



しおり  
研究の葉

2022

令和4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）2022」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。私たち水産工学部は、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・長寿命化対策や漁場環境の整備に関する研究開発及び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。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。

「研究の栞」では、私たちがどのような水産工学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、第5期中長期計画の1年目の成果を中心に、浮魚類の音響資源調査に関する技術開発、新技術導入漁船の開発・建造工程の管理方法、漁場環境の評価・保全技術、漁港・漁場施設的设计等に関する研究成果を収録しております。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。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。

令和4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 高尾芳三

\* ["https://nrife.fra.affrc.go.jp/reprint/reprint\\_index.html"](https://nrife.fra.affrc.go.jp/reprint/reprint_index.html)（2022.10.1現在）

「研究の栞（しおり）2022」

令和4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	リシケタイラギが利用する海底直上 水の高さの数値計算による推定	水産工学部	鈴木健吾
2	「漁港・漁場・海岸の施設の設計にか かる相談会」の近年の開催状況	水産工学部	山本潤・大村智宏*・大井邦昭* *水産基盤グループ
3	水中ドローンによる人工魚礁の定量 評価手法の開発	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
4	計量スキャニングソナー用校正ソフ トウェアの開発	漁業生産工学グループ	高橋竜三・澤田浩一・今泉智人・松裏 知彦
5	ツノナシオキアミの密度比、音速比の 測定とターゲットストレングス推定	漁業生産工学グループ	福田美亮・澤田浩一・松裏知彦
6	サケ稚魚分布把握のためのマルチビ ームソナー調査	漁業生産工学グループ	松裏知彦・澤田浩一・今泉智人
7	サケ稚魚のターゲットストレングス	漁業生産工学グループ	澤田浩一・松裏知彦・福田美亮
8	漁船の建造管理のためのモデル構築	漁業生産工学グループ	山本晋玄・三好潤・高橋竜三・安田健 二・高橋秀行*・澤田浩一 *現 水産技術研究所 管理部門

# リシケタイラギが利用する海底直上水の 高さの数値計算による推定

水産工学部

## 研究の背景・目的

リシケタイラギ *Atrina lischkeana*(図1)は有明海の二枚貝漁業において重要な漁獲対象種ですが、貧酸素水塊の発生や泥による濁りなどの海底付近の環境変化により漁獲量が減少していると考えられています。リシケタイラギには水管が無く、海底近くの海水を吸い込んでいますが、実際に海底からどの程度の高さの水まで呼吸や摂餌に利用できるかは明らかになっていません。

本研究では、実験的に得られたリシケタイラギのろ水量をもとに、計算流体力学的手法によるシミュレーションを行い、異なる流速条件下でリシケタイラギが吸い込む海底直上水の高さを推定しました。



図1 リシケタイラギ

## 研究成果

計算結果からリシケタイラギの周囲の水の流れを可視化したところ、入水孔から水を吸い込み、出水孔から上方に向かって噴き出す様子を再現することができました(図2)。また、また、吸い込み高さ(水を吸い込むことができる限界の高さ)の流速による変化は流速10 cm/s以下の範囲で大きく、流速が10 cm/sを超えると、リシケタイラギは海底上6 mm以下の高さの水しか利用できなくなると推定されました(図3)。

## 波及効果

本研究の結果をもとに、リシケタイラギなど二枚貝の生息環境を把握する目的で、海底から数センチメートルの高さの海水の濁りや餌の量を正確に測定するための機器の開発が進められています。

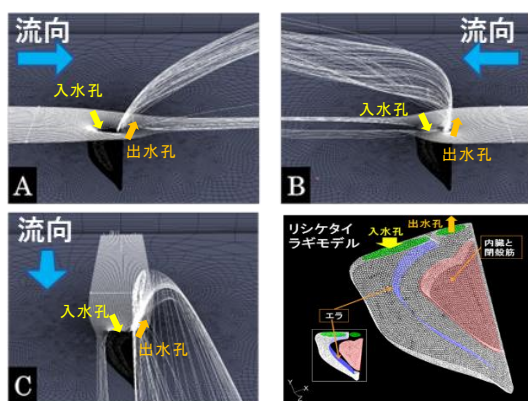


図2 リシケタイラギの周囲の水の流れ  
A:入水孔側, B:出水孔側, C:側面からの流れの場合  
白線:水の流れ。出水孔から上方に水が噴出する一方で、入水孔に向けて低く帯状に流線が流れ込んでいる

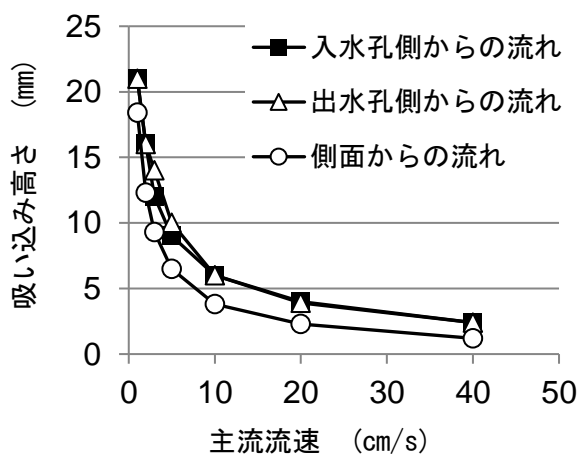


図3 流速と吸い込み高さの関係

(鈴木健吾)

# 「漁港・漁場・海岸の施設の設計にかかるとの相談会」の近年の開催状況

水産工学部

## 研究の背景・目的

都道府県等の漁港、漁場、海岸保全施設の担当者は、施設を設計する際に技術的課題に直面することがあります。「設計基準（漁港・漁場の施設の設計参考図書）の適用方法がわからない」、「設計基準で扱っていない事項についての学術的根拠が欲しい」といった設計に関する問題の解決を目的として、水産工学部では「漁港・漁場・海岸の施設の設計にかかるとの相談会」を開催しています。また、相談内容のうち学術的・技術的に価値ある部分を広く情報共有するため、相談事例の一部をWEBで公開しています。

<https://nrife.fra.affrc.go.jp/seika/sekkeisoudan/sekkeisoudan2.html>

## 研究成果

これらの相談案件には、設計基準の記載事項の解釈や数式・係数の扱い、記載の無い部分の考え方等に関するものが多い傾向（表1）にあります。水産工学部は、これら基準の策定に関与しているため、当グループ職員が中心となって相談に対応することが可能であり、効率的かつ効果的なアドバイスをこなっています。相談会には現場事務所やコンサルタントも出席して、かなり踏み込んだ議論を行うこともあります。コロナ禍に対応して、対面会議では人数制限や十分な感染対策を行い（写真1）、またWeb会議の活用も進めています。

## 波及効果

全国各地の漁港漁場や海岸整備の事業現場では、様々な技術的な問題が生じています。水産基盤グループでは、主にこれらに関する試験及び研究等を行い、設計基準の作成・改訂や技術開発、現場で生じる技術的諸問題への対応等を通じて、事業の推進に貢献していきたいと考えております。

表1 近年（令和元～3年度）設計相談の傾向

分野	相談タイトル
波	●設計沖波の見直し
波力	●消波工を十分に被覆したときの波力算定式に用いるλ ●衝撃砕波力 ●消波ブロック被覆不連続部における波力
津波	●既存の海岸保全施設の耐津波強化検討手法（配置編）及び（構造編） ●津波越流に対する被覆材の所要質量算定
漂砂	●i級河川の河口に属する漁場の泊地埋没対策（その1） ●（その2） ●漁港内への漂砂の流入 ●浚渫土砂の有効利用 ●港内堆砂対策 ●水域施設埋没対策
地震力	●堤防及び護岸の耐震対策設計
材料-鋼材	●ジャケット式防波堤における鋼材部の老朽化対策
材料-コンクリート	●混無筋コンクリートの大型異形ブロックにおけるコンクリート強度の設定 ●経年劣化および風浪による堤防の浸食の補修工事 ●施設の補修工法（基礎洗掘部の補修方法）
材料-その他	●浚渫土の養浜材転用、係留施設の機能保全の施工基準等
基礎-杭、平面	●捨石中の杭の軸直角方向の抵抗 ●捨石マウンドの許容端趾圧に対する検討
外郭施設-防波堤	●浮防波堤の耐波浪に対する機能強化
浮魚礁	●浮魚礁により造成した漁場の評価手法
増殖場	●風浪やうねりの影響を強く受ける浅海域へ設置する増殖場の構造 ●老朽化した漁港施設（棧橋上部工）の漁場施設（養魚礁）への再生利用



写真1 感染対策中の設計相談の様子

（山本潤、水産基盤グループ：大村智宏・大井邦昭）

# 水中ドローンによる人工魚礁の 定量評価手法の開発

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、潜水観察や魚群探知機等の従来の魚礁効果の評価手法には技術的課題が多く、漁場造成が適切か判断しがたい現状にあり、少労力な魚礁効果の定量評価手法の開発が求められています。近年、水中ドローンが普及しつつあり、水中の生物観察が格段に容易になりました。水中ドローンを活用すれば、少労力で魚礁モニタリングを実施できると期待されることから、水中ドローンを用いた魚礁効果の定量評価手法を開発しました。

## 研究成果

濁度や光量子量等を観測しながら、水中ドローンで人工魚礁を撮影し（図1）、取得画像を解析することで、人工魚礁周辺の魚類相の個体数密度分布を、1mメッシュ以下の高解像度で明らかにする定量評価手法を開発しました（図2）。これにより、人工魚礁への寄り付きの程度やその分布特性を、魚種別に詳細に把握できるようになりました。さらに、画像から得られる形態的特徴を利用して、魚種によっては成長段階や雌雄別の分布特性の把握も可能となりました。ただし、本手法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ります。

## 波及効果

本研究は人工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、適用海域の汎用性は比較的高いと予想されます。少労力で魚類の生物量を推定する既存手法としては計量魚群探知機がありますが、水中ドローンは計量魚群探知機が得意とする構造物周辺や定着性魚類をカバーできることから、これまで手の届かなかった海域や魚種の新たな定量評価手法としての活用が期待されます。

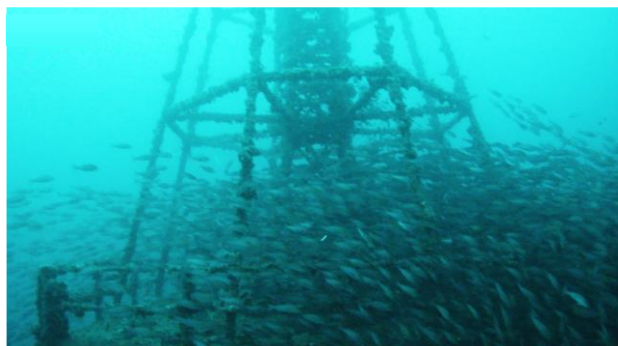


図1 水中ドローンによる人工魚礁の撮影画像（イサキの群れ）

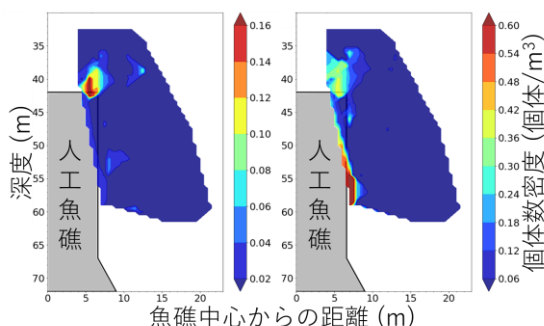


図2 イサキ成魚（左）と未成魚（右）の人工魚礁周辺の二次元個体数密度分布

（多賀悠子・大井邦昭・井上誠章・佐藤允昭・古市尚基）

# 計量スキャニングソナー用 較正ソフトウェアの開発

漁業生産工学グループ

## 研究の背景・目的

近年、歴史的な不漁に陥っているサンマについて、分布や資源量を把握し不漁要因を解明することが喫緊の課題となっています。そこで、これまでのトロール調査に加えて、表層付近に分布する魚群を広範囲に探知可能な計量スキャニングソナー(以下、計量ソナー)(図1)を用いた調査を開始しました。計量ソナーを用いて定量的な魚群計測を行うためには、全方向にわたる音響ビームに対して較正值を得る必要があります。そこで、計量ソナー用の較正ソフトウェアを開発しました。

## 研究成果

2021年12月に、調査に使用する199t型のサンマ漁船に搭載されている計量ソナーFSV-25(古野社製、20kHz、受信ビーム128本)について、開発したソフトウェアを用いて較正を行いました。較正では、タングステンカーバイドで作られた較正球の反射量を計測します。図2では、船上から海中に吊り下げた較正球を探知し、その反射量から特定の音響ビームでの較正值を算出しています。また、音響ビーム間での補間を行い個々の音響ビームの較正值を効率よく算出できることを確認しました。

## 波及効果

較正ソフトウェアによって、計量ソナーの個々のビームについて較正值を得ることができ、定量的な計測が可能となります。今後は、較正を行った計量ソナーを用いてサンマをはじめとする浮魚類の分布量調査を行うことで、浮魚資源の持続的な利用・管理の一助となることが期待できます。

(本研究は委託事業「令和3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。)

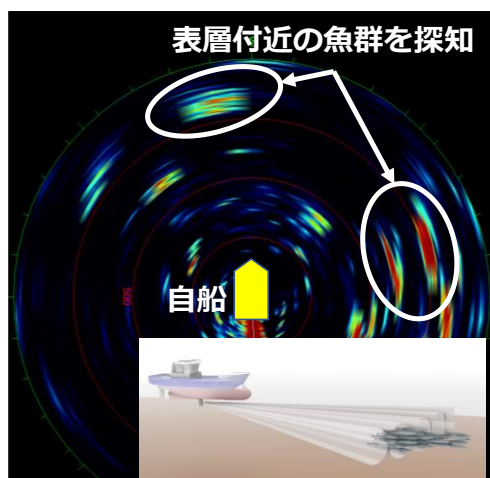


図1 表層付近の魚群探知が可能な計量ソナー

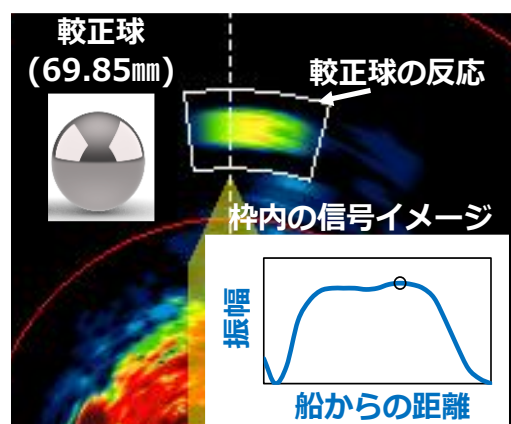


図2 特定の音響ビームでの較正值の算出

(高橋竜三・澤田浩一・今泉智人・松裏知彦)



# ツノナシオキアミの密度比、音速比の測定とターゲットストレングス推定

漁業生産工学グループ

## 研究の背景・目的

ツノナシオキアミは北太平洋に広く分布しており、植物プランクトンを食べて成長し多くの魚類の主要な餌となる、生態系の中で重要な種の一つです。このため、広域にわたって本種の分布や現存量を調査できる、計量魚群探知機等を用いた音響調査の高度化が求められています。音響データを生物量に変換するには、生物1個体あたりの音の反射の強さであるターゲットストレングス(以下 TS)が必要です。ツノナシオキアミのような小型生物の TS は、密度比<sup>\*1</sup>と音速比<sup>\*2</sup>をパラメータとする音響散乱モデルにより計算できます。そこで釧路沖に生息するツノナシオキアミの密度比と音速比を5年間にわたって測定し、それらの年変動を調べました。また、得られた密度比と音速比を使って全長(以下 TL)と TS の関係を調べました。

\*1 密度比：生体の重量密度と周囲媒質(海水)の重量密度の比、\*2 音速比：生体内音速と周囲媒質の音速の比

## 研究成果

5年間にわたる測定結果から、密度比と音速比の値は年により大きな違いがないことがわかりました。また、得られた値から音響散乱モデルの一つである DWBA モデルを用いて TS を計算しました。計量魚群探知機でよく使用される音響周波数である 38、70、120、200 kHz における TL と TS の関係は図のようになり、ツノナシオキアミの TS は周波数が高くなるほど大きく、TL の影響がやや小さくなる特性があることがわかりました。

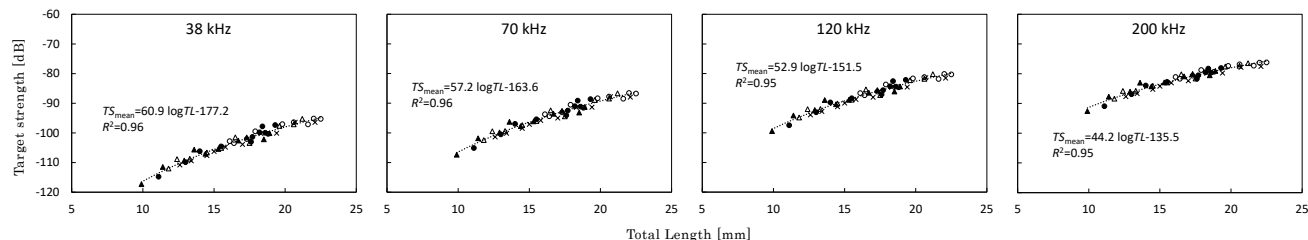


図 ツノナシオキアミの TL と TS の関係。福田ら 海洋音響学会誌(2021) Fig. 6 より一部抜粋。

## 波及効果

計量魚群探知機により得られた音響データから生物量を計算するための TL と TS の関係を明らかにし、さらに年変動がないことを確認しました。これからは、ツノナシオキアミの音響調査を行う際に毎回現場で密度比と音速比の測定をする必要がなく、本研究で示した値を使用することができるようになりました。

(本研究は、水産庁による国際資源評価等推進事業の一環で実施され、海洋音響学会誌で報告されました。)

(福田美亮・澤田浩一・松裏知彦)

# サケ稚魚分布把握のための マルチビームソナー調査

漁業生産工学グループ

## 研究の背景・目的

サケの人工ふ化放流は 1888 年から実施されており、北日本の各地で盛んに行われています。しかし、日本のサケ漁獲量は 2010 年以降、北海道から本州の太平洋沿岸域を中心に減少しているのが現状です。特に稚魚の降海直後の初期減耗が大きな要因とされますが、降海後のサケ稚魚がどのように湾口を経てオホーツク海まで移動するのか十分に解明されていません。そこで、観測範囲が広く魚群などの 3 次元形状が確認可能なマルチビームソナーを用いてサケ稚魚の分布特性を把握する手法を開発するために、岩手県の山田湾内において調査を実施しました。

## 研究成果

マルチビームソナーで詳細な 3 次元形状を把握することにより、魚群探知機では判別が難しい係留ロープなどの人工物と魚群エコーを判別可能であることがわかりました（図 1）。また分布調査の結果、湾口部と比較して、放流された織笠川から湾央の大島にかけてサケ稚魚魚群が多いことが確認されました（図 2）。本研究によりマルチビームソナーのサケ稚魚分布調査への有用性を示すことが出来ました。

## 波及効果

マルチビームソナーを用いることで、魚群探知機のみを用いた調査に比べ、魚群の形状や行動など詳細な情報を得ることが可能となります。現存量調査だけでなく生態研究への応用が期待されます。

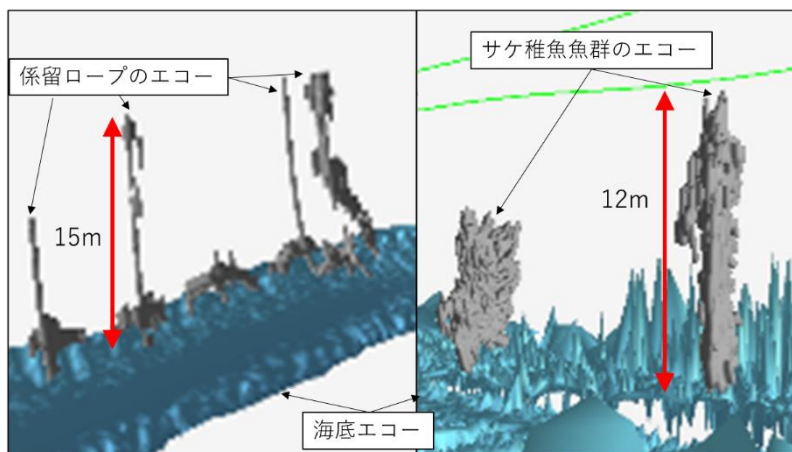


図 1 養殖筏の係留ロープとサケ稚魚魚群の 3 次元エコー

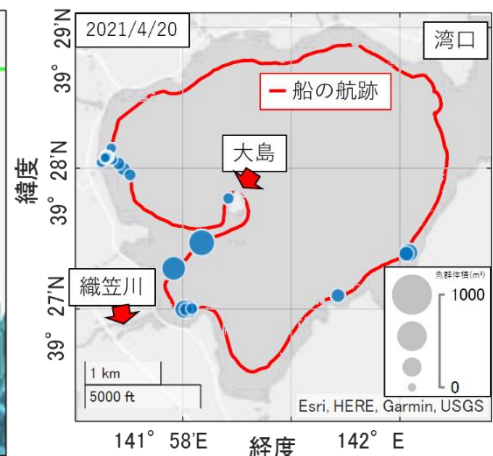


図 2 サケ稚魚魚群分布

(本研究は、水産庁によるさけ・ますふ化放流抜本対策事業の一環で実施されました。)

(松裏知彦・澤田浩一・今泉智人)

# サケ稚魚のターゲットストレングス

漁業生産工学グループ

## 研究の背景・目的

近年、サケの回帰率が低下しており、漁業者だけでなく、関連する産業にも大きな影響を与え、問題となっています。魚類の減耗は、発達段階初期の影響が大きいとされています。人工放流されるサケの場合には、放流後から湾内や沿岸での滞留期を経て、オホーツク海に向かう間がこれに相当しています。本研究では、これらの期間での音響モニタリング結果を生物量に換算するために必要な、サケ稚魚一尾当たりの平均ターゲットストレングス（以下、TS と略）と体長との関係を得ることを目的としました。

## 研究成果

現場のモニタリング装置と同じようにサケ稚魚の体側方向や腹方向から、姿勢に対する TS を水槽（3.74 × 2.24 × 2.2 m、長さ×幅×深さ）において音響周波数 70 kHz で計測しました。また、軟 X 線撮影装置で鰾（うきぶくろ）を撮影し、その形状が回転楕円体として近似できることを確認しました。次に、鰾形状に基づき、周波数 38, 70, 120, 200 kHz について理論計算により姿勢に対する TS を求めました。水槽での TS 測定値と理論計算値とは良く一致していました。また、姿勢分布の重みづけ平均で得られる平均 TS は、姿勢分布が変化した場合、より低い周波数の方が値の変動が小さく、かつ値は大きくなるという特性がありました。これは、高周波での測定に比べ、低周波での測定では計測値の変動が小さく、信号対雑音比も高くなることを意味し、推定誤差が小さくなることを示しています。

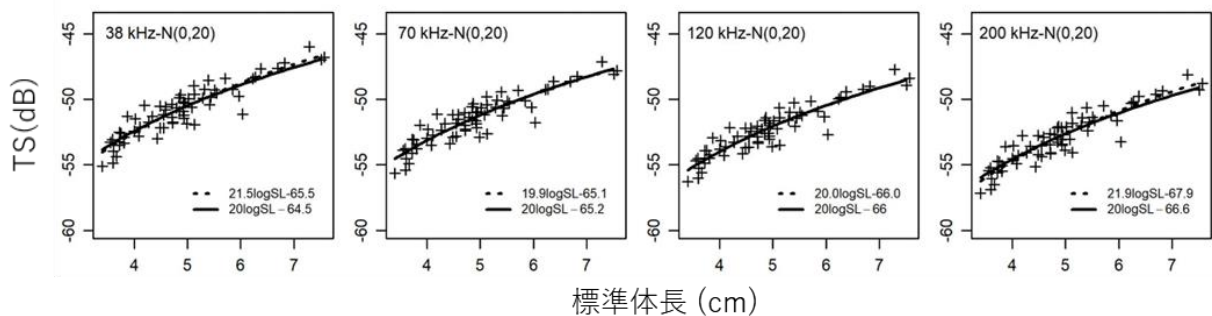


図1 体長と理論計算で求めた平均 TS との関係。横軸は標準体長(cm)、縦軸は TS (dB)。

Sawada *et al.* 海洋音響学会誌、49 巻、2 号、46-67、2022 年、Fig. 10 より一部抜粋。

## 波及効果

音響データを定量化するために必要な、体長と平均 TS の関係を得ることができました。これは、サケ稚魚の音響調査を実施に向けた重要な一歩となります。

（本研究は、農林水産技術会議「食糧生産地域再生のための先端技術展開事業」で実施され、その成果は海洋音響学会誌で報告されました。）

（澤田浩一・松裏知彦・福田美亮）

# 漁船の建造管理のためのモデル構築

漁業生産工学グループ

## 研究の背景・目的

温室効果ガス削減目標の設定により、カーボンニュートラルを目指した漁船の開発や自動運転装置、気象情報を活用した運航方法の改善など新しい技術の漁船への搭載が求められています。そこで、試験研究機関及びメーカーが新設計船を計画・試作する際の工程管理を目的として、システム・ダイナミクス手法によるモデルを作成しました。

## 研究成果

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。

新設計船を予定された納期内で建造するために「試験」の工程管理に注目し、試験期間と合格率の変動による作業量と労働力の増減を勘案して完成までの期間を算出できるモデルを作成しました。このモデルでは、試験工程の計画の指標として工程数、進捗に関する主な変数として試験期間と合格率を設定するようにしました。試験工程を100工程と見積もった計画では、試験期間を3ヵ月、合格率80%の条件で進捗を試算したところ、33ヵ月で組み立てが終わり、納期として設定した36ヵ月以内で完成させることができました。

## 波及効果

本研究で作成したモデルによって、新設計船の計画立案や試作時に、試験期間と合格率を指標に工程を管理できることが示されました。このモデルに要素技術の工程を追加することで、新しい技術を搭載する場合の納期見積もりや工程の最適化が可能になり、次世代型漁船建造における計画立案の効率化につながることを期待されます。

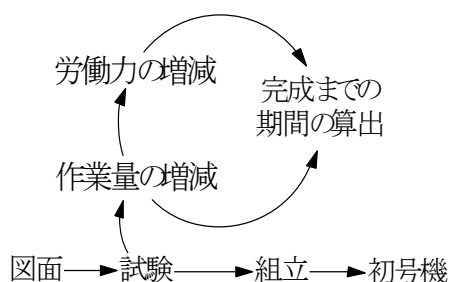


図1 システム構造の概略

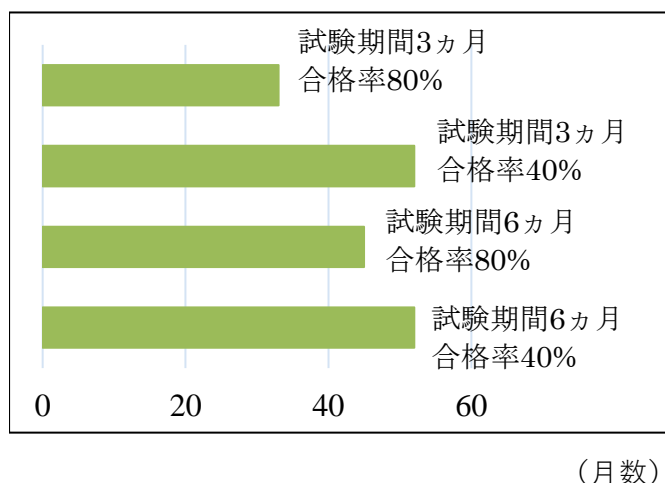


図2 「試験」の工程管理と完成までの期間の比較

(山本晋玄・三好潤・高橋竜三・安田健二・高橋秀行\*・澤田浩一)

\*現 水産技術研究所 管理部門

しおり  
研究の葉 2022

発行 令和4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 高尾 芳三

〒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。

