



しおり
研究の葉

2024

令和6年9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

「研究の葉（しおり）2024」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。

「研究の葉」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、サケの年齢予測AI、環境DNAによる植食魚のモニタリング、磁気センサーを用いた漁港施設の点検、沖合生簀で養殖する魚の管理モニタリングシステムといった新しい技術の開発に加え、クルマエビ養殖における種苗投入のシミュレーション研究、海底プラスチックごみによる漁業労働負荷に関する研究等の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6年9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/shiori/r5_seika_index.html"（2024.9.1 現在）

「研究の葉（しおり）2024」
令和6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	鱗画像を用いたサケの年齢予測 AI の開発	水産基盤グループ	多賀悠子・大井邦昭・井上誠章・鈴木健吾
2	非接触で鉄の厚さを測る新しい方法	水産基盤グループ	大井邦昭・本田耕一
3	人工魚礁周辺の局所的な流れを探る	水産基盤グループ	古市尚基・大井邦昭・多賀悠子・佐藤允昭・井上誠章
4	アイゴの環境 DNA 特性の検証	水産基盤グループ	佐藤允昭・井上誠章
5	遠くから魚を観察する ～沖合養殖生簀を対象とした管理モニタリングシステムの開発～	漁業生産工学グループ	今泉智人・福田美亮・澤田浩一・松裏知彦・安田健二・山本晋玄・高橋秀行
6	クルマエビ養殖シミュレーター	漁業生産工学グループ	安田健二・伏屋玲子・山本晋玄・三好潤・高橋竜三
7	海底プラスチックごみが漁業労働に及ぼす影響に関する研究	漁業生産工学グループ	安田健二・鈴木健吾・高橋秀行・山崎慎太郎・高山剛
8	漁船の船団造船による省コスト化	漁業生産工学グループ	三好潤・高橋竜三・安田健二・山本晋玄

鱗画像を用いたサケの年齢予測 AI の開発

水産基盤グループ

研究の背景・目的

漁獲物の年齢構成の把握は、資源管理において重要な課題です。水産重要種のサケでは、鱗の表面にある、休止帯と呼ばれる樹木の年輪のような同心円状の輪紋を専門家が目で見て数えることで年齢を査定しています。しかし、魚類の年齢査定作業は多大な労力と時間を要することから、省力化と迅速化を目的とした年齢査定の自動化が求められています。そこで、沿岸定置網で漁獲された3-5歳のサケの鱗画像（図1）に対して、畳み込みニューラルネットワーク（ディープラーニングによる画像認識技術の一種）を用いることで、自動でサケの年齢を予測するAIを開発しました。

研究成果

正答率93.5%の高精度な年齢予測AIを開発できました。Grad-CAMという技術を用いることにより、開発したAIがサケの年齢予測をする際に画像のどの領域に注目しているのかを調べたところ、人間の査定者と同様に、鱗の輪紋（休止帯）に注目していることが分かりました（図2）。

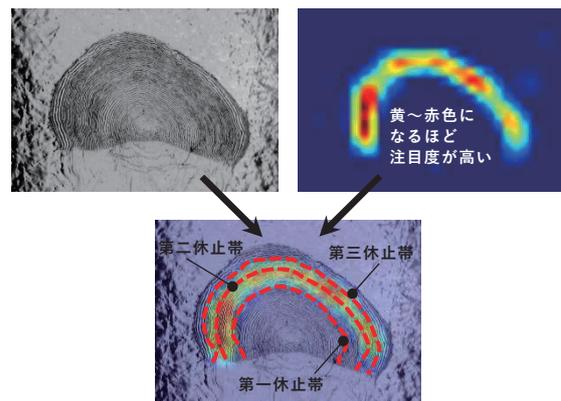
波及効果

年齢査定作業を自動化することで、査定者のエフォートの大幅な軽減が期待できます。さらに、これまで査定者は熟練した経験と技能を持つ一部の人材に限られていましたが、誰でもAIによる統一した判断基準での査定が可能となります。これにより、査定結果の安定化につながると考えられます。今後は、年齢予測AIの他魚種への展開が期待されます。



図1 顕微鏡カメラによる教師画像取得の様子

鱗画像（4歳魚） Grad-CAMで作成したヒートマップ



最内側の第一休止帯から最外側の第三休止帯の間の領域に注目していることが分かる（赤点線が休止帯）

図2 AIの注目領域の可視化

(多賀悠子・大井邦昭・井上誠章・鈴木健吾*)

*現 水産研究・教育機構本部研究戦略部

非接触で鉄の厚さを測る新しい方法

水産基盤グループ

研究の背景・目的

日本にある漁港は大変古い施設が増えており、計画的に修理・点検をすることが必要です。材料に鉄が使用されている防波堤や岸壁では腐食によって厚さが薄くなっているか定期的に測定しますが（図1）、表面に貝殻などの付着物が大量に張り付いているため、それを取り除く作業がととても大変です。最近、磁力を使って付着物の上からでも鉄の厚さを測る方法が発明されたので、漁港の点検にも使うことができるか調べました。

研究成果

国内の2つの漁港にある9つの施設で試験的に実際の点検作業を行い磁力による新しい方法 [磁気センサー]（図2左）で鉄板の厚さを調べました（図3）。その結果、従来の付着物を取り除く方法 [超音波厚さ計]（図2右）とほとんど同じ値が検出されることがわかりました。（図4）また、作業時間を比較したところ、磁気センサーによる方法は付着物を取り除く作業が不要になることから、従来の超音波厚さ計による方法と比べて約半分の時間で点検できることも明らかにしました。

波及効果

磁気センサーによる方法は漁港の点検を効率的に行えるようになりますが、これは最近労働力不足が懸念される“潜水士”の働き方を改善することに繋がります。

（本研究は令和6年度水産基盤整備調査委事業の一環として実施しました）



図1 古くなった鉄の柱に開いた孔



図3 磁気センサーによる測定状況



磁気センサー



超音波厚さ計

図2 両センサーの外観

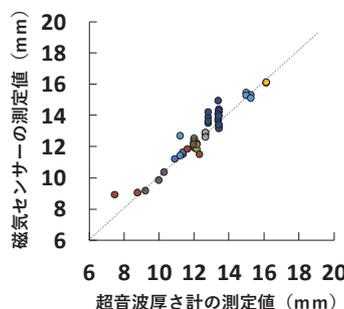


図4 両センサーの測定結果

（大井邦昭・本田耕一※）

※水産工学部

人工魚礁周辺の局所的な流れを探る

水産基盤グループ

研究の背景・目的

我が国では効率的な漁獲のために多くの人工魚礁が設置されています。しかし、人工魚礁の周辺で魚類が集まることが広く知られている一方で、なぜ魚が集まるのかという、メカニズムに関する知見は十分ではありません。魚類分布の形成に、流れ場（流れの大きさや向きの空間分布やその時間変化）が大きく影響していると考え、人工魚礁周辺の流れ場を詳しく調べるための水理模型実験と流動数値シミュレーションを行いました。

研究成果

粒子画像流速測定法（PIV）と呼ばれる手法を用いた水理模型実験によって、魚礁模型周辺の流れ場を計測しました（図1(a1, a2)）。実験では、水中に散布した粒子が魚礁模型周辺で動く様子を毎秒100回程度撮影して得た画像を解析し、魚礁周辺の流れ場を詳しく調べることができました。例えば、魚礁の背後（流れが魚礁にぶつかった下流側のエリア）では流れが弱くなり（図1(a2)）、さらに、このPIV計測の詳細解析や、水理模型実験と併せて行った、魚礁を模した海中構造物周辺を対象とした流動数値シミュレーション（図1(b)）により、魚礁の背後では流れ場が大きく乱れている様子もわかりました。このような流れ場の特徴と現地調査で調べた魚類の分布とを比べて、漁場形成のメカニズムの解明を進めていく予定です。

波及効果

人工魚礁による漁場形成メカニズムを明らかにすることで、現在よりも効果的な人工魚礁形状の開発や、魚類分布の定量的な予測につながることを期待され、漁場造成の推進に貢献すると期待されます。

（本研究は科研費22K05814らの助成を得て実施しました。）

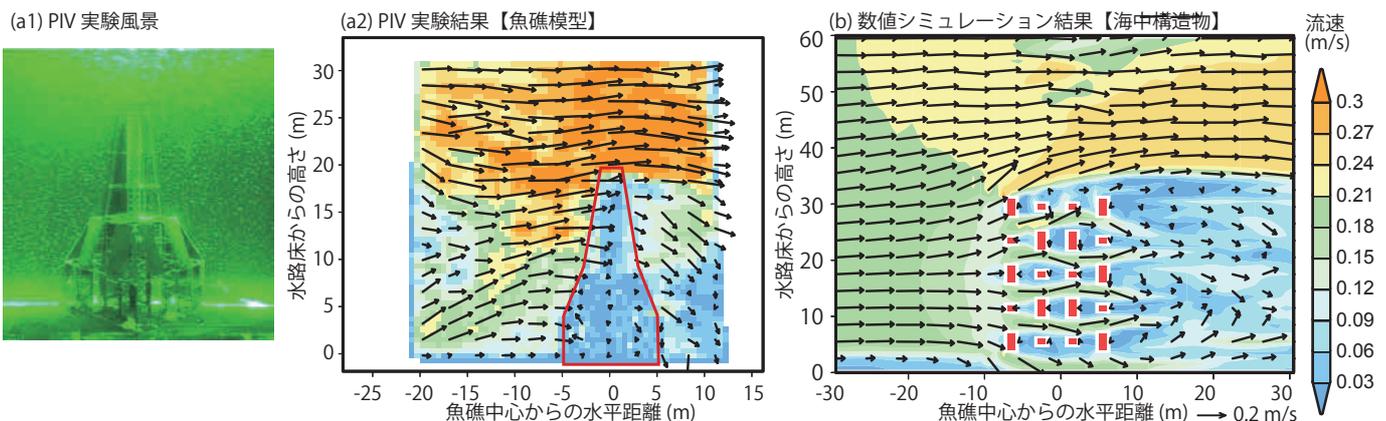


図1 (a1) 魚礁模型を用いたPIV実験の様子。(a2) PIV計測から得られた魚礁模型周辺の流れ場の例（魚礁本来の大きさに合わせて表示した）。赤枠は魚礁模型の外縁部分を示す。(b) 流動数値シミュレーションから得られた海中構造物周辺の流れ場の例。赤印は海中構造物の位置を示す。なお、(a2)と(b)のカラースケールは共通。

（古市尚基・大井邦昭・多賀悠子・佐藤允昭・井上誠章）

アイゴの環境 DNA 特性の検証

水産基盤グループ

研究の背景・目的

西日本から太平洋中部の海域では海藻を食べる植食魚の食害被害が顕在化し、藻場の衰退（磯焼け）が起きている。潜水や漁獲による植食魚の調査が行われていますが、調査地で汲んだ海水中の DNA を分析することで生物の存在を確認できる環境 DNA 技術を用いることで調査の現場作業を簡便化できると期待されます。本研究では植食魚アイゴのモニタリングに環境 DNA 技術を適用できるか検証するために、（１）個体数と環境 DNA の放出量の関係と（２）環境 DNA の分解時間について水槽を用いた室内実験を行いました。

研究成果

アイゴを入れた水槽の海水から取得した環境 DNA を定量分析したところ、（１）アイゴの個体数が多ければその環境 DNA の放出量が増えることと（図 1）、（２）環境 DNA の濃度は 24 時間後には元の 20% 程度に、48 時間後には 3~5% と、時間と共に大きく減少することがわかりました（図 2）。そのため、海域で検出された環境 DNA 濃度は直近のアイゴの分布密度を示す良い指標になると考えられました。

波及効果

高頻度や多地点の環境 DNA 調査を実施することでアイゴの出現時期や分布の詳細な情報を取得でき、適切な駆除の時期や漁具の設置場所の選定につながると期待されます。（本研究は水産技術研究所所内交付金プロジェクトの一環として実施しました）

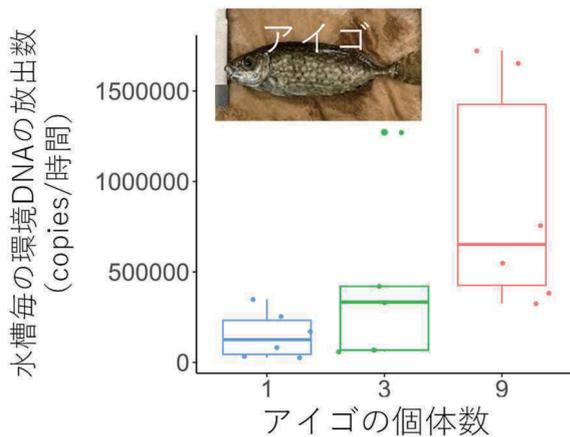


図 1 水槽毎のアイゴの個体数と環境 DNA の放出量の関係

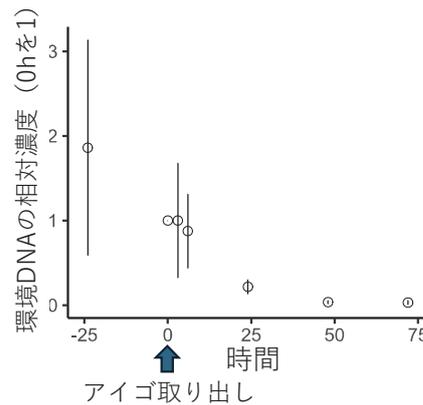


図 2 環境 DNA の相対濃度（水槽からのアイゴ取り出し時を 0 時間とし、その時の濃度を 1 とする）の時間変化

(佐藤允昭、井上誠章)

遠くから魚を観察する

～沖合養殖生簀を対象とした管理モニタリングシステムの開発～
漁業生産工学グループ

研究の背景・目的

近年、直径 30m にもおよぶ大型の生簀（いけす）を用いた魚類養殖が増加しています。生簀の大型化により生産量の増加や作業の効率化などが可能となります。しかし、水中では光は遠くまで届きにくいいため、カメラなどでは生簀内全体の魚を観ることが困難です。そこで、水中でも遠くまで届く超音波を応用して、大型生簀の中の魚の大きさや泳ぎ方などを観察し、養殖魚を管理するための技術開発に着手しました。

研究成果

沖合約 5 km に設置された大型生簀を想定して、超音波センサや光学センサなどから構成される管理モニタリングシステムを設計し（図）、試作品の製作を開始しました。現在はセンサ類の性能試験などを行いながらシステムの詳細な仕様の検討を進めています。最終的に、観察データを陸上に送信し、AI によって生簀の中の魚の健康状態を遠隔的かつ自動的に把握して、適切な管理を行うシステムの構築を目指しています。

波及効果

本技術は沖合から沿岸まで様々な形態の魚類養殖に応用可能であり、効率的・安定的な生産や作業の省力化、さらには養殖魚種の拡大にもつながることが期待されます。（本研究は「戦略的イノベーション創造プログラム「動物性タンパク質（水産物）の次世代養殖システム構築」の一環として実施しました。）

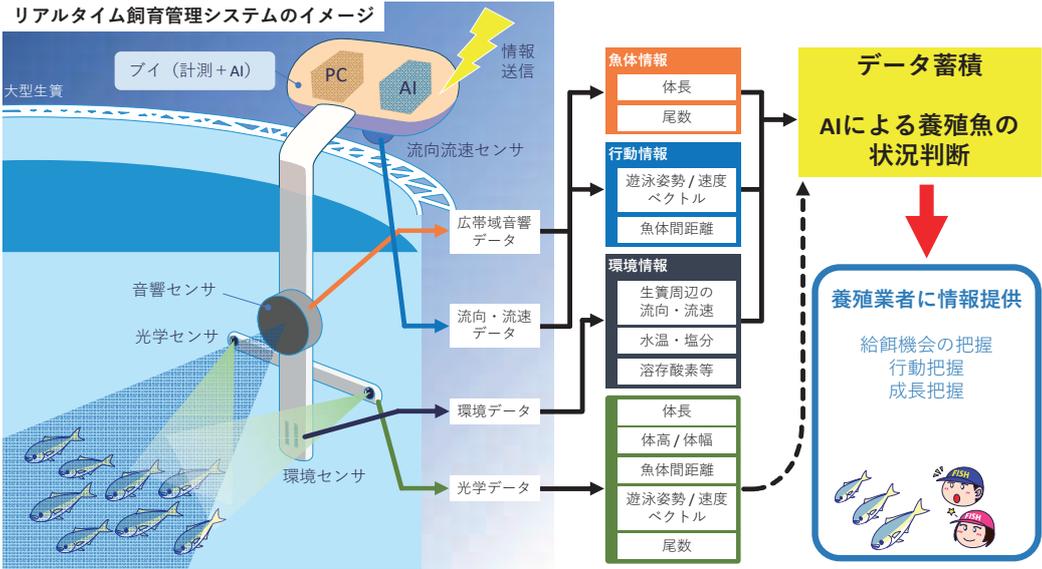


図 管理モニタリングシステムと AI によるデータ処理のイメージ

（今泉智人・福田美亮・澤田浩一・松裏知彦・安田健二・山本晋玄・高橋秀行*）

* 水産工学部

クルマエビ養殖シミュレーター

漁業生産工学グループ

研究の背景・目的

クルマエビ養殖において、種苗の投入時期とその量はエビの成長に強い影響を与え、収益を左右する出荷戦略において極めて重要な要素です。また、これらは養殖業者が自由に意思決定をすることができる要素でもあります。そこで、クルマエビ養殖における種苗投入にかかる意思決定を支援するためのシミュレーション研究を行いました。

研究成果

沖縄地域のクルマエビ養殖業者からの聴き取りや養殖日誌、エビの成長に関する先行研究などの情報から、クルマエビの成長に関するシミュレーションモデルを構築しました（図1）。さらに、種苗投入量や出荷戦略を変化させた場合に収益や成長に及ぼす影響をモデルにより計算し、その結果をわかりやすく表示するクルマエビ養殖シミュレーターを開発しました（図2）。

波及効果

本研究の成果によって、今までは経験や勘に基づいていた種苗投入量や出荷戦略などの意思決定を、モデル計算によって支援することが可能になりました。今後は、この成果をクルマエビ以外の養殖対象魚種にも応用していきます。

（本研究は「世界戦略魚の作出を目指したタイ原産魚介類の家魚化と養魚法の構築(SATREPS)」の一環として実施しました。）

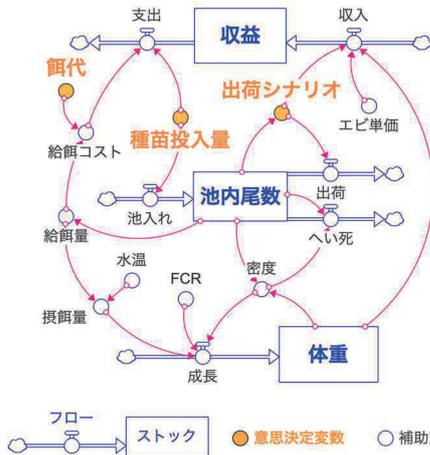


図1 シミュレーションモデルの概略図
クルマエビ養殖で重要な尾数や体重、収益とそれらに影響を与える要素が因果関係に基づきつながり合っています。要素ごとに定数や関係式が構築されています。

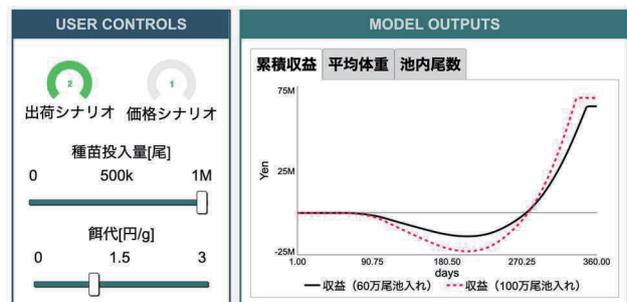


図2 クルマエビ養殖のシミュレーター
左側のパネルで各シナリオの設定や変数の変更ができます。計算結果が右側にグラフとして表示されます。グラフは、種苗投入量を60万尾（黒実線）から100万尾（赤破線）に変更した際の収益変化の例です。

（安田健二・伏屋玲子*・山本晋玄・三好潤・高橋竜三）

* 現 沿岸生態システム部

海底プラスチックごみが 漁業労働に及ぼす影響に関する研究

漁業生産工学グループ

研究の背景・目的

海底に放置されたプラスチックごみ（図1）は環境や生物に悪影響を及ぼす恐れがあり、回収することが求められています。回収には膨大なコストが必要になるため、漁業者の協力を得ることが望ましいと考えられますが、そのためには回収にかかる労力を知る必要があります。そこで、海底プラスチックごみが漁業労働に与える影響を分析する技術開発を開始しました。

研究成果

海底のごみを混獲しやすい刺し網漁業やひき網漁業を対象として、漁労作業を撮影し、ごみを扱う作業が漁業者に与える負荷を調査しています（図2）。作業姿勢から身体への負荷を判定する分析を行った結果、ごみを扱う作業は多くの場合、負荷がやや高い状態（身体的負荷分析（OWAS法）による4段階評価のうち上から2番目）であることがわかりました。

波及効果

引き続きゴミの混獲が多い漁業のデータを蓄積し、海底プラスチックごみが漁業者へ与える影響の詳細を明らかにすることで、漁業者が安全にごみを回収できる条件を評価し、漁業者の協力を得る一助となることが期待されます。

（本研究は環境総合推進研究「海底プラスチックごみの実態把握及び回収支援に向けた手法・技術の開発事業」の一環として実施しました。）



図1 海底から回収された網やケーブル、ビニールなどのプラスチックごみの例



図2 漁網に絡まった海底プラスチックごみを扱う作業の様子

（安田健二・鈴木健吾*・高橋秀行**・山崎慎太郎・高山剛）

* 現 水産研究・教育機構本部研究戦略部 ** 水産工学部

漁船の船団造船による省コスト化

漁業生産工学グループ

研究の背景・目的

漁業法改正による漁獲量の個別割当管理や、気候変動による漁獲対象種の変化などから、複数の漁法に対応できる機能を持つ漁船が求められています。しかし、多くの機能を追加することにより漁船は大型化し、建造コストや修繕費、燃料消費量やCO₂排出量が増加する懸念があります。そこで、従来は個別の漁業者による建造が主流であった漁船の建造を、漁協などの単位でまとまって行う船団造船によって、全体のコストを低減させる設計手法の研究に取り組みました。

研究成果

新しい漁船を設計する際には、はじめに船体の主寸法を選定することが重要です。漁獲性能や労働環境、環境性能を主寸法で指標化し、各指標をうまく組み合わせて最適な主寸法や隻数を求めることで、大型漁船を導入しながらも、漁協全体としては導入コストや運用コスト、環境影響を低減できることを示しました。

波及効果

大型漁船の導入に関する懸念を払拭し、漁業者の協力体制を推し進め、経営改善やCO₂削減、適切な資源管理につなげることができます。



図1 従来型の漁船サイズ（左）と複合漁業に対応する新機能追加を考慮して大型化した漁船サイズ（右）

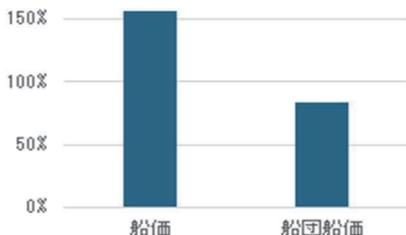
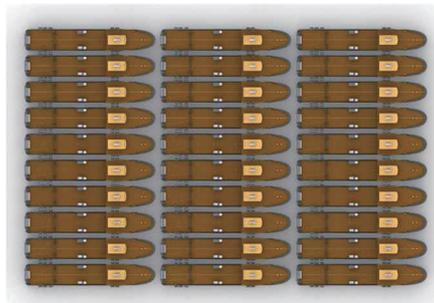


図3 従来型漁船及び船団の導入コストを100としたときの新型漁船及び船団の導入コスト

個別漁船の船価は増加するが船団船価格は減少する。



従来型漁船の船団構成

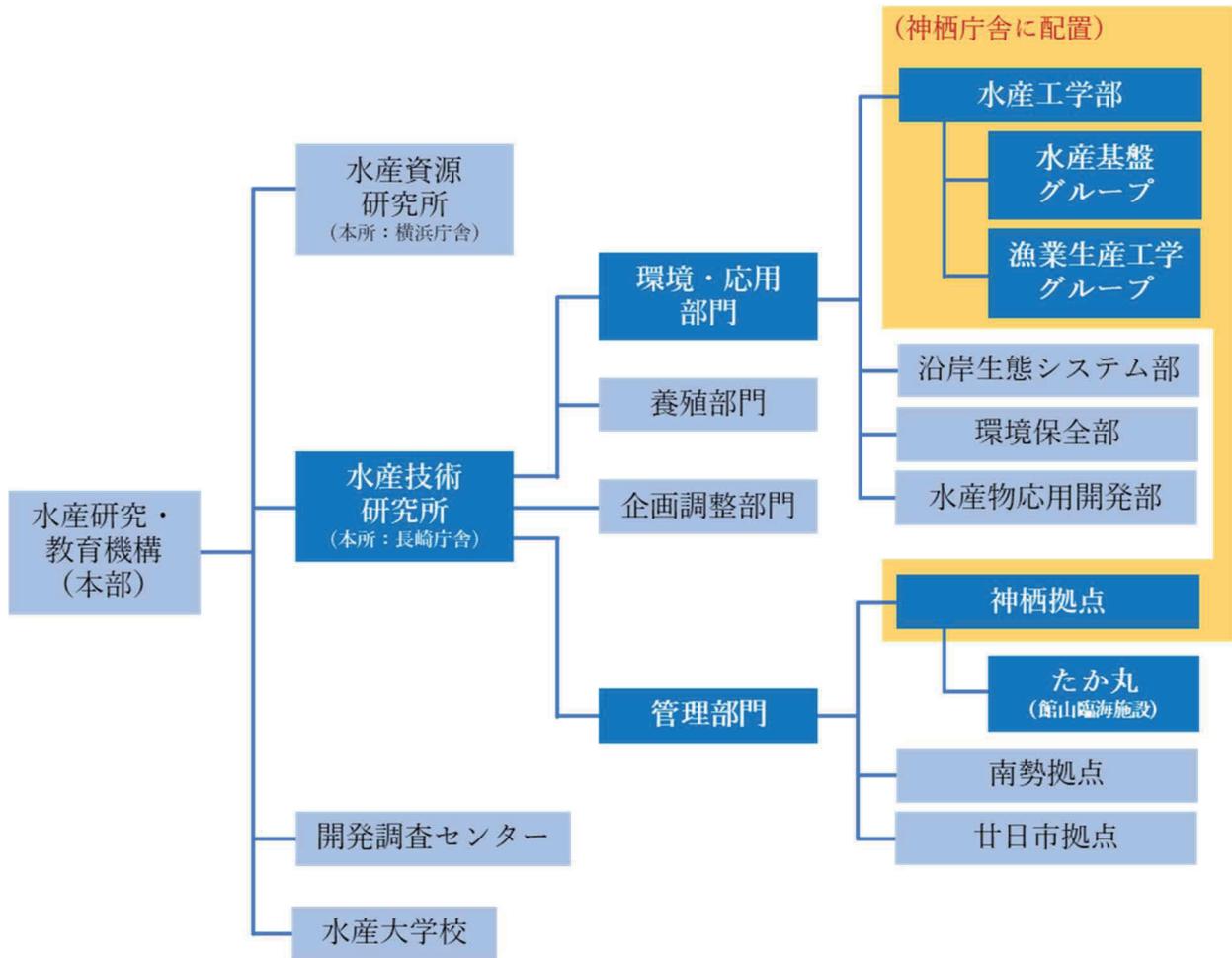


新たな大型漁船の船団構成

図2 従来型漁船の船団規模（上）
従来型船団より燃料消費量やCO₂排出量、建造コストの低い船団規模（下）

(三好潤・高橋竜三・安田健二・山本晋玄)

神栖庁舎・館山臨海施設の体制



水産技術研究所	環境・応用部門	水産工学部
部長		1人
副部長		1人
水産基盤グループ		9人
漁業生産工学グループ		11人

水産技術研究所	管理部門	神栖拠点
拠点長		1人
業務推進チーム		3人
管理チーム		8人
漁業調査船 たか丸		5人

しおり
研究の葉 2024

発行 令和6年9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。

