



しおり  
研究の葉

2023

令和5年10月

国立研究開発法人 水産研究・教育機構

水産技術研究所 環境・応用部門

水産工学部



## 「研究の栞（しおり）2023」の刊行に寄せて

国立研究開発法人水産研究・教育機構は、令和3（2021）年度から5年間の第5期中長期計画に基づいて、水産物の安定的な供給と水産業の健全な発展に貢献するための研究・開発に努めています。当機構の水産工学部は、持続可能な水産物生産システムを構築するために、漁船や漁具など漁業生産技術の高度化、漁港の防災・減災対策や長寿命化対策、そして漁場環境の整備に関する研究開発を行うとともに、それら新技術の水産業への早期還元を目的として活動しております。

「研究の栞」では、水産工学部がどのような研究を行っているのかを読者の方に御理解いただけるように、最新の研究トピックスについて「研究の背景・目的」、「研究成果」、「波及効果」に整理してエッセンスを紹介しております。平成18（2006）年から毎年発行しており、バックナンバーは水産研究・教育機構のウェブサイト\* で閲覧・ダウンロードいただけるようになっています。

今号では、浮魚類の音響資源調査に関する技術開発、漁船の自動運航に関する技術開発、水産業のシステム構造を把握するための研究、魚礁周辺環境把握に関する技術開発、漁港・漁場の施設設計参考図書の改訂等の研究成果を収録しております。なるべく平易な言葉を用いるように努めたつもりですが、一般的な用語で表現することが難しい内容については専門用語を用いています。その点については御理解いただき、御容赦下さいますようお願い申し上げます。本冊子が、水産業や水産研究の発展、水産工学研究への御理解に少しでもお役に立つことができれば幸甚に存じます。引き続きご指導、ご鞭撻のほどよろしくお願い申し上げます。

令和5年10月1日

国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所  
環境・応用部門 水産工学部長 本田耕一

\* " [https://www.fra.go.jp/home/kenkyushokai/book/kankobutsu\\_archive.html](https://www.fra.go.jp/home/kenkyushokai/book/kankobutsu_archive.html) "（2023.10.1 現在）

「研究の葉（しおり）2023」  
令和5年度 水産技術研究所 環境・応用部門 水産工学部  
主要研究成果情報リーフレット

目 次

No	表 題	所属グループ等	著 者
1	水中ドローンとステレオ体長計測技術による魚礁の魚類生物量分布の推定手法の開発	水産基盤グループ	多賀悠子・大井邦昭・井上誠章・佐藤允昭・古市尚基・澤田浩一
2	PIV（粒子画像流速測定法）を用いた人工魚礁周辺の流速分布計測	水産基盤グループ	大井邦昭・古市尚基・多賀悠子・井上誠章・佐藤允昭
3	漁港の斜路式船揚場の消波特性	水産基盤グループ	大村智宏・古市尚基
4	漁港・漁場の施設の設計参考図書の改訂	水産基盤グループ	古市尚基・川俣茂・大村智宏・佐伯公康・大井邦昭
5	ベクツイン舵を搭載した船舶の自動離着岸	漁業生産工学グループ	松田秋彦
6	システム思考による青森県小型いか釣り漁業の経営改善指標作成に向けた取組	漁業生産工学グループ	安田健二・山本晋玄
7	同じ海域で行われる漁業と養殖業における共通指標の探索	漁業生産工学グループ	山本晋玄・安田健二・高橋竜三・三好潤
8	システム思考による島根県沖合底びき網漁業の持続的発展のための取り組み	漁業生産工学グループ	三好潤・高橋秀行・高橋竜三・安田健二・山本晋玄
9	ソナーと計量魚探機を組み合わせた浮魚類の調査	漁業生産工学グループ	高橋竜三・澤田浩一

# 水中ドローンとステレオ体長計測技術による 魚礁の魚類生物量分布の推定手法の開発

水産基盤グループ

## 研究の背景・目的

本邦では効率的な漁獲のため、人工魚礁による漁場造成が積極的に進められています。しかし、潜水観察は労力が大きいこと、魚群探知機は種判別が困難なことなど、従来の魚礁効果の評価手法には技術的課題があり、少労力な定量評価手法の開発が求められています。水産基盤グループでは、これまでに水中ドローンを用いた個体密度ベースでの魚礁周辺の魚類分布の推定手法を開発しましたが、新たにステレオカメラによる魚体長計測技術を導入することで、生物重量ベースでの魚類分布の推定手法を開発しました。

## 研究成果

濁度や光量子量を観測しながら水中ドローンで魚礁を撮影し、画像解析することで、魚礁周辺の魚類相の二次元密度分布を高解像度で把握しました。同時に、水中ドローンに接続したステレオカメラで撮影を行い（図1）、画像を解析することで、出現個体毎の尾叉長を取得するシステムを開発しました。これらにより、魚礁への魚類の蜻集状況やその分布特性を、魚種別に生物重量ベースで詳細に把握できるようになりました（図2）。

## 波及効果

高い空間分解能での魚礁効果の定量評価が、少労力で可能となりました。本手法は濁度が低く照度の高い海域であれば資源評価手法として適用可能なので、汎用性は高いと予想されます。比較的安価な水中ドローンとアクションカメラを採用しており、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ます。



図1 水中ドローン（FIFISH V6PLUS）とGoProを用いたステレオカメラシステム

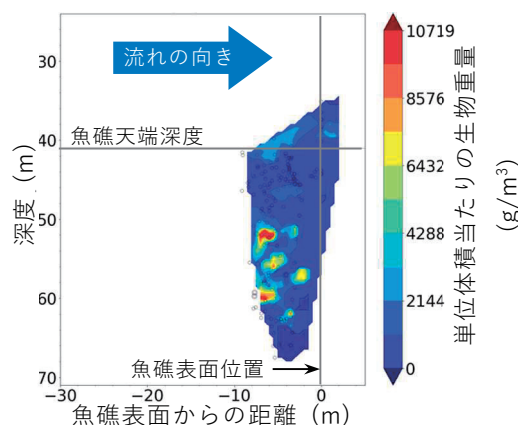


図2 魚礁潮上側のイサキの二次元生物量分布

（本研究は科学研究費補助金基盤C(22K05814)の一環として実施しました。）

（多賀悠子・大井邦昭・井上誠章・佐藤允昭・古市尚基・澤田浩一\*）

\* 漁業生産工学グループ

# PIV（粒子画像流速測定法）を用いた 人工魚礁周辺の流速分布計測

水産基盤グループ

## 研究の背景・目的

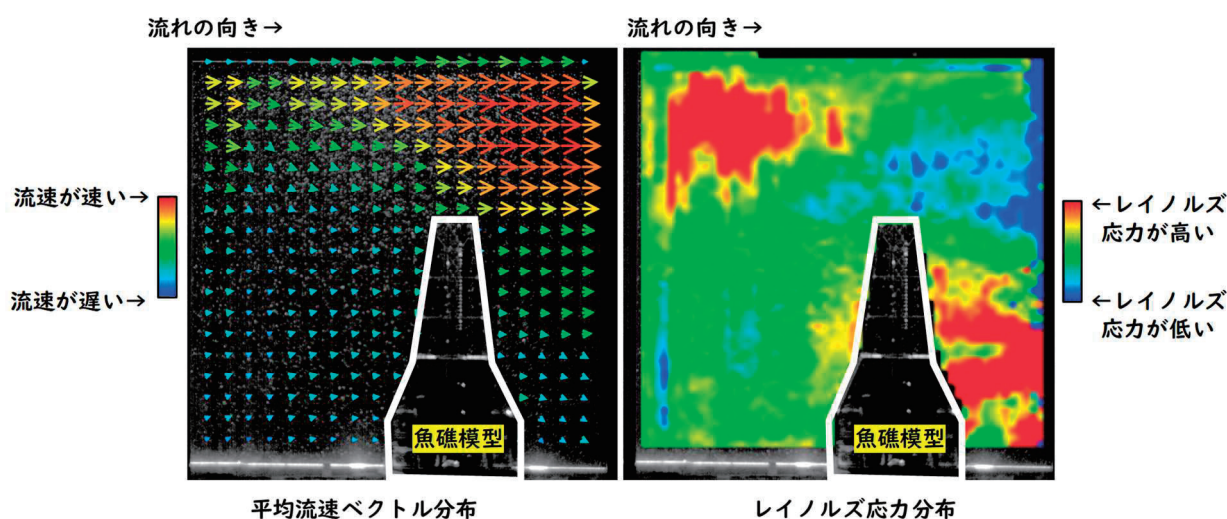
人工魚礁の周辺では魚類が蟄集して漁場を形成していますが、そのメカニズム（なぜ魚が集まるのか）に関する知見は十分ではありません。魚類分布の偏りは周辺の流れ場の影響を受けて形成されると考えられることから水理模型実験により人工魚礁模型周辺の詳細な流速分布特性を測定しました。

## 研究成果

流速分布の測定にはPIV（粒子画像流速測定法）を使用しました。PIVは撮影した粒子画像から流速を求める手法で、魚礁模型周辺の流速の空間分布や時間変化のデータを得て、流れ場の状況を詳しく調べるような研究が可能になります（下図左）。既往文献や当グループによる現地観測結果では、魚類は人工魚礁の潮上側と近傍に多く蟄集することがわかっていますが、その領域は実験結果からレイノルズ応力\*が高い可能性があることがわかりました（下図右）。（\*流れの乱れの程度を表す指標のひとつで、渦などによって左右方向と上下方向の流れに関係がある場合に高くなる）

## 波及効果

人工魚礁による漁場形成機構を解明することで、現在よりも効果的な人工魚礁形状の開発や、魚類蟄集量の定量的な予測に繋がることが期待されることから、漁場造成事業の推進に寄与するものと考えられます。



（本研究は科学研究費補助金基盤C(22K05814)の一環として実施しました。）

（大井邦昭・古市尚基・多賀悠子・井上誠章・佐藤允昭）

# 漁港の斜路式船揚場の消波特性

水産基盤グループ

## 研究の背景・目的

漁港は、漁船が出漁する際に漁具や燃料、氷などを積み込んだり、漁獲物を陸揚げしたりする際に欠かせない水産インフラです。台風などによって高波が起きた際には、大型の貨物船やタンカーといった商船と比べて船体が小さい漁船を、漁港内で安全に係留・保管する防災の役割も果たしています。このため、漁港内の波をできるだけ穏やかにする港の形状や工夫が求められます。特に漁港内では、防波堤や岸壁で反射する波をいかに抑えるかが重要です。ここでは漁船を陸上保管したり修理したりする際に用いられる斜路式船揚場(写真1)を対象に、反射波を抑える消波特性について検討しました。

## 研究成果

斜路式船揚場(斜路部は標準的な  $S=1:6\sim 1:10$  の一様勾配、不透過構造)を想定して、不規則な波が作用した時に斜路部で波が砕けたり、波のはい上がりや引いたりするなどの水理現象を再現できる手法を使って数値計算を実施しました。斜路式船揚場に入射する波と反射する波の持つ各エネルギーの比である反射率(全く反射がない場合は 0.0、完全反射の場合は 1.0)は、防波堤や岸壁などの直立壁の反射率が 0.7~1.0 とされているのに対して、概ね低い傾向を示しています(図1)。斜路式船揚場は、漁港内の波を抑える消波効果を十分に有していることが確認できました。また、計算結果に基づいて適切なパラメータを検討し、斜路式船揚場の反射率の算定式を作りました。

## 波及効果

高波が起きた場合の漁港内の波高分布は、実務では静穏度解析と呼ばれる数値計算による評価が標準となっています。本研究で得られた成果は、漁港の静穏度解析を実施する際の適切な反射率の設定に寄与することが期待されます。



写真1 漁港の斜路式船揚場

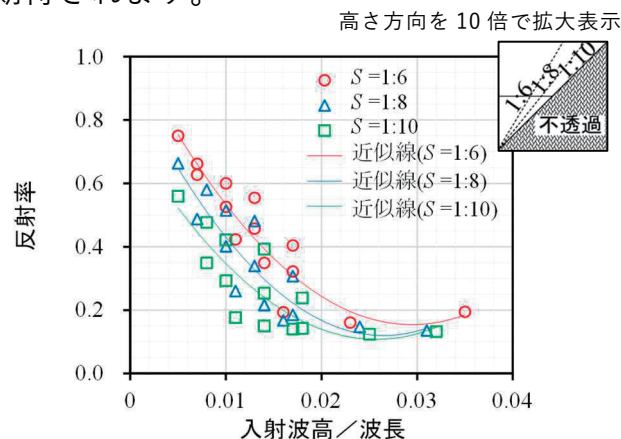


図1 斜路式船揚場の反射率

(本研究は共同研究「沿岸域における総合管理に向けた数値計算手法に関する開発・高度化」として実施しました)

(大村智宏・古市尚基)

# 漁港・漁場の施設の設計参考図書の改訂

水産基盤グループ

## 研究の背景・目的

安全・安心で持続可能な水産業の発展とそれによる水産物の安定供給の実現に向けて、水産業の拠点である漁港や、漁場の造成を進めるための施設の整備が行われています。漁港や漁場の整備のための設計作業を円滑に進めるため、県や市町村等の管理者や関連する技術者が参考とするための技術書、「漁港・漁場の施設の設計参考図書」（以下、設計参考図書と呼びます）が水産庁によって公表されており、漁港や漁場の様々な施設についての設計の考え方や解説が示されています。本年度、これまでの設計に関わる技術的知見の進展を反映させて、この設計参考図書が改訂されました。水産基盤グループでは改訂に関わる調査を進めてきており、ここではその内容を紹介します。

## 研究成果

水産基盤グループが設計参考図書の改訂において取り組んだ課題を図1に示します。主に藻場礁や魚礁が波や流れに対して安定に設置される質量を求める算定式、来襲した津波の流れが防潮堤（胸壁）に及ぼす力の算定式、津波の流れに対する防潮堤の保護（被覆）ブロックが安定に設置される質量を求める算定式、係船岸が備えるべき耐震性能の評価方法について調査を進め、設計参考図書の改訂のための工学的知見を提示しました。

## 波及効果

新たな知見を反映した設計方法を用いることで、施設の安全性向上とともに、施設によっては工事を行う上での経済性の向上が見込まれ、水産業の持続可能な発展に貢献していくことが期待されます。

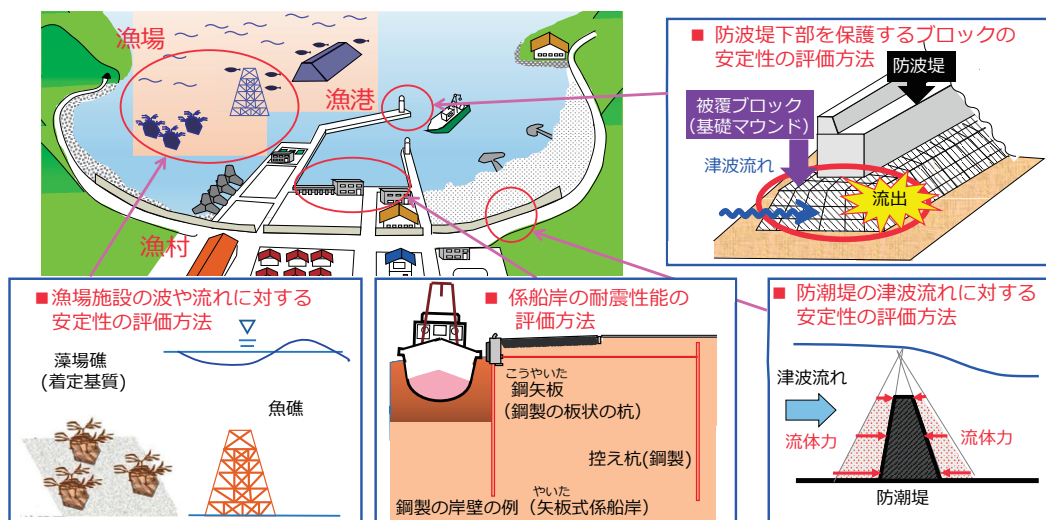


図1 水産基盤グループが設計参考図書の改訂に関わった主な分野

(本研究は水産基盤整備調査委託事業及び一般運営費交付金によって実施しました。)

(古市尚基・川俣茂・大村智宏・佐伯公康\*・大井邦昭)

\*現 管理部門廿日市拠点



# ベクツイン舵を搭載した船舶の自動離着岸

漁業生産工学グループ

## 研究の背景・目的

少子高齢化による船員不足は深刻で、船舶の運航をさまざまな方法で自動化し省人省力化を進める検討が行われています。一般商船における船員の仕事が港湾での荷物の積み下ろしと運航であるのに対し、漁船では漁労作業も加わるため、漁船員の担い手不足の影響はより深刻です。運航の自動化を進め省人省力化に寄与することは、漁船を始めとする多くの船舶の担い手不足対策になります。そこで、離着岸の自動化を目的として、ベクツイン舵という特殊舵を採用した模型船を用いた実証試験を行いました。

## 研究成果

操縦性能が悪い船の一種であるばら積み船の模型船を用いて自動離着岸の実験を行いました。実験は水産研究・教育機構神栖庁舎の波浪平面水槽実験棟において、水深が非常に浅い状態（船の喫水の1.2倍）で行いました。水深が浅くなると、船が水底に引き寄せられて動きにくくなる浅水影響という現象が起こり、操縦性能が悪化します。バウスラスト（船首側に装備されている、船を横方向に動かすための動力装置）とベクツイン舵を併用することで、水深が浅い状態でも模擬岸壁に自動離着岸ができることを実証しました。

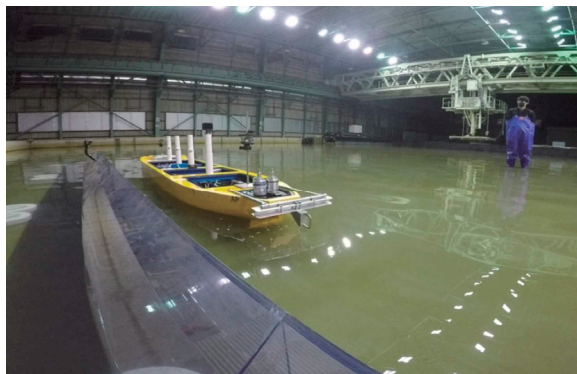


図1 実験の様子



図2:ベクツイン舵

(左:前進状態、右:舵を閉じて後進する状態)

## 波及効果

バウスラストとベクツイン舵を採用した船舶は操船の自由度が非常に高く、手動操船においてもジョイスティックなどで自在に船位をコントロールできます。養殖作業船を生簀の間で小回り良く移動させるなど、漁業現場で大いに役立つことが期待されます。

(本研究は受託研究「ベクツイン舵を用いた船舶の自動運航にかかる調査研究」の一環として実施しました。)

(松田秋彦)

# システム思考による青森県小型いか釣り 漁業の経営改善指標作成に向けた取組

漁業生産工学グループ

## 研究の背景・目的

全国的にスルメイカの漁獲量の減少が続いており、1996年に40万トン以上あった漁獲量が、2021年には2.5万トンにまで激減しています（令和4年度スルメイカ資源評価会議資料による）。そこで、青森県の小型いか釣り漁業を対象として、システム思考の手法を用いた現状理解・分析を通じて、経営改善指標を作成する事業を開始しました。

## 研究成果

青森県内の小型いか釣り漁業には、夜操業・昼操業・旅船操業の3つの操業方式があります。操業方式によって最適な経営改善の指標も変わるため、それぞれの方式で操業している県内3ヶ所の漁業協同組合に協力いただき、漁業者や漁業関係者、行政担当者らと共にシステム思考のツールである因果ループ図を作成しました（図1、2）。その結果、情報共有強化による漁場探索時間や出漁頻度などのコスト削減の取組、殺菌水や卸場所の選定による価格向上の取組、放流や遊魚操業などの漁業以外の収入の取組などの経営改善策のループ構造が確認されました。今後は、因果ループ図をもとに定量的なモデルを構築して、経営改善方策を評価し、指標作成に向けた検討を進めます。

## 波及効果

本研究で扱った3つの操業方式は全国的に行われているため、経営改善指標は青森県内だけでなく全国で活用できる可能性があります。

（本研究は青森県委託事業「青森県小型いか釣り漁業の経営改善指標作成等業務」の一環として実施しました。）



図1 漁業関係者と議論して因果ループ図を作成している様子

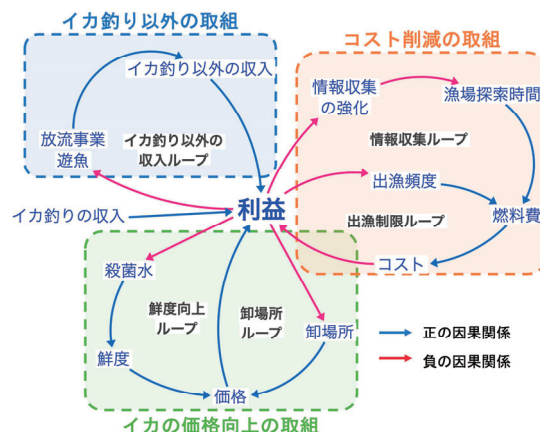


図2 漁業関係者との議論にもとづいて作成した因果ループ図の概略図

（安田健二・山本晋玄）

# 同じ海域で行われる養殖業と漁業における 共通指標の探索

漁業生産工学グループ

## 研究の背景・目的

持続可能な地域水産業の実現に向けて、水産業システムの構造把握のための研究を推進しています。本研究では、同じ海域で行われる利害関係のある産業を協調させるために、産業間で共通の指標を探索、活用することによる課題の解決に取り組んでいます。

## 研究成果

同じ海域で行われている養殖業と漁業に注目し、システム・ダイナミクス手法により、両者の関係性をモデル化しました（図1）。システム・ダイナミクスは、分析対象を一つのシステム構造と捉えて、システム全体の関係性を把握し、その振る舞いを分析する手法です。関係する要素の情報を現地関係者の聴取から、モデルの初期値の情報を統計資料から収集しました。得られた情報から、養殖業と漁業をつなぐ要素として「栄養塩」が浮かび上がりました。例えば、栄養塩が増えると海域の環境が悪化するため、養殖生産量が減少し漁獲量が増加する傾向がみられました。あるいは、栄養塩が減ると赤潮の発生頻度が減り、養殖生産量は安定しますが、漁獲量は少なくなる傾向が見られました。そこで、栄養塩を鍵とするモデルを構築しました。栄養塩の生産調整施策として、工場・都市からの排水処理、森林からの流出防止、海底の耕うんをモデルに組み込み、影響を評価しました。その結果、漁業の漁獲量は改善され、養殖業の生産量も施策なしの場合を大幅に下回らない可能性が高くなると考えられました（図2）。本研究の結果にもとづいて、養殖業と漁業がより良いかたちで共存できる管理のあり方について現地関係者に提案し、議論を進めています。今後も、同じ海域で行われる他の産業の情報を収集し、モデルを改良する予定です。

## 波及効果

モデルの構築により、共通の指標を探索し、技術と施策の介入できるところが整理されました。このことにより、シミュレーションと調査結果をあわせた評価による施策の立案、沿岸・流域・島しょなど共用する海や川がある地域を単位とする施策の効果を評価する方法の開発につながることを期待されます。

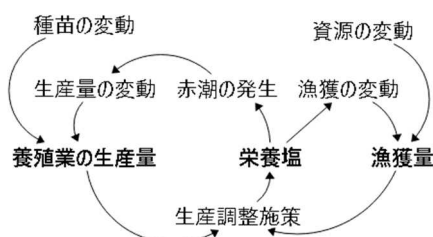


図1 作成したモデルの概要

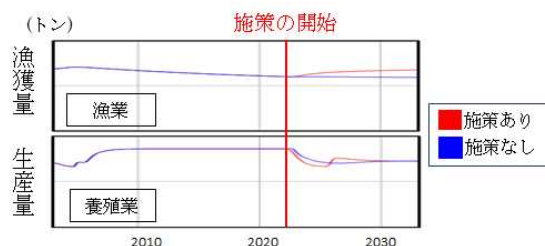


図2 施策の影響が反映されたシミュレーション結果  
(山本晋玄・安田健二・高橋竜三・三好潤)

# システム思考による島根県沖合底びき網 漁業の持続的発展のための取り組み

漁業生産工学グループ

## 研究の背景・目的

持続的な漁業を考えると、漁業経営や漁港や市場、水産資源環境や人材確保、省エネ・脱炭素など、漁業を取り巻く多種多様な要素をバランス良く考慮しなければなりません。本研究では、島根県において沖合底びき網漁船の代船建造の議論を行った際に、システム思考によって同漁業を取り巻く要素を整理し、課題の抽出に取り組みました。

## 研究成果

漁業者や水産資源管理、流通加工、漁業生産の研究員といった、異なる専門性をもつ関係者が集まって、システム思考の方法にもとづいて議論し、その結果を因果ループ図という図にまとめました。因果ループ図の作成過程を通して、多様な参加者による議論でありがちな議論の発散や論理性の欠如を回避し、様々な要素を効率的に整理することができました。結果、人材確保や船員の技術継承が大きな課題であることが抽出されました。今後は、因果ループ図にもとづいて定量的なモデルを作成し、島根県の沖合底びき網漁業が持続的な経営を行うための洞察（見通し）を得るためのシミュレーション研究を進めます。

## 波及効果

因果ループ図の作成を通して人材確保や船員技術継承の課題を的確に整理・抽出したことで、今後の同漁業のあり方を同様に効果的に検討できると思われれます。



図1 漁業者や島根水産技術センター職員とのグループワーキング

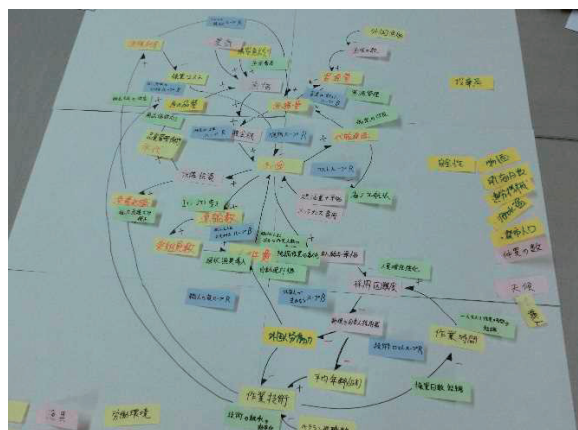


図2 因果ループ図作成過程

(本研究は島根県水産技術センターとの共同研究「島根沖底次世代漁船の設計」の一環として実施されました。)  
(三好潤・高橋秀行\*・高橋竜三・安田健二・山本晋玄)

\*現 水産工学部

# ソナーと計量魚探機を組み合わせた浮魚類の調査

漁業生産工学グループ

## 研究の背景・目的

2020年の漁業法改正にともなって制定された資源管理基本方針では、対象魚種の資源評価にもとづいて適切な漁獲量を設定し、持続的に利用可能な資源量とすることを目標にしています。そのため、精度の良い資源評価を行うことが重要になります。

現在、サバ、イワシ、サンマなど浮魚類の資源評価は、主に漁期前の漁獲調査結果にもとづいて行われていますが、音響調査と組み合わせることでより精確な評価が可能となります。浮魚類に対しての音響調査は、表層付近の探査が可能な計量スキニングソナー(以下、計量ソナー)が有効とされており(図1参照)、計量魚群探知機と合わせて用いることで、様々な魚種のデータ取得が期待できます。そこで、計量ソナーと計量魚群探知機を組み合わせた浮魚類の調査手法の開発を行っています。

## 研究成果

2020年からサンマを対象として、音響手法と漁獲調査を組み合わせた調査を行っています。計量ソナーのデータ解析については、海中の音波の1m<sup>3</sup>当たりの反射量を、必要な範囲を限定して迅速に解析できる手法を開発しました。これにより、魚一尾の反射量を用いて、単位体積当たりの魚の量が推定できるようになりました。また、調査で観測した範囲(体積)と、漁獲調査などで取得した一尾当たりの重量から、資源量の推定が可能になりました。今後は、資源量推定の誤差を低減させるために、対象種の反射量のみを抽出する魚種判別技術の開発を進めていきます。

## 波及効果

本手法により、トロール調査では補えない範囲の資源量情報を付加することができるため、資源評価の精度向上が見込まれます。また本手法は、サバやイワシなどの資源量推定にも有効な手段であり、将来的には、魚種間の資源動向を比較することで、サンマの不漁の原因究明の一助となることが期待されます。



図1 計量ソナーと計量魚群探知機を併用した調査のイメージ。計量魚群探知機は下向きに音波を、計量ソナーは横向きに音波を送信する。

(本研究は委託事業「令和2～4年度水産資源調査・評価推進委託事業」の一環として実施しました。)

(高橋竜三・澤田浩一)



しおり  
研究の葉 2023

発行 令和5年10月

国立研究開発法人 水産研究・教育機構

水産技術研究所 環境・応用部門

水産工学部 本田 耕一

〒314-0408 茨城県神栖市波崎 7620-7

TEL. 0479-44-5929 FAX. 0479-44-1875

本誌の文章・画像の無断転載を禁じます。

