高精度の体長組成を短時間で入手でき

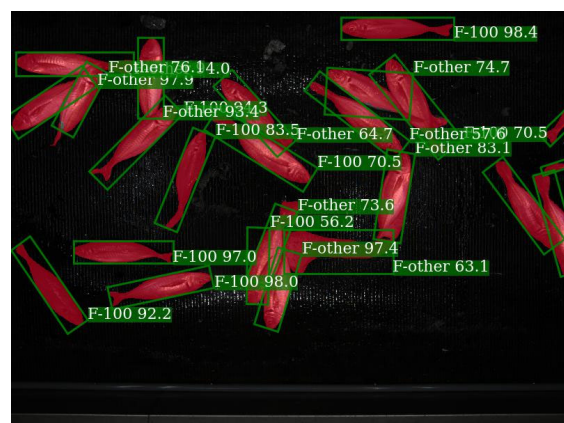


図3. AIモデルによる魚体画像の解析例

検出された魚体は赤塗で示され、見切れのない魚体には「F-100」、それ以外には「F-other」の識別ラベルが付与されている。ラベルの数字は検出の確からしさを表す。F-100と判定された魚体を用いて体長組成を取得する。

るようになりました。

アウトカム

1. 本成果により、調査員が現場で時間と労力をかけて体長組成を取得する必要がなくなり、労働時間と経費の節約になります。
2. 調査員の都合に関係なく、24時間体制で画像を収集できるようになるため、調査をしづらい時間帯や時期というものがなくなり、体長組成の頑健性が向上します。
3. 2.の効果に加えて、従来の数十～数千倍もの尾数の体長を測定できるため、測定誤差が格段に小さくなり、資源評価精度の向上が期待できます。
4. これまで、経費や時間の問題で調査員が体長を測定出来ていなかった魚種についても体長組成を取得できるようになることで、現在適用できないような複雑な資源評価モデルを適用できるようになり、資源評価精度が向上する可能性があります。
5. これら資源評価の精度向上をとおして、改正漁業法の下での適切な資源管理へ向けた行政官・漁業者らによる議論に対し、より正確な科学的助言を提供することが可能になります。

本成果が記された論文

Shibata *et al.* (2024). Length estimation of fish detected as non-occluded using a smartphone application and deep learning method. *Fisheries Research*, 273, 106970.

<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2024.106970>

Shibata *et al.* (2023). Estimation of total length composition of fish detected as non-occluded using a smartphone application and deep learning techniques. PICES-2023 Annual meeting. (2023/10/24)

柴田泰宙. AI時代の資源評価用体長測定データ収集のあり方. 日本学術会議公開シンポジウム「水産・海洋分野におけるAIの役割と課題」. (2023/12/15)
柴田泰宙. AIとスマホアプリで魚の全長を推定する. 水産研究・教育機構第20回成果発表会. (2023/11/15)

日本沿岸海域における pH の短期変動

水産資源研究所 海洋環境部

研究の背景・目的

1. 米国東岸等で、海の酸性化による貝類等への影響が顕在化しており、日本の沿岸資源への影響に対する漁業者の懸念が高まっています。しかし、日本沿岸では本格的な pH のモニタリングが行われていませんでした。
2. この問題への対応の一環として、環境研究総合推進費事業「海洋酸性化と貧酸素化の複合影響の総合評価」と日本財団助成事業「海洋酸性化適応プロジェクト」に参画し、2020 年度から日本沿岸の複数点における pH のモニタリングを実施してきました。
3. 令和5年度は取得されたモニタリングデータを解析し、日本の沿岸域の pH の変動特性の把握と、その変動要因に関する新たな知見の獲得を目指しました。

研究成果

1. 観測を行った全ての海域で、pH の年平均値は 8.0 ~8.1 であり、生物に危険なレベルではありませんでした。ただし、降雨等により沿岸域の塩分が短期的に低下した時、沿岸海域の pH も数日~10 日程度の短期間、平均値から大きく外れて低下する現象を、年に数回~十数回起こしていることがわかりました。観測された pH から、沿岸生物の殻の作りやすさの指標であるアラゴナイト飽和度（注1）を計算すると、降雨時の短期的な pH の低下の際に、アラゴナイト飽和度が一時的に、飼育実験でマガキ幼生の殻形成に影響が現れることが確認されている 1.5 以下のレベルまで低下する場合があることも確認されました（図1）。

pH 低下時に採取された貝類幼生を含む沿岸生物から酸性化の明確な影響は検出されていないことから、今回のモニタリングで検出された一時的な pH 低下現象が沿岸生物に与える影響は、今のところないと考えられます。しかし将来さらに酸性化が進行すると、pH 低下イベントの頻度や継続時間が徐々に増加していくため、将来のどこかの時点で生物への影響が現れる可能性が考えられます。

2. こうした短期的な pH の低下がどのような原因で生じているのかを検討するために、1 で示した5海域に、東京湾環境情報センターから公開されている東京湾の pH モニタリングデータ

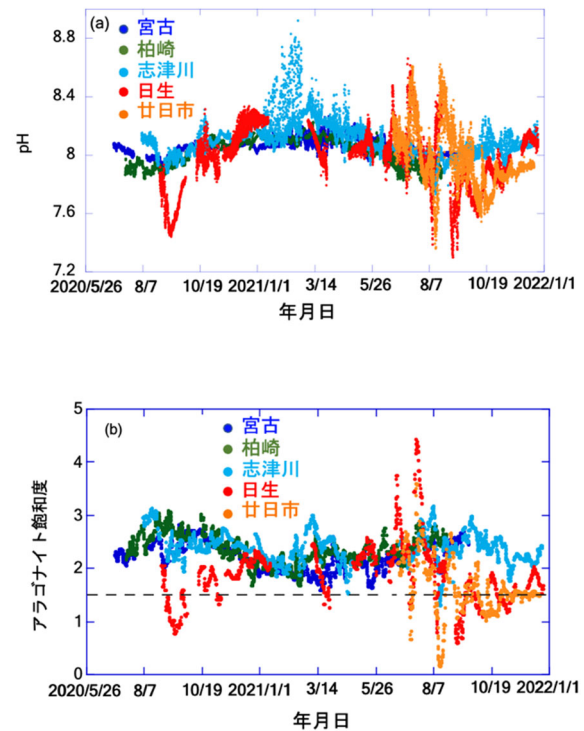


図1. 5つの沿岸域で2020年~2021年に観測された、(a)pHと(b)アラゴナイト飽和度の周年変動。(b)の黒破線は、飼育実験においてアラゴナイト飽和度がこれ以下になるとマガキ幼生の殻形成に影響を与えることがわかっている閾値（飽和度=1.5）を示す。

(<https://www.tbeic.go.jp/MonitoringPost/Top>) も加えた6つの海域で、河川水流入の影響の大きさと pH の変化の関係について調べました。

各海域・各月の河川の影響の大きさの指標として、2021年の各日の前後5日間の表層塩分のばらつき（10日間標準偏差）を計算し、さらにその値を月ごとに平均した値を用いました。pHについても同じ計算を行いました。さらに月ごとの塩分の10日間標準偏差平均値と pH の10日間標準偏差平均値の関係を、海域ごとにグラフ化しました。

その結果、両者の間には統計的に有意な相関が認められることがわかりました（図2）。またその回帰直線の傾きは、流入する河川水の栄養塩濃度が低い海域ほど小さいこともわかりました（図3）。つまり、同じ規模の塩分低下現象で引き起こされる短期的な pH の低下量は、流入する河川の栄養塩濃度が低い海域ほ

ど小さくて済むということをこの結果は示しています。

このことから、将来の酸性化によって沿岸の pH 年平均値が徐々に低下してきた場合でも、各沿岸域に流入する河川水の栄養塩の濃度を削減することにより、短期的な pH 低下の大きさを抑制する事ができれば、pH の短期的な最低値は、現在と同程度に維持できる可能性が示唆されました。

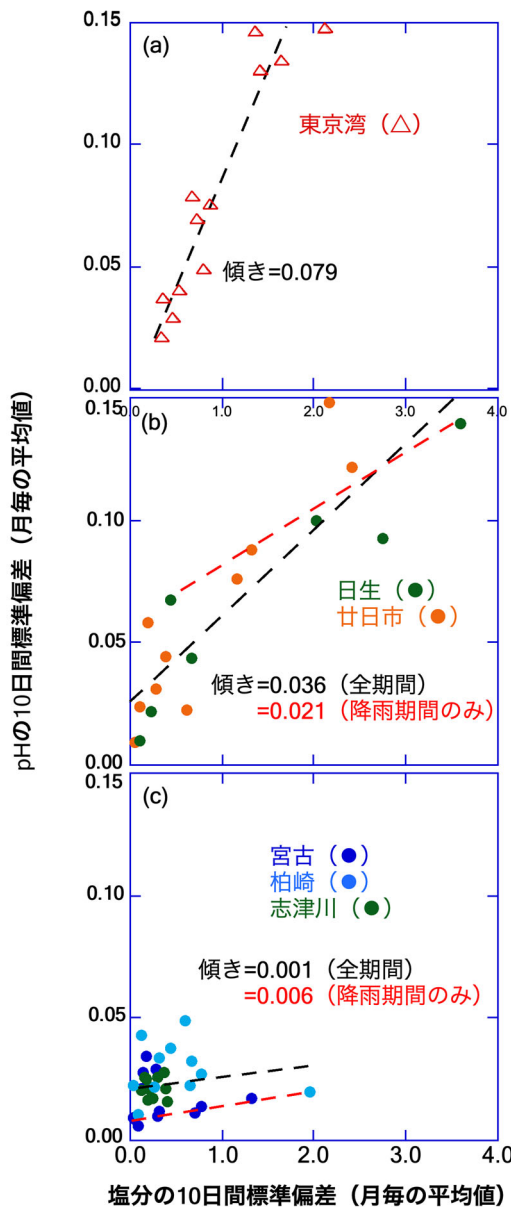


図2. 塩分と pH の 10 日間移動標準偏差 (月毎の平均値) の海域別相関プロット。陸域栄養塩負荷の小さい海域 (宮古・柏崎・志津川)、中程度の海域 (日生・廿日市)、負荷の大きい海域 (東京湾) の3つの海域カテゴリ別に相関を計算した。図中の黒線は全期間、赤線は月間降雨量の大きな期間のデータのみを使った回帰直線を示す。

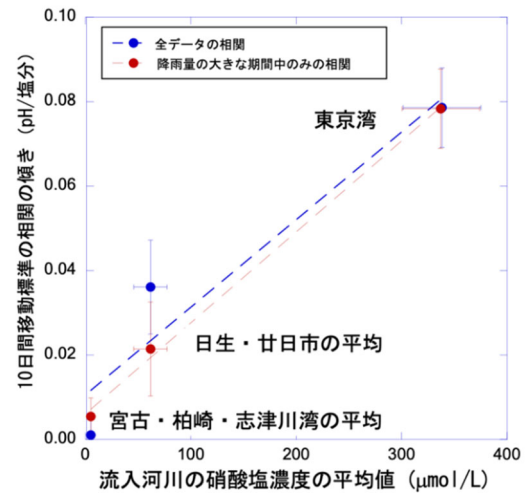


図3. 東京湾も加えた6つの海域で計算した、塩分と pH の 10 日間移動標準偏差の相関の傾きを、各海域に流入する河川水の栄養塩 (硝酸塩) 濃度に対してプロットしたもの。陸域栄養塩負荷の小さい海域 (宮古・柏崎・志津川)、中程度の海域 (日生・廿日市)、負荷の大きい海域 (東京湾) の3つの海域カテゴリの間で、河川硝酸塩濃度の中に正の相関が認められる。

アウトカム

1. 日本沿岸におけるマガキ等への海洋酸性化の影響は、少なくとも現時点では小さいことを明確にできたことで、沿岸漁業者の酸性化への懸念を解消できると期待されます。
2. 将来の CO₂ 増加によって沿岸水の pH が徐々に低下してきた場合の対策技術として、流入河川の栄養塩コントロールにより、pH が短期的に低下した際の最低値を現在と同じレベルに維持する方策が有効と示唆されました。一方で、日本の沿岸域では栄養塩負荷量の低下による生産力の低下も問題になっています。今後、酸性化の抑制と生産力の維持を両立する栄養塩供給レベルの検討が必要です。

(注1) アラゴナイト飽和度

アラゴナイトとは、炭酸カルシウムの結晶形のひとつ。たとえば、貝やウニ等の殻の構成物質は炭酸カルシウムだが、幼生と成体では同じ炭酸カルシウムでも結晶構造が違っており、幼生はアラゴナイトと呼ばれる結晶構造の殻を形成する。こうした幼生の骨格や殻がどのくらい作りやすいかを示す指標をアラゴナイト飽和度という。この数値が大きいほど、生物は容易に骨格や殻を作ることができる。

クロマグロ早期種苗の活用による冬季生残率の向上

水産技術研究所 養殖部門
まぐろ養殖部 成熟制御グループ
種苗量産グループ

研究の背景・目的

1. クロマグロは、日本周辺を中心に北太平洋に広く分布していますが、近年の資源状態は歴史的最低水準にあり、我が国ではクロマグロの漁獲量の管理が強化されています。
2. クロマグロ養殖の多くは、沿岸で漁獲された小型魚を天然種苗として用いていますが、天然資源の適正な管理のため、天然種苗に依存しない完全養殖による人工種苗の普及・実用化が強く望まれています。
3. しかしながら、人工種苗は、天然種苗に比べ生育開始が2ヶ月程度遅いことに起因して体のサイズが小さく、低水温となる冬季の生残率が低いため、従来よりも早い時期に採卵することで天然種苗と同等の大きさの人工種苗を作出する技術の開発が求められていました。
4. 水産機構は、長崎大学、長崎県総合水産試験場及びマルハニチロ株式会社の参画の下、農林水産省の委託プロジェクト研究「クロマグロ養殖の人工種苗への転換促進のための早期採卵・人工種苗育成技術や低環境負荷養殖技術の開発」において従来よりも2ヶ月早い時期に採卵し生産した人工種苗（早期種苗）の開発に取り組みました。

研究成果

1. 環境制御が可能な大型陸上水槽（図1、2）を用いて、クロマグロの成熟に影響する水温と日照時間を人工的に制御する新たな飼育環境プログラム、すなわち産卵させる前年の6月あるいは7月から日長と水温を2ヶ月前倒しする制御を行い、クロマグロ親魚を育成することで、従来よりも2ヶ月以上早い3月から5月の採卵に3年連続で成功しました。
2. さらに、従来の人工種苗では12月までに体重1kgに達しませんでした。早期に採卵した卵を用い生産された早期種苗を用いることで天然種苗と同等の2kg以上の大きさに成長させることに成功しました。
3. これにより、従来の人工種苗では30~40%程度であった冬季の生残率が早期種苗では80%以上となり、冬季の生残率を大幅に向上させることに成功しま

した（図3）。

4. また、早期種苗は越冬後の4月まで従来の人工種苗の2倍以上の大きさを維持し成長することも確認しました。九州北部海域の試験実施例では、試験開始時の体重が従来の種苗は0.6kgであったのに対し早期種苗は2.9kg、試験終了時には従来の種苗が1.4kgであったのに対して早期種苗は3.2kgと、早期種苗は2倍以上の体重差を維持し成長しました（図3）。



図1. 水温と日照時間の環境制御が可能な大型陸上水槽（直径20m、深さ6m、容積1,880m³）



図2. 大型陸上水槽で育成中のクロマグロ親魚

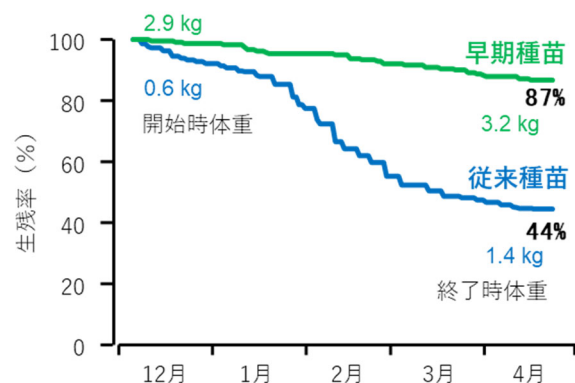


図3. 九州北部海域での早期種苗の越冬試験実施例（グラフは生残率の推移）

アウトカム

1. 民間養殖業者3者に令和3年及び4年度の2ヶ年で合計500万粒の早期卵の配付を行っており、今後早期卵が多く、の養殖現場で利用されることが期待されます。
2. 早期種苗の冬季生残率が高いことが明らかになったため、早期種苗の普及により天然種苗から人工種苗への転換が進展していくことが期待されます。

人工種苗を由来とするウナギの社会実装に向けた社会需要の確認

水産技術研究所 養殖部門 シラスウナギ生産部 量産グループ
共同研究機関 一般社団法人マリノフォーラム 21
山田水産株式会社

研究の背景・目的

1. ウナギの養殖では、河川で採集された天然の稚魚（シラスウナギ）を種苗として使用しています。近年では、これらの採捕量が低水準で推移しているため、人の手で卵から育てた人工種苗の量産化を実現し、天然シラスウナギに依存しない新たなウナギ養殖業の創出が必要となっています。
2. これまでの人工種苗の量産化に向けた技術開発によって、一つの庁舎で年間7,000尾以上の人工種苗を作出することができるようになりました。この成果を技術普及した結果、山田水産株式会社においても人工種苗を作出できるようになってきています。
3. そこで、人工種苗由来のウナギ蒲焼きを一般の方々に試食して頂き、食用可能な人工種苗由来のウナギができたことを広く知ってもらうとともに、試食者にアンケートを実施して一般の方に人工種苗由来蒲焼きが受け入れられるか確認しました。

研究成果

1. 令和5年8月23～25日に開催された第25回ジャパンインターナショナルシーフードショーにおいて、マリノフォーラム21、水産研究・教育機構、山田水産株式会社が共同で、人工種苗由来のウナギ蒲焼きの試食会を行いました。関係者による試食会は当機構やウナギ人工種苗を研究、生産している会社において、実施されてきましたが、広く一般の方々を対象とした人工種苗由来ウナギの試食会は世界で初めてでした。



図1. 人工種苗由来のウナギ蒲焼きを用いた試食
(1皿1人分)



図2. 第25回シーフードショーにおける試食の様子
(東京ビックサイト 2023年8月)

2. 試食会では、人工種苗の技術開発に関する紹介を交え、3日間で600食を提供しました(図1)。非常に注目して頂き、数十分ほどの試食待ちの列ができるほどでした(図2)。試食後に記載頂いた試食アンケート調査結果(図3)から、普段食べるウナギに比べて美味しい、やや美味しいという回答割合が69.5%であり既存の蒲焼きと変わらないもしくはそれ以上に美味しいと評価されました。試食に対する満足度は満足、やや満足で92.5%を占め、これらのことから人工種苗由来の養殖ウナギは、消費者に受け入れられる可能性が高いと推察されました。一方でウナギの人工種苗が作出できたことの認知度は53.6%で、20代以下では50%を下回っていました。今後も社会実装に向けて、食用可能な人工種苗由来のウナギができたことを広く知ってもらう活動を重ねていく必要があると考えられました。

アウトカム

1. 人工種苗を用いたウナギの蒲焼きは美味しさを含めて既存の蒲焼きと遜色なく、消費者に受け入れられる可能性が高いことが分かりました。社会実装に向けて更なる技術開発を進めていきます。
2. ウナギ人工種苗生産技術の進展・現状を広く周知することで、ウナギ種苗生産に参入する民間企業が増え、新たな産業の創出が加速されることが期待されます。

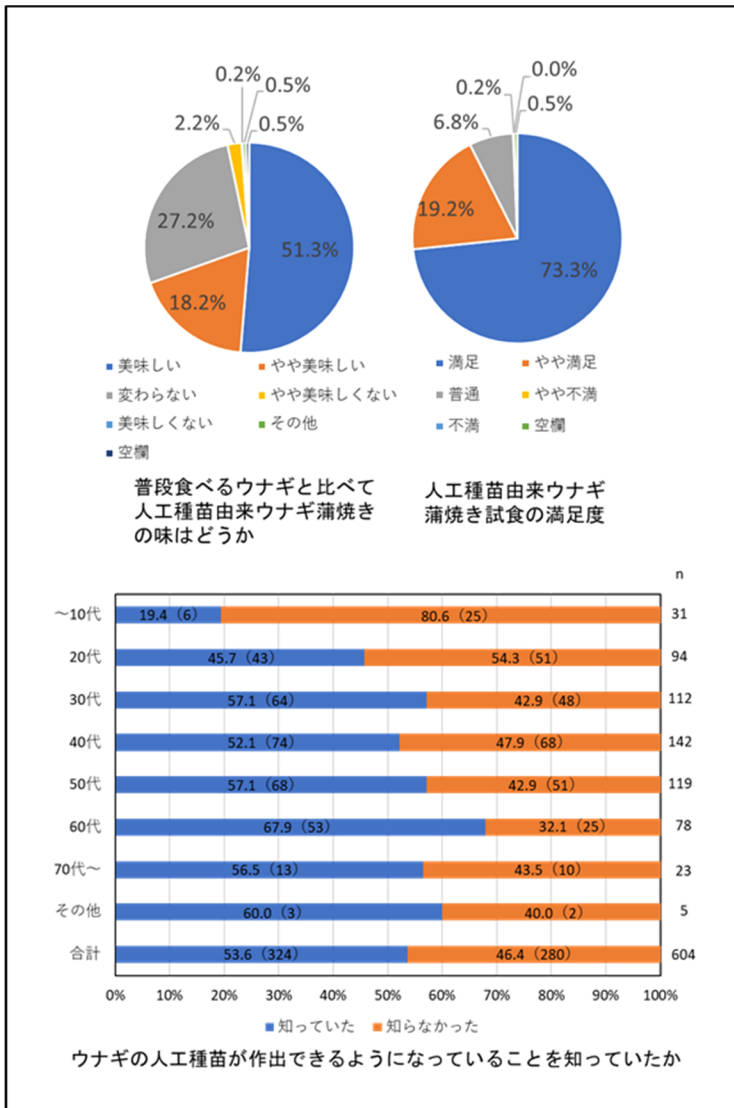


図3. 試食アンケート調査結果

マダイイリドウイルス病を発生させない防疫対策の提案

水産技術研究所 養殖部門 病理部 診断グループ

研究の背景・目的

1. マダイイリドウイルス (RSIV) 病は、マダイ、ブリ類、クロマグロといった国内の主要な海面養殖魚で発生するウイルス病で、1990年代から30年以上にわたって問題となっています (図1)。マダイやブリ類に対してはワクチンが市販されており、一定の効果を上げています。



図1. RSIV病で大量死したマダイ (左) とウイルス粒子の電子顕微鏡写真 (右)

2. 本病は国際獣疫事務局の指定疾病であることから、各国が本病への検疫を強化すると、RSIV感染魚は国際取引ができなくなり、近年推進されている養殖魚の輸出促進への障壁となる可能性があります。ワクチンを用いることで疾病被害は軽減されますが、外観上健康な感染耐過魚からウイルスが検出される場合があるため、輸出への障壁を取り除く根本的な解決策にはなりません。そのため、養殖場でRSIV病を発生させない防疫対策が必要でした。

3. 一方、海でつながっている海面養殖では、養殖場周辺に生息し、病原体を保有している可能性がある天然魚の移動や病原体を含む海水の拡散により疾病が広がるため、防疫対策が困難と考えられてきました。そこで本研究では、マダイ養殖場を対象として、RSIV病の蔓延に天然魚や海水がどの程度関与しているのか調査しました。さらに、養殖場でRSIV病が蔓延する要因を調べ、有効な防疫対策の提案を行いました。

研究成果

1. 「天然魚によるRSIV蔓延リスクは低い」

養殖生簀周辺で釣り・刺し網・カゴにより採捕された天然魚8目29科44種の合計1,102尾について、RSIVの検査を行った結果、11検体からRSIVが検出されましたが、いずれもウイルス保有量はとて低く、ウイルスが検出された時期はいずれも養殖場でRSIV

病が発生した後でした。このことから、天然魚が養殖魚へのRSIV感染源になる可能性は低いと考えられました。

2. 「海水によるRSIV伝播は距離に依存する」

これまでの調査や知見では導入種苗や越年魚からウイルスが広がっていくケースが多いのですが、このような伝播に海水がどの程度関与しているのかを調査しました。病気の発生した生簀を中心に10定点の海水を4年間にわたって調査したところ、ウイルスが検出されたのは全検体 (n=306) の20%程度で、ほとんどが 10^3 コピー/L程度の濃度でした。そこで、 10^3 コピー/L程度のRSIVを含んだ海水による感染試験を行った結果、その濃度では100万尾に1尾しか感染しないと推定されました。さらに、RSIV病が発生しているマダイ養殖生簀からのウイルスの拡散状況を調査したところ、ウイルス濃度は生簀の中心付近が最も高く、潮流の影響を受けながら拡散していく様子が観察されました (図2)。この例では、生簀から50mも離れると、感染リスクがほぼない程度にまでウイルス濃度が低下していました。これらの結果から、距離によっては海水がウイルス伝播の防壁としても機能していると考えられました。

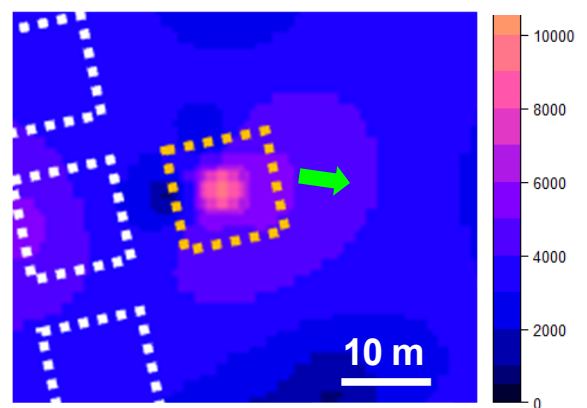


図2. 病が発生した生簀からのRSIVの拡散。海水1リットルあたりのRSIVコピー数を色で模式的に示している (橙色はウイルス量が多く、青色になるにつれて少なくなる)。緑色の矢印は潮流の向きを、橙色の点線枠は病気発生生簀を示す。

3. 「作業者の衛生管理が重要」

天然魚の移動や海水の拡散により疾病が広がる可能性は低いことが示されたことから、ウイルス伝播に対

する作業者のリスクを調査したところ、RSIV 病が発生している養殖場において死魚を扱った資機材や人から、高濃度のウイルスが検出されました。RSIV 病の死魚から流れ出る血液や体液などには 10^9 コピー/mL という大量のウイルスが含まれていることから、死魚をすくったタモ網を消毒せずに他の生簀でも使いまわした場合、海水では届かなかった範囲まで容易にウイルスが伝播してしまう可能性が考えられました。

4. 「海面養殖における防疫対策の提案」

上記の結果を踏まえ、養殖場での実証試験として、事前検査で RSIV に感染していないことを確認したマダイ種苗を導入し、越年魚の生簀から 100m 以上離して約2年間養成したところ、RSIV 病は発生せず、出荷魚からもウイルスは検出されませんでした。また、別の養殖場において、RSIV 病が発生した場合でも、未発生の生簀から死魚回収の作業を行い、1日の作業終了後にはタモ網の消毒を行うなどの衛生管理を行ったところ、100m 程度しか離れていない生簀へウイルス伝播を防ぐことができました。このような結果を基に、RSIV 病を発生させない防疫対策を整理し(図3)、養殖業者や地方公設試の魚病担当者への普及活動を行いました。

アウトカム

海でつながっている海面養殖では、これまで防疫対策の効果が無いと考えられ、陸上養殖と比べて衛生管理がおろそかになっていました。しかしながら、本研究結果は海面養殖でも衛生管理が重要であることを示唆しており、RSIV 病の衛生管理を徹底することで、細菌感染症など、他の感染症による被害を軽減する効果も期待できます。

本成果が記された論文

Kawato et al. (2021) *Microbiol Spectr*, 9:e00796-21.

Kawato et al. (2023) *Microbiol Spectr*, 11:e01567-23.

Kawato et al. (2024) *Dis Aquatic Org*, in press.

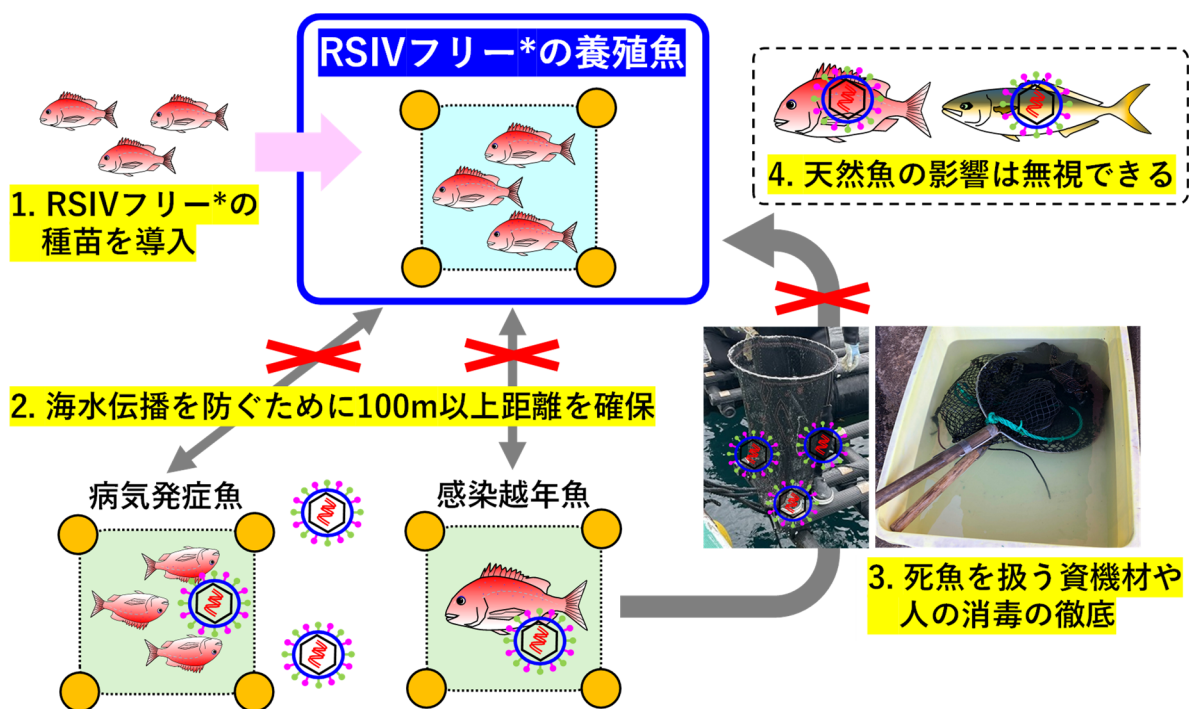


図3. RSIV 病を発生させない防疫対策の模式図。

*RSIV フリーとは RSIV に感染していない状態を示す。

水中ドローンを用いた魚礁効果の定量評価手法の開発

水産技術研究所 環境・応用部門 水産工学部 水産基盤グループ

研究の背景・目的

1. 本邦の沿岸域では、1971年から政府施策のもと、効率的な漁獲による地域漁業への貢献を期待して、人工魚礁（以下、魚礁）による漁場造成が積極的に進められてきました。魚礁の適切な整備と維持管理のためには、継続的なモニタリングと魚類の集積状況の定量評価が不可欠です。これまで潜水観察、漁獲調査や魚群探知機等の既存手法による定量評価が行われ、魚礁潮上側に魚類が多く分布することが指摘されているものの、魚礁の効果範囲は十分に把握されていないことから、新たな魚礁効果の定量評価手法の開発が求められています。
2. 水産研究・教育機構（以下、水産機構）水産技術研究所水産工学部では、2018年から環境DNA分析による、DNA量を指標とした魚礁効果の定量評価手法の開発を行い、高層魚礁の効果範囲が魚礁から150m以内にあることを明らかにしました（Sato et al. 2021）。しかし、環境DNA分析は種の検出感度が高いという長所がある一方で、成長段階情報を取得できないために個体数や密度への換算が難しく、また、得られた魚礁効果範囲はDNAの輸送や分解の影響を受けており、その空間分解能が高くないという短所もありました。
3. 近年、既存のROV（遠隔操作型有線無人潜水機）よりも小型、安価で操作が簡便な水中ドローンが普及し、水中の生物観察が格段に容易になりました。水中ドローンで魚礁をビデオ観察することで、環境DNA分析の短所を補うような、個体数や密度ベースの高解像度の分布データを入手できると期待されることから、2021年から水中ドローンを用いた魚礁効果の定量評価手法の開発を開始しました。2021年10月の調査では、水産機構調査船たか丸により、館山湾の2基の高層魚礁（AR1: 高さ30m、設置水深72m、AR2: 高さ20m、設置水深62m）の潮上、潮下側で、濁度や光量子量を観測しながら、水中ドローンに搭載されたモノラルカメラを用いて、垂直ライントランセクトでの撮影を行いました（図1）。取得した環境データから水中ドローンが魚を視認できるサンプリング体積を推定し、取得画像を解析することで、体積密度（尾/m³）ベースでの魚類相の二次元分布を把握する手法を開発し、魚礁効果範囲を予測しました。また、同魚礁か

ら海水を採水して環境DNA分析を行い、両手法から得られるデータの特徴を整理しました。

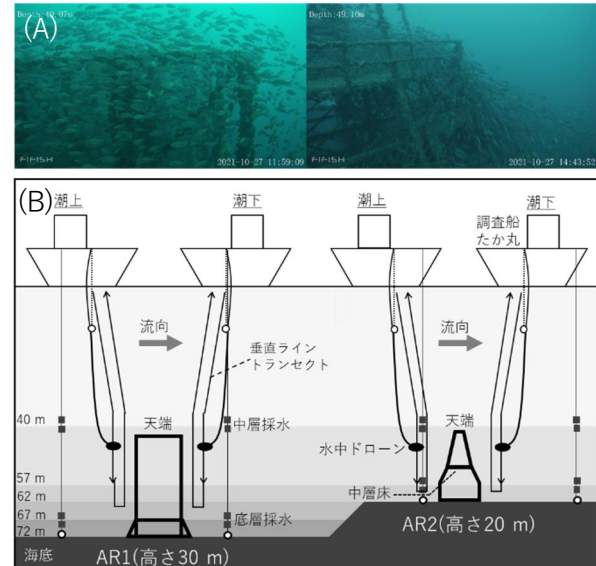


図1. AR1の天端（左）とAR2の中層床（右）に集積する優占種イサキの群れの水中写真（A）、調査の模式図（B）。

研究成果

1. 環境DNA分析では底生魚と浮魚を含む95種と6属の魚種が検出されたのに対して、水中ドローンでは底生魚のみ計21種と1属が検出されました。このことから、水中ドローンでは移動性の高い浮魚や小型魚の観察は難しく、人工魚礁への寄り付き度合の高い定着性魚類が主な評価対象となることが分かりました。水中ドローンではイサキが優占種と判別され、この結果は環境DNA分析と一致していました。
2. 画像解析によって、魚礁近傍の魚類の種多様度と種毎の体積密度の二次元分布を、0.5mグリッドの高解像度で明らかにすることができました（図2）。さらに、魚種によっては形態的特徴をもとに、環境DNA分析では不可能な成長段階や雌雄別に分布特性の把握ができました。既存研究と同様に（Inoue et al. 2022）、魚礁の潮上側で種多様度や魚類密度が高く、また複数の種が天端等の水平面に多く分布する傾向にあることが分かりました。イサキは、魚礁潮上側の中層、天端の順に多く分布していました。

3. 画像解析の結果をもとに、魚礁近傍の魚類分布の予測モデルを構築しました。その結果、種多様度と魚類密度に対する魚礁の効果範囲は、どちらも魚礁から約20m以内と予測され、0.5メートル単位のより詳細な分布予測が可能となりました(図3)。

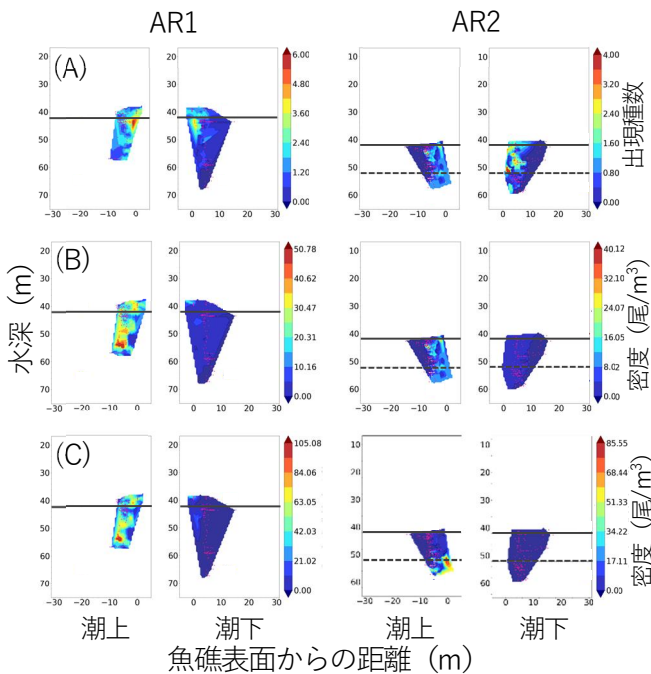


図2. 水中ドローンで観察されたAR1とAR2の潮上、潮下側の出現種数(A)、総魚類密度(B)、イサキ密度(C)の二次元分布。灰色実線は両魚礁の天端水深(42m)、灰色点線はAR2の中層床(52m)の水深をそれぞれ示す。

アウトカム

1. 水中ドローンを用いた画像解析によって、他の定量評価手法と比較可能な絶対量(体積密度)ベースで、底生魚の魚礁効果範囲を高解像度で推定することが可能となりました。魚礁の定量評価手法として水中ドローンを用いることで、環境DNA分析(個体数や密度での評価ができない、空間分解能が低い)、潜水観察(深い海域に適用できない)、漁獲調査(生物に侵襲的)、魚群探知機(種判別ができない、魚礁近傍や内部の観測が困難)といった既存技術の弱点を補うことができます。
2. 本研究は魚礁に焦点を当てた取り組みですが、定着性の高い水産種を対象とすれば汎用性は高いと期待され、藻場等の評価にも展開が可能です。比較的安価な機材を使用しており、導入が容易である点からも、魚類の新たな定量評価手法としての活用が期待され

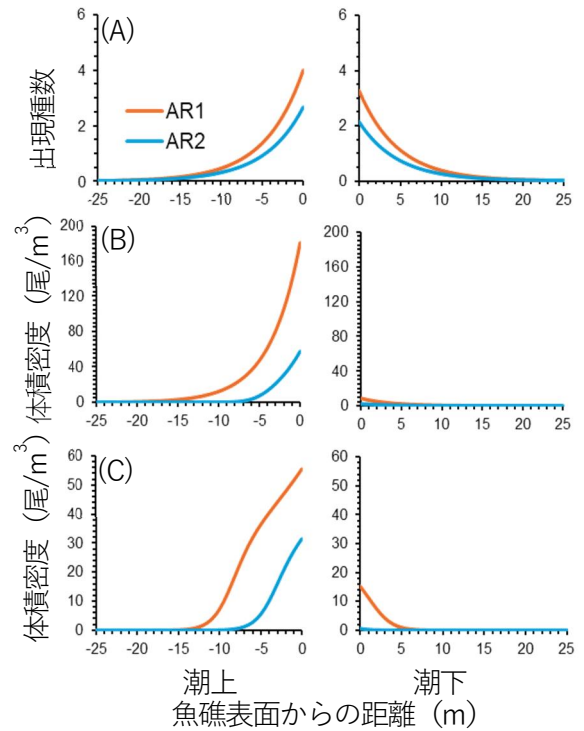


図3. AR1とAR2の潮上、潮下側の天端水深(42m)における出現種数(A)、総魚類密度(B)、イサキ密度(C)の予測分布。

ます。

引用文献

- Sato M, Inoue N, Nambu R, Furuichi N, Imaizumi T, Ushio M (2021) Quantitative assessment of multiple fish species around artificial reefs combining environmental DNA metabarcoding and acoustic survey. *Sci Rep* 11:19477
- Inoue N, Sato M, Furuichi N, Imaizumi T, Ushio M (2022) The relationship between eDNA density distribution and current fields around an artificial reef in the waters of Tateyama Bay, Japan. *Metabarcoding Metagenom* 6:e87415

オオクリイロナマコの産卵誘発と人工飼育技術の開発

水産技術研究所 環境・応用部門 沿岸生態システム部 亜熱帯浅海域グループ
 養殖部門 生産技術部 技術開発第5グループ
 共同研究機関 自然科学研究機構 基礎生物学研究所 多様性生物学研究室
 九州大学大学院 生物資源環境科学府附属水産実験所

研究の背景・目的

1. オオクリイロナマコ *Actinopyga lecanora* (クロナマコ科クリイロナマコ属、別名：ヨコスジナマコ) は、日本の沖縄県などを含む、インド洋から西太平洋の熱帯域に分布し、サンゴ礁の岩礁などに生息するナマコです (図1)。成体は体長 25 cm 程度です。沿岸域の水深 0–23 m に分布し、海底に堆積する有機物を餌とします。夜行性で昼間は岩陰などに隠れています。本種は主に中華食材として国内外で漁獲され、中国などに輸出されています。干ナマコ製品として中～高程度の価値があります。また、本種からは様々な薬理物質が見つっています。
2. ナマコ類は世界でおよそ 60 種が漁獲されていますが、特に、熱帯性ナマコ類は、世界的に、資源量に対して漁獲量が多い乱獲の状態となっています。これらの資源を適切に管理するため、ナマコ類に関する生物学的・生態学的な知見が必要とされています。しかし、オオクリイロナマコの生態はあまり調べられておらず、特に初期生態については全く分かっていませんでした。
3. また、温帯域のマナマコや熱帯域のハネジナマコなど、いくつかの種のナマコでは、これまでに種苗放流による資源回復や増殖、あるいは養殖が行われていますが、これらの手法においては人工種苗の飼育技術が必要となります。しかし、オオクリイロナマコについては、人工種苗の飼育手法が確立していませんでした。
4. そこで、本研究ではオオクリイロナマコの人工飼育技術を確立するとともに、本種の初期発生 (受精卵から胚、幼生を経て稚ナマコになるまで) の過程を観察により明らかにすることを目的としました。
5. 飼育する種苗を得るためには、ナマコの成熟個体から採卵する必要があります。採卵の方法として、ナマコ類では様々な産卵誘発法が存在しますが、今回は、産卵誘発剤として「リラキシン」という

ペプチドを用いました。リラキシンは、2鎖のポリペプチドがジスルフィド (SS) 結合でつながった構造をしています。棘皮動物では最初に、イトマキヒトデ *Patiria pectinifera* の神経から生殖腺刺激物質として単離されました。最近、ナマコについても、クロナマコ属の3種、すなわち、ニセクロナマコ *Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota*、ハネジナマコ *H. (Metriatyla) scabra*、チブサナマコ *H. (Microthele) fuscogilva* でリラキシンによる産卵誘発効果が報告されました。ただし、その他の種のナマコに対するリラキシンの産卵誘発効果は分かっていませんでした。そこで、本研究では、オオクリイロナマコに対するリラキシンの産卵誘発効果について検証しました。

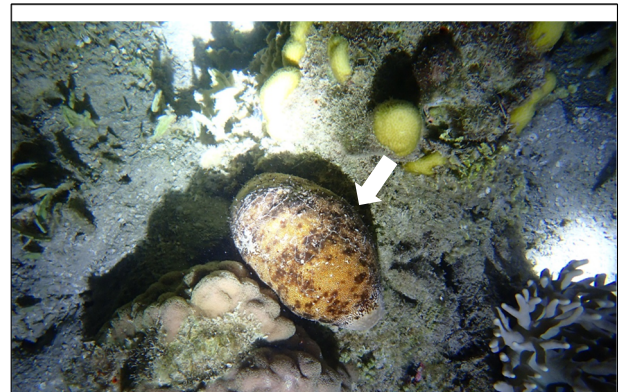


図1. オオクリイロナマコの野生個体

研究成果

1. 本研究では、ハネジナマコ由来の合成リラキシンを成熟したオオクリイロナマコの個体に注射した結果、メス・オスともに放卵・放精が起きました (図2)。本結果により、これまでにリラキシンペプチドによる産卵誘発効果が報告されていたクロナマコ属以外のナマコ類 (今回はクリイロナマコ属) でも、初めて効果が示されました。
2. 産卵誘発で得られた受精卵を水槽中で孵化させ、

浮遊幼生を経て、着底後の稚ナマコに至るまで飼育することに初めて成功しました(図3, 4)。これにより、本種は浮遊幼生期に摂餌をせず、大型の卵に蓄えた栄養のみを利用する「卵黄栄養性」の発生を行い、また、受精から比較的短期間(4-8日)で着底することが明らかとなりました。

3. 今回の試験では、着底した稚ナマコの段階の人工種苗を1回の生産あたり3,300匹から14,000匹の範囲で、大量飼育することに成功しました。

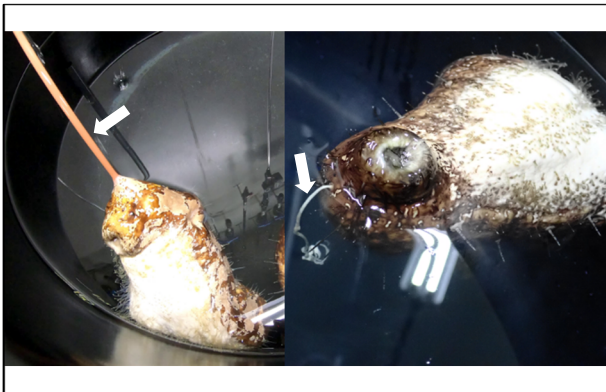


図2. リラキシンにより誘発したオオクリイロナマコのメスの放卵(左)とオスの放精(右)。写真はTanita et al. (2023) *Aquaculture* より引用。

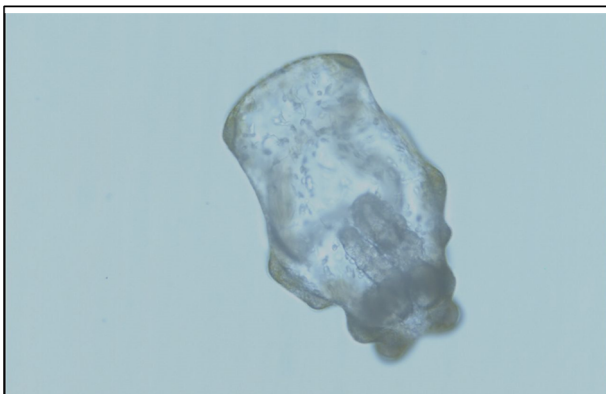


図3. オオクリイロナマコの浮遊幼生(オーリクラリア期)

アウトカム

1. 本成果をもとに、オオクリイロナマコが種苗生産の新規対象種となりうることから、将来的に、資源管理のための種苗放流や養殖につながる可能性があります。特に、本種は浮遊幼生の期間が短く、また、浮遊幼生に給餌が不要であることから、種苗飼育にかかる労力が少ないといった利点があります。本研究ではオオクリイロナマコの採卵から着底後の稚ナマコまで

飼育する手法を確立しましたが、実用化に向けて、今後はさらに種苗を放流サイズまで効率的に飼育する手法や、それに続く養殖、あるいは放流による増殖手法についても検討していく必要があります。また、必要に応じて、国内漁業者や海外にも情報や技術の提供を行っていく予定です。

2. 本研究で用いたリラキシンについては、今後、熱帯性ナマコ類の産卵誘発剤として活用されていく可能性があります。しかし、リラキシンのナマコ類における作用機序はまだ十分解明されていないため、こうした点についても今後、研究を進めていく必要があります。

本成果に関する論文

タイトル: Artificial rearing of *Actinopyga lecanora* (Holothuroidea: Holothuriida) with spawning induction using relaxin: Lecithotrophic short larval period

著者: 谷田巖・三田哲也・岩崎隆志(水産研究・教育機構 水産技術研究所)・大野薫(自然科学研究機構 基礎生物学研究所)・吉国通庸(九州大学大学院 生物資源環境科学府附属水産実験所)

掲載誌: *Aquaculture*, 567 巻, 739226

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.739226>



図4. オオクリイロナマコの人工種苗(稚ナマコ)

支援を受けた研究助成

日本学術振興会 科学研究費助成事業 基盤研究(C)
「熱帯性ナマコの産卵行動におけるアリー効果を考慮した資源管理手法の開発」(22K05816、研究代表者: 谷田巖)

細胞形態に基づく赤潮動態予察法を確立

水産技術研究所 環境・応用部門環境保全部 有害・有毒藻類グループ

研究の背景・目的

1. 近年、魚貝類養殖の大量へい死を引き起こす赤潮の発生海域・時期の拡大が生じています。
2. 現在のところ、赤潮被害軽減対策として生簀避難や餌止めなどの事前策が最も実用的であり、それらの効果を最大限に発揮させるためには、低コストで簡便な赤潮動態予察手法が必要です。
3. 本研究では、有害赤潮の原因プランクトンである *Chattonella* (シャットネラ) の細胞形態と増殖の動態の関係を室内実験と野外調査で調べました。

研究成果

1. 室内実験を行い、シャットネラは増殖力が低下すると特徴的な形態に変化することを発見しました (図1)。植物プランクトンの増殖には窒素やリンといった栄養塩や光が必要です。窒素欠乏条件でシャットネラを培養すると増殖速度が低下するとともに、光学顕微鏡下で核がはっきり見える細胞 (核クリア細胞) や細胞後端に針状突起を有する細胞 (テイルド細胞) の優占率が上昇すること、リン欠乏条件で培養すると、細胞の丸み (細胞長/細胞幅) が増すことが分かりました。また、増殖速度が低下する弱光下で培養すると、テイルド細胞が高頻度に出現することが見出されました。

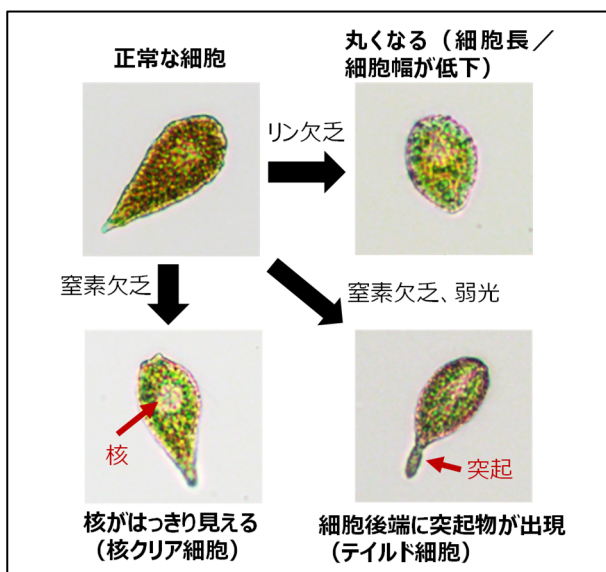


図1. 栄養塩欠乏や弱光下における細胞形態の特徴

2. 野外調査により、シャットネラの赤潮の動態と細胞形態の関係性が確認されました。令和元年夏の八代海において、シャットネラの赤潮発達～衰退期に細胞密度と細胞形態の変化を調査しました。その結果、シャットネラの赤潮発達期においては、細胞長/細胞幅は大きく、核クリア細胞はほとんど認められませんでした。赤潮衰退前後になると、細胞長/細胞幅が低下して丸みを帯びた細胞が増加し、核クリア細胞の優占率が上昇しました (図2)。また、令和2年にも同様の調査を実施したところ、赤潮の衰退前後においてテイルド細胞の優占率が上がることを確認されました。

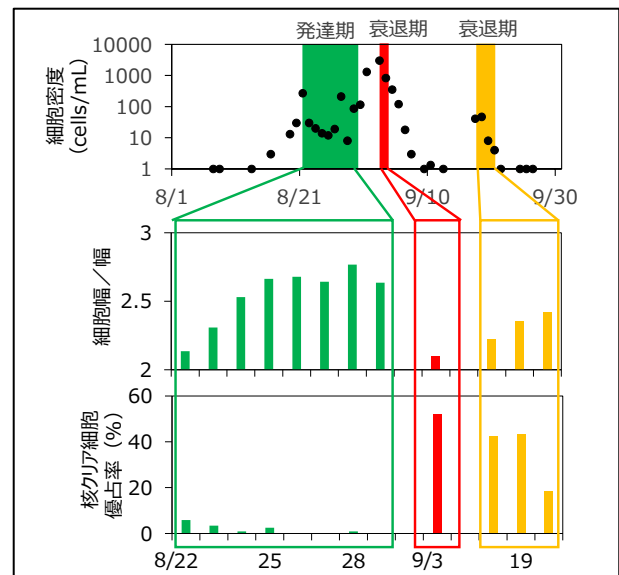


図2. 八代海におけるシャットネラの細胞密度及び細胞形態の変化 (令和元年)

以上の成果より、核クリア細胞やテイルド細胞の優占率や細胞長/細胞幅が数日～1週間先の赤潮の動態を推察する指標となり得ることが示されました。

アウトカム

1. 本手法が普及すれば、赤潮発生現場で定期的実施されている赤潮プランクトンの検鏡時に、細胞形態を確認することで、赤潮の発達や衰退を簡便にかつ迅速に予察可能となります。
2. 今後、都道府県の赤潮担当者向けの研修会や養殖現場での勉強会の開催や技術動画の制作・公表を行って、本技術の普及を推進する予定です。

アカイカ漁場探索を効率化する手法を開発

開発調査センター 漁業第一グループ

研究の背景・目的

1. アカイカ *Ommastrephes bartramii* (図1) は亜熱帯海域の産卵場から、亜寒帯境界～移行域の索餌場を1年間で回遊する。我が国のいか釣漁船は索餌場(約38～45°Nの範囲)へ北上回遊しているアカイカを主に5～7月にかけて漁獲している。
2. 現在、アカイカ操業における漁場探索は水温情報と他船からのQRY(船間無線連絡)情報によって操業する漁場を判断しており、その魚群の発見効率は操業している漁船の数に大きく依存している。一方、スルメイカの不漁等により、いか釣漁業経営体の廃業が進み、いか釣漁船が年々減少していることから、漁場探索能力が低下している。
3. これらの背景から、北太平洋の広範囲の漁場において、いか釣漁船からの情報に加えて、新たな漁場探索技術が求められている。本研究は、水温分布など漁船が入手可能な海洋環境指標で漁場を推定し、効率的に操業することを目的とした。



図1 アカイカ

研究成果

1. 過去の研究にて、アカイカ漁場は亜寒帯前線付近に形成されることが示されている(Kato et al.2023)。さらなる予備的な解析として漁場位置を海洋モデルと合わせた結果、北上回遊するアカイカ漁場の水深50～300 m付近に特定的水温による等温水深線が南北に急勾配となる前線(壁構造)の存在が示唆された。次に、実際の海洋観測でこの存在を確認し、この壁構造に沿って南北に操業をしたところ、壁構造(図2に

おける青線)付近が漁場となり、その南方では漁獲が得られなかった。これはアカイカが北上回遊する際に、アカイカが適応できない特定的水温の壁に阻まれて留まることで、漁場が形成されていると推定された。

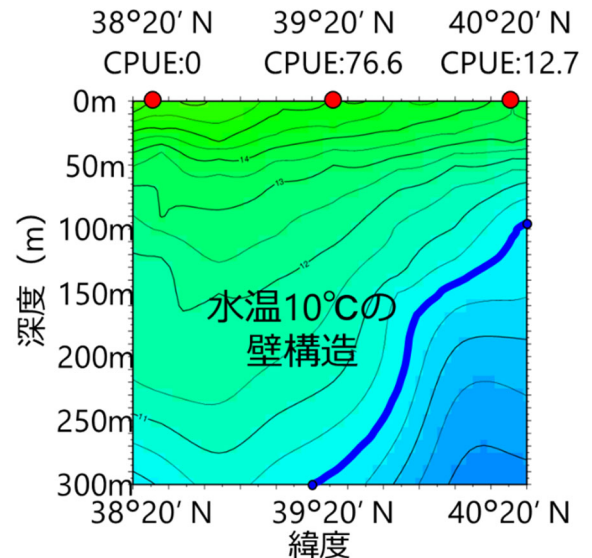


図2. 海洋モデルによる水温10°Cの壁構造と調査船(中型いか釣漁船)の漁獲量の比較
CPUEは1時間あたりのアカイカ漁獲尾数

2. 他方、この壁構造の指標となる水温には季節性があることも示唆された。そこで、操業時期に対応した水温の壁構造を明らかにするため、中型いか釣漁船のQRY情報によるアカイカ漁獲量と各水温の壁構造を月別に比較した。その結果、アカイカの漁期において、5月は10°C、6月は8°C、7月は6°Cの壁構造付近に漁場が形成されることを確認した(図3)。

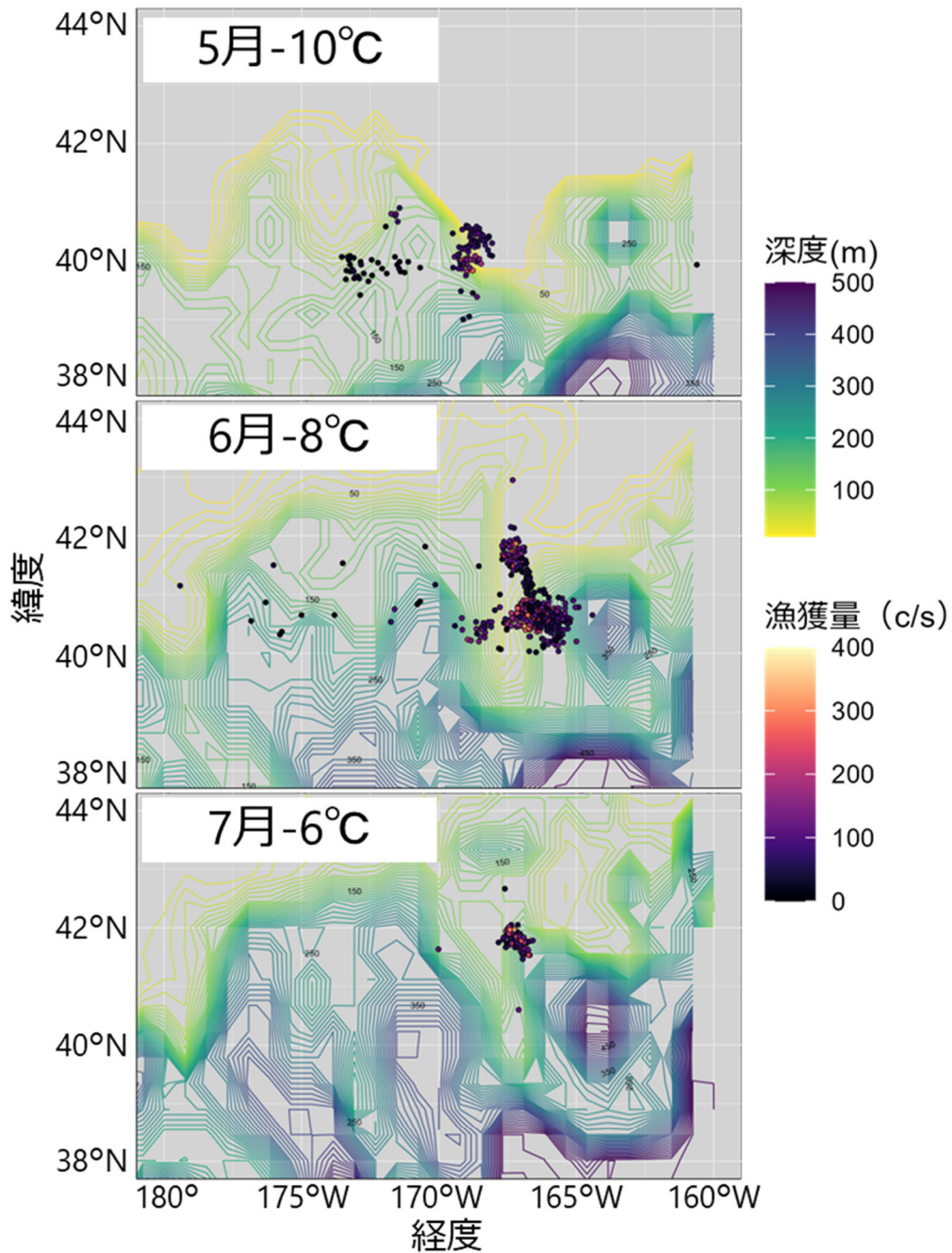


図3. 海洋モデルによる月別の壁構造に中型いか釣漁船の漁獲量 (c/s) をプロットした
c/s : 船上処理済のアカイカを詰めた箱数 (1 c/s=10.5kg/箱)

アウトカム

今回明らかとなった水温の壁構造の情報は一般社団法人 漁業情報サービスセンター (JAFIC) が提供する漁業向け海象・気象サービス「エビスくん」によって、中型いか釣漁船に配信され、実用化されている。

参考文献

Kato.Y Shitamitsu.T, Okazaki.M, Hideyuki.Y,(2023). Summer Habitat and Fishing Ground of *Ommastrephes bartramii* Related with the North Pacific Subarctic Frontal Zone Using Long-term Field Research Data. Japan Agricultural Research Quarterly.57(2),145-152.

スジアラ養殖・企業化に向けたコスト削減に成功

開発調査センター 養殖システムグループ

研究の背景・目的

1. スジアラ *Plectropomus leopardus* は熱帯・亜熱帯海域に生息するハタ科魚類です(図1)。中華圏では高級食材として取扱われ、日本の沖縄地方ではシロクラベラやハマダイに並ぶ三大高級魚の一つに挙げられています。
2. 水産研究・教育機構(以下、水産機構)では平成21年に種苗量産技術を開発し、平成28年度には人工親魚から次世代を生産する完全養殖に成功しました。これを受け、石垣市、沖縄県、地元漁協、水産機構等からなる石垣市スジアラ養殖産業振興協議会が立ち上げられ、石垣島でスジアラ養殖を企業化するための協議が始まりました。
3. しかし、この時点では生産コストが高く(国内の天然魚価格2~3千円/kgに対し、生産コストは5~6千円/kg)、企業化のネックであったため、飼育方法の改善等により生産コストを削減するための養殖試験を60kL水槽と100kL水槽を使用して開始しました。



図1. スジアラ

研究成果

1. 令和3年に種苗生産し養殖試験を開始した群は、3千尾を60kL水槽1基に収容し、成長に伴って100kL水槽に移槽しながら2年間の飼育を行いました(図2)。スジアラでは種苗生産期の鰓の形成不全に起因する形態異常(前彎症)が多いことから、この群は養殖試験開始前に麻酔して形態異常魚を徹底して選別したため、その後の成長に伴って顕在化する形態異常魚の除去数が減少し、歳時の歩留まりはこれまでの23%から70%に向上しました。さらに、適正な溶存酸素量の確保や換水方法の見直しなど飼育管理方法を改善し、飼育密度を9kg/kLから40kg/kLへと高めることに成功しました(図3)。
2. これらの改善により、出荷サイズでの生産コストは2.4千円/kgとなり、従来の5~6千円/kgの半分以上に削減できました。

下に削減できました。

3. さらに、令和4年に養殖試験を開始した群では、前彎症を防除する飼育方法が開発されたため、養殖試験前の形態異常魚の除去率が激減(48%→3%)しており、最終的な生産コストは2千円/kg程度まで低減できると見込まれています。



図2. 養殖試験の水槽で遊泳しているスジアラ

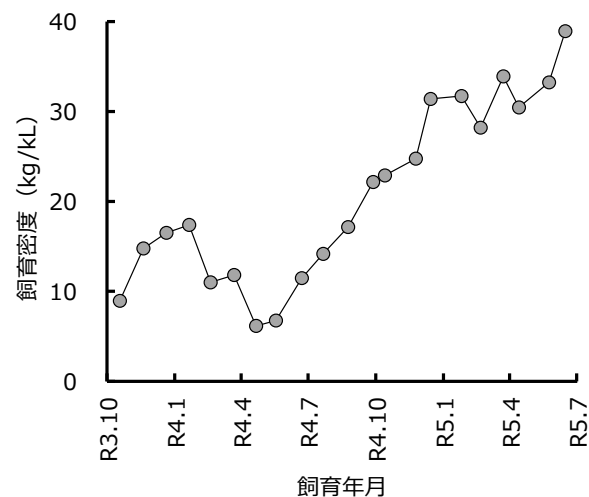


図3. 飼育密度の推移

アウトカム

1. 事業開始当初は5~6千円/kgだった生産コストが、現状では2千円/kg程度まで下がる見込みです。
2. 新型コロナウイルス感染症拡大の影響によって冷え込んだ国内市場やインバウンド需要も回復しつつあり、販売が当該影響下前の水準に戻れば、もうかる養殖対象種として企業化が可能な技術レベルに到達したと考えられます。

水産研究・教育機構発のベンチャー企業設立

水産大学校 海洋生産管理学科

研究の背景・目的

1. 自然変動による影響が大きい水産資源と長く付き合うには、漁業者自らが資源や漁獲に関するデータをデジタル化し、活用する環境づくりが必要です。

そこで、漁業者にとって秘匿性の高い操業位置情報と漁獲情報に着目し、漁業者と連携しながら漁獲情報等をデジタル化して効率良く収集するアプリを開発しました。

2. 研究開発によって得られた技術を社会実装し、水産業に貢献することが求められています。また、水産大学校の特色である教育と研究の両輪は、水産現場での問題解決能力を有する人材育成にも貢献できます。

研究者が持続可能な研究環境を維持するためには、安定した予算獲得が不可欠です。社会実装によって得られる資金を研究に還元する仕組みも必要でした。

3 本技術を社会実装し水産業に貢献をするために「国立研究開発法人水産研究・教育機構における成果活用事業者の認定及び援助に関する規程（令和4年11月22日制定）」に基づき、ベンチャー企業を設立しました。

たは、漁業者にとって大きな財産になります。

3. 開発した技術を社会実装し、法人が運用することで、安定した収益が生まれ、問合せやトラブルに対して、迅速な対応が可能になりました。



図1. 「Digital Fisheries Lab.合同会社」設立

記者会見時(令和5年8月22日)

(写真中央) 代表社員(水産大学校准教授) 松本浩文

研究成果

1. 水産研究・教育機構発の第一号ベンチャー企業「Digital Fisheries Lab.合同会社」を設立(令和5年6月22日)しました。研究成果を社会につなげ、水産研究・教育機構で開発されたアプリシステムの運用とデータ管理を中心に、情報通信技術(ICT)を積極的に活用した事業の展開を目指し、研究を進めています(図1)。

水産現場において、漁業者が漁獲情報等をデジタル化して効率良く収集するアプリ(図2)を活用することで、効率的な操業が可能になります。

2. 生産現場(沖合)の漁獲に関する情報や水揚げ予定日などは、会社や卸売市場とリアルタイムで共有されます(図3)。卸売市場では魚の種類ごとのニーズを5段階で評価し、生産現場にフィードバック(マーケット・イン)することで、効率的な漁船漁業の操業が可能となり、漁獲物の付加価値向上に寄与します。

操業の効率化だけでなく、漁獲情報等に関するデジタルデータが蓄積されます。蓄積されたデジタルデー



図2. アプリ画面の表示例



図3. 漁業情報等の入力と情報共有

アウトカム

1. ICT の活用により、生産現場と卸売市場が双方向でつながり、経済価値の高い魚の販路・消費拡大による地域産業の発展が期待され、水産業の成長産業化に貢献できます。

下関漁港では、1 航海当たりの水揚げ単価が 1.6 倍増加しました（令和4年度／令和元年度比）。

2. アプリは令和6年8月現在、20 隻の漁船に導入されています。

このサービスは山口県その他、愛媛県、島根県にも横展開され、水産現場での法人サービスとして提供中です。

3. 水産研究・教育機構が代表として地方公共団体の山口県、下関市及び団体、民間企業とともに、「しものせきデジタル水産業推進コンソーシアム」を結成し、令和5年度より地域と連携しながら水産業のデジタル化と下関漁港の発展を目指す取組を始めています。

船用ディーゼルエンジンにおける ブラックカーボンゼロシステムの開発

水産大学校 海洋機械工学科 内燃機関研究室

研究の背景・目的

1. 国際海事機関 (IMO) において“窒素酸化物 (NO_x) 3次規制”、“硫黄酸化物 (SO_x) 規制”に加え、“北極海航路のブラックカーボン (BC) 規制”が検討されています。また、2023年7月に開催された第80回海洋環境保護委員会 (MEPC 80) において「2023 IMO 船舶起源の温室効果ガス (GHG) 削減戦略」が採択され、船舶起源のGHGの低減目標が示されました。
2. 本研究は、水産研究・教育機構が保有する特許“水混合燃料生成装置”を実船に装備することにより、国際海運に求められているNO_x、BC、GHGの低減に貢献することを目的としています。

研究成果

1. 新たに開発したBCゼロシステムの概要

図1に、BCゼロシステムの概要を示します。本システムは、水混合燃料生成装置を用いて燃料に水(1)と触媒(2)を添加することによりBCを低減し、さらに残りのBCをディーゼル微粒子捕集フィルタ (DPF) (3)により捕集することで、BC排出量を自動車と同程度にすることができます。しかし、DPFに堆積したBCや灰分によりエンジン性能が悪化するため、これらを取り除く必要があります。このため、バーナー(4)を用いてDPFに堆積したBCを燃焼除去します。DPFに残留した灰分等は、クリーニングシステム(5)の圧縮空気を用いてDPFを逆洗することで、DPFの再生が可能となり、継続してシステムの運用ができます。

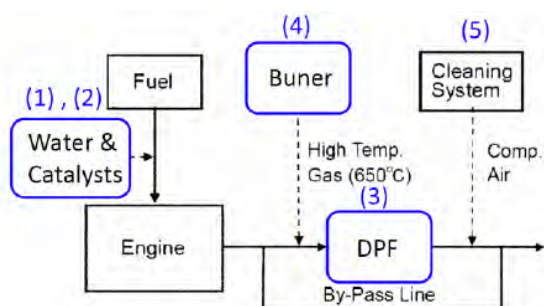


図1. BCゼロシステムの概要

2. 水混合燃料によるBCの低減効果

水産大学校の実験室に設置された小型高速ディーゼルエンジン、水混合燃料生成装置、DPFを用いて

行った実験結果について説明します。

図2(a)に、水混合燃料(燃料に対する水の混合割合 W/FO ratio)によるBC(すす(Soot))の低減効果を示し、図2(b)に、排ガス中のBCを捕集したフィルタ表面の写真を示します。水混合割合の増加に伴いBCが低減し、約11%の水を混合した場合、BCが半減します。また、フィルタ表面が黒色から灰色に変化していることから、BCが低減していることがわかります。

これは、燃料の噴射量を一定とした場合、水の混合割合に比例して流体の総噴射量が増加するため噴霧への導入空気量が増加します。これにより、噴射された燃料に対する空気量が増加して燃焼が改善されBCの生成が抑制されたためと考えられます。

これに加え、水混合燃料生成装置を用いて燃料に水を混合することにより、燃費を悪化させることなく、NO_xを低減することが可能です。

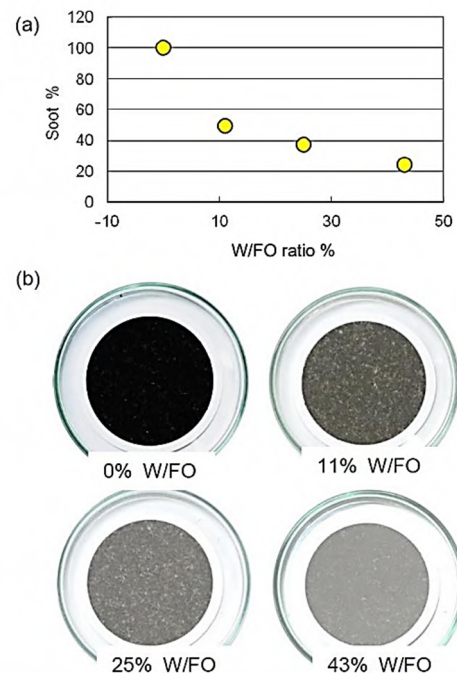


図2. 水混合燃料によるBC(Soot)の低減効果

3. 触媒によるBCの低減効果

図3に、軽油 (Gas Oil) と、Gas Oilに触媒 (酸化セリウム:CeO₂)を添加して行った実験結果の比較を示します。CeO₂は、酸化触媒としての機能により、排ガスに含まれる一酸化窒素(NO)を酸化させて、

より酸化力が大きい二酸化窒素 (NO_2) を生成します。この NO_2 が燃焼室、排ガス系統、及びDPFにおいてBCの酸化を促進することにより、BCの生成量を低減するとともに、DPFに堆積したBCを酸化除去します。エンジンから排出される粒子状物質は、主にBCと可溶性有機成分(SOF)で構成されています。CeO₂を添加することにより、BCが約20%低減できることが分かります。

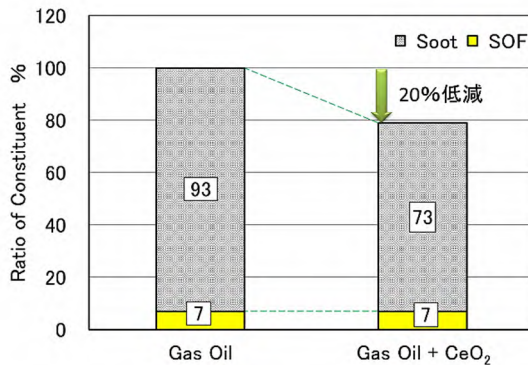


図3. 触媒によるBC(Soot)の低減効果

4. 水混合燃料と触媒によるBC低減の相乗効果

図4に、Gas Oilと、Gas Oilに水とCeO₂を添加したときのBCの低減効果を示します。図2と図3に示した水混合燃料によるBCの低減と、CeO₂の添加によるBCの低減の相乗効果により、BCを約70%低減できます。

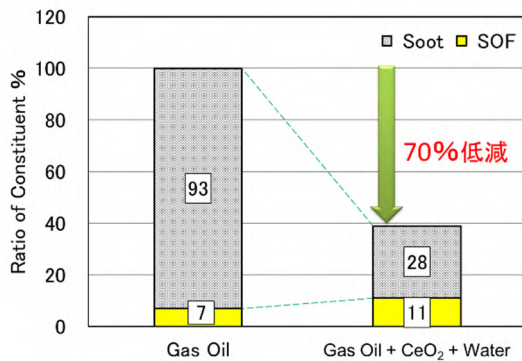


図4. 水混合燃料と触媒によるBC(Soot)の低減の相乗効果

5. 燃焼式再生器付DPFによるBC低減とDPFの再生

図5に、企業との共同研究により開発した燃焼式再生器付DPFの写真を示し、図6に、燃焼式再生器付DPFを用いた場合のBC低減効果を示します。燃焼式再生器付DPFによりほとんどのBCが除去されるため、フィルタ表面の色は黒色から白色(フィルタの素地の色)に変化しています。

図7に、燃焼式再生器付DPFを再生した後のフィルタエレメント表面の写真を示します。フィルタエレメント表面に堆積したBCは燃焼によって除去されており、DPFが再生されていることが分かります。



図5. 燃焼式再生器付DPFの写真

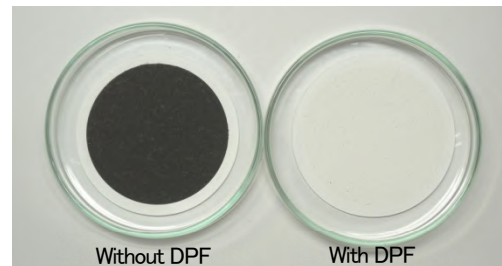


図6. 燃焼式再生器付DPFのBC低減効果

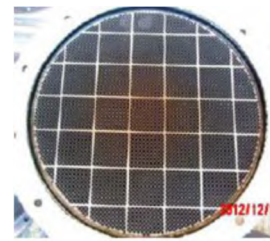


図7. 再生後のフィルタエレメント表面の写真

アウトカム

1. “水混合燃料生成装置”は、本校の練習船に搭載され、BCの低減効果を国内外において発表しています。
2. 水産大学の「内燃機関」、「機関システム学」等の講義へ反映しています。

本成果に関する論文

1. Minoru Tsuda, et al., Development of Black Carbon Zero System for Marine Diesel Engines. 30th CIMAC, Paper No.124, 1-9(2023)

今後、期待される成果

1. 船舶から排出されるBCが北極圏の氷雪を融解させる環境影響が懸念され、国際的な排出規制について検討されている中、新たに開発したBCゼロシステムを用いることにより、BC排出を大幅に削減できます。

2. アンモニアが水に溶解しやすいという性質を利用して、BCゼロシステムに組み込まれている“水混合燃料生成装置”の水をアンモニア水に置き換えることにより、ゼロエミッション燃料であるアンモニアを既存のエンジンで燃焼させることが可能です。