

2020 年度 水産海洋学会研究発表大会

講演要旨集

2020 年 11 月 20 日(金)-11 月 23 日(月)

東京海洋大学品川キャンパス

(オンライン開催)

一般社団法人 水産海洋学会

2020 年度水産海洋学会研究発表大会プログラム

宇田賞受賞記念講演

海洋モニタリングとモデリングを融合した水産海洋研究のための新たな研究基盤の構築

○黒田 寛 (水産機構・資源研)

研究発表

海況・漁況

1 若狭湾からその沖合域の高塩分水層の特性

Characteristics of high-salt water layer from Wakasa Bay to its offshore area

○本間 駿, 兼田淳史, 杉本 亮, 大西 徹, 片岡剛文(福井県大海洋生資)

2 クラスタ分析と機械学習を用いた気仙沼近海延縄漁船団の操業分析

Research on operational analysis of Kesenuma longline fishing fleet by cluster analysis and machine learning

○佐々木皓文¹, 石村学志^{2,3}, 小川柚葉²(¹岩手大大学院, ²岩手大・農, ³国立環境研究所)

3 近年の三陸沿岸のイサダ漁の漁況について

Recent state of isada fishery along Sanriku coast

○岡崎雄二, 田所和明(水産機構・資源研)

4 サンマ回遊モデルによる初期漁場予測

Forecasting early fishing grounds of Pacific saury using a migration model

○笥 茂穂¹, 阿保純一¹, 宮本洋臣¹, 富士泰期¹, 渡邊一功², 山下秀幸³, 巢山 哲¹(¹水産機構・資源研, ²JAFIC, ³JAMARC)

プランクトン・卵稚仔

5 噴火湾におけるスケトウダラ摂餌開始期仔魚の摂餌強度に及ぼす餌密度および孵化チェック径の影響

Effects of prey density and hatch check diameter on the feeding intensity of walleye pollock larvae at the first feeding stage in Funka Bay, Hokkaido

○金谷彩友美, 高津哲也, 中屋光裕(北大院・水)

6 東南極海ライギョダマシ初期輸送経路の解明

Investigate egg and larval transport of Antarctic toothfish in the East Antarctic region

○森 麻緒¹, 溝端浩平¹, 奥田武弘², 一井太郎²(¹東京海洋大学, ²国際水産資源研究所)

魚類

7 黒潮周辺海域におけるマサバ仔魚餌料生物とその空間分布

Diet composition of chub mackerel *Scomber japonicus* around the Kuroshio and

spatial distribution of the prey organisms

○日高清隆, 上村泰洋, 岡崎雄二(国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産資源研究所)

- 8 種内・種間競合によるマサバの肥満度の低下と生息水温の変化

Intra-and inter-specific density dependent changes in body condition and habitat temperature of chub mackerel

○上村泰洋¹, 多賀 真², 由上龍嗣¹, 渡邊千夏子¹, 古市 生¹(¹水産機構資源研, ²茨城水試)

- 9 マサバ太平洋系群の初期生残における房総・鹿島灘海域の餌料環境の重要性

Importance of prey density in Boso-Kashimanada for survival in early life stage of the Pacific stock of chub mackerel

○多賀 真¹, 上村泰洋², 山下 洋³(¹茨城水試, ²水産機構, ³京大フィールド研セ)

- 10 定量的な環境 DNA 分析による魚礁効果の検証：千葉県館山湾海域の高層魚礁周辺の魚類相を対象に

Quantitative assessment of fish distribution around artificial reefs using environmental DNA metabarcoding: a case study in Tatayama bay, central Japan

○佐藤允昭¹, 井上誠章¹, 南部亮元², 古市尚基¹, 今泉智人¹, 潮 雅之³(¹水産機構水技研, ²国際農林水産業研究センター, ³京都大学白眉センター)

- 11 三重県の大型定置網における未利用魚投棄実態と板鰓類混獲頻度推定

Actual situation of bycatch and the estimation for the frequency of bycatch elasmobranchs in the large set net, Mie prefecture

○河野侑太郎¹, 谷口 兄², 金岩 稔¹(¹三重大・生, ²三重外湾漁協)

- 12 島根県浜田漁港で水揚げされたアカムツにおける年級群ごとの初期成長

Early growth in each cohort of black throat seaperch *Doederleinia berycoides* from Hamada Fishing Port, Shimane Prefecture, Japan

○田中空太¹, 金元保之², 八木佑太³, 沖野 晃², 寺門弘悦², 金岩 稔¹(¹三重大学大学院, ²島根県水産技術センター, ³水産資源研究所)

沿岸資源・沖合資源

- 13 ウバガイの加入量変動に及ぼす母貝の成熟と産卵期間の影響

Effect of maturity and spawning period on fluctuations in recruitment of *Pseudocardium sachalinense*

○櫻井 泉¹, 飯村幸代², 巻口範人², 赤澤一貴³(¹東海大・生物, ²道栽培公社, ³苫小牧漁協)

- 14 2020年の松島湾・石巻湾における種ガキ採苗時期の遅れ

The delayed timing of seedling collection of Pacific oyster in Matsushima Bay and Ishinomaki Bay in 2020

○伊藤 博¹, 森山祥太¹, 竹内 寛², 笥 茂穂³(¹宮城水技セ, ²IDDK, ³水産機構・資源研)

- 15 東京湾のスズキの統合型資源評価モデルの結果
Stock Assessment of Tokyo Bay's Japanese Sea Bass (*Lateolabrax japonicus*) using Stock Synthesis
○小池春子(株式会社シーフードレガシー)
- 16 エコパスモデルを用いた京都府沿岸域の漁業評価
Evaluation of fisheries in the coastal areas of Kyoto Prefecture using the Ecopath model
○井上 博¹, 澤田英樹², Lavergne Edouard³, 山下 洋⁴(¹京大院農,²京大フィールド研,³西ブルターニュ大学,⁴京大森里海ユニット)
- 17 福井県における底びき網漁船への電子操業日誌導入とその活用事例
Introduce digital operation diary system for trawl fishery and application example in Fukui prefecture
○元林裕仁¹, 瀬戸久武¹, 手賀太郎¹, 藤原邦浩²(¹福井水試,²水産機構・資源研)
- 18 ブリのサイズ別漁獲量の時空間変化と資源管理の検討
Spatiotemporal variation of landing by size and fisheries management of yellowtail
○亘 真吾, 古川誠志郎, 久保田洋(水産機構 資源研)
- 19 頑健な再生産関係の推定
Robust estimation of spawner-recruitment relationship
○岡村 寛, 長田 穰, 西嶋翔太(水研機構 水産資源研究所)
- 20 2012~2019 年秋季の北日本近海におけるサンマ大型魚の可食部の粗脂肪含量・肥満度・来遊量の経年変動
Inter-annual variability in crude fat content in flesh of large-sized Pacific saury *Cololabis saira* and estimated biomass of Pacific saury in the waters off northern Japan in the falls of 2012-2019
○谷津明彦, 高橋清孝, 渡邊一功, 本田 修(漁業情報サービスセンター)
- 21 カタクチイワシ太平洋系群の資源変動と環境要因との非線形的関係
Nonlinear relationship between ocean environment factors and population fluctuation of the Pacific stock of Japanese anchovy
○稲石 響, 鈴木直樹(海洋大)

その他

- 22 北海道室蘭地区における沖合底曳網漁業管理
The offshore bottom trawl fishery management at Muroran district, Hokkaido
○阪井裕太郎, 石原広恵(東京大学大学院)
- 23 衛星 AIS データと機械学習からの漁獲努力量推定による漁業行動への COVID-19 の影響の

推定

Estimating Impacts of COVID-19 on behaviours of fisheries by Fishing Efforts Estimation from Satellite AIS Data and Machine Learning

○Gunther Errhalt^{1,2}, Kohsuke Nakamura², Keita Abe³, Gakushi Ishimura² (1Global Fishing Watch, 2Resource Economics & Policy Group, Iwate University, 3Norwegian School of Economics)

24 魚群探知機のエコーシミュレーション

Fish detector simulation

○西川 悠 (JAMSTEC)

25 気候変動が北海道水産業に与える影響

Impact of climate change on Hokkaido fisheries

○品田晃良¹, ト部浩一² (1道総研中央水産試験場, 2道総研さけます・内水面水産試験場)

26 衛星データを用いた日本海における中国および北朝鮮漁船の操業調査

Surveillance of Chinese and North Korean fishery activities in the Sea of Japan using satellite data

○高崎健二, 久保田 洋, 稲掛伝三, 大関芳沖 (国立研究開発法人 水産研究・教育機構)

27 SAR 衛星画像を利用した 沿岸漁業のモニタリング

Monitoring Coastal Fisheries Using Satellite Radar Imagery

○高橋文宏¹, 宮崎俊之², 細川貴志³, 平田貴文⁴, 齋藤誠一⁴, 村田政隆⁵ (1G&LI, 2道総研, 3日東製網, 4北大北極セ, 5道工技セ)

28 東シナ海における衛星可視画像を用いた船舶の自動検出の技術開発

Developing automate vessel detection using optical satellite image in the East China Sea

○津田真樹, 稲掛伝三, 廣江 豊, 直江瑠美, 齋藤 類 (水産機構・資源研)

29 衛星輝度を利用した東シナ海における灯光漁船の分布を推定する手法の開発

Development of a technique to estimate the distribution of light fishing vessels in the East China Sea using satellite luminescence

○齋藤 類, 直江瑠美, 廣江 豊, 稲掛伝三, 齋藤 勉 (水産機構・資源研)

30 マガキ DEB モデルの改良による 餌料環境に応じた産卵量変化と多回産卵の再現

Improvement of dynamic energy budgets model of Pacific oyster *Crassostrea gigas*

○長谷川夏樹¹, 東屋知範², 鶴沼辰哉¹, 近田靖子³, 武山 悟⁴ (1水産機構・技術研, 2水産機構・資源研, 3道総研・釧水試, 4厚岸町)

31 水産物に対する消費者の持続可能性意識は高まっているのか?

Has the consumers awareness of sustainable seafood been growing?

○法理樹里¹, 若松宏樹², 宮田 勉³, 大関芳沖² (1琵琶湖環境科学研究センター, 2水産機

- 構・資源研,³水産機構・技術研)
- 32 多魚種漁獲ポートフォリオ分析が照らす「海洋と沿岸社会を継ぐ日本の漁獲漁業」の視座
Multi-fish Species Portfolio: fishery landings to understand interactions between ocean and coastal societies
○石村学志^{1,2}, 中村洗介¹, Roman Raphael¹, 阿部景太³, 後藤友明¹(¹岩手大学・農,²国立環境研究所,³ノルウェー経済高等学院)
- 33 水産政策のための地域漁業・多魚種漁獲ポートフォリオ研究：三陸・岩手県を例として
A study of regional fisheries and multispecies catch portfolios for fisheries production: an example from Iwate prefectures
○中村洗介¹, 石村学志¹, 阿部景太², 後藤友明¹(¹岩手大農,²ノルウェー経済高等学院経済)
- 34 漁業ポートフォリオによる漁獲分散とターンオーバー 2011年からの三陸沿岸の漁業復興からの考察
Fisheries portfolio diversification and turnover rate: assessing the recovery of fisheries along the Sanriku coast since the 2011 earthquake
○Roman Raphael^{1,2}, Tomoaki Goto¹, Gakushi Ishimura^{1,2}(Faculty of Agriculture, Iwate University,²National Institute for Environmental Studies)
- 35 三陸における漁獲漁業の可能性と水産業の課題：政策シミュレーションによる潜在的便益推定
Potential for fisheries and challenges for fisheries in Sanriku: estimation of potential benefits using policy simulations
○川村 慧¹, 石村学志¹, 後藤友明¹, 阿部景太², 徳永佳奈恵³, 大塚和彦⁴(¹岩手大学,²ノルウェー経済高等学院経済学部,³Gulf of Marine Research Institute,⁴Environmental Defense Fund)
- 36 需要ショックによる水揚げ市場への計量推定
Estimation of demand shock impact on ex-vessel market
○阿部景太¹, 石村学志², 大塚和彦³(¹NHH・経済,²岩手大学・農,³EDF)
- 37 漁港施設の機能診断への人工知能技術の活用について
Application of AI for aging diagnosis of fishing harbor
○寺澤知彦¹, 松本 力², 完山 暢², 三上信雄³, 中瀬 聡⁴(¹アルファ水工コンサルタンツ,²水産土木建設技術センター,³水産技術研究所,⁴水産庁)

宇田賞受賞記念講演

海洋モニタリングとモデリングを融合した 水産海洋研究のための新たな研究基盤の構築

○黒田 寛

水産機構・資源研

キーワード：海洋モニタリング、海洋モデリング、水産海洋研究、気候変動

1. はじめに

「広い意味での水産海洋学とは、水産の用途が必要とする応用海洋学ならびに総観海洋学である。もっと狭義で、もっと具体的な意味での水産海洋学は、水産資源の開発、増殖、利用、保存に関する海洋学であって、漁況変動の予報手段を与えるものと定義できる」本学会の前身である水産海洋研究会の創設時に、代表宇田道隆博士が示した水産海洋学の定義である。創設から 60 年が経過しようとしている現在においてもこの定義は変わらない。一方、水産海洋学において、海況を観測するための測器や、海況を再現・予測するためのシミュレーションは日々進化を続けており、現在、創設時よりも膨大で精度の高い海洋情報が得られるようになったことは間違いない。

それでは、水産海洋研究会の創設時よりも水産海洋学に関する設問が簡単に解けるようになったか？という、必ずしもそうではないはずである。膨大な海洋観測データが手に余る道具となっていることも否定できないはずであるし、また、地球温暖化や気候変動など、創設時にはほとんど想定されなかった難題が、水産海洋学に新たな課題を突き付けていることも事実であろう。このため、私は、水産機構に入所して以来、従来からある研究素材に、新しい研究素材をうまく融合させて、新たな研究基盤や手法、スキームあるいは概念を整備、整理する必要性を感じていた。そこで、実際に、水産海洋研究を効果的に実施するための仕組み作りを目的に、いくつかの研究素材の「融合」を試みた。海洋モニタリングと海洋モデリングの融合をはじめとして、船舶観測と人工衛星観測を融合した解析、あるいは、新旧の研究手法や概念などの融合である。その結果として、

- ① 水産研究のための新たな道具（研究基盤）を整備
- ② 水産研究のための新しい虎の巻（研究手順やスキーム）を提案
- ③ 水産研究のための新しい気候—海洋—水産資源変動の捉え方を提言

することができ始めたと思う。以上の三つの結果を、以下の三つの節に対応させて紹介したい。

2. 海況予測システム FRA-ROMS と関連モデルの構築

海況予測システムは、文字通り、海況を予測するための自動システムであり、以前、海の天気予報システムと呼ばれていたこともある。2000 年代に入り、世界の研究

機関で競うように開発が進み、運用が開始された。海況予測システムは、海のシミュレーションを行う海洋モデルと、海洋観測データを用いて海洋モデルの結果を修正する同化モデルから成る。海洋モデル単独では積分時間とともにシミュレーションの結果が現実の海況から徐々にずれてしまうため、このずれを海洋観測データに基づき修正する同化モデルが必要になる。別の言い方をすると、同化モデルは海洋モデルによるシミュレーション（バーチャル）と海洋観測データ（リアル）を混ぜて現況の最適値（バーチャルリアリティ）を推定する。以上のように、海況予測システムには、海況を予測するだけではなく、現況を再現するという重要なミッションがある。現況を再現することは、「時空間的に分散する膨大な海洋モニタリングデータを海況予測システムの中で統合すること」を意味しており、海況予測システムは膨大な海洋情報を、余すことなく、一元的に統合するための手法の一つである。

一般に、海況予測システムに取り込まれる海洋観測データは、人工衛星等による海面水温、衛星海面高度、船舶やアルゴフロートによる現場水温塩分データ等である。日本周辺では、国や地方自治体水産試験研究機関により稠密な観測ネットワークがすでに構築され、定期的に現場水温塩分データが取得される。さらに、水産庁各種事業等では、調査船や漁船により不定期に膨大な現場水温塩分データが取得されるため、これらデータの有効活用あるいは漁海況予報や資源評価の高精度化を実現するために、水産機構独自の新しい海況予測システムを開発する必要があった。

私は、この新たな海況予測システム（以降、FRA-ROMS (Kuroda et al., 2017a)）の海洋モデルの開発主担当者として水産機構に採用された。2008 年度のことである。開発の詳細は割愛するが、平坦ではなかったことだけは確かであり、同化モデルの開発主担当者であった瀬藤聡博士とは何度も深い議論を重ね、互いに研鑽を積んだことは一生忘れられない。その後、FRA-ROMS は 2011 年度途中からの試験運用を経て、2012 年 5 月から実運用のフェーズに移された。

しかし、実運用が開始されたからと言って、海況予測システム関連の作業が終わったわけではない。いくつもの改良作業が残されており、一つ一つ解決する必要があった。例えば、現行の FRA-ROMS には導入されていない

い潮汐混合効果などの導入や、海水モデルあるいは海洋低次生態系モデル (Kuroda et al., 2018a) との結合、さらには、FRA-ROMS を高解像度化した日本周辺沿岸海況予測システムの開発など (Kuroda et al., 2013; 2014a)、将来に向けたシステムのアップグレードにも注力してきた (Kuroda et al., 2018b)。

さらに、FRA-ROMS の現況値と予測値を水産海洋研究に適用するためのツールを整備した。そのなかでも注力したのは、仮想的に粒子を配置し、FRA-ROMS や関連モデルの流速場で粒子を追跡するためのツール (例えば、Kuroda et al., 2014b) であり、海の中で物がどこから流れしてきたのか? どこに流れていくのか? どのように収束/発散するのか? そんなことが誰でも簡単にバーチャルにテストできるようなサブシステムを作成した。このサブシステムを、機構内の研究者 (Kaneko et al., 2018) だけではなく、機構外の研究者にも利用してもらうために、2014年度から北海道立総合研究機構と共同研究契約を締結し、品田晃良博士を中心にサブシステムを利用してもらった。その結果、本共同研究を通じて、私の想像を超えた利用の広さ (Kawai et al., 2016; 小山ら, 2018; Sildever et al., 2019) を知ることで、全国規模での本システムの普及の必要性や有益性を改めて認識できた。

3. 海洋モニタリングに基づく水産海洋研究

FRA-ROMS を開発した後の大きな転機は、2012年度に、現所属機関である水産機構水産資源研究所釧路庁舎に異動した際に訪れた。そこで 1987 年から継続されている A ライン調査に関わることになる。学生や PD 時代に調査船調査に参加することはあったが、測器の管理などの経験はなく、調査現場で覚えるべきことは山ほどあった。さらに、船に強くない体質が災いし、幾度も荒天時の時化で、修羅場を経験することになる。一方、こうした辛い経験があったからこそ、船舶調査データを何が何でも水産海洋研究に活かしたいという強いモチベーションにつながったと思う。

まず、赴任後に初めに取り組んだのは A ラインデータと人工衛星データを融合した解析であった。A ラインにおける流量の長期変動解析を実施すると 1993~2011 年にかけて道東沖陸棚斜面上を南下する親潮流量が $-8.9\text{Sv}/19\text{years}$ という割合で減少していた (Kuroda et al., 2015)。この 19 年間での減少量は親潮の長期平均流量に匹敵する流量である。衛星海面高度データを合わせて解析すると、親潮本流の流路が道東沖を迂回することで陸棚斜面を南下する親潮流量の減少が生じていた。そして、親潮流量の減少要因として、北太平洋の風応力に対する亜寒帯域の傾圧応答で説明できる可能性と、道東沖千島海溝付近での中規模渦の分布特性で説明できる可能性を指摘した。

以上の結果は年平均の親潮流量をターゲットとした結果であったが、道東沖でサンマ等の浮魚類が漁獲される 8~9 月についても、季節を限定して親潮流量の長期変動を調べる必要性を感じた。というのも、2012 年度に釧路に赴任して以来、毎年のように夏になると、道東沿岸に比較的近い海域に暖水塊が接近することで、クロマグロなどの暖水性魚種が道東沿岸の定置網に入網し、同時に、マスコミ各社が釧路庁舎に押し寄せた。こんな海況は過去にあったのか? という単純な疑問が研究の発端となった。しかし、A ライン観測は平均年 5 回の観測であり、8~9 月は観測データの空白月であった。

そこで、データの空白を補うために、衛星海面高度データと A ラインデータを組み合わせ、新たに提案した評価関数を用いて、日別衛星海面高度データから A ライン横断流量を推定した (Kuroda et al., 2017b)。さらに、1993~2014 年において推定した流量の長期変動を調べると、道東沖陸棚斜面上を南下する親潮流量は、特に、6~9 月において、大きく直線的に減少していることが分かった。親潮流量の減少と直接関連していたのは黒潮系暖水塊 (時計回り渦) であり、特に、2010 年以降の夏秋季、道東沖千島海溝付近に停滞しやすい傾向があった。一方、冷水塊を連想させる反時計回り渦の同海溝付近での出現頻度は減少していた。これにより、過去 20 年間において、道東沖海溝~沿岸周辺の海面水温が徐々に高水温化し、最大年 2% の割合でサンマ漁場の適水温 ($12\sim 18^{\circ}\text{C}$) 出現頻度が減少していた。この 2% は、20 年では 40% の減少に相当し、8~9 月は計 61 日なので、20 年間で約 24 日がサンマ漁場の形成に不適な条件になり、2010 年~2010 年代中盤の道東沿岸サンマ漁場の消失 (サンマ漁場の沖合化) が説明された (Kuroda and Yokouchi, 2017)。

さて、道東沖サンマ漁場の沖合化は 2010 年代中盤以降も継続している。ここ数年、さらに漁海況は変化し、顕著な道東沖暖水塊が分布しない夏秋季 (例えば 2017 年) であっても、サンマ漁場は沖合化し続けている。サンマの資源量の減少やそれにともなう回遊の変化、マイワシとの競合による分布の偏りなど生物的な要因が関連するという指摘もあるが、海況でのみ説明するのであれば、西部亜寒帯循環の流路変動という観点から、2017~2019 年の夏秋季においては、千島列島沖で親潮本流の流れ方が大きく変化していた (Kuroda et al., submitted)。これらの結果は追って報告したい。

4. 気候—海洋—水産資源変動の新たな捉え方

2013~2018 年度の間、水産機構 (現東京大学) 高須賀明典博士の誘いで、黒潮域とフンボルト海流域で同期する魚種交替に関わる国際共同研究に参加させてもらうことになった。それまで、気候変動研究は、私にとって対岸の火事という扱いであったが、本共同研究を契機に本

格的に気候変動について学ぶ機会を得て、非常に興味深いテーマであると同時に、喫緊に取り組むべき重要な課題であると感じた。

話は少し変わるが、丁度、同じ頃、農林水産技術会議の岩手県震災復興プロジェクト研究に参加することになった。そこで、道東沖の解析結果とはまるで矛盾するような研究結果を得た。具体的には、2010年以降、夏秋季の道東沖サンマ漁場周辺の高水温化とは逆に、冬春季の岩手県沿岸では、異常冷水と呼ばれる親潮系冷水の接岸が頻繁に発生し、低水温化が生じていた。なぜ、近年、異常冷水が頻繁に生じるのか？岩手県沖長期モニタリングデータを解析し、高解像度 FRA-ROMS を用いて解釈を試みたところ、特に、2010年以降、オホーツク海の冬季循環が強化され、沿岸親潮水の起源水が2014年冬春季を最大として東樺太沖を南下し、オホーツク海から太平洋に大量の沿岸親潮水が流出していた。この大量に流出した沿岸親潮水が岩手県沿岸に南下、接岸することで、異常冷水が発生していた（黒田ら, 2018; Kuroda et al., 2020a)。さらに、オホーツク海の海上風を用いて、東樺太沖を南下する沿岸親潮水の起源水流量を準リアルタイムで推定することにより、岩手県沿岸における異常冷水発生の兆候を早期に検出できることに注目した。4割は空振りに終わるが、1カ月以上前に異常冷水発生の兆候を検出できることが本手法の長所である。本手法に基づく起源水流量の準リアルタイム監視システムは、震災プロ研後も運用を続けており、岩手県水産技術センターとの情報共有の役割を担っている。

ところで、話を元に戻すと、気候—海洋—水産資源変動間の関係を本格的に考え始めたのはここからである。1998～2012年において、日本周辺の夏秋季の気温は徐々に上昇傾向、冬春季の気温は徐々に低下しているという研究論文を発見した（Urabe and Maeda, 2014, SOLA, <https://doi.org/10.2151/sola.2014-037>)。同期間における北海道～三陸周辺の海面水温の変化傾向と一致していたのである。そこで、2000～2014年における日本周辺の海面水温を季節別に整理した（Kuroda et al., 2020b)。その結果、この間、日本周辺では徐々に水温低下（以下、寒冷化）が生じている海域や季節があることがわかった。即ち、寒冷化が生じていたのは北海道～三陸周辺海域だけではなく、具体的には、黒潮を含む日本南岸沖の亜熱帯循環域では、夏を除いて、海面水温は寒冷化傾向、一方、亜寒帯域では海面水温は徐々に上昇傾向（寒冷化はみられない傾向）、亜熱帯と亜寒帯の間に位置する北海道～三陸周辺の海面水温は冬春季に寒冷化傾向、夏秋季に徐々に上昇傾向を示し、2010年代中盤、当海域での季節水温コントラストが最も強まった。興味深いことに、日本周辺での寒冷化が最も進行した2014～2015年の海面水温は、代表的な低水温期である1980年代に匹敵する低水温を示した。

一方、海面水温は2014～2015年に下げ止まった後、段階的に上昇していた。2015年以降、急速かつほぼ同時に、日本周辺海面水温の寒冷化が終了していた。

さらに、マイワシ太平洋系群、カタクチイワシ太平洋系群、スルメイカ冬季発生系群、スケトウダラ太平洋系群、北海道太平洋サケについて、寒冷化がこれら水産資源の初期生活期に与える潜在的な影響を、既往の知見を用いて調べる、あるいは、総説すると、季節や海域に依存した海面水温の寒冷化は、2000年代中盤以降のマイワシ太平洋系群の資源量増加と、それ以外の魚種の資源量減少を体系的に説明できることがわかった（詳細は Kuroda et al. (2020b)）。

ただし、海面水温の寒冷化の原因は一つではない。北海道～三陸周辺の局所的な冬春季の寒冷化は、先に述べた冬季オホーツク海の循環の強化で説明できる。一方、黒潮を含む亜熱帯循環の寒冷化は海盆規模で生じており、広域の大気変動との関連が推察される。Urabe and Maeda (2014)では、1998～2012年における日本周辺の気温の変化傾向は、太平洋熱帯東部での La Niña-like な海面水温とのテレコネクションにより説明された。ただし、原因はそれだけではないはずである。冬季ユーラシア大陸中央部では、日本周辺よりも、より顕著な気温の寒冷化（中緯度寒冷化）が生じており、日本はその東側境界に位置している。中緯度寒冷化は気候学者の間でホットな話題であり、大気の内変動、北極海周辺の海水減少、熱帯域—極域の運動過程により発生する可能性が指摘され、現在でも論争は続いている。いずれにしても、黒潮を含む亜熱帯循環域における海面水温の寒冷化の原因は未だ特定されておらず、今後の研究の進展に期待したい。

さて、重要なことは、寒冷化で特徴づけられるこの十年規模変動は、従来の気候変動のストーリーでは説明できないことである。例えば、これまで、日本周辺の浮魚資源変動と気候—海洋変動との関係を考える際に、PDO（太平洋十年規模振動）との関係がしばしば論じられてきた。PDO インデックスにより、日本周辺の海面水温を温暖レジーム（PDO が負）と寒冷レジーム（PDO が正）に分けるという考え方である。2000～2014年のPDOは概ね負であり、上記の関係を用いると、日本周辺の海面水温は温暖レジームになり、マイワシとカタクチイワシの魚種交替の観点では、後者のレジームになる。しかし、実際には、2000～2014年にかけて、マイワシ太平洋系群の産卵期、産卵場周辺で海面水温の寒冷化が生じ、マイワシ太平洋系群の資源量が徐々に増加していた。このため、私は、2000年以降の日本周辺の海面水温と水産資源の状態を「unconventional regime」という言葉で表現した。日本周辺の海面水温が従来指摘されていたPDOとの関係を満たさないだけでなく、季節や海域によっては寒冷化傾向を示す。また、この寒冷化は、直線的な十年規

模の水温低下で特徴づけられ、ある期間の平均海面水温に基づくようなシフト解析では検出できない。要するに、顕著な寒冷あるいは温暖レジームではない中で、多魚種の間系に系統的な変動が生じたという点も、川崎 (2009, 岩波新書) の regime shift 論とは異なっているようである。

ところで、北東太平洋でも気候—海洋—水産資源変動についてよく似た報告がある。PDO や NPGO など、主要な気候インデックスと水産資源変動との間に従来見出されていた関係が、近年、成立しないという報告である。さらに、canonical な PDO や NPGO が、1988/1989 年以降、もはや存在しないとする衝撃的な報告もある (Litzow et al., 2020, PNAS, <https://doi.org/10.1073/pnas.1921266117>)。一方、現行で逐次更新される PDO や NPGO のインデックスは、定常を仮定して計算されるため、計算上、見積もることは可能である。しかし、もし、本当に canonical な PDO や NPGO がもはや存在しないのであれば、1990 年代以前に見出された、気候インデックスと水産資源変動間の関係が、現在、すでに成り立たないことは納得できる。さらに、同じ理屈を用いれば、2000 年以降の日本周辺においても、PDO は、もはや、海面水温や資源量変動の気候インデックスにはなり得ないことになる。いずれにしても、今後、気候—海洋—水産資源変動を考える際には、「過去に見出された気候インデックス—海洋—資源変動間の関係が繰り返さない可能性」と「地球温暖化が進行する中で我々の想像を超えた unconventional regime が過渡的に現れる可能性」を十二分に留意、想定する必要がある。

5. 今後の展望

極沿岸～沿岸域の環境把握と温暖化の影響評価そして沿岸漁業に資する研究にも注力したい—取り組みを開始した新たな方向である。今、日本中で漁業が苦しい時期にある。昔のように魚が獲れない、そんな声を度々耳にする。地球温暖化にともなう環境変化が喫緊の問題であることも間違いない。CMIP に基づく気候モデルの予測を用いて、沿岸環境や沿岸資源の将来予測が公表されることも増えてきた。しかし、CMIP の予測は外洋を対象としており、気候モデルで考慮されない潮汐流や河川流出等の物理諸過程が卓越する沿岸域では、正しい予測であるかどうかは極めて不確かである。一方、センセーショナルな研究結果がマスメディアで報道されると、予測の不確実性を知らない漁業者は、将来の漁業に対して悲観的にならざるを得ないのが現状である。

こうした状況で自然科学者として何ができるか？私がやるべきことは、新旧の研究素材を融合して、極沿岸～沿岸域の海洋環境を適切に把握すること、最新の技術で極沿岸～沿岸域の尤もらしい将来像を提示すること、現況の把握と将来像の提示のために、どの海域でも適用で

きるような一連の研究手順 (スキーム) を提案することだと考える。そして、最終的には、沿岸漁業者が将来の意思決定をできるように、できるだけ正しい情報を提供することを目指したい。すでに、道東沿岸を対象として、海洋—水産資源研究を開始した (Kuroda et al., 2018c; Kuroda et al., 2019)。この将来展望もまた一人の力では成しえないことである。今後も多くの関係者のサポートを受けながら、まっすぐ目標に突き進んでいけることを信じて、今後の抱負としたい。

6. 謝辞

本受賞にあたり推薦者ならびに 2019 年度学会賞受賞候補推薦委員会の委員の皆様には深く御礼を申し上げます。本受賞研究の中心となった海況予測システム FRA-ROMS の構築は、水産機構 (現東京大学) 小松幸生博士にチャンス頂き、同機構 瀬藤聡博士の献身的な協力とサポートなしでは絶対に達成できないことでした。また、FRA-ROMS の開発中に励ましの言葉や技術的なサポートを頂いた気象研究所 (現海洋開発機構) 蒲地政文博士、同研究所の関係者の方々に感謝の意を記します。さらに、水産機構 中田薫理事、堀井豊充理事、檜山義明監事からは何度も温かい励ましや充実した研究環境を頂きました。改めて感謝を申し上げます。

気候変動研究への誘いは水産機構 (現東京大学) 高須賀明典博士から頂きました。共同研究先のペルーへの渡航時に交わした同博士、水産機構 大関芳沖顧問や奥西武博士との議論が私の研究の裾野を広げたことは間違いありません。さらに、学生時代にいろはを教えて頂いた北海道大学 岸道郎教授、磯田豊准教授、愛媛大学 武岡英隆教授、水産庁 清水勇吾博士、ならびに水産機構でのライフワークを支えて頂いた FRA-ROMS チーム、A ラインメンバー、寒流第 1 グループをはじめとする水産機構の方々、地方自治体水産試験研究機関ならびに大学等の教育機関の関係者の方々に厚く御礼を申し上げます。

子供の頃に抱いた、自然が好きだ、海が好きだ、魚が好きだ、そんな漠然とした価値観に背中を押され、大学に進学し、自然科学研究を生業にできたことは本当に幸せだと感じています。こうした価値観は両親がくれた宝物だと思えます。奈良の片田舎で過ごした幼少期は、幼稚園にも保育園にも通わず、毎日、近所の専業農家に入りしました。自然とともに暮らす楽しさ、大らかさ、知恵を肌身で教えてくれた北浦さん御一家には心から感謝しています。最後になりましたが、研究以外の非科学的な私の居場所を与えてくれる家族にも、感謝の言葉を残します。

7. 引用文献

<http://cse.fra.affrc.go.jp/kurocan/SelfIntro/>を御参照下さい。

研究発表

若狭湾からその沖合域の高塩分水層の特性

○本間 駿*・兼田淳史*・大西 徹*・杉本 亮*・片岡剛文*

*福井県大海洋生資

キーワード：若狭湾・クロロフィル a 濃度・栄養塩・日本海

1. はじめに

日本海の対馬暖流域では、とりわけ夏季に明瞭に塩分鉛直極大が観察され、黒潮系水を起源とする対馬暖流を特徴付ける海水の特性となっており（小川, 1974）、その塩分極大層は同時期の栄養塩の極大構造が出現する深度と一致していたことが報告された（Kodama et al., 2015）。これらの知見は高塩分水層の時空間変化が栄養塩環境や一次生産を左右することを示唆しているが、若狭湾内とその沖合海域では高塩分水層の分布域やその変化について不明な点が多い。本研究では既得データを利用してこの海域の高塩分水層に注目し、時空間変動や栄養塩およびクロロフィル a 濃度分布との関連性について分析した。

2. 解析データ

福井水試が毎月実施している船舶による定線観測によって得られた 2001~2018 年の CTD、クロロフィル蛍光（相対値）のデータを分析した。また、沖合の海流の情報として、同時期の衛星海面高度計データおよび沿岸海況モデル (DREAMS_C) の計算結果を用いた。栄養塩は 2016~18 年にかけて上記の定線調査時に採水調査を行った時があり、その分析結果を参考にした。

3. 結果および考察

若狭湾を通る南北の観測定線（東経 135° 50'）の月ごとの平均断面図を作成し、高塩分水層の分布域やその時間変化に注目した。その例として、図 1 には 4 月と 8 月の平均水温、塩分、クロロフィル a の分布図を示している。高塩分水層に注目すると 4 月は冬季の鉛直混合の影響が残っており、海面下 100m 層まで層厚に存在している。水深 100m より深い層は右下がり、岸側の方が深い層に位置していた。8 月には成層化が進行し、表層は高温低塩分水で覆われ、高塩分水は若狭湾底層から沖合の水深 50-100m 層に存在していた。また、高塩分水層では栄養塩濃度が高くなる傾向が確認でき、Kodama et al. (2015) を支持していた。下段のクロロフィル a の分布図をみると、クロロフィル極大は高塩分水の上層に形成されることが多く、高塩分水に含まれる栄養塩は一次生産にも寄与していることがうかがえた。

高塩分水層の形成層厚や若狭湾側よりも沖合の方が浅い層に存在している理由について数値モデルや海面高度

計のデータを利用して検討したところ、対馬暖流の構造や沖合の冷水渦、測点 5 付近に位置する浅瀬の地形効果が影響している可能性があると考えられた。

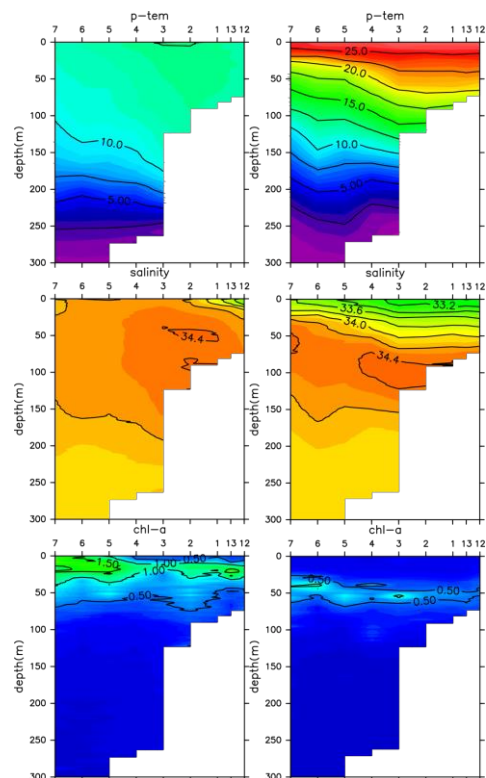


図 1. 2001~2018 年のデータを用いた 4 月と 8 月の平均水温、塩分、クロロフィル a 濃度の断面図。

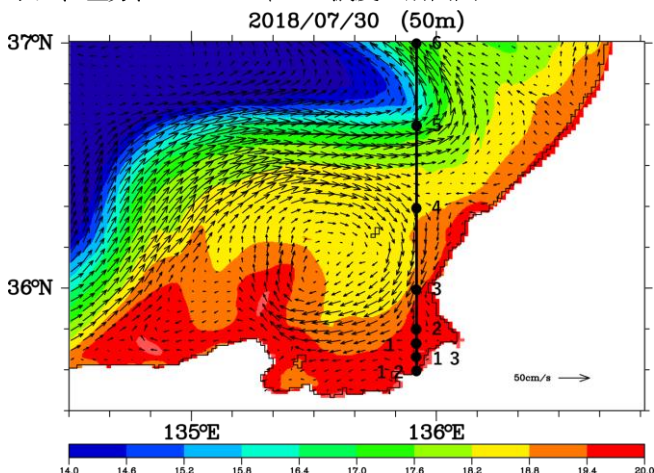


図 2 分析した高解像度数値モデルの結果の一例 (2018 年 7 月 30 日). 黒線は船舶観測の観測ラインを示す。

クラスター分析と機械学習を用いた 気仙沼近海延縄漁船団の操業分析

○佐々木皓文* 石村学志** 小川柚葉***

*岩手大学大学院 **岩手大学農・国立環境研究所 ***岩手大学農

キーワード：クラスター分析・機械学習・気仙沼近海延縄漁船団・漁場

1. 目的

気仙沼地域における近海延縄漁業は、その水揚げを含め、地域経済を支える重要な基幹産業であり、本漁業の持続的な経営は地域にとって大きな課題である。本漁業が安定的な漁業活動を目指す上で、より収益性が高く持続的な漁業へ転換を図る必要がある。本研究では、操業・市場データを統合・分析し、今後の魚価・資源変動や市場変化、自然災害などの不確実性に耐えうる、新たな最適航海戦略の追求を目的とする。そのために、操業位置情報から空間的漁場同定と解析を本稿では記載した。

2. 材料・方法

本研究では、航行地点の緯度経度、漁獲物、漁獲行動等を記録した気仙沼近海延縄漁業の操業データと、気仙沼港での漁獲物の販売を記した市況データを使用する。これを用いて、クラスター分析と機械学習による漁場の特定とその比較を行う。

研究過程では、統計分析ソフトのRを用いたクラスター分析によって、1~4月のシーズンに分割し船団の位置関係をマッピングすることで、操業が頻繁に行われる漁場の特定を行う。今回は、気仙沼市場に対する気仙沼近海延縄漁の水揚げが、比較的高い1~4月に絞ることで、本漁業におけるより効果的な航海計画の策定を行った。

平行して、クラスター分析の結果を教師データとし、機械学習による漁場の分類を行う。機械学習は、大量のデータから分類パターンを学習させ調整することで、未知データから高精度の予測を生成することが期待される。ランダムフォレストでは複数の決定木を作成することで、精度を保持した解析が可能となる。一方で、SVMは非線形の境界線を引くことから、識別能力が高く柔軟な結果が期待される。

機械学習では、数式として説明変数に操業座標間の距離行列、目的変数にクラスター分析結果を置き、分類モデルを作成した。次に、分類モデルの精度評価をする際に、ランダムに抽出したテストデータを用いて予測値を出力し、その精度結果を比較した。

3. 結果

機械学習による予測値の正確性は、予測値がどの割合で実値と一致するかを示し、1は完全一致である。精度評価の結果、SVMの正確性は0.9959、ラン

ダムフォレストの正確性も0.9959であり、同程度の高い正確性が示された。

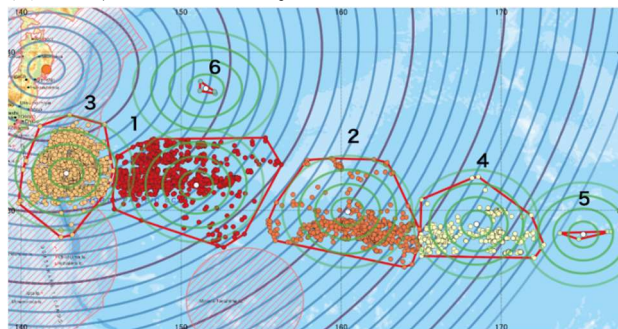


図1. クラスター分析の1~4月における操業座標図

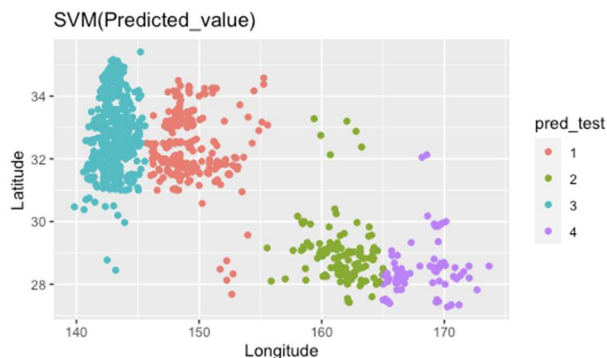


図2. SVMによる予測値の座標図

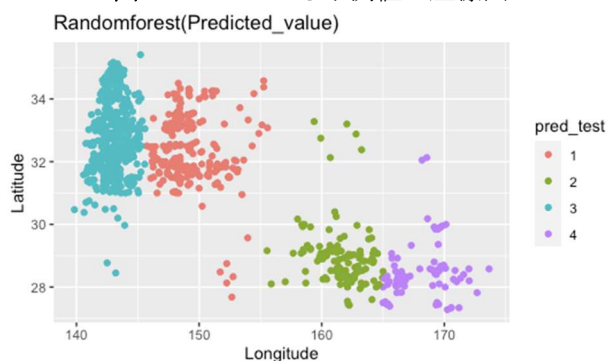


図3. ランダムフォレストによる予測値の座標図

4. 考察

精度評価を比較した結果、両者とも高精度の正確性を証明した。この結果から、機械学習を通じた分類モデルが、本漁業の操業分析と漁場特定に対しても有効であることが示唆された。このことから、漁獲魚種特性や海洋条件を加えた解析をすすめ、最適航海に向けた漁場特定へ発展させる。

近年の三陸沿岸のイサダ漁の漁況について

○岡崎雄二*・田所和明*

*水産機構・資源研

キーワード：三陸沿岸、イサダ漁、ツノナシオキアミ、東日本大震災

【はじめに】

イサダ (*Euphausia pacifica*, 和名：ツノナシオキアミ) は、現在国内で漁獲されている唯一のオキアミ類であり、三陸沿岸域に春を告げる重要な漁業対象種である。イサダ漁は2月から5月(盛期は3月~4月)にかけて行われ、東日本大震災前は4万トン前後の漁獲量があったが、震災後の漁獲量は低迷している(図1)。そこで、本研究では震災前後でのイサダ漁の操業実態を調査することで、漁獲量低迷の原因を明らかにする事を目的とした。

【方法】

解析に用いた資料は2004~2020年に全漁連東北事業所が集計したアミエビ水揚状況資料を用いた。資料には水揚漁港別(岩手県:久慈、宮古、山田、大槌、釜石、大船渡、宮城県:気仙沼、志津川、女川、石巻)の毎日の水揚量、操業隻数および単価が記載されている。なお、震災後福島県と茨城県では操業が行われていないため、さらに2020年漁期は極端に漁獲量、操業日数が少ないため、解析からは除外した。

【結果・考察】

①震災前(2004-2010)と震災後(2012-2019)の各水揚漁港別の平均操業日数を比較すると、岩手県、宮城県ともに操業日数に大きな違いは認められなかった(図2)。

②一方、震災前と震災後の各水揚漁港別の平均操業延隻数を比較すると(図3)、岩手県では震災前の42~71%、宮城県では0~111%となっており、宮城県志津川を除いて、大きく減少していた。そこで、震災前後の延隻数の比と漁獲量の比の関係をみると(図4)正の相関関係が認められ、震災後の漁獲量の減少は漁獲能力(操業隻数)の低下が大きな影響を与えている事が示唆された。

③近年、漁場探索時間の増加やイサダ魚群密度の低下が漁業者から指摘されている。また、2020年の極端な不漁は漁場付近への親潮系冷水の張り出し弱化が一因と考えられている。イサダ漁場の形成には親潮系冷水の消長が重要であるため、不漁要因の解明には今後このような海況の変化についても検討の必要がある。

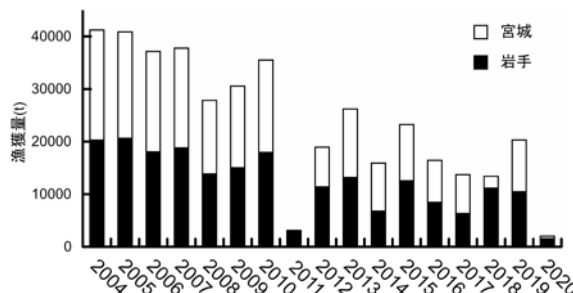


図1 漁獲量の経年変化

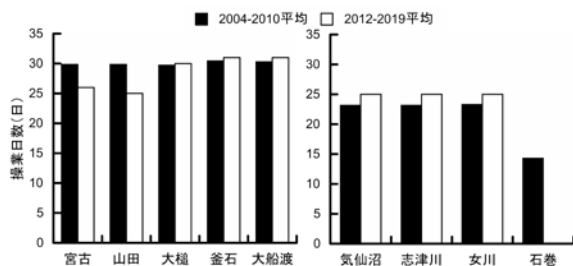


図2 震災前(2004-2010)と震災後(2012-2019)における水揚漁港別の平均操業日数

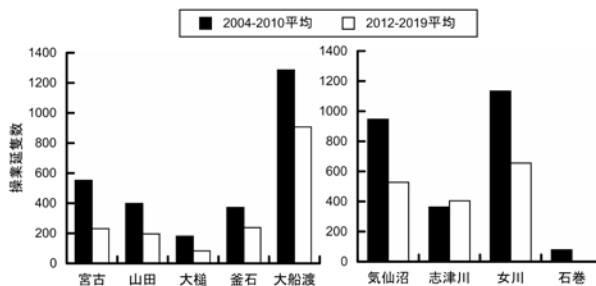


図3 震災前(2004-2010)と震災後(2012-2019)における水揚漁港別の平均延隻数

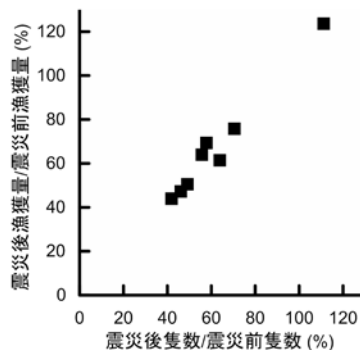


図4 震災前後の隻数比と漁獲量比の関係

サンマ回遊モデルによる初期漁場予測

○ 筧 茂穂¹, 阿保 純一¹, 宮本 洋臣¹, 富士 泰期¹, 渡邊 一功², 山下 秀幸³, 巢山 哲¹
(¹水産機構・資源研,²JAFIC,³JAMARC)

キーワード：サンマ・回遊・漁場・予測モデル

1. はじめに

サンマは北太平洋中高緯度域に広く生息し、その一部が秋季に日本近海に来遊し、このとき主に漁獲が行われる。日本の漁獲量は2000～2009年は安定的に20万トンを超えていたが、2010年以降、漁獲量が低下し、2019年には4.2万トンにまで低下した。日本およびロシアは主としてEEZ内で漁獲を続けてきたが、近年では台湾および中国による公海域での漁獲が増加してきている。これを受けて、2015年にはNPFCが発足し、国際資源として管理されるようになった。

水産機構では、毎年サンマの漁期前（6～7月）に北太平洋の中西部において資源量直接推定調査を実施している。この調査により、サンマは漁期前には主に東経155°以東に分布し、これ以西の海域には少ないことがわかってきた。資源量直接推定調査以降、沖合から日本近海に来遊してくると考えられる。これらの観測結果に基づき、我々は資源量直接推定調査のサンマの分布を初期値として、海洋循環モデル（FRA-ROMS）による水温・流れの再解析値・予測値を用いてサンマを回遊させるモデルを開発して、秋季における日本近海の漁場の形成時期、形成場所の予測の高精度化に取り組んでいる。本研究では、この回遊モデルを用いて2018年の初期漁場を予測した結果について報告する。

2. 方法

2007～2015年の5～7月にかけて水産機構開発調査センターが実施した漁期前公海サンマ調査の漁獲情報とFRA-ROMSの再解析の30～50°N、155～170°Eにおける0m深における水温データの解析から、サンマは7月31日までは初期位置（資源量直接推定調査での捕獲位置）のSST帯にとどまり、等温帯の北上にあわせて北上していることが明らかになった。回遊モデルでは7月31日まで、FRA-ROMSの流速による受動輸送を受けながら、等温帯にとどまる効果を組み込んだ。

8月1日以降もある水温帯にとどまるような回遊をさせるだけでは日本近海に来遊しない。そこで、8月1日以降は、等温線に沿って西方に回遊するようにし、その速度を1.5～3.0BL/s（0.5BL/s刻み）で変化させ、2010～2017年の秋季の日本近海での漁獲位置をよく

再現するよう、パラメータ調整した。その結果、2.5BL/sが秋季の日本近海での漁獲位置をよく再現した。

2018年7月中旬に、このモデルにFRA-ROMSの2ヶ月先予測水温・流速分布（0m深）を与えて実行し、2018年8月～9月中旬の初期漁場予測を行った。

3. 結果

8月中下旬には千島列島に沿って、9月中旬には千島列島沿いと択捉島の約300km南の沖合域に魚群が分布すると予測された（図1）。2018年の漁場位置と比較するとモデルの予測分布はよく一致していた。得られた回遊ルートの解析から、千島列島沿いを南下する群は漁期前には東経155～160°付近の比較的日本に近い場所に分布していた魚群であった。一方、9月中旬に沖合に分布した魚群は、日本からかなり離れた東経171°から来遊していた。

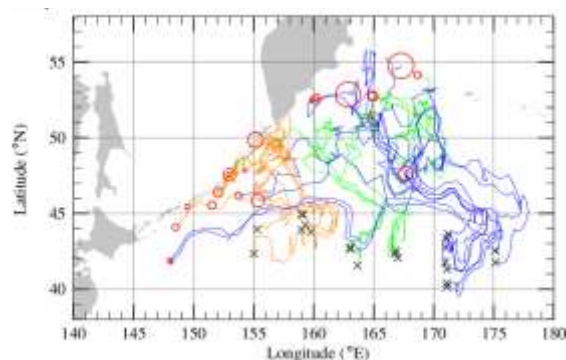


図1. 2018年9月15日（2ヶ月先予測）のサンマ魚群の来遊位置（○）。円の大きさは資源量直接推定調査時の分布密度に比例している。×は資源量直接推定調査における漁獲位置（粒子放流位置）を示す。

本研究は水産庁国際水産資源変動メカニズム等解析事業（補助）の一環として実施しました。また水産機構開発調査センターより平成19-27年度海洋水産資源開発事業（資源対応型：北太平洋さんま漁業＜北太平洋中・西部海域＞）のデータを提供いただきました。

噴火湾におけるスケトウダラ摂餌開始期仔魚の 摂餌強度に及ぼす餌密度および孵化チェック径の影響

○金谷 彩友美*・高津 哲也**・中屋 光裕**

*北海道大学大学院水産科学院 **北海道大学大学院水産科学研究院

キーワード：スケトウダラ，摂餌強度，噴火湾，母親効果

1. 目的

摂餌開始期の仔魚の摂餌の成否は，その後の生残を左右する要因の一つである．また，雌親魚の体サイズや栄養状態，成長履歴に由来する卵質が，仔魚の成長率や生残率に影響を及ぼす「母親効果」もいくつかの魚類で確認されている．産業重要種であるスケトウダラ *Gadus chalcogrammus* も，仔魚の成長率に及ぼす水温や餌豊度の影響，母親効果について検証されてきたが，これらを同時に比較・検証した研究はない．本研究は，主要産卵場のひとつである噴火湾で採集された仔魚を用いて，摂餌強度に及ぼす母親効果の影響を検証した．

2. 方法

スケトウダラ仔魚は，2016–2018年の2–3月に北海道噴火湾内で，北海道大学水産学部附属練習船うしお丸（179トン）を用いて，日出後3–8時間にプランクトンネット（口径80cm，目合0.335mm）の鉛直曳により採集した標本を用いた．仔魚は脊索長（NL），扁平石の孵化チェック径[μm]を測定し，日周輪を計数した．仔魚の摂餌強度は，摂餌個体数 F_i [餌個体数/仔魚]と摂餌体積 F_v [μm^3 /仔魚]で評価した．主要餌生物であるかいあし類ノープリウスは，6.8L型バンドン採水器と目合40 μm のハンドネットで採集した．仔魚の生息水温は，CTDで計測した水深15mの水温を用いた．

3. 結果と考察

3年間で，水温は3.8–5.0°C，平均かいあし類ノープリウス密度は 4.6 ± 2.3 個体/Lから 26.7 ± 6.1 個体/L（ \pm 標準偏差），脊索長4.85–7.0mmの範囲の仔魚の摂餌強度を比較した．摂餌強度は F_i ， F_v ともに，脊索長，水温，餌密度と有意な正の相関を示した（それぞれ脊索長： $r=0.48$ ， 0.48 ，水温： $r=0.34$ ， 0.34 ，餌密度： $r=0.33$ ， 0.34 ）．低餌密度環境下では珪藻類 *Coscinodiscus* sp.などの割合が高く，環境中のノープリウス密度が高まるにつれてノープリウスの捕食割合が高くなっていった（比率のクラスカル・ウォリス検定， $p < 0.001$ ）．

仔魚を脊索長で3群に分け，孵化チェック径を比較したところ，わずかに有意ではなかったが，大型群ほど平均孵化チェック径が大きい傾向を示した（一元配置の分散分析， $p=0.06$ ）．一方，3つの脊索長群の中で，孵化チェック径の小さい群と大きい群に2分して， F_v の中央値を比較した結果，小型と中型の体長群では有意差がなく（ U 検定， $p > 0.05$ ），大型体長群のみ孵化チェック径の小さい群の中央値が高かった（ $p < 0.05$ ）．摂餌強度は脊索長が大きいほど高まるものの，孵化前の卵径を反映する孵化チェック径の， F_v への直接的な影響は確認できなかった．今後，耳石日周輪の幅を用いて過去の成長率の差と摂餌強度の関係も検証し，成長履歴が摂餌強度に及ぼす効果を検証する必要がある．

東南極海ライギョダマシ初期輸送経路の解明

○森麻緒*・溝端浩平*・奥田武弘**・一井太郎**

*東京海洋大学**国際水産資源研究所

キーワード：東南極海・初期輸送・ライギョダマシ・衛星観測データ

1. はじめに

ライギョダマシ (*Dissostichus mawsoni*) は南極海高緯度海域を中心とした大陸陸棚斜面域に生息する大型魚類である。ライギョダマシは漁業対象種であり、「南極の海洋生物資源の保存に関する委員会」(CCAMLR)による統計モデルの資源量推定値を用いた漁獲量・漁獲域の制限がある。資源量推定において、初期ステージの全体資源への次世代加入は必要不可欠な情報である。しかし、産卵は冬季海水下で行われるため[1]、サンプル採取による産卵場・育成場の確定は難しい。東南極海域 (30°E – 150°E) では卵・仔魚共に発見された記録は未だにない。本研究では CCAMLR による東南極海域の成魚の産卵移動及びその卵・仔魚初期輸送仮説に基づいた産卵場候補から粒子追跡法を用いて、成功輸送経路及びそれに寄与する海洋物理場について検証する。

2. 研究方法

(1) 東南極海域における卵・仔魚初期輸送仮説

CCAMLR による卵・仔魚輸送仮説では成功輸送が起こる産卵場が主に(1)バンザレーバンクまたは(2)陸棚斜面であると仮定されている [2](図1)。また、体長組成データからプリッツ湾を中心とする大陸棚 (> 1000m) が稚魚の育成場であると推察されている[1,3]。

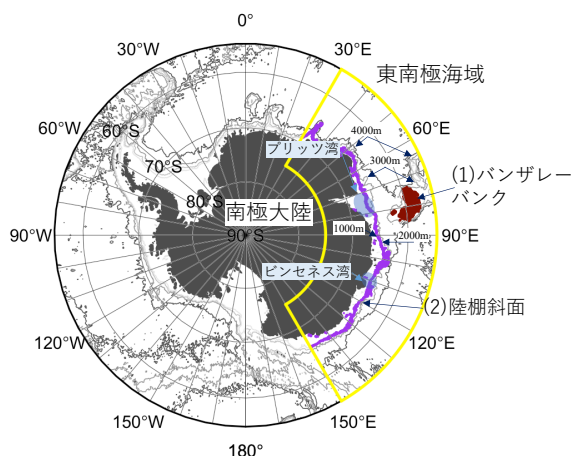


図1. 研究対象域

(2) 使用データ

卵が浮性卵であり、2歳未満の稚魚が表層で発見されていることから[1,4]、初期輸送は主に表層で起きていると仮定し流速場は衛星データから得られた地衡流

を主に用いた。海氷による欠損値を防ぐため、(1) 遠洋解放水面域は日平均流速場 (CMEMS) (<http://www.marine.copernicus.eu>)、(2) 遠洋海氷域は月平均流速場[5]、(3) 沿岸域は気候値流速場 (26 年分の CMEMS データ平均値) を実験に用いた。

(3) 粒子追跡法

粒子をバンザレーバンクと陸棚斜面にセットし、2011 – 2016 年の6月末から9月末までの間15日間ごとにリリースした。実験はタイムステップを1時間とし、4次ルンゲ・クッタ法を用いて2年間追跡を行なった。

3. 結果と考察

全ての実験結果を通してバンザレーバンクからリリースされた粒子のほとんどは、育成場である大陸棚に到達しなかった (成功輸送率平均1.3%)。一方で陸棚斜面からリリースされた粒子追跡実験では、常に60%以上の粒子が陸棚に輸送された (図2参照)。つまり、東南極海域におけるライギョダマシ次世代加入において、陸棚斜面は産卵場として重要な場所であると言える。

陸棚斜面から陸棚の成功輸送は、陸棚斜面に存在する再循環場が鍵となっていることがわかった。特にプリッツ湾やビンセネス湾では再循環場による局地的な成功輸送が発生した。一方で、成功輸送においてソースである陸棚斜面から沖に流出した粒子が多くあった。それらは南極周極流の南限 (SACCF) により東方輸送された後、複数の共通する再循環場にトラップされ陸棚へ輸送された。このことから、再循環場単体だけでなく、SACCF と再循環場の空間的構造が陸棚斜面→陸棚の成功輸送にとって必要不可欠であることが示唆できる。

5. まとめ

衛星データを用いた粒子追跡実験結果から、東南極海域において成功輸送が発生する主要な産卵場は陸棚斜面であること、その輸送に大きく寄与するのが再循環場及び南極周極流の南限であることが判明した。

参考文献

- [1] S. Hanchet et al., *Hydrobiologia*, 761, 397–414 (2015), doi:10.1007/s10750-015-2435-62. [2] SC-CAMLR, *Hobart, Australia*, (2009), available at <https://www.ccamlr.org/en/sc-camlr-xxviii.3>. [3] P. Yates et al., *Fish. Res.* 219, 105338 (2019), doi:10.1016/j.fishres.2019.1053384. [4] L. Ghigliotti et al., *Polar Biol.* (2018), doi:10.1007/s00300-018-2311-8.5. K. [5] Mizobata et al., *J. Geophys. Res. Ocean.* 125, e2019JC015994 (2020), doi:10.1029/2019JC015994.S.

黒潮周辺海域におけるマサバ仔魚餌料生物とその空間分布

○日高清隆*・上村泰洋*・岡崎雄二*

(*水産機構・資源研)

キーワード：マサバ・黒潮・黒潮流軸・低次生産

【背景と目的】

本州南方海域に産卵場を持つマサバの仔稚魚は黒潮とその周辺を輸送されながら成長していくとされる。輸送中の仔稚魚の生残に影響する要因としては、水温と餌料環境が想定される。餌料環境としては、餌料生物の分布量に加え、同所的に分布するマイワシ等の仔稚魚との競合についても考慮する必要がある。これらの分析においては仔稚魚の餌料生物についての知見が必要となるが、これまでの情報は限られていた。今回は、2015年の春季に本州南方から黒潮流軸にかけて採集されたマサバ仔魚の試料を分析し、餌料生物を明らかにした。また、それらの餌料生物の環境中の分布についても分析し、黒潮周辺海域におけるマサバ仔稚魚の餌料環境を評価した。

【材料と方法】

2015年4月に、東経137度から147度、北緯32度から38度の範囲で海洋観測および仔稚魚の採集を行った。各観測点では、CTDセンサーによって、水温・塩分の鉛直プロファイルを深度1000mまで取得し、クロロフィル濃度分析用の試料を0-200mの深度から採集した。動物プランクトンについては目合100 μ mのノルパックネットによる50mの採集物の分析結果を解析した。仔稚魚については、MOHTネットを用い、30m以浅に分布する仔稚魚を対象として採集を行った。仔稚魚はエタノール保存して持ち帰り、各個体の筋肉片からDNAを抽出し、電気泳動法による種同定した。このうちマサバと同定された仔魚について、顕微鏡観察による消化管内容物を同定した。

【結果と考察】

マサバ仔魚の餌料生物：同定された餌料生物としては、カイアシ類と尾虫類で90%以上を占め、他には枝角類やオキアミ類のファーシリア幼生などが確認された。カイアシ類の中ではカラヌス目が80%以上を占め、オイトナ科・オンケア科などのキクロプス目の個体の割合は低かった。属以下の分類群レベルまで同定されたカラヌス目カイアシ類は、ほぼ全て *Paracalanus parvus* s. l. であった。同定された餌料生物のサイズは2mm以下で、0.4-0.5mmのものが最も多かった(図1)。

餌料生物の分布：餌料生物の組成についての今回の分析での分類学的な解像度は限られたものであった。然し、主要な餌料生物として確認された尾虫類、カイアシ類、カラヌス目カイアシ類、*Paracalanus parvus* s. l. は、黒潮内側域から流軸にかけての分布密度が高い(図2)。従って、黒潮内側域の産卵場から流軸にかけてはマサバ仔魚にとっては良好な餌料環境であり、その中で黒潮流軸周辺は水温の面からも成長にとってのメリットが大きいと考えられるため、今回の結果はこれまでに得られているマサバ仔魚の輸送と成長に関する知見と整合的だった。

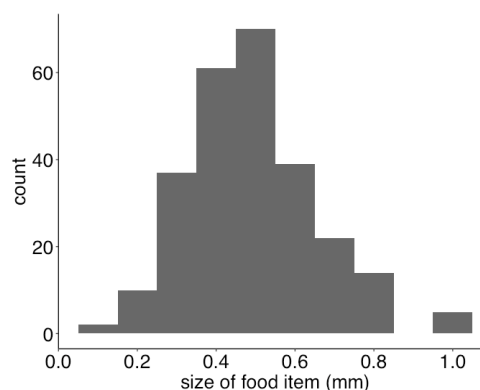


図1 マサバ消化管内容物のサイズ分布

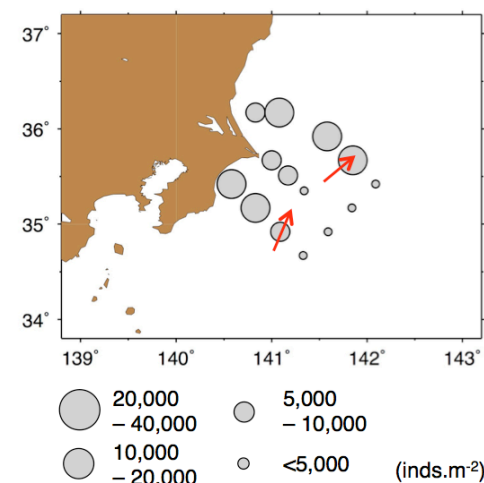


図2 2015年4月の調査での *Paracalanus parvus* s. l. の水平分布

種内・種間競合によるマサバの肥満度の低下と生息水温の変化

○上村泰洋*・多賀 真**・由上龍嗣*・渡邊千夏子*・古市 生*

*水産機構資源研 ** 茨城水試

キーワード：マサバ・肥満度・密度効果・マイワシ

【背景・目的】 小型浮魚類をはじめとする魚類の多くは、種内・種間密度依存的に成長、栄養状態などが変化することが知られている。密度依存的成長・栄養状態の変動は、死亡率や再生産と関係することから、その変動プロセスの解明は、個体群動態の理解に不可欠である。小型浮魚類の中でも、トップクラスの漁獲量を誇るマサバは、太平洋海域において 2013 年に極めて大きな卓越年級群が発生して以降、資源量が急増し、成長や肥満度の低下が起きている。さらに、マイワシも近年増加傾向が続いていることから、マサバとの競合関係にも注目が集まっている。本研究では、マサバの栄養状態の変動メカニズムを明らかにすることを目的に、マサバ・マイワシ現存量、水温、海流の肥満度への影響を季節別に検討した。

【材料・方法】 2006 年～2018 年に漁獲後、年齢査定が行われたマサバのうち、2006～2016 年級群 1 歳以上の 8,279 個体を解析に使用した。年齢起算月は 4 月とし、栄養状態の指標として、各個体の相対肥満度 (K_n) を求めた。過去の知見をもとに、4～6 月を産卵期、7～9 月を北上期、10～12 月を南下期、1～3 月を成熟期として標本を区分した。各個体の漁獲地点の緯度経度情報と FRA-ROMS を用いて、水温データを抽出し、生息水温とした。マサバとマイワシの現存量の指標値は、個体の漁獲年におけるマサバとマイワシの 1 歳魚以上の資源尾数とし、海流の指標として、月別の親潮第一分枝の南限緯度 (SFOI) を用いた。

先行研究を基に、魚類の生息水温は密度によって変化すること、生息水温がマサバの肥満度に影響することを想定し、肥満度に対する現存量の直接的影響と、水温を介した間接的影響を仮定した解析を行った。すなわち、混合効果モデルによって、 K_n を応答変数、生息水温、マサバ現存量、マイワシ現存量、SFOI、年齢、漁獲緯度、漁獲経度を説明変数、操業 ID と性別をランダム効果とする K_n モデルと、生息水温を応答変数、マサバ現存量、マイワシ現存量、SFOI、年齢、漁獲緯度、漁獲経度を説明変数、性別をランダム効果とする生息水温モデルを構築し、piecewise Structural Equation Model (SEM) で、マサバの肥満度と生息水温に影響した要因とその影響の度合いを時期別に検討した。

【結果・考察】 マサバ肥満度は、時期によって変動パターンは異なったが、近年ほど低下傾向を示し (図 1)、生息水温も低下傾向を示した。図 2 は piecewise SEM の解析結果のうち、AIC を基準に選ばれたモデルのパス図で、標準化偏回帰係数を示した。マサバ現存量は、成熟期を除くすべての時期に、マイワシ現存量は産卵期と北上期に、マサバの肥満度に対して負の影響があった。また、それぞれの現存量は生息水温にも影響していた。一方で、生息水温による肥満度への影響は時期によって符号が異なったものの、影響の強さは比較的小さかった。肥満度に対する種内・種間密度の直接的影響は、水温を介した間接的影響より大きかったことが示唆された。SFOI も南下期のマサバ肥満度に強い直接的な影響があった。今回の結果における密度や SFOI の直接的影響は、餌料環境の影響を含蓄していると考えられるため、餌料を巡る種内・種間競合によって、近年のマサバの肥満度が低下した可能性が高い。

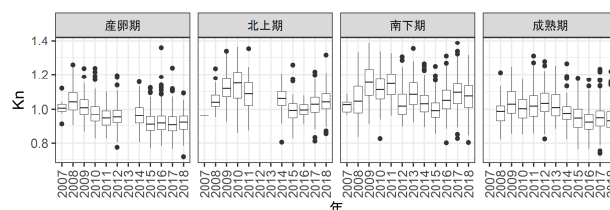


図 1. マサバ K_n の時期別年別のボックスプロット

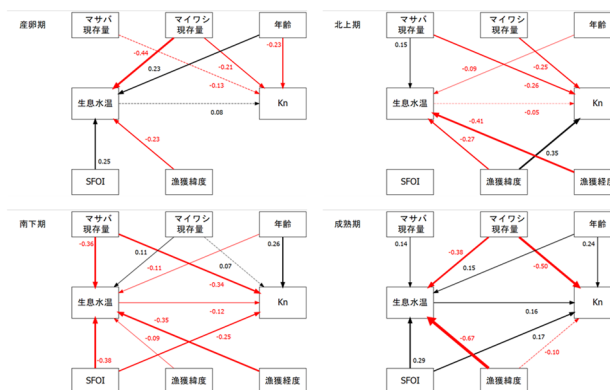


図 2. マサバ K_n ・生息水温モデルのパス図。実線は 5% 水準で有意な係数、点線は有意でなかった係数を示す

マサバ太平洋系群の初期生残における 房総・鹿島灘海域の餌料環境の重要性

○多賀 真*・上村泰洋**・山下 洋***

*茨城水試 ** 水産機構 ***京大フィールド研セ

キーワード：マサバ，初期生残，餌料，成長

【目的】マサバ太平洋系群（以下、マサバ）は、マイワシやカタクチワシと同様にレジームシフトに応じて資源量の変動することが知られる。イワシ類は黒潮統流域の環境の変化によって魚種交替が起こるとされているが、マサバについては環境と資源変動の関係はほとんど分かっていない。一方で、マサバは稚魚期までの成長速度が速いほど加入尾数が多いことや、仔稚魚よりも未成魚の方が初期成長が速いことから、生活史初期から成長速度選択的減耗が働くと考えられている。マサバ仔稚魚の成長速度には水温と餌料密度の両方が影響し、水温環境が好適な年に加入が良くなることが海況モデルから示唆されているものの、餌料環境の面から初期生残との関係を調べた知見はない。本研究では、マサバの主産卵場である伊豆諸島周辺海域から、仔稚魚の成育場である黒潮親潮移行域までの輸送経路となる房総・鹿島灘海域の餌料環境に着目し、マサバの初期生残との関係を検討した。

【材料と方法】房総・鹿島灘海域において、マサバの主産卵期（4～6月）をカバーするよう2015～2018年の3～7月に、マサバ仔稚魚と餌料プランクトンを調査船により採集した。餌料プランクトンはNORPACネット（100 μ mメッシュ）を使って、各月6地点程度で30m深から表層まで鉛直採集した。採集したプランクトンのうち、同時に採集したマサバ仔稚魚の胃内容物分析で出現した種（枝角類の*Evadne*属、カイアシ類の*Acartia*属、*Paracalanus*属、*Oithona*属、*Oncaea*属、ノープリウス幼生）の合計密度（mgC/m³）を地点ごとに求め、各年に採集を行った27～37地点における平均餌料密度を算出した。この年平均餌料密度と、同年級の再生産成功率（RPS）との関係を調べた。

房総・鹿島灘海域の餌料環境とマサバの初期成長速度との関係を調べるため、餌料採集を行った翌年にまき網または底曳網で漁獲されたマサバ未成魚越冬群（1歳魚）の初期成長速度を調べた。2015～2018年級群の各年級16～29個体から耳石を摘出し、水平方向に両面から研磨して核付近の輪紋間隔を計測した。

【結果と考察】餌料密度は2015年と2016～2018年の間に有意な差が認められ、2016年と2018年には餌料密度

が高い地点がみられた（図1）。また、年平均餌料密度が高い年にRPSも高い傾向がみられた（図2）。未成魚越冬群の成長速度は2018年級群が最も速く、次いで2015年級群、2016年級群、2017年級群の順であった（図3）。以上から、RPSが高い2018年級群は、生活史初期において良好な餌料環境を経験し、これにより初期成長が速く、初期生残が高かったと推察された。ただし、他の年級群においては餌料密度とRPS、初期成長速度は必ずしも対応しておらず、水温や選択圧の違いなど他の要因についても検討する必要がある。また、本研究は限られた年、限られた調査点数での結果であることや、コホート解析における新規加入量の推定値は直近年ほど不確実性が高く、今後の資源評価でRPSが見直される可能性が高いことから、現段階では決定的な結論は得られないが、マサバではイワシ類と比べてより沿岸の環境条件が資源変動に関係している可能性が示された。

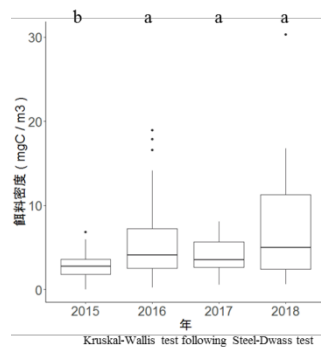


図1. 年別餌料密度

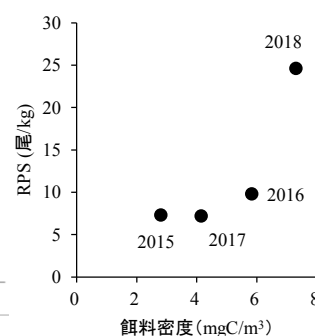


図2. 餌料密度とRPSの関係

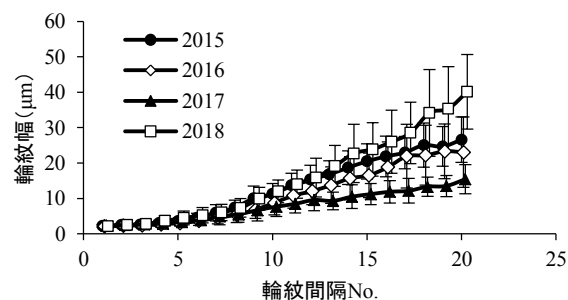


図3. 未成魚越冬群の年級別初期成長速度

定量的な環境 DNA 分析による魚礁効果の検証： 千葉県館山湾海域の高層魚礁周辺の魚類相を対象に

○佐藤允昭¹、井上誠章¹、南部亮元²、古市尚基¹、今泉智人¹、潮雅之³

¹水産機構水技研、²国際農林水産業研究センター、³京都大学白眉センター

キーワード：イサキ、定量 MiSeq、MiFish、マダイ、メタバーコーディング

【目的】

人工魚礁は漁場造成の手段として全国の沿岸域に多く設置されている。人工魚礁の効果は潜水観察、魚群探知機、試験操業、標識放流などにより魚礁周辺の魚類相・密度を調べることで検証されてきたが、手法により労力が大きいことや魚種が判定できないといった課題がある。近年、水中の環境 DNA を分析することで生物の在・不在や生物量を推定する研究例が増えてきた。この手法には潜水や試験操業に比べて短時間で多地点の調査が可能という利点があり、魚礁周辺の魚類相とその生物量の把握に適用できれば、より簡便に魚礁の集積効果やその空間範囲の判定が可能となる。そこで、環境 DNA 分析により魚礁周辺の魚類分布が把握可能か検証するために、千葉県館山湾海域の高層魚礁（AR1：高さ 30m）からの距離別（図 1）に採水し、多魚種を対象にした定量的な環境 DNA 分析（メタバーコーディング解析）を行った。

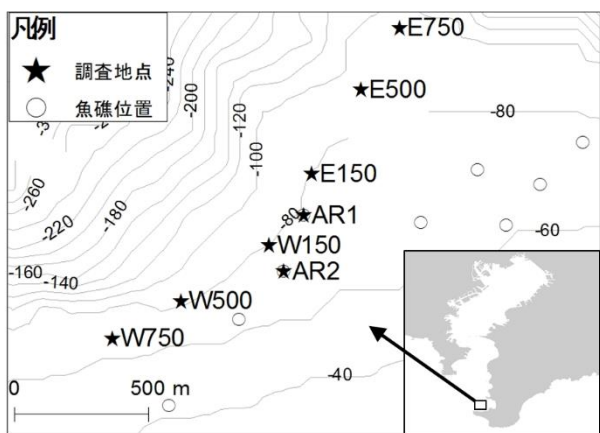


図 1. 千葉県館山湾海域の調査点と魚礁の位置（等深線は水深 20m 毎に表示）

【材料と方法】

本調査では 2018 年 5 月 23 日に調査船たか丸（水産研究・教育機構所属、61 トン）により 8 地点（図 1）の中層と底層で海水を各 2 回採水した。32 サンプルについて、2L を船上で Sterivex フィルターを用いてろ過した。ろ過フィルターから DNA を抽出し、魚類ユニバーサルプライマー（MiFish）を用いる 1stPCR 及びサンプルタグをつける 2ndPCR を行った。その後、Illumina 社製の次世代シーケンサ MiSeq によりシーケンスした。なお、本研究では 1stPCR の際に DNA 濃度（コピー数）が既知の“標準 DNA”を混合し、シーケンス結果の各魚種のリード

数から検量線により DNA コピー数を定量した（“定量 MiSeq 法”；Ushio et al. 2018）。

【結果と考察】

採集した 32 サンプルについて、“定量 MiSeq 法”により解析したところ、96 魚種が確認された。魚種の種数は魚礁からの距離と明瞭な関係がみられなかったが、魚類全体の DNA コピー数は魚礁からの距離が離れるほど小さくなった。また、DNA コピー数を基準にすると、調査海域ではキンメダイ、イサキ、マサバ、マダイ、マアジが優占していた。優占種の中でイサキとマダイについては魚礁周辺で最も DNA コピー数が高く、距離が離れるにつれてこの濃度が低くなる傾向がみられた（図 2）。このような魚礁からの距離に伴う DNA 濃度の低下傾向は、既往研究で報告されているイサキとマダイの魚礁への依存性（魚礁近くに多い）と一致しており、環境 DNA 分析により魚礁周辺の魚類の分布をある程度把握できると考えられた。発表では魚群探知機の散乱強度と環境 DNA 濃度の比較についても議論したい。

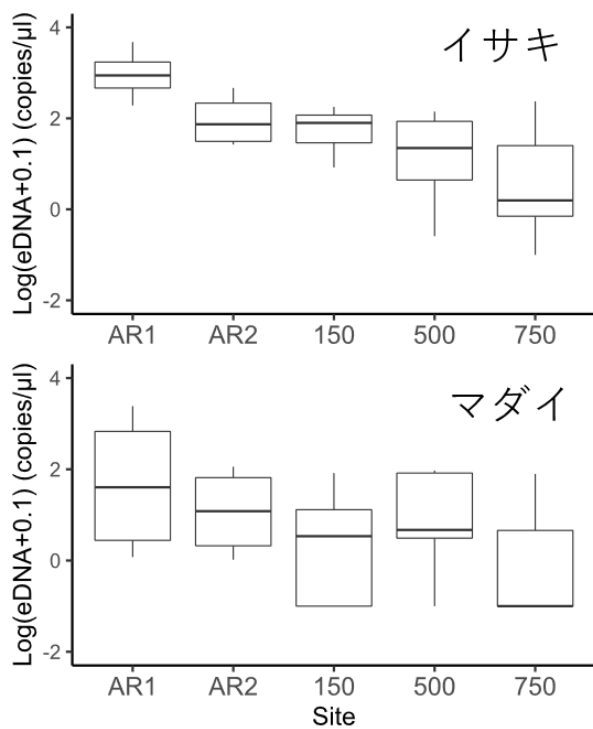


図 2. 高層魚礁からの距離別のイサキとマダイの環境 DNA 濃度（コピー数）

三重県における大型定置網の未利用魚投棄実態と 板鰓類混獲頻度推定

○河野侑太郎*・谷口兄**・金岩稔*

*三重大学大学院 **三重外湾漁業協同組合

キーワード：未利用魚・定置網・混獲

1. 研究の目的

定置網漁業は我が国沿岸における重要な漁業の一つである。また、受動的な漁法であることから、トロールや旋網などの能動的な漁法に比べて「環境にやさしい」と言われることがある。しかし、受動的であるという特性から、漁獲物の選択性が低く、漁獲の対象としない生物（以下、未利用魚）の混獲投棄が問題となっている。

しかしながら、これまで定置網の研究に用いられてきた漁獲資料は、一般に商業価値のある漁獲物（以下、利用魚）の販売結果をもとに作成されており、未利用魚については検討されている例に乏しい。そのため、多くの漁場において未利用魚の混獲投棄実態は明らかではない。

定置網漁業における未利用魚の投棄実態を明らかにすることで、定置網漁業の全漁獲状況を把握することができ、同時に沿岸域における魚群生態を解明する基礎的資料となると考えられる。また、未利用魚の混獲状況は漁業の持続性を評価する一つの指標としても有用である。

その中でも、海洋生態系の中で高次捕食者として重要な地位を占める板鰓類は、長が遅く、性的に成熟するまで時間がかかり、繁殖力が低いため、乱獲状態に陥りやすいと言われている。そのため、板鰓類混獲状況の把握は資源の評価・管理を行う上で急務である。

そこで本研究では、定置網漁業における未利用魚の混獲状況の把握に向け、三重県度会郡大紀町錦の大型定置網において、未利用魚混獲投棄実態と利用魚の漁獲状況を記録した。そして、その結果をもとに利用魚の種別漁獲重量から板鰓類の混獲頻度を推定するモデルを作成し、その妥当性について考察した。

2. 方法

三重県度会郡大紀町錦において錦大敷株式会社が経営する大型定置網を対象とし、未利用魚混獲投棄実態調査を行った。調査は2018 漁期年に27回、2019 漁期年に94回の計121回行った。未利用魚の採集は、定置網漁船に便乗し、漁獲物が船上に引き上げられた後の船上での粗選別時と、水揚げ後の選別時の二回に分けて行った。採集した未利用魚は、魚種別の体長・湿重量を記録した。利用魚については、三重外湾漁業協同組合神前浦事業所

錦からご提供頂いた販売伝票をもとに日別・魚種別総重量を集計した漁獲データを作成した。

解析はアンサンブル学習の一種である Random Forest を用いて行った。使用するデータは2019 漁期年データを用い、応答変数は板鰓類を科単位で分類したものの漁獲の有無とし、説明変数は漁獲月・板鰓類分類名・種別利用魚漁獲重量(110種)に設定した。調査日において板鰓類分類別で漁獲があった場合の実測値とモデルによる推定値が一致した割合を漁獲あり適合率、調査日において板鰓類分類別で漁獲がなかった場合の実測値とモデルによる推定値が一致した割合を漁獲なし適合率とそれぞれ定義した。そして、漁獲あり適合率と漁獲なし適合率が限りなく近くなる閾値を検討し、その際の実測値と推定値の合致率を総適合率と呼んだ。

得られたモデルに2018 漁期年データを代入し、板鰓類分類別漁獲の有無を推定し、適合率を算出することでモデルの妥当性について評価した。

3. 結果・考察

2018 漁期年における27回の調査では、80種、50214.6 kgが利用魚として、97種、442.4 kgが未利用魚として漁獲され、総漁獲量のうち未利用魚が占めた割合は約0.9%であった。2019 漁期年における121回の調査では、96種、283312.8 kgが利用魚として、141種、2051.7 kgが未利用魚として漁獲され、総漁獲量のうち未利用魚が占めた割合は約0.7%であった。その中でも、板鰓類が全未利用魚総重量のうち75%を占めた。

モデルは2019 漁期年データにおいては総適合率77%を示したが、2018 漁期年データにおいては、漁獲なし適合率が93%、漁獲あり適合率は15%、総適合率は85%となり、全体のパフォーマンスとしては低くはないが漁獲あり適合率は低かった。そのため、少なくとも閾値は年変動がある可能性が示唆された。

各変数の重要度(Gini indexの平均減少量)は、科分類名が一番高く、次いでマダイ、イサキ、チダイ、ムツ、マアジ、シイラ、飼料用小型魚の漁獲重量と続き、高頻度で漁獲される漁獲物が重要な変数であることが示された。

島根県浜田漁港で水揚げされた アカムツにおける年級群ごとの成長と資源状況の比較

○田中空太*・金元保之**・八木佑太***・沖野晃**・寺門弘悦**・金岩稔*
*三重大学大学院 **島根県水産技術センター ***水産研究・教育機構水産資源研究所
キーワード：アカムツ・耳石・成長・バックカリキュレーション

1. 目的

近年、アカムツ *Doederleinia berycoides* は需要の高まりに伴って適切な資源管理が求められている。また、アカムツは定期的に資源への加入量が極端に増える卓越年級群が発生することが知られている。本種のように卓越年級群の発生する魚種について、その加入群に対してどのように漁業を行うかは主に二通りの方法が考えられる。一つは成長乱獲を防ぐべく、十分に成長していない小型魚への過度な漁獲を避けるものである。成長乱獲を行うことは対象魚種の平均体長が減少するため、経済的に非効率である。一方で小型未成魚の加入が増加した分、漁獲も強めるという方法もある。もしも、資源量と若齢魚の成長に負の相関があれば、卓越年級群の小形魚は取り残した場合でも、市場価値の向上は乏しい可能性も考えられる。そこで本研究では年級群ごとの初期成長を推定し、資源状態と比較した。

2. 材料と方法

2017年から2019年まで、日本海南西海区において島根県の試験船島根丸によって漁獲されたアカムツと、島根県浜田市浜田漁港に水揚げされたアカムツを採集した。採集した個体は尾叉長と重量を測定し、生殖腺を用いて雌雄の判別を行った。その後、左右の扁平石を摘出し、薄層切片を作成したのち年齢査定を行った。また、耳石表面全体の面積を計測し、耳石面積-尾叉長換算式を作成した。換算式は尾叉長の対数値が正規分布に従う応答変数とし、全体の耳石面積の対数値と性別、漁獲月さらにそれぞれの二次交互作用を説明変数にとったモデルを初期モデルとしBICを評価基準とした総当たり法によるモデル選択を行った。得られた換算式に耳石面積として1歳輪内部の面積を代入することで、1歳時尾叉長を推定した。

調査を通じて1,106個体を採取した。そのうち1歳時の尾叉長推定が可能であった個体は755個体であった。

3. 結果と考察

計測と年齢査定から尾叉長、年齢、年級群のデータ範囲はそれぞれ、80-346 mm, 1-7才, 2009-2017年年級群であった。換算式は変数選択の結果説明変数に性別、耳石

面積及びこれらの交互作用をとるモデルが採択された。換算式を用いて年級群ごとに、1歳時の尾叉長がどのような傾向を持つか比較した(Fig.1)。2011年年級群の推定中央値は102.6 mmであったものが徐々に小型化し、2017年年級群の推定中央値は82 mmまで小型化した。



Fig.1 年級群別推定尾叉長

確認された推定尾叉長の減少が資源量に影響されているか明らかにするため、尾叉長の推移と浜田漁港における漁獲重量の変化を比較した(Fig.2)。解析を行った期間、浜田漁港にアカムツを水揚げする船団数に変化が少ないこと、漁獲する二艘曳き網による底曳き漁業は水揚げ日以外は、ほぼ連続的に操業を続ける形態で、その操業形態に大きな変化はないことから、この期間努力量は一定であると仮定し、漁獲重量を資源量指数として扱った。

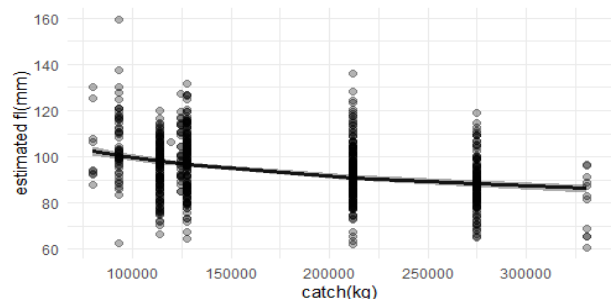


Fig.2 漁獲重量と推定尾叉長の比較

資源の増加に伴って推定尾叉長が小型化している様子が見て取れる。発表においては、尾叉長の小型化がどの世代の資源量に影響されるのかについても触れる。

ウバガイの加入量変動に及ぼす母貝の成熟と産卵期間の影響

○櫻井 泉*・飯村幸代**・巻口範人**・赤澤一貴***

*東海大生物 **道栽培公社 ***苫小牧漁協

キーワード：ウバガイ・加入量・苫小牧

1. 研究の目的

一般に浮遊幼生期を持つ海産底生無脊椎動物の多くは、加入量の年変動が顕著なことが知られている。こうした底生無脊椎動物の加入量を決定する要因には、繁殖期、浮遊幼生期、着底期および稚仔期の各生活史段階における環境条件が複雑に関与していると考えられている。一方、ウバガイ（ホッキガイ）は、北海道日本海南部を除く道内沿岸に広く分布する漁獲対象の二枚貝であるが、他の底生無脊椎動物と同様、稚貝発生量の年変動が著しく、稀に発生する卓越年級群に漁業が依存する例が数多く報告されている。そこで、本研究では、ウバガイの加入量変動機構解明の一環として親個体群の繁殖期に焦点を当て、北海道苫小牧海域において2014～2019年の6年間にわたって成熟および産卵状況をモニタリングするとともに、稚貝発生量との関係を解析した。

2. 材料と方法

2014～2019年の4～9月にかけて月1回の間隔で、苫小牧市西部海域の水深5～7mにおいて、操業用噴流式桁網（目合90mm）を用いて殻長90mm以上のウバガイを採集した。採集個体については、毎月30個体を無作為に抽出した後、殻長、全重量、軟体部重量および生殖巣重量を計測し、生殖巣指数GIを $[100 \times \text{生殖巣重量} / \text{軟体部重量}]$ により算出した。解析用資料として、北海道栽培漁業振興公社が毎年10月に同市有明沖水深5～7mで実施しているウバガイ当年貝の生息密度データ、および苫小牧漁業協同組合が毎年4月に漁場全域で実施している殻長90mm未満の補充群を含む資源量データを用いた。また、水温については、同市有明沖水深5mに設置した水温計により1時間間隔で計測されたデータを使用した。

3. 結果と考察

ウバガイの生殖巣指数は毎年4～5月にピークに到達したが、その値は年により変動した。また、ピーク到達後の生殖巣指数は各年とも6月に顕著に減少したが、7月まで減少が続く年もみられた。生殖巣指数のピーク値に資源量に乗じて算出した個体群としての配偶子形成総量の指標値と稚貝発生密度の間には相関は認められなかったが、産卵期間の長期化を指標する7月の生殖巣指数の変化率と稚貝発生密度の間には有意な正の相関が認め

られた。さらに、ウバガイの生殖巣の発達段階が成長期～成熟期に属する10～4月の積算水温と生殖巣指数のピーク値との間、および産卵期に相当する5～7月の積算水温と7月の指数変化率との間には有意な負の相関が認められた（図1,2）。以上より、苫小牧海域におけるウバガイでは10～4月の水温が低く推移するほど配偶子形成量は増加するものの、稚貝発生量は配偶子形成総量の多寡には依らず、産卵期間が長期に及ぶ年ほど多くなることが示された。また、産卵期間が長期化する原因の一つとして、5～7月の水温低下の可能性が示唆された。なお、産卵期間の長期化が稚貝加入に有利に働く理由として、浮遊幼生の出現期間が長期化することにより幼生が生息域内に滞留・着底する確率が増大し、その効果が特に7月生まれの幼生に強く働いていることが推察された。

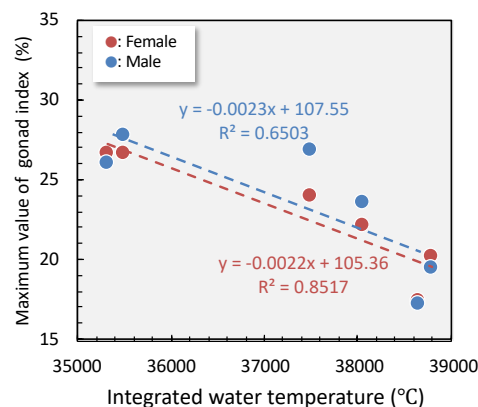


図1. 10～4月の積算水温とGIのピーク値の関係。

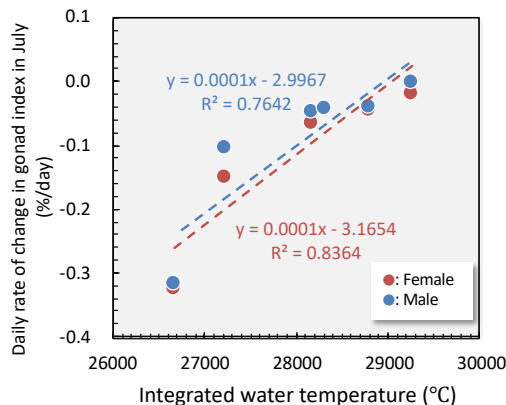


図2. 5～7月の積算水温と7月のGIの変化率の関係。

2020年の松島湾・石巻湾における種ガキ採苗時期の遅れ

伊藤博*・森山祥太*・竹内寛**・笈茂穂***

*宮城水技セ **IDDK ***水産機構・資源研

キーワード：マガキ・幼生・松島湾・石巻湾

1. 目的

宮城県は広島県に次ぐ養殖カキの産地であり、加えて、国内販売量の約80%を占める最大の種ガキ生産県でもある。種ガキの採苗はマガキ幼生が発生する7～8月に海中に採苗器を投入することにより、大部分が石巻湾および松島湾で行われている。東日本大震災以降、松島湾で採苗不良が起こったこと (Kakehi et al. 2016)、石巻湾で幼生の発生数と稚貝の付着数が減少していること (伊藤 2019) が報告されており、採苗のタイミングを計るための浮遊幼生調査の重要性が増している。

本報告では、2020年の松島湾および石巻湾におけるマガキ幼生の発生状況について報告する。

2. 方法

2020年7～8月に週1～2回、松島湾の3点および石巻湾の10点で目合75 μ mの北原式プランクトンネットを用い、2.5m鉛直曳きでマガキ幼生を採集した。幼生はサイズで区分し、250 μ m以上のものを大型幼生として計数した。調査の際、電気伝導率計を用いて表層の塩分を測定し、比重(σ_{15})に換算した。水温は松島湾桂島、石巻湾田代島の自動観測ブイで測定している表面水温を用いた。また、マガキ産卵の目安となる積算水温(600 $^{\circ}$ C)を算出した。積算水温Tは $\Sigma(T_i - 10)^{\circ}$ Cで算出し(T_i =各日の水温)、水温が10 $^{\circ}$ Cを超えた日より積算を開始した。

3. 結果

松島湾の水温は6月上中旬に高め、6月下旬～8月上旬まで低めに推移し、8月中旬に高めに転じた。積算水温は平年並みの7月5日に600 $^{\circ}$ Cを超えた。石巻湾も同様の傾向で、積算水温は平年並みの7月21日に600 $^{\circ}$ Cを超えた。

松島湾の比重は7月6日は18.9～20.2であったが、7月13日～8月14日にかけて14.9～17.3と低く推移し、8月20日～25日は18.1～19.9に回復した。石巻湾の比重は7月22日～8月11日にかけて沿岸寄りの測点で16以下と低く推移し、河口域では12を下回った。

松島湾では7月13、20日に全幼生が最大1,903～7,980個/100L出現したが、7月30日には最大371個/100Lに減少した。8月3日には全幼生が最大19,745個/100L出現したが、8月11日には最大1,113個/100Lに減少した。

この期間に大型幼生は7月20日に最大5個体/100L出現したのみであった。8月14日には全幼生が最大227,002個/100Lと大量に出現し、大型幼生も湾口部の1点で210個/100Lみられた。8月17日以降、全幼生数は減少したが、大型幼生が8月17日に最大5個/100L、8月20、25日に最大40～52個/100Lと増加した。

石巻湾では7月14日～31日の期間に全幼生数が1,000個/100Lを超えることはなかったが、大型幼生は沖合の2～3点で最大21～31個/100Lみられた。8月4日には全幼生が1点で15,245個/100L、8月7日には5点で10,560～14,970個/100Lみられた。大型幼生は8月4日は1点、7日は2点で21～36個/100Lみられ、11、19日にはそれぞれ7点で10～190個/100Lと多くみられた。

4. 考察

松島湾では平年並みの7月5日に積算水温が600 $^{\circ}$ Cを超え、7月13日以降、断続的に1,000個/100L以上の浮遊幼生がみられていたが、大型幼生が10個/100Lを超えたのは平年より大幅に遅れた8月14日が最初で、連続してみられたのは8月20～25日であった。石巻湾では小型幼生の大量発生がないにもかかわらず、7月22日以降、沖合の測点で断続的に大型幼生が出現した。松島湾の7月13日～8月14日の比重は18を下回る低い値となっており、低比重により湾内の幼生が石巻湾に流出したと考えられる。8月20日以降は比重が18以上に回復し、2点で10個/100L以上の大型幼生がみられ、この時期に採苗が行われた。松島湾では、2013年に低比重が原因でマガキ幼生が湾外に流出して採苗不良となっており (Kakehi et al. 2016)、2020年も採苗不良は避けられたものの同様の現象が確認された。

石巻湾では平年並みの7月21日に積算水温が600 $^{\circ}$ Cを超えたが、まとまった小型幼生が初めてみられたのは平年より遅い8月4日であった。8月11日以降、大型幼生が10個/100L以上みられ、この時期に採苗が行われた。日照時間の増加、水温上昇の要因となる梅雨明けが平年より遅れたことが幼生の発生に影響したと考えられる。

本研究は農研機構生研支援センター「イノベーション創出強化推進事業」の支援を受けて実施した。

東京湾のスズキの 統合型資源評価モデルの結果

○小池春子

株式会社シーフードレガシー

キーワード：資源評価・沿岸漁業・スズキ・東京湾

1. 目的

沿岸漁業の資源評価に使用するデータは各県の水産試験場が収集している事が多い為、調査対象の漁法が県ごとに違ったり、収集するデータの種類が異なったり、予算に余裕が出た時にのみに行える突発的な詳細なモニタリングなど長期的な統一性を求める事が困難な事があり、資源評価に存在する情報を全て活かさない時がある。しかし統合型資源評価モデルを使用すると、一つの大きなプロセスモデルを作成するため、漁獲データ、資源指標、体長組成、生活史パラメータなど様々な情報を一つの資源評価モデルに組み込む事ができる。

東京湾のスズキ漁業は、漁獲量、CPUE、体長組成、成長曲線など多様なデータが各県に存在しており、それら全てのデータを使用できるように統合型資源評価モデルの構築を本プロジェクトでは試みた。またモデル構築に Stock Synthesis (SS) を使用することにより管理戦略評価が容易に行えるようになり、漁業者自身が管理措置の効果をシミュレーションできるようにした。これを用いて持続的漁業を認証するエコラベルの一つである MSC 認証取得を試みる漁業者と共に、東京湾のスズキ漁業者が自発的な資源管理を行えるような管理システムを開発する予定である。

2. 資料と方法

資源評価に使用したデータは次の通りである：海面漁業生産統計から東京都、神奈川県、千葉県のスズキ類のみの漁法別漁獲量を 2003 年から 2018 年までとそれに加えスズキ類のみの合計漁獲量を 1956 年から 2018 年まで；小型底曳網標本船による「スズキ」、「フッコ」、「セイゴ」の銘柄別 CPUE を加藤・池上 (2004) の論文より 1992 年から 2002 年まで；千葉県沿岸重要水産資源平成 30 年度資源評価より千葉県の小型底引き網標本船による CPUE を 1988 年から 2017 年まで；生活史パラメータは Jiang et al.2018 の論文より丹後湾のものを使用した。また漁業者からのヒアリングから、1997 年よりマイワシが取れなくなったため対象魚種がスズキに移行した事が判明したため、この年をブロック年として指定して SS を使って資源評価を行なった。

3. 結果

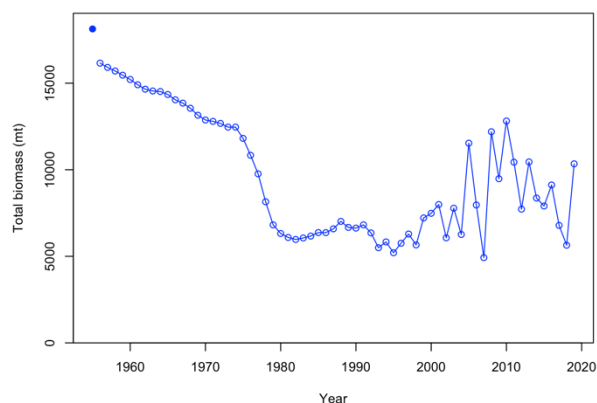


図 1.推定された東京湾のスズキの資源量の変遷

全てのデータを使用した資源評価の結果では、東京湾のスズキは対象魚種になる前より徐々に資源が落ち込んでいたが、近年は卓越年級がなどにより近年は継続した減少は起こっていないと推定された。

4. 考察

本プロジェクトでは単発的に行われた過去の体長組成の研究や、各漁法毎の漁獲、CPUE、生活史パラメータなど全てを使用することにより、データリミテッドとなりがちな沿岸漁業の資源評価方法の可能性を示す一例を示す事ができたと思われる。

エコパスモデルを用いた京都府沿岸域の漁業評価

○井上博*・澤田英樹**・Edouard Lavergne***・山下洋****

* 京大院農 ** 京大フィールド研 *** 西プルーターニョ大学 **** 京大森里海ユニット

キーワード：エコパス・漁業資源・漁業管理・生態系

【背景と目的】

近年、生態系ベースの漁業資源管理の必要性が世界的に認識されつつある。京都府沿岸域では、定置網を中心に多魚種が漁獲されているが、本海域における漁業と生態系との関係についてはほとんどわかっていない。そこで、漁業管理を目的として世界的に普及しつつあるEcopath with Ecosim (EwE)により、本海域における漁業資源の食物網構造を理解しそれに対する漁業の影響を調べた。

【材料と方法】

EwE version 6.6 を用い、京都府沿岸から水深約 240 m までの 2230 km² を対象海域とした。漁獲対象である 28 機能群を含む 40 機能群を選定し、1985 年と 2013 年の 2 つのモデルを作成した。以下に示す 5 つの生態学的指標値を用い両年の食物網構造、漁業の現状と生態系への影響を評価した。

1) MTI : mixed trophic impact (ある機能群のバイオマスの増減が食物網を通じて他の機能群に与える影響の指数)。

2) MTL : mean trophic level of catch (漁獲物の平均栄養段階)。

3) %PPR : primary production required (ある機能群の漁獲量を生産するために必要な基礎生産量)。PPR を対象海域の全基礎生産量で割った%PPR は、漁獲された機能群による基礎生産の利用割合を示す。

4) L : loss in secondary production due to fisheries catch (漁獲された機能群を餌として利用していた高次捕食者の食物量の損失を表す指数)。これは一般的に漁業種別に推定され、L が大きいほど漁業の生態系に対するインパクトが大きいと判断される。

5) Psust(%) : probability for the ecosystem to be classified as sustainably fished (ある海域の漁業が持続可能である確率)。Psust が 75%以上の場合に漁業が持続的であると判断される(Coll et al. 2008)。

【結果と考察】

単位面積あたり漁獲量は、1985年の21.6 t/km²/yから2013年には4.0 t/km²/yと大きく減少していた。特に、マイワシが1985年の15.84 t/km²/yから2013年には0.34 t/km²/y

まで激減した。この間に巻き網漁業が縮小し2013年には定置網が主要漁業となった(全漁獲量の88%を漁獲)。この変化はMTIに明瞭に反映され、2013年にはマイワシの影響が激減した。またMTIでは、小型浮魚のバイオマスの変化は他の機能群に大きな影響を与えなかったが、高位捕食者の変化はその餌生物に強く影響した。

各機能群の栄養段階は、ベントスの2.00からマグロ類の4.34までの範囲にあり、MTLは1985年の3.04から2013年には3.31に上昇した。これは、食物段階3.11のマイワシの減少やブリ(3.62)やサワラ(3.62)などの高位捕食者漁獲量の増加などが原因と考えられた。

%PPRをみると、主に巻き網で漁獲されていたマイワシ、サバ類、マグロ類が、それぞれ1985年の4.84、2.58、2.14から2013年には0.32、0.12、0.86に減少した。一方、1985年と比較すると2013年にはサワラ(0.24→2.25)とブリ(0.97→1.68)の%PPRが顕著に増加した。漁獲物全体の%PPRは、1985年の14.73から2013年には8.87に減少した。これは小型浮魚類漁獲量の減少が主な原因と考えられる。また、全漁獲物%PPRの減少は、漁業による沿岸域基礎生産力の利用率が減少したことを意味している。

本海域で推定されたLは1985の0.051から2013年には0.023に低下した。Lの低下は漁業の生態系に対する影響が減少したことを示す。

また、Psustは、1985の45.0%から2013には77.6%に上昇した。よって、1985年から2013年間に漁業による生態系への影響が低下し、漁業と生態系とのバランスの中で、2013年の方がより持続的な漁業が営まれていると評価することができる。特に、Psustの77.6%は持続的な漁業の基準である75%を越えており、京都府沿岸の漁業と生態系のバランスが良好な状態にあることを示した。

しかしながら、サワラの増加やマイワシの減少は地球温暖化やレジームシフトと関係しており、本海域でみられた漁業の生態系に対する影響の低下は環境と生態系の変化によるものと考えられる。今後はEcopathモデルの対象海域を拡大するとともに、環境変化の影響も含めたモデルの構築により、地域の漁業資源の生産構造の変化を予測し、地域の特性に合わせた持続的な漁業方策を検討できる手法の確立が必要である。

福井県における底びき網漁船への 電子操業日誌導入とその活用事例

○元林裕仁*・瀬戸久武*・手賀太郎*・藤原邦浩**

*福井水試・**水産機構・資源研

キーワード：底びき網・電子操業日誌・大型クラゲ・資源管理

1. はじめに

底びき網漁業における漁獲状況は、各漁船に義務付けられている漁獲成績報告書（漁績）によりおよそ把握することが可能である。しかし、漁績の様式は、日ごとの主に操業した農林漁区（緯度経度 10 分メッシュ）の番号、曳網数、指定された魚種（30 種程度）の漁獲量を記載する形になっており、資源評価や管理に重要な小型魚の入網状況や、未利用魚の出現状況などを把握することはできない。また、漁績は集計にも時間を要するため、刻々と状況が変わる漁業現場の詳細な把握やそれに即した解析もしづらい。そこで、本県ではこれらの課題を解決するため、底びき網漁船に電子操業日誌を導入し、迅速な操業情報の収集に取組み始めた。本年は、大型クラゲの入網が散見され、漁業被害防止の観点から大型クラゲの入網状況の迅速な情報配信への活用も期待されることから、今回、電子操業日誌の活用法の1つとして、大型クラゲの入網状況把握にも有効であるか検討を行った。

2. 方法

本県所属の底びき網漁船 5 隻に GPS データロガーおよび漁獲データ入力用タブレット端末から構成される電子操業日誌（株式会社環境シミュレーション研究所）を導入し、9月1日の底びき網解禁後より操業および漁獲データを収集した。電子操業日誌を導入する漁船の選定にあたっては、福井県沖を広く網羅できるように注意した。

操業日別の大型クラゲの入網数および CPUE（個体数/網）は、送信されたデータから大型クラゲの入網記録のみを抽出して算出した。その後、GIS ソフトを用いて緯度経度 2 分メッシュで集計し、海域別の出現状況を図示化するとともに、漁業者へ大型クラゲ入網情報として適宜提供を行った。

3. 結果

電子操業日誌を用いた集計結果の一例を図 1 に示す。9月1日から10月13日までのデータを基に、日別に大型クラゲの入網状況をみると、9月5日に25個の

入網が確認され、ゆるやかに増加を示しながら9月20日には最大となる136個の入網がみられた。その後、入網数は10月4日までは100個前後で推移し、それ以降、20個程度に減少した。CPUEは9月5日から0.7~12.1個/網で推移し、その増減は入網数とほぼ同調していた。

海域別に出現状況を集計したところ、福井県高浜沖および越前沖で大型クラゲの入網が多くみられた。出現のピークは両海域とも9月20日頃であったが、高浜沖ではその後も比較的長く入網がみられた。

これらの結果は、1航海ごとのデータ収集からとりまとめまで、最短で1日以内で行うことができ、漁業者への迅速な情報提供が可能であった。

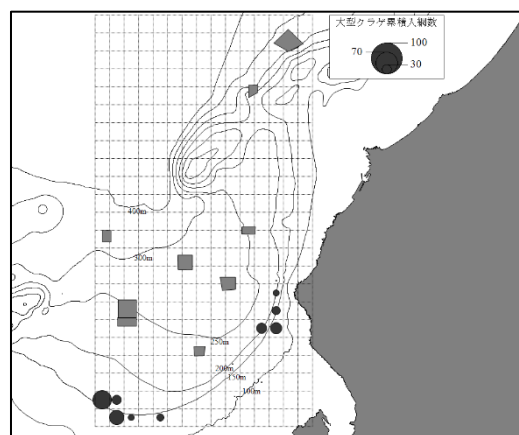


図 1. 2020 年 9 月における大型クラゲの累積入網数。

4. 今後の展開

今回導入した電子操業日誌を用いることで、漁績等では把握できない底びき網漁業の操業記録を迅速かつ詳細に収集することができた。今後、本県の底びき網漁業において、資源評価や管理に重要な小型魚の出現状況の把握をはじめ、重要種であるズワイガニの稚ガニの資源保護に電子操業日誌を活用していく予定である。

5. おわりに

本研究は、令和 2 年度水産庁委託事業 資源・漁獲情報ネットワーク構築事業の成果の一部である。

ブリのサイズ別漁獲量の時空間変化と資源管理の検討

○亘 真吾*・古川誠志郎*・久保田洋*

*水産機構 資源研

キーワード：漁獲量・盛漁期・年齢・大海区

1. 背景

ブリは我が国における重要水産資源の1つで、産卵から加入に至る初期生活史、未成魚・成魚の移動回遊などの知見を踏まえ、太平洋、日本海、東シナ海に分布する資源を単一の系群として資源評価が行われている。広域を移動回遊する生物学的特性から、盛漁期は海域により異なるが、資源評価では年集計の情報を扱うことから、全国的な海域間の漁獲の月変動や盛漁期の傾向などは、これまで十分に検討されてこなかった。本報告では、年齢群、海域ごとの漁獲量の時空間変化、盛漁期を把握するとともに、生物学的特性を加味した資源管理について考察した。

2. 方法

2010～2018年の都道府県別月別銘柄別漁獲量と年齢・銘柄関係に基づき、都道府県別月別年齢別平均漁獲量に変換した。さらに、漁獲統計の大海区別、小型魚(0・1歳)と大型魚(2歳以上)に集計し、大海区別月別年齢群別漁獲量を算出した。海域間、年齢群間の漁獲の月変化の類似性を検討するため、大海区別月別年齢群別漁獲量をクラスター分析より分類した。類似度はEuclidean距離を用い、クラスター間距離の測定はウォード法を用いた。年齢群別漁獲量の月変化から、年間で最も漁獲量の多い月を盛漁期と判断し、海域、年齢群と盛漁期の出現時期状況を整理した。

3. 結果と考察

クラスター分析の結果、漁獲量の月変化は、全ての海区の小型魚と北海道区と太平洋北区の大型魚、それ以外の海区の大型魚の2つに大別された(図1)。前者は、さらに北海道区の集団と、その他の海区の小型魚主体の集団に2分された。また、後者は太平洋中区、南区、東シナ海区の大型魚の集団と、日本海の大型魚の集団に2分された。

月別漁獲量の分布から1年に2回、4月と10月に明瞭なモードが見られた。西日本(太平洋中区、南区、日本海西区、東シナ海区)、北日本(北海道区、太平洋北区、日本海北区)の2海域をそれぞれ小型魚と大型魚、計4グループに整理したところ、4月のモードは西日本の大型魚が漁獲の主体の盛漁期であり、10月のモードは西日本と北日本の小型魚漁獲が主体の盛漁期であった(図2)。

ブリの小型魚と大型魚、海域間で盛漁期が異なることが示された。産卵期は春で、産卵海域は、東シナ海と太平洋や日本海の西部の西日本である。成熟は2歳以上であることから、4月に盛漁期がある大型魚は産卵親魚に相当する。また、小型魚のうち、当歳魚は夏以降漁獲対象になり、1歳魚は夏から秋にかけて、北日本の海域に索餌回遊する。以上のことから年の前半の西日本における漁獲規制は産卵親魚保護に貢献し、年の後半の西日本、北日本双方における漁獲規制は未成魚保護に貢献する。努力量管理、数量管理いずれにおいても、特定のサイズの個体の保護を目的とした資源管理が実施できる可能性を示唆している。

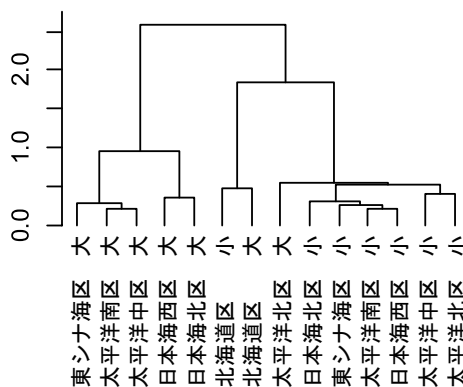


図1. 年齢群と海域のクラスター分析結果. 小は小型魚(0, 1歳), 大は大型魚(2歳以上)を示す

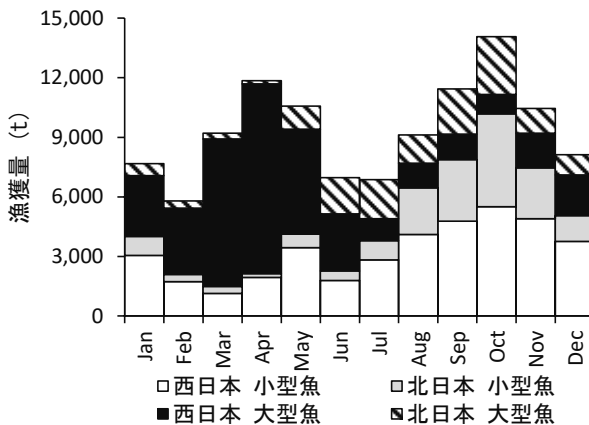


図2. 年齢群別月別漁獲量の推移

頑健な再生産関係の推定

○岡村 寛*・長田 穰*・西嶋 翔太*

*水産研究教育機構

キーワード：再生産関係，頑健推定，自己相関

漁業法改正により目標資源量に基づく資源管理が実施されることになった。目標値は最大持続生産量（MSY）を与える親魚資源量によって設定される場合が多く、そのもととなる再生産関係の推定が重要となる。しかし、再生産関係推定のもととなる親魚量と加入量の時系列データは、大きな不確実性を有し、また、環境の影響などにより強い自己相関を示すことが知られている。そのため、これまでの資源評価では、最小二乗法による従来の推定とともに、最小絶対値法による頑健推定も行われてきた。

最小絶対値法は、外れ値に強く、安定したパラメータ推定を行えることが知られており、ホッケースティック再生産曲線のような比較的安定した再生産曲線の推定に対して良い性能を示すものと考えられている。その一方で、解が一意に決まらないことがあり不安定となる場合があること、自己相関を伴う場合にどのような性能となるかについては詳細が分かっていない、といった問題もある。自己相関を考慮した最小二乗法のようにデータ間の依存性を推定することが可能でありながら、最小絶対値法のようにノイズの大きなデータから再生産パラメータを安定して推定できる方法があることが望ましい。

我々は、正規分布を利用して外れ値に頑健な推定ができる方法を開発した。加入量の観測値と再生産関係モデルの残差が大きくなった場合に、正規分布の分散パラメータも大きくするような構造を入れることにより、外れ値に頑健な推定モデルとなる。分散の増加に合わせて、自己相関を調整することにより、外れ値の影響を軽減して、自己相関を復元推定することが可能となる。

正規分布の分散パラメータをどの程度増大させるかを決めるのは困難であるが、time series cross validation と呼ばれる時系列手法に対する予測力制御手法を使って、cross validation 誤差を最小化することにより、分散の増大の程度を決定することができる。

シミュレーションデータを発生させ、そのデータにモデルを適用したときの真値との差を評価することにより、新たな方法の性能を調べた。

シミュレーションデータは、自己相関を伴う対数正規分布に従って親魚量を生成し、その親魚量に基づいて加入量を発生させた。加入量には、自己相関を伴う誤差を

付与するが、確率 10% で外れ値が生じるものとした。再生産関係はホッケースティック再生産曲線に従うと仮定した。シミュレーションによって生成されたデータは、

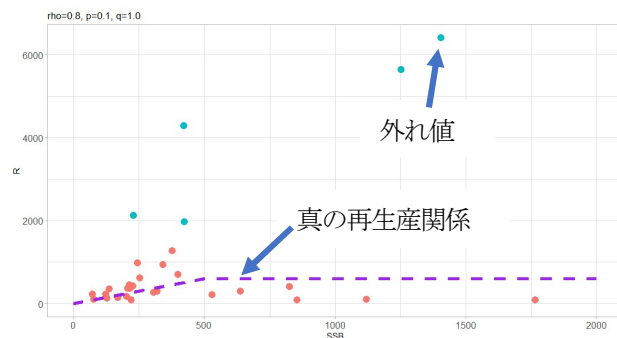


図1. シミュレーションで生成された再生産関係データ。

ベースの再生産曲線に比して大きな外れ値が混入したものとなる（図1）。

シミュレーションを行った結果、最小絶対値法、最小二乗法、提案した新しい手法による、漁獲なしの場合の漸近加入量と直近の加入量の推定誤差を評価したところ、最小絶対値法では予測の精度が悪化し、最小二乗法ではバイアスが大きくなるのに比して、提案手法はバイアス・分散ともに小さく推定され、最小絶対値法と最小二乗法両方の利点を持つことが確認された（図2）。

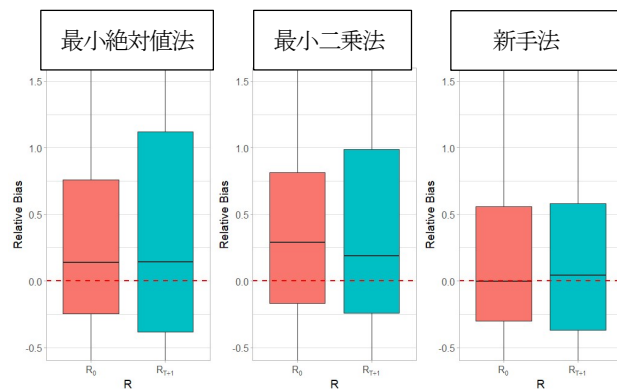


図2. シミュレーション結果. 左は長期予測, 右は短期予測に対応. 点線は真値の位置。

再生産関係の推定は持続的管理の中で非常に重要な役割を果たすため、本手法を使用することにより持続的利用に貢献できると期待される。

2012～2019 年秋季の北日本近海におけるサンマ 大型魚の可食部の粗脂肪含量・肥満度・来遊量の経年変動

○谷津明彦*・高橋清孝*・渡邊一功*・本田 修*
*漁業情報サービスセンター

キーワード：サンマ・来遊量・脂肪含有量・肥満度

1. 目的

サンマは寿命が2年で、北太平洋の広範囲に分布し、摂餌のために春季から夏季にかけて北上、産卵のために秋季に南下回遊を行うほか東西方向にも回遊する。日本のサンマ漁業は日本近海から沖合で棒受網により8～12月に営まれている。また、水産研究・教育機構では毎年6～7月に日本近海から西経域までの広範囲でサンマの資源量調査を行っている(漁期前調査)。日本のサンマの漁獲量の多寡は、主に漁期前調査における日本に来遊すると想定される1区と2区(西経177度以西)の資源量と来遊条件に左右される。これまで指摘されてきた来遊条件は、①親潮や暖水塊などの海況、②肥満度、③年齢(体長)組成である。谷津ほか(2019 水産海洋研究)は、2012～2017年のサンマ1歳魚の可食部の粗脂肪量(栄養状態)を応答変数とし、漁獲日・体長・漁獲年を説明変数とした重回帰分析から得られた各年の切片(粗脂肪量の水準を代表)が日本のサンマ漁獲量および標準化CPUEと有意な正相関を示すことを報告した。また、8月の脂肪量の多寡が南下回遊の開始時期や経路に影響するという仮説を提唱した。今回の発表では2018年と2019年のデータを追加し、谷津ほか(2019)の結果と仮説を再検討することを目的とした。

2. 材料

2012～2019年に北日本近海で漁獲されたサンマ1歳魚(肉体長29cm以上)1038個体の可食部の脂肪量、肉体長、体重を測定した。

3. 方法

脂肪量(粗脂肪含量%)の測定は、ポータブル型近赤外分光分析装置(FQA-NIRGUN)を用いた。肥満度は、 $1000 \cdot \text{体重}(\text{g}) \cdot \text{肉体長}(\text{cm})^{-3}$ として算出した。脂肪量または肥満度を応答変数とし、漁獲日(各年1月1日からの経過日数)、肉体長および漁獲年を説明変数とした重回帰分析を行い、モデル選択はAICに基づき行った。重回帰分析では、年はカテゴリカル変数とし、漁獲日と肉体長は中心化した。ベストモデルの各年の切片を脂肪量と肥満度の各年の指標値とし、日本のサンマ漁獲量と漁期前調査の資源量との相関関係を求めた。統計的解析方法の

詳細は谷津ほか(2019)に従った。

4. 結果

重回帰分析の結果、脂肪量・肥満度とも切片、漁獲日、体長、年から成るモデルが選択された。各年の肥満度を代表する切片は日本のサンマ漁獲量と6～7月の資源量(1区+2区)と有意な正相関を示したが、脂肪量では有意な順位相関がみられなかった(図1)。

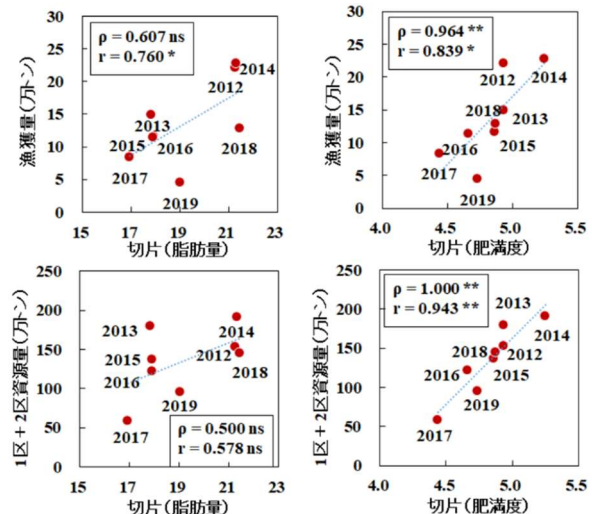


図1. 脂肪量(左)と肥満度(右)の指標値と日本のサンマ漁獲量(上)と資源量(下)の関係

ρ : スピアマンの順位相関係数

r : ピアソンの相関係数

** : $P < 0.01$, * : $P < 0.05$, ns : $P = 0.05$

図中の数値は年を表す

5. 考察

2019年はサンマの分布が沖合化したため、今回の結果にバイアスを与えた可能性がある。脂肪量よりも肥満度(測定が容易)の方が来遊量の説明要因としては優れていたが、この原因として観測誤差が肥満度の方が小さい可能性が考えられる。肥満度の指標値と漁期前資源量が正相関を示したことは、6月までに肥満度と来遊量の関係が決定している可能性を示唆するが、主な索餌が夏季の亜寒帯域であることから、データの蓄積と詳細な検討が必要である。

カタクチイワシ太平洋系群の資源変動と環境要因との非線形的関係

稲石 響・鈴木直樹*

*海洋大

キーワード:カタクチイワシ・マイワシ・魚種交替・加入量

背景と目的

カタクチイワシ *Engraulis japonicus* 太平洋系群とマイワシ *Sardinops melanosticus* 太平洋系群は逆位相の資源変動を指摘されており、この現象には海洋のレジームシフトと、それに対する両種の応答の違いが関係することが示唆されている。これを踏まえ、本研究ではカタクチイワシの資源変動要因を水温、マイワシとの関係という観点から考察する。そのため、本系群の加入量の予測を目的とし、平滑化スプラインを用いた再生産モデルの作成を行った。

材料と方法

本研究では、両種の各系群の年別年齢別資源尾数を用いた（平成 30 年資源評価）。さらに、沿岸域の産卵場にあたる海区 I から IV の海面水温と、沖合の生育場にあたる海面水温を用いた。両者の期間は 1978 年から 2013 年までである。カタクチイワシ年別加入量、親魚量の対数値を目的変数とし、4 月から 7 月の産卵場平均海面水温、生育場平均海面水温、カタクチイワシの年別親魚量、マイワシの年別加入量、親魚量、資源量を説明変数候補とした。AIC を基準とし、総当たり法で変数選択を行った。さらに、選択された各説明変数とその項ごとの値によるグラフを作成し、目的変数との関係について検討した。最後に、選択されたモデルを使用し、親魚量予測モデルから求めた予測値を親魚量として加入量予測モデルに代入して連立加入量予測モデルを作成した。このモデルから得られた加入量の

予測値と実際の加入量を比較した。

結果

加入量予測では、マイワシ資源量、海区 II 産卵場 6 月水温、海区 III 産卵場 4 月平均海面水温が選択された。親魚量予測では、海区 III 産卵場 6 月平均海面水温、海区 I 産卵場 7 月平均海面水温、海区 IV 産卵場 8 月平均海面水温、マイワシ年別親魚量が選択された。連立加入量予測モデルについては、自由度調整済み決定係数が 0.872 となり、加入量予測モデルよりは小さかったものの比較的大きな値を示した。

考察

加入量とマイワシ資源量との間において、マイワシ資源量が 180 万トンより少ないと正の、この値より大きいとカタクチイワシの加入量に対し負の影響を与えることが示された。これについて、両種の生育に好適な環境条件の部分的な一致と、種間競争が原因として考えられる。カタクチイワシ親魚量については、マイワシ親魚量と負の関係が示された。これは、両種の産卵場が一部重複している点、産卵に対し好適な条件の相違が原因であると考えられる。以上のことから、カタクチイワシの生育は産卵盛期の沿岸域における海面水温とマイワシ資源量に、産卵については、マイワシの親魚量と産卵盛期における産卵場の海面水温に影響を受ける可能性が示唆された。

北海道室蘭地区における沖合底曳網漁業管理

○阪井裕太郎*・石原広恵*

*東京大学大学院農学生命科学研究科

キーワード：沖合底曳網・スケトウダラ・プール制・TAC 制度

1. 背景と目的

北海道室蘭地区における沖合底曳網漁業は、政府、漁業者団体、そして漁業者が協力し、持続的な漁業を実現している稀有な事例である。当該漁業の特徴は、プール制と呼ばれるシステムを導入して、全船の共同操業と水揚げ金額のシェアを行っていることである。これにより、漁場探索などを分担して効率的に実施するとともに、資源の過剰利用を避けることが可能となっている。本研究では、歴史文献、インタビュー調査、及び統計解析を組み合わせて、当該漁業の管理の詳細を明らかにするとともに、その成功要因を探ることを目的とする。

2. 方法

文献調査は、主に戦後から継続的に出版されている北海道機船漁業協同組合連合会および室蘭機船漁業協同組合の記念誌による。インタビュー調査は主に株式会社本間漁業及び室蘭漁業協同組合に対し、2010年から断続的に実施している。統計分析は、北海道沖合底曳網漁場別漁獲統計、北海道水産現勢、及び北海道機船連より受領した内部資料による。

3. 結果

3.1 室蘭地区の沖底漁業の概要

室蘭では現在の5隻の沖底船が操業している。操業時間は、早朝5時ごろから夕方5時ごろまでの12時間程度が通常であり、5隻が一緒に出港及び帰港を行う。但し、シケで漁労が困難な場合や、霧などで視界不良により刺し網の位置確認が困難な場合は操業を中止して帰港することもある。一方で、期待するほどの水揚げがないときには、一晩中網を曳くこともある。1隻の乗組員数は15人程度である。操業協定により、室蘭地区の沖底船は10月から3月までの半年間しか操業できないため、乗組員はこれ以外の期間は他の仕事に従事している。ただし、操業する際の乗組員を確保しておくために、休漁期間にも船側から給与が支払われている。操業期間の賃金体系は基本給プラス歩合制となっている。

3.2 室蘭地区の沖底漁業の管理

室蘭地区では全船、全期間、全魚種にわたるプール

制が実施されている。この制度が導入されたのは平成8年の10月からである。但し、これ以前にも漁場探索などの目的で1日限定のプール制などは実施されていた。

室蘭地区所属の5隻の漁船の漁獲物は追直市場でセリもしくは入札にかけられる。得られた売上金は船ごとの漁獲量に関係なく、一定比率で配分される。一方で、経費に関しては、操業に関する経費である箱代、氷代、運搬費用などはプール計算に入れられている一方で、漁具費用や油代、人件費に関しては各漁船の負担となっている。

4. 考察

プール制が成立するためには、様々な条件が必要であることが知られている。室蘭地区のプール制が現在に至るまで成功裏に続いていることには、以下の三つの要因が貢献していると考えられる。第一に、船主の数が少ないことである。プール制導入当初は4社6隻体制であったが、現在では2社5隻体制となっている。そのため、プール制を維持する上での取引費用を小さく抑えることが可能であり、かつモラルハザードを抑制する土壌があると考えられる。

第二に、プール制導入によって全員が利益を享受することが可能な環境条件にある。プール制でしばしば問題となるのは、各構成員の努力量に応じた配分が必ずしもなされないという点である。しかし、室蘭地区の場合には沿岸の刺し網漁業等との漁場の競合により、漁場探索や漁具被害補償などの面で個別操業における経費が著しく大きいという事情があった。そのため、プール制への移行で漁船間での情報共有が可能になると、経費の面で全ての船が大きなメリットを享受することができた。

第三に、リーダーシップを持った船頭の存在である。室蘭地区のプール制は、腕の良い一人の船頭の発案で導入された。この船頭の船は、平均的に他の漁船よりも漁獲量が多いため、プール制を実施することによって水揚げ金額は本来よりも減少している。このような状況でも、沿岸漁業との関係や地域経済について幅広い視野を持ち、プール制が必要であるとの考えを貫いている船頭の存在なしでは、当該地区のプール制が現在まで存続することはあり得なかったであろう。

Estimating Impacts of COVID-19 on behaviours of fisheries by Fishing Efforts Estimation from Satellite AIS Data and Machine Learning

A case for Okinawa fisheries

Gunther Errhalt** , Kohsuke Nakamura** , Keita Abe*** , Gakushi Ishimura**

* Global Fishing Watch(GFW), **Resource Economics & Policy Group, Iwate University

*** Norwegian School of Economics

Keyword : COVID-19、 Fisheries Behavior、 Tuna Fisheries

<Background and Purpose>

The COVID-19 pandemic and associated containment measures have caused critical impacts on seafood markets around the world. Japanese fisheries are corresponding to depressed demands by changing their fishing behaviors. This study analyzes longline fisheries' behaviour changes from estimated fishing efforts by satellite AIS data and machine learning.

<Method>

The data was generated from the GFW's Automatic Identification System (AIS) monitoring data. Two neural networks using computer algorithms are applied to estimate fishing activities as *the hours of fishing*. Then the vessels are provided classifiers such as type of ship (e.g., reefer, fishing), its fishing gear (e.g. longline, trawl), and where and when fishing occurred based on its movement patterns. GFW's dataset was then merged with a list of Japanese fishing vessels compiled from publicly available data and information (e.g., fishing license), including verified details such as home ports, gear type, and vessel size.

Okinawa was identified as a prefecture of interest due to the largest identifiable fleet (i.e., unique longliners) and having the most positive increase in activity since January 2020. *The hours of fishing* linked to AIS signals from vessels landing in Okinawan ports were summed by month, gear type and vessel size for 2019 and 2020 to determine the intensity between the values. *These hours of fishing* linked to landing at Okinawan ports are called *landed hours of fishing*.

<Results>

According to our data, 244 unique vessels were operating out of Okinawa in 2020. 83% of these vessels were longliners. The total *landed hours per month* of 202 Okinawa longliner vessels appeared to have increased their total landed hours of fishing by a minimum of 12% in July and a 54% increase in February. However, within this subset of longliner vessels, the 15-20 MT vessels (76 total) had the largest behaviour change. The monthly

increase in *the landed hours of fishing* for 15-20 MT Okinawa longliners increased the most in February with a 68.4% increase, followed by March with a 61.5% increase. The lowest increase in landing hours of fishing took place in May with a 19.4% increase.

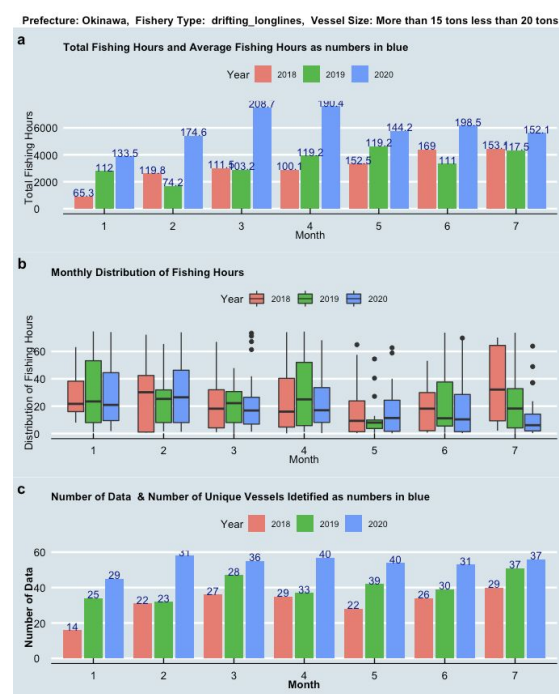


Figure 1: Three charts showing the change in behavior as well as the count of the 15-20 MT Okinawan longliners.

<Discussion and Conclusion >>

It is possible that due to the decreasing prices of luxury tuna products during the pandemic, Okinawan fishermen who rely heavily on the export of high-end tuna products to the mainland are increasing their catch in order to supplement the current decreased landing value. Alternatively, in conjunction with a new Japanese fisheries reform policy that institutes quotas based on 2020 catch logs, a fisher's increased landings would expand their future quota share under diminishing total landings. These excess fishing efforts could negatively impact targeted fishery resources.

魚群探知機のエコーシミュレーション

○西川悠*

*JAMSTEC

キーワード：魚群探知機・ブリ・シミュレーション

1. 研究の目的

魚群探知機（以下、魚探とする）は照度や濁度によらず魚群を検出することができるが、魚群の規模（個体数・体重分布）を正確に推定することは難しいとされている。ただし魚探エコー画像には個体数や体重分布を反映した情報（例えば体長に依存するエコー強度）が含まれているので、魚群の規模を変えた複数パターンのエコー画像を作ることができれば、その画像との比較によって魚群の規模を知ることができると考えられる。このような応用展開を念頭に、本研究では養殖生簀のブリ魚群を対象にしてシミュレーションによる魚探エコー画像の再現を試みた。

2. 方法

宮崎県志布志湾のブリ養殖生簀において、GoPro カメラなどを用いて生簀中のブリの動きを観測した。生簀の大きさは10m×10m×8m、ブリの平均尾叉長は40cm、個体数は約4800尾である。その観測結果を元に、運動方程式によって魚の運動を記述するモデル(Niwa, 1996)を改良した魚群行動モデルを用いて、生簀中のブリの行動をシミュレーションにより再現した。ついで周波数100kHzの魚探を用いてブリのターゲットストレンジス(TS)を測定し、魚群行動シミュレーション結果と測定したTSを組み合わせ、生簀の所定の位置に魚探を取り付けた場合にどのようなエコー画像が撮れるのかを推定する魚探エコーシミュレーションを行った。

3. 結果

魚群行動シミュレーションにより、生簀の中を巡回するブリ魚群の行動が再現できた(図1)。



図1 ブリの魚群行動をシミュレーションし、3Dモデルを合わせて可視化した

この結果を用いたエコーシミュレーションの結果は図2のようになる。

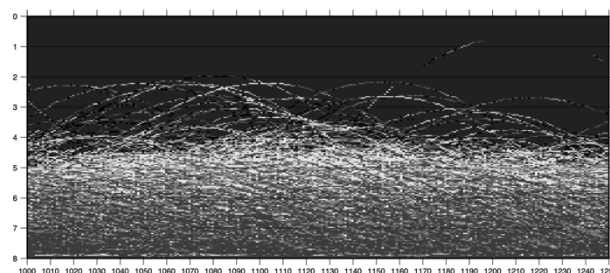


図2 魚探エコーシミュレーションの結果

4. 今後の課題

本研究において、魚群行動シミュレーションと魚探エコーシミュレーションを組み合わせ、仮想エコー画像を作成することができた。この仮想エコー画像がどれほど現実的かという点については、仮想エコー画像を使った機械学習によるバイオマス推定を行い、その推定器が実際のエコー画像にも適用可能かをもって判断する。実際のエコー画像からバイオマスを推定することができれば、魚群行動+魚探エコーシミュレーションによって養殖生簀のモニタリングが可能となる。

本研究では養殖生簀を対象としたが、同じ手法を定置網中の魚のバイオマス推定に適用することを検討している。観測機器を使っても魚群の全容はわからないという問題は、定置網をはじめ水産海洋学にも強く関連する課題である。今後は、養殖生簀・定置網において高精度でバイオマスを推定できるようシミュレーション過程などの改良を行い、魚探観測とシミュレーション・機械学習を組み合わせたバイオマス推定手法を漁業に役立てる方策について検討を進める予定である。

5. 謝辞

本研究を遂行するにあたり、黒瀬水産株式会社の皆様には養殖生簀の観測において大変お世話になりました。古野電気株式会社の皆様、国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産資源研究所の安部幸樹博士、同水産技術研究所の今泉智人博士には、魚探エコーシミュレーションを行うにあたり多くのご助言をいただきました。ここに謝意を表します。

気候変動が北海道水産業に与える影響

○品田晃良*・卜部浩一**

* 道総研中央水試 **道総研さけます内水試

キーワード：気候変動・海面水温・将来予測・サケ放流適期

1. 研究の目的

近年、北海道周辺海域でも地球温暖化の影響と考えられる海面水温の上昇が観測されており、漁獲時期、漁獲量および漁獲物の変化が報告されている。2019年に発表された「IPCC 海洋・雪氷圏特別報告書」では温室効果ガスの排出量を低く抑えた場合でも、21世紀にわたって海洋は水温上昇を続けると予想されている。よって、今後地球温暖化により北海道の水産業は様々な影響を受ける可能性が高い。水産生物は周囲の水温に対応して体温を調整できないので、海面水温が生息適水温域を外れると回遊経路や分布域が変化する可能性がある。このような変化に適応するためには、地球温暖化による影響を予測して被害があるとしても可能な限り低減する方法を考えることが重要である。

気候変動に関する科学研究から得られた最新の知見はIPCCにより評価報告書として取りまとめられている。この中で世界の研究機関が行った気候モデルによる気温、降水量および海面水位などの予測値が公開されている。しかし、北海道周辺海域における季節別の海面水温など水産業の影響評価に役立つ形式では取りまとめられていない。そこで、気候変動による海面水温の上昇が北海道の水産業へ与える影響を評価するための基礎的資料として、IPCCが2013年に公表した第5次評価報告書に引用されている気候モデルによる海面水温の近未来将来予測値(30年後まで)を再編してデータベース化することを目的とした。

2. 方法

本研究は、世界の研究機関が開発した気候モデルの中から北海道周辺海域のデータが十分存在する気象庁気候研究所が開発した気候モデル(MRI-CGCM3:Yukimono et al.,2012)で計算された海面水温を用いた。データベース作成のため東経139~147度、北緯41.5~46度の格子から海面水温の月平均値を抽出した。次に、北海道を表現している8つの格子に隣接する18格子に対してクラスター解析(結合方法:ウォード法)を供して、類似する変動を示す格子を分類した。最後に、2021~2100年の各海域における海面水温の月平均値を10年毎に平均化して2006~2015年の月平均値からの偏差を計算した。

3. 結果と考察

北海道周辺沿岸海域(18格子)における年平均海面水温の将来予測値(偏差)を10年毎に取りまとめた結果、温室効果ガス排出量が最も低いシナリオであるRCP2.6では、急激な上昇傾向は認められず今世紀末でも約0.6℃程度の上昇にとどまった。一方、RCP4.5、RCP6.0およびRCP8.5では40年後まで上昇傾向にシナリオによる明確な差は無く約1.3~1.5℃の上昇が予測されていた。50年後以降は、RCP4.5とRCP6.0で緩やかに上昇して今世紀末には約2.2~2.6℃の上昇となった。最も気温上昇が高いシナリオであるRCP8.5では2061~2070年以降に急激な上昇が発生して今世紀末には約4.5℃の上昇となった。

クラスター解析の結果、北海道周辺沿岸域は日本海北部、日本海南部、道東太平洋、道南太平洋、オホーツク海および根室海峡の6海域に分類することができた。発表時には、これら6海域における近未来の月平均海面水温の季節変化傾向の特徴について報告する。また、今回作成したデータベースは今後北海道沿岸海域で行われている様々な沿岸漁業の気候変動に対する影響評価に利用していく予定である。発表時にはモデルケースとしてサケ放流適期の将来予測について紹介する予定である。

4. 参考文献

Yukimoto S, Adachi Y, Hosaka M, Sakami T, Yoshimura H, Hirabara M, Tanaka TY, Shindo E, Tsujino H, Deushi M, Mizuta R, Yabu S, Obata A, Nakano H, Koshiro T, Ose T, Kitoh A. A new global climate model of the meteorological research institute; MRI-CGCM3 -Model Description and Basic Performance-. Journal of the Meteorological Society of Japan 2012; 90A: 23-64.

衛星データを用いた日本海における 中国および北朝鮮漁船の操業調査

○高崎健二*・久保田洋*・稲掛伝三*・大関芳沖*
*水産機構・資源研

キーワード：合成開口レーダ・ALOS-2・VIIRS・日本海・2 そうびき

1. はじめに

現在、世界的に問題となっている IUU (Illegal, Unreported and Unregulated) 漁業は、水産資源の問題にとどまらず、海洋生態系への脅威であり、開発途上国においては、貧困や食糧不安を増長させるといわれている (<http://www.fao.org/iuu-fishing/en/>, 2020年9月17日)。日本近海における顕著な例は、北朝鮮の小型木造船によるロシアや日本の EEZ 内で行われるスルメイカ漁である。漁船の動向把握には、人工衛星による観測が有効であり、夜間光学観測では、集魚灯の光を捉えることで漁船の操業位置を特定することができる。しかし、例えば中国の 2 そうびき漁船のような灯火を用いない漁船を捉えることは難しい。一方、合成開口レーダ (SAR: Synthetic Aperture Radar) による観測では、天候状況、灯火の有無に関わらず漁船を捉えることができる反面、木造船のようにレーダ反射の小さな物体の検出は難しい。ここでは、観測方法の異なる衛星画像を利用して、操業状況が明らかでない中国・北朝鮮の漁船の操業調査について述べる。

2. 材料と方法

本研究では、夜間光学観測画像および SAR 画像を用いて漁船の操業調査を行った。夜間光学観測画像としては、S-NPP (Suomi National Polar-orbiting Partnership) 衛星に搭載された VIIRS で撮影された画像を使用した。VIIRS は、約 3,000km の観測幅を持ち、毎日観測することが可能であるが、天候の影響を強く受ける。SAR 画像については、ALOS-2 衛星に搭載された PALSAR-2/ScanSAR モード画像を使用した。SAR は、夜間、天候を問わず観測が可能である反面、観測範囲が狭い (最大で 300km~400km 程度)。本研究では、日本海における漁船の操業調査として、①観測時間差の小さい VIIRS と PALSAR-2 画像を用いた船舶位置、②2018 年に観測された複数の SAR 画像を用いた 2 そうびき漁船の操業位置を調べた (検出方法は高崎ほか (2020) による)。

3. 結果と考察

2017年10月24日の VIIRS と SAR 画像を用いて大和

堆・北大和堆周辺域の漁船活動を調べた結果、大きく 3 つのパターンに分けられた。A: VIIRS 画像で検出され、SAR で不検出。B: SAR で検出され、VIIRS で不検出。C: VIIRS, SAR の両方で検出。これらは、それぞれ北朝鮮の灯光小型木造船、中国の 2 そうびき鋼船、中国の灯光漁船 (鋼船) に相当すると考えられる。観測方法により検出可能な漁船が違うことについては、水産機構を含む 4 か国 8 機関が合同で行った研究 (Park . et al., 2020) の中でも示されているが、漁獲動向が不明な漁船のモニタリングには、複数の衛星観測データを用いる必要があると分かった。

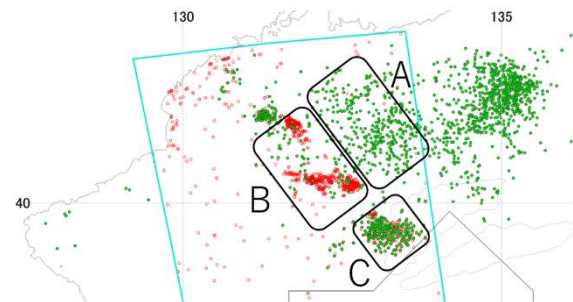


図 1. 2017 年 10 月 24 日に観測された PALSAR-2 と VIIRS 画像で検出された船舶位置 (緑: VIIRS で検出された船舶. 赤: PALSAR-2 で検出された船舶. 青枠: PALSAR-2 の観測範囲. 図中 ABC については本文参照)

複数の SAR 画像から検出された 2 そうびき漁船の操業位置を推定した結果からは、主に北朝鮮海域内で、非常に密集して操業していることが分かった。操業位置は、北大和堆の西側のエリアが多く、11 月末頃には、500 組を超える 2 そうびき漁船が操業していた。今後は、光学、レーダ画像だけでなく、AIS データ等も用いて、日本海における漁船の操業状況について更に詳しく調査したい。

4. 引用文献

- 高崎ほか (2020) ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた 2 そうびき漁船の検出. 水産海洋研究, 84, 89-99.
Park et al. (2020) Illuminating dark fishing fleets in North Korea. Science Advances, 6, eabb1197

SAR衛星画像を利用した 沿岸漁業のモニタリング

○高橋文宏*・宮崎俊之**・細川貴志***・平田貴文****・齊藤誠一*****・村田政隆*****

*G&LI ・**道総研 ・***日東製網 ・****北大北極セ ・*****道工技セ

キーワード：衛星データ利用・画像解析・沿岸漁業・アカウントビリティ

1. はじめに

人工衛星によるリモートセンシングデータは漁業の現場で大いに活用されている。熱赤外センサによる水温分布画像は広域的な好漁場の探索に用いられ、沖合・遠洋の漁場探索に係る時間と燃油消費の削減に大きく貢献している。グローバル・フィッシング・ウォッチ (GFW: Global Fishing Watch) は、衛星リモートセンシングデータと AIS (Automatic Identification System) 信号情報を用いて、世界中の漁船漁業活動をオンライン地図で無償公開し、大型商業漁業に透明性をもたらすことで、持続可能な漁業を促進するための情報源として利用されている。一方、沿岸漁業においては、敷設された定置漁具や、養殖施設を高分解能リモートセンシングデータで詳細に解析し、実施漁業に関する順法性の調査[1]や、漁獲効率低下をもたらす漁具の形状変化や異常を早期に捉える試み[2]が行われている。小型衛星コンステレーションによる高頻度観測サービスが身近になり、このような取り組みはますます加速していくと考えられる。本研究開発では昼夜・天候に関わらず観測が可能な合成開口レーダ衛星が取得した海面のマイクロ波反射強度画像 (以降、SAR 画像という。) を判読し、水中に敷設された定置漁具判別の可能性について検討した。

2. SAR画像

電波のコーナーリフレクター効果によって SAR 画像が亜熱帯地域の生簀やエビ養殖施設のモニタリングに有効であることが明らかになっている[3]。水中に敷設された漁具では同様の効果は期待できないが、敷設周囲の海面粗度の違い等からその存否については画像で判別可能と予察し、北海道の海岸から7km以内の特定の範囲で、2019年5月から2019年10月の Sentinel-1 衛星 C-バンド SAR 画像 VV 偏波 GRD プロダクト複数シーンを用いて各ピクセルの中央値を計算し地図上に表示した (図 1)。

3. 結果と今後の展開

海上保安庁の提供する海洋状況表示システム「うみしる」の水産表示レイヤーと図1とを比較した結果、水中敷設漁具の場所は一致しており、概ね判別可能であると結論付けられた。この結果を踏まえ、SAR 画像を用いた判別の精度をさらに向上させるため、衛星のレーダ電波を効率的に反射させる構造と、素材に関する基礎的な技

術検討を実施し、海上作業や漁具固定に利用可能でレーダー断面積が大きな浮力体の試作開発に着手した。日本初の商用 X バンドレーダ衛星「ASNARO-2」のデータも活用し開発を進めていく。水中敷設漁具の分布をリモートセンシングデータをもってより正確に共有化することで、定置網等への船舶乗り入れ海難事故の削減や、近年漁業分野に向けられているアカウントビリティ (説明責任) 対応への負担軽減に寄与することができる。本研究開発を通して、持続可能な漁業実現に貢献していく。

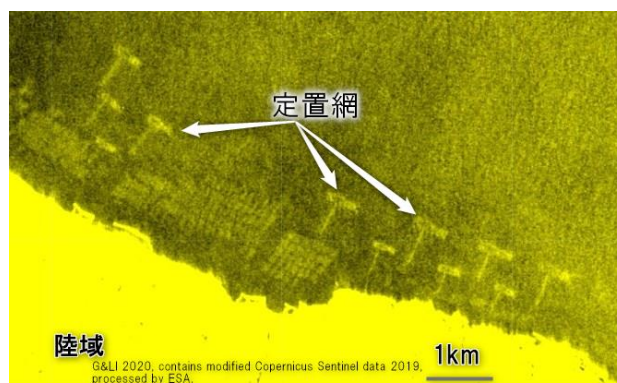


図1 SAR 画像による沿岸敷設漁具画像(北海道沿岸)

4. 謝辞

本研究開発は、総務省 SCOPE(受付番号 192101001)の委託の一部を取りまとめたものである。衛星データの取り扱いについては一般財団法人リモートセンシング技術センターの荒井頼子氏にご協力いただいた。

5. 参考文献

[1]MRAG Americas, Inc. (2012), Final Report and Determination Ozernaya Sockeye Salmon Fishery.

[2] 内閣府宇宙開発戦略推進事務局 (2020) ,衛星データをビジネスに利用したグッドプラクティス事例集【第2版】 , pp. 14-15.

[3] C. Travaglia, G. Profeti, J. Aguilar-Manjarrez, and N.A. Lopez (2004), Mapping coastal aquaculture and fisheries structures by satellite imaging radar. Case study of the Lingayen Gulf, the Philippines. FAO Fisheries technical paper no. 459.

東シナ海における衛星可視画像を用いた 船舶の自動検出の技術開発

○津田真樹*・稲掛伝三*・廣江豊*・直江瑠美*・齋藤類*

*水産機構・資源研

キーワード：リモートセンシング・機械学習・船舶検出

1. 背景・目的

本研究では、機械学習を用いて衛星可視画像から船舶が夜間に発する光を自動で検出するアルゴリズムを開発した。外国漁船の操業の情報を得るためにも、当局の規制をのがれ違法・無報告・無規制に行われている漁業活動を把握するためにも人工衛星を用いた観測技術の向上が求められている。

アルゴリズムの入力データとしてアメリカ海洋大気庁が運用する Suomi NPP 衛星に搭載される Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) センサーから得られる day/nightband (DNB) データ、雲マスクデータを利用した。DNB には約 750m の解像度で地表の光が、雲マスクには雲の有無が記録される。VIIRS は可視光・赤外光を観測するため船舶の光が雲で遮られた場合には観測できない、また月光が地表や雲で反射すると船の光と区別がつきにくい検出感度が低下する欠点も存在する。しかし、Suomi NPP は地球上のあらゆる地点を1日複数回観測している。また2011年から観測を開始し後継衛星の運用も2028年まで継続するため、過去から将来にわたる継続的かつ広範囲な船舶の観測に適している。

既存の船検出は、人の手による調整が必要である (Oozeki et al 2018 の手法; FRA)、自動でも雲が存在する際の検出感度が低い (Elvidge et al. 2015 の手法; EOG) などの問題がある。そこで本研究では検出の自動化と検出感度の向上を目的として機械学習を用いた新アルゴリズム (NEW) を開発し既存手法と比較した。

2. 方法

船を検出する機械学習のアルゴリズムとして決定木を採用した。決定木は最も基本的な機械学習アルゴリズムの一つであり、手本となる船の検出結果をもとに入力データ (DNB・雲マスク) から船の検出ルールを学習する。今回のアルゴリズムは入力データの1ピクセルごとに船であるかどうかを判定する。そのため入力データを加工しピクセルごとに月・太陽・衛星の天頂角、月相、輝度、雲の有無、Spike Median Index (SMI) などの指標を作成し判定に用いた。SMI は Elvidge et al. (2015) で提案された指標であり、本研究ではこれを参考に拡張した指標を使

用している。機械学習の手本となる既存の検出結果として、水産機構が VIIRS から検出した 2017~2019 年の東シナ海での船の検出結果を利用した。さらに VIIRS 検出の検証のために船舶レーダーによる船の検出結果を用いた。

3. 結果・考察

図1に新アルゴリズムの検出 (NEW) と FRA・EOG の検出の例を示す。全体的な傾向としては、NEW は FRA の検出の大部分をカバーし、FRA が検出しない光点も多く検出する。EOG は、NEW や FRA よりも暗い光点をよく検出するが、NEW・FRA は EOG が検出しない雲の上の光点を検出できる。しかし、現状のアルゴリズムでは雲の下に船があるときに光点の検出数が大きくなりすぎる傾向が認められた。

次に3つの VIIRS 検出の結果と船舶レーダー検出を比較したところ、今回の分析では3つの VIIRS 検出の間で船舶レーダー検出に対する検出性能に違いは認められなかった。しかし、3つの VIIRS 検出の検出傾向には違いがあることから、今後、雲や月の条件ごとに分析することで検出性能の違いを明らかにできるのではないかと考えている。

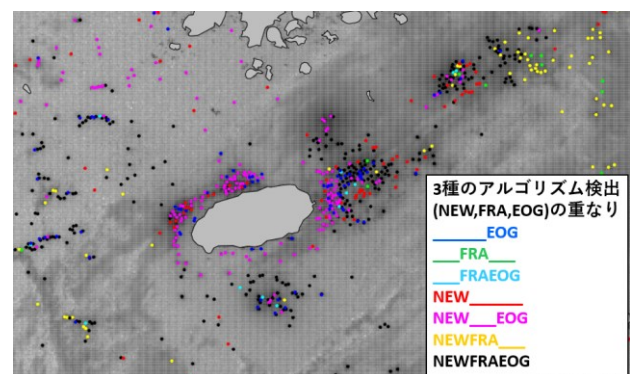


図1. VIIRS 検出の例 (韓国済州島付近) 輝度は白黒反転しているため明るいほど黒く表示される。

NEWFRAEOG は3種のアロリズムで一致した検出を表し、NEWFRA__はNEWとFRAでは検出されたがEOGでは検出されなかった点を表す。

- Elvidge et al. 2015, Remote Sens. 7, 3020-3036
- Oozeki et al. 2018, Marine Policy, 88, 64-74

衛星輝度を利用した東シナ海における灯光漁船の分布を推定する手法の開発

○齋藤類*・直江瑠美*・廣江豊*・稲掛伝三*・齋藤勉*
*水産機構・資源研

キーワード：灯光漁船、衛星輝度、スオミ NPP 衛星、東シナ海

1. 研究の目的

近年、東シナ海では強い灯光を利用する漁船（灯光漁船）による漁業活動が活発化している。我が国の重要な水産資源であるマサバ *Scomber japonicus* の漁獲量は1970年代後半に30万トン前後であったが、2000年以降は6万~12万トンで低調に推移している(黒田ら 2018)。当海域における水産資源の減少要因の一つとして、灯光漁船による強い漁獲圧が挙げられている(水産庁 2017)。最近の衛星技術の進歩、特に輝度データを収集するアメリカ海洋大気庁のスオミ NPP 衛星の VIIRS センサーの導入により、夜間に灯光を利用する船舶の検出が可能になりつつある。本発表は、現場観測データと衛星輝度データを利用して、灯光漁船の分布を推定する手法を開発することを目的に行った。

2. 材料と方法

2016年から2018年の夜間に東シナ海上空を通過したスオミ NPP 衛星の可視光 (VIIRS) センサーの昼夜バンド (DNB) と雲マスクデータを米国ウイスコンシン大学から取得した。DNB データに含まれる太陽光や月光によって生じるノイズは Oozeki et al. (2018) の手法で除去し、灯光を利用する船舶の光点 (灯光船舶の衛星輝度) を抽出した。現場観測は2016年~2018年に日本のイカ釣り漁船「第二十一宝生丸」と「第三十八喜久丸」、水産機構「陽光丸」と水産庁「白鳳丸」にて行い、衛星通過30分前後に船舶レーダー画像と観測船周辺で観察された灯光漁船の船籍と搭載漁具を記録した。灯光漁船の種別に特化した衛星輝度を抽出するため、灯光漁船の位置をレーダー画像から抽出し、衛星による灯光船舶の位置と比較した。統計解析で、各灯光漁船の種別による衛星輝度の範囲を、気象条件(晴天下/曇天下)ごとに推定した。

3. 結果と考察

統計解析の結果、中国灯光かぶせ網漁船の輝度は4つの成分に、中国灯光敷網漁船、中国虎網漁船、台湾棒受け網漁船は2つの成分に分類された。搭載されていた集魚灯の数から概算した最大光力や過去の観察記録を基に、水産研究・教育機構調査船「陽光丸」、中型イカ釣り漁船「第38喜久丸」と灯光外国漁船4種類の衛星輝度を比

較した(図1)。ここで、中国灯光かぶせ網漁船の輝度範囲は、他の灯光漁船3タイプより高かった。本研究で推定した衛星輝度範囲を用いて、スオミ NPP 衛星 VIIRS センサーデータから、東シナ海における中国灯光かぶせ網漁船の分布を推定することが可能になった。

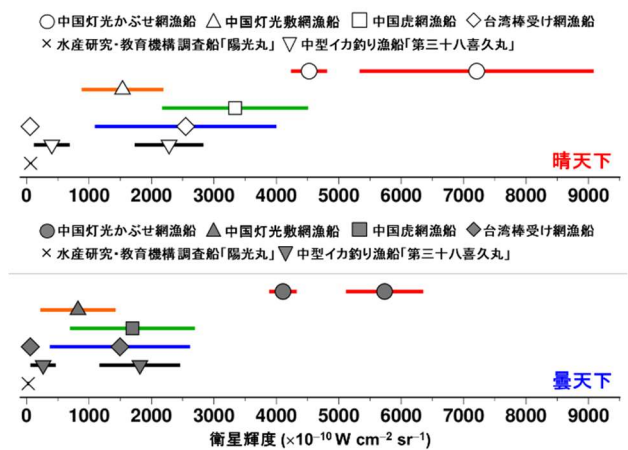


図1. 晴天下及び曇天下における水産研究・教育機構調査船「陽光丸」、中型イカ釣り漁船「第三十八喜久丸」、灯光漁船4種類による衛星輝度の範囲。

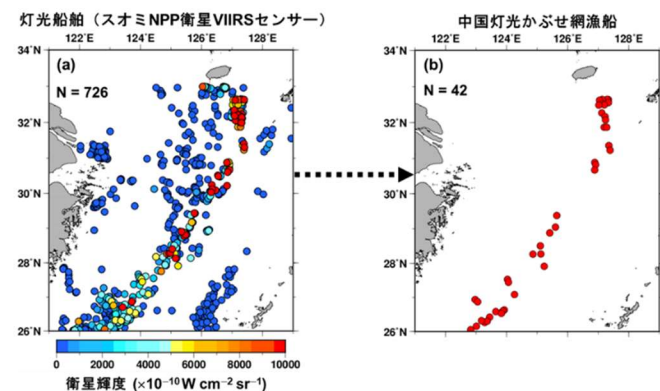


図2. (a) 2018年6月16日にスオミ NPP 衛星 VIIRS センサーデータから抽出した灯光船舶の位置、(b) 本研究による衛星輝度範囲を利用して、推定した中国灯光かぶせ網漁船の水平分布

マガキ DEB モデルの改良による 餌料環境に応じた産卵量変化と多回産卵の再現

○長谷川夏樹*・東屋知範**・鵜沼辰哉*・近田靖子***・武山悟****

*水産機構・技術研 ** 水産機構・資源研 ***道総研・釧水試 ****厚岸町

キーワード：マガキ・DEB モデル・餌料環境・産卵

1. 背景

マガキ *Crassostrea gigas* 養殖では、夏季の産卵期前後の大量へい死が古くから知られている。また、近年は環境変化にともなってその深刻化が懸念されている。へい死の原因としては、潮間帯を本来の生息場とするマガキを垂下養殖によって早く大きく育てる過程において、過剰な再生産へのエネルギー投資、すなわち生殖巣の発達が生じ、その負荷によって生理活性の著しい低下が生じているためと考えられている。一方、種苗を潮間帯で中間育成し成長を抑制する手法や、貧栄養な海域で夏越しするなど、養殖管理手法や環境条件によってへい死を軽減できることが経験的に知られている。

環境変化の中で産卵に伴うへい死を軽減する養殖管理手法や環境条件を把握し最適化するためには、養殖試験による試行に加え、様々な環境条件や養殖管理を仮想的な試行ができる数値計算モデルの開発が効率的である。Pouvreau et al. (2006) が示したマガキの動的エネルギー収支 (Dynamic Energy Budget, DEB) モデルなど、マガキの成長等を予測・再現可能なモデルは多数報告されている。しかし、餌料環境に応答して生殖巣の発達などの性成熟プロセスの変化の再現は必ずしも焦点とはなっていない。そこで、本研究では DEB モデルを改良し、生殖巣発達の再現性を高める試みを行った。

2. 方法

DEB モデルでは、体積 (V)、蓄積エネルギー (E)、生殖巣エネルギー (E_R) の3つの状態変数により個体の生息状態を表現し、 P_x によりエネルギーが流れる。同化されたエネルギーは E に蓄積されたあと、 κ と $1-\kappa$ の比率で成長・代謝維持と性成熟に配分される。本研究では性成熟プロセスの変化を再現するため、DEB モデルを主として以下の様に改良した (図1)。

1. 成熟維持のエネルギー消費 (P_j) を既往の V サイズ依存から E_R サイズに依存する形に変更した。
2. 既往モデルの GSI が 35% に達すると成熟盛期とみなす産卵スイッチから、 P_j の積算値 ($\text{sum}P_j$) による成熟維持エネルギー依存の産卵スイッチに変更した。
3. マガキの経験積算水温が $\Sigma 600^\circ\text{C}$ に達すると産卵が

- 可能となる積算水温依存の産卵スイッチを追加した。
4. 成熟途上の積算水温が $\Sigma 300^\circ\text{C}$ に達すると新たに重複して発達を開始する E_R を追加し、成熟可能期間中には複数回の連続産卵 (E_{R1} , E_{R2} , $E_{R3}\dots$) が可能となるように設定した。
5. 配分比率 κ は水温上昇期と下降期で変化するように設定した。

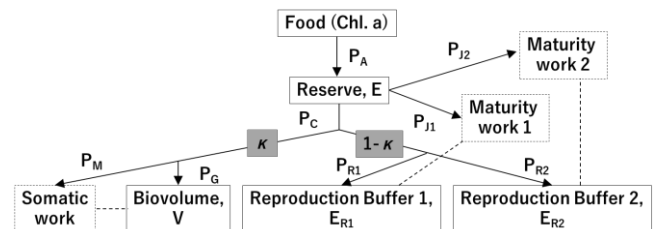


図1. 改良したマガキ DEB モデルにおけるエネルギーフロー。

この改良モデルを用いて、北海道厚岸海域で積算水温 $\Sigma 0\sim 600^\circ\text{C}$ の成熟期に玉ねぎ袋で被覆した“餌制限区”と通常の養殖を行った“対照区”の養殖マガキ各部位のエネルギー量の変化を計算し、再現性の比較検討を行った。

3. 結果・考察

改良モデルは、餌料濃度や初期の個体総エネルギー中の E の比率の違いによる成熟盛期 (産卵直前) の個体エネルギー中の E_R の比率の変化が再現された。養殖試験における北海道厚岸海域でのマガキの GSI は、対照区にくらべ餌制限区で低くなった。改良モデルの計算結果でも同様の傾向を再現できた。さらに、改良モデルは、 $\Sigma 0\sim 600^\circ\text{C}$ で餌制限を行った場合には、 $\Sigma 300\sim 900^\circ\text{C}$ で発達し産卵される生殖巣の比率が抑制される可能性を示唆した。

このように、モデルにより餌料環境に応じた産卵量の変化や複数回の連続的な成熟産卵などのマガキのエネルギー動態が再現できるようになったため、過剰な生殖巣発達により生理活性の低下とへい死が生じるメカニズムの検討や、その軽減を図る養殖管理手法や環境条件の検討が可能になることが期待される。

本研究は農研機構生研支援センターのイノベーション創出強化研究推進事業によって実施した。

水産物に対する消費者の持続可能性意識は高まっているのか？

○法理樹里*・若松宏樹**・宮田勉***・大関芳沖**

*琵琶湖環境科学研究センター **水産機構・資源研 ***水産機構・技術研

キーワード：持続可能な消費・環境配慮行動・SDGs・消費者意識

1. 研究の目的

水産業は、広大な自然の産物を人間社会が利用するものであり、世界的に持続可能性が重要な課題と位置づけられている。将来的にも持続可能な形で水産物を消費するためには、資源を適切に管理し、資源を回復させてゆくとともに、人間や社会が環境へ配慮しつつ利用する取り組みが求められている。本研究では、消費者の持続可能性意識に注目してどのような要因が水産物の購買行動に結びついているのかを検討するため、水産物を購入する際の消費者行動を2017年と2019年に調査し、消費者行動とその経年変化を追跡した (Hori et al. 2020)。

2. 材料と方法

2017年2月および2019年2月に、インターネット調査会社に依頼して、国内でのWebアンケートを実施した。人口分布を基に年代・性別の構成比を設定し、各年合計3,000人から回答を得た。本アンケートでは、水産物を購入する際の消費者行動として、「自宅で料理をする頻度」、「自宅で水産物を食べる頻度」、「自宅以外で水産物を食べる頻度」について、『週5回以上、週3~4回以上、週2回、週1回、月に2~3回、月に1回、2~3か月に1回、それ以下の頻度、こたえたくない』の8段階で評価を求めた。さらに、水産物を購入する際に重視する要因として「品質・味、鮮度、消費期限・賞味期限、生産・加工地、安全性、価格、環境や資源の保全への配慮、わからない、その他」の9項目について『重視する、重視しない』の2段階で評価を求めた。

3. 結果

2017年と2019年の「自宅で料理をする頻度」には統計的に有意な差は認められなかった。「自宅で水産物を食べる頻度」および「自宅以外で水産物を食べる頻度」は2017年よりも2019年の方が減少していることが示された。水産物への接触頻度として、「自宅で水産物を食べる頻度」、「自宅以外で水産物を食べる頻度」を説明変数に、水産物を購入する際に重視する項目を目的変数に重回帰分析を行った(図1)。「自宅で水産物を食べる頻度(A)」へ強い正の影響を与える項目は「鮮度」であり、「自宅以外で水産物を食べる頻度(B)」へ強い正の影響を与える

項目は「環境や資源の保全への配慮」であった。「環境や資源の保全への配慮」の影響度は、AとBともに2017年よりも2019年の方が高かった。「価格」はAとBともに負の影響を及ぼすことが示された。水産物を購入する際に「わからない」という受動的な項目は、AとBともに負の影響を及ぼすことが示された。性別と年代を多母集団として分析した結果、Aにおける「わからない」の影響度は、各年とも女性の方が高いことが示された。対照的に、Bにおける「わからない」の影響度は、各年とも男性の方が高いことが示された。AとBともに調査年に関係なく年齢が若い世代ほど「わからない」の影響度は高くなることが示された。

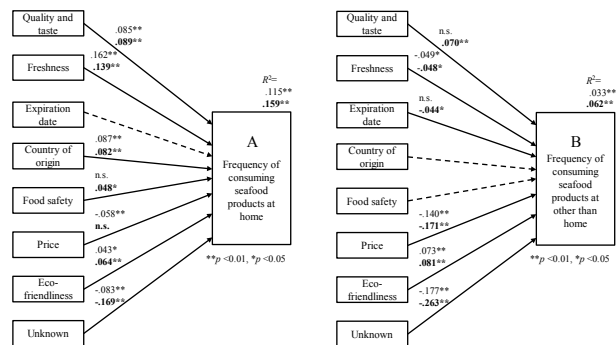


図1. 重回帰分析の結果

(上段の数値は2017年、下段の太字の数値は2019年の結果を示す)

4. 考察

日本の消費者には、環境に配慮した水産物の購入を試みる持続可能性意識の高まりが認められた。女性に向けた情報発信は自宅での水産物の消費を促し、男性に向けた情報発信は自宅以外での水産物の消費を促す可能性が推察された。また、これらの情報発信は、特に若い世代へ求められていることも示された。消費者へ未だ届いていない水産物の持続可能な利用に関する情報のわかりやすい積極的なアウトリーチは、水産物に対する消費者の持続可能性意識をより高める可能性が示唆された。

Hori J, Wakamatsu H, Miyata T, Oozeki Y. (2020) Has the consumers awareness of sustainable seafood been growing in Japan? - Implications for promoting sustainable consumerism at the Tokyo 2020 Olympics and Paralympics, Marine Policy, 103851

多魚種漁獲ポートフォリオ分析が照らす 「海洋と沿岸社会を継ぐ日本の漁獲漁業」の視座

○石村学志**・中村洸介*・Raphael Roman*・阿部景太***・後藤友明*

*岩手大農 **国環研 ***ノルウェー経済高等学院経済

キーワード：ポートフォリオ漁業、多魚種漁獲、

＜背景・目的＞ 本年8月に発表された全球規模の個別魚種・系群毎の市場需給と資源動態推定による生物経済分析は、海洋からの食料増産により①2050年に世界を養うために必要な食料供給が可能であること、そして、②生産増加に伴う経済成長によって飢餓と貧困を海洋からの食料生産増産が解決してゆく可能性を示した¹。いま、この結果は豊かな海の恵みを楽しむ日本には、海洋国家としての羅針盤となる。一方、環境要因による資源量・分布変遷に起因する漁獲魚種構成・漁獲量変動が大きく、多魚種漁獲を前提とする日本の漁獲漁業を個別魚種・系群での市場需給と資源動態推分析のみで推し量ることは難しい。本研究は金融工学におけるポートフォリオ理論を多魚種漁獲分析に応用し、日本の風土や現況に基づく海洋からの食料生産可能性探求を目的とする。

＜手法＞ 本研究では、岩手県岩手大漁ナビから、1994-2018年の合計328万件の市況情報から分析データフレームを作成した。漁獲量・漁獲高における漁獲魚種多様性の時系列変遷を多魚種漁獲漁業ポートフォリオとして解析する。本稿では、多様性指数の一つであるシン普森指数(λ)により漁獲量・漁獲高の漁獲魚種多様性を示す。シン普森指数は、全漁獲量・漁獲高に対する魚種数と各魚種の占める割合を表す。少数種で全体の占有率が高くなれば λ の値は小さくなり、多様性は低い。また、多種に占有率が分散することで λ は大きくなり、多様性が高いことになる。

＜結果＞ 県全体は時間とともに漁獲高・量ともに多様性が高くなる。これは異なる特徴をもつ複数市場が県内に存在することで、県全体として時系列変遷する漁獲魚種に均等な価値をつけるれる、つまり、漁獲魚種多様性変遷に県全体として適応してきたことが示唆される。市場毎では、多様性変遷は市場特性を示す、(a)前浜依存の中小一次・二次加工業により漁獲魚種の多様性変遷に適

応(宮古)、(b) 漁業と加工業の垂直統合による少数魚種特化(大船渡)、(c)限定的一次加工のみの買い受けのため、漁獲魚種変化に適応した価値がつかず、漁獲高魚種多様性が抑えられる(久慈)。

＜考察＞ 多魚種漁獲ポートフォリオにおいて漁獲量の魚種多様性は海洋環境変遷などの結果として考えられる。その一方で、漁獲高の魚種多様性変遷は前浜に依存する水産加工業特性を示した。以上から、多魚種漁獲ポートフォリオ分析により、海洋生物生産と沿岸社会産業構造の連環を漁業者の経済活動の結果としての漁獲を通じて理解し、政策展開が可能となる。

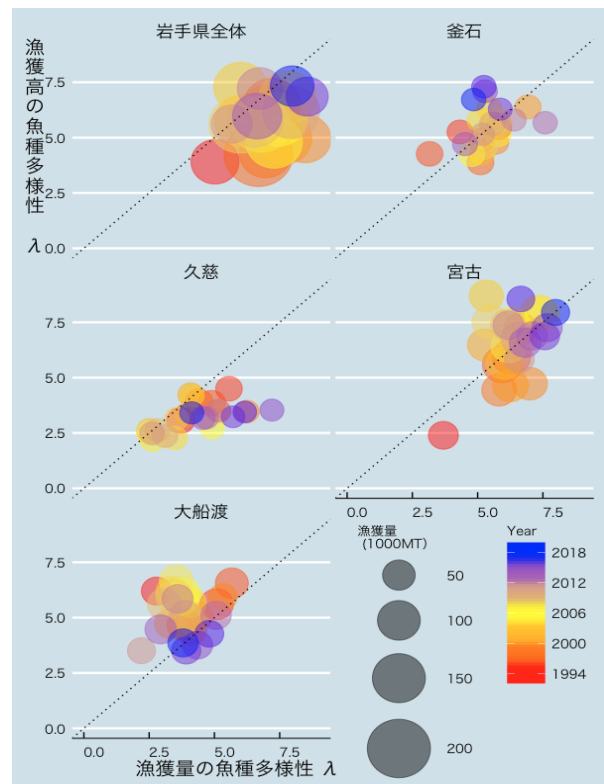


図 岩手県全体と県内主要産地魚市場の多魚種漁獲ポートフォリオの時系遷移

1. Costello, C. *et al.* The future of food from the sea. *Nature* (2020)

水産政策のための地域漁業・多魚種漁獲ポートフォリオ研究：三陸・岩手県を例として

○中村汎介*・石村学志*・阿部景太**・後藤友明*

*岩手大農 **ノルウェー経済高等学院経済

キーワード：ポートフォリオ漁業、多魚種漁獲、多様性指数

1. 背景・目的

日本の沿岸漁業の特徴は、幅広い魚種を対象とすること、また、大きく変遷する魚種やその漁獲量の構成にある。水産政策改革による TAC 魚種数拡大と魚種毎の個別漁獲割当の導入はこうした多魚種漁獲漁業の経営に大きな影響を与える可能性がある。改革に伴い沿岸漁業の管理を各都道府県が担っていくなかで、都道府県単位の柔軟な対応が必要となる。そこで本研究では岩手県を例に、県全体の漁獲量・魚価変動が異なる魚種で構成される漁業ポートフォリオを構築し、多魚種漁獲による総漁獲量・漁獲高の変動に着目してポートフォリオによる漁業経営安定化、つまりポートフォリオ効果を推定し、県レベルの水産政策施策示唆探求を目的とする。

2. 手法

本稿での分析には、岩手県の漁獲漁業の全漁法による水揚げデータを網羅している岩手大漁ナビ(1994~2018, n:=3,211,630)から得た市況データを用いた。データより、漁獲量・漁獲高・魚価平均の変動を明らかにし、漁獲魚種ポートフォリオ、漁業種ポートフォリオを作成する。これに対して多様性指数である、シン普森指数の逆数 λ を用いて漁獲量・漁獲高に対する魚種の多様性を求めた。シン普森指数の逆数には、 P_i は全個体数に対する i 番目の種の個体数の割合であり、占有率を表す。少数種での占有率が大きくなれば λ の値は小さくなり、多様性が低いと言える。占有率の小さい種は分母の値が極端に低い値になり、 λ は大きくなる。

$$\lambda = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n P_i^2} \right)$$

n : 種数 P_i : ある種の占有率

また、漁獲における魚種の多様性が漁獲量・漁獲高に与える安定度を評価するために Average-CV PE を用いた。Average-CV PE はポートフォリオの構成要素である各魚種の変動係数 (CV_{sp}) とポートフォリオ全体の変動係数 (CV_P) を比較して求められ、ポートフォリオを構成する魚種が多様であるほど PE の値は高くなり、より安定化しやすい。例えば PE が 2 ならば、ポートフォリオが単一集団構成の場合より多様性の高い集団で構成されている方が 2 倍の安定度があると評価する。

$$Average - CVPE = \left(\frac{\frac{CV_{sp1} + CV_{sp2} + \dots + CV_{spN}}{N}}{CV_P} \right)$$

CV_{sp} : 各魚種の変動係数 N : 種数
 CV_P : ポートフォリオ全体の変動係数

3. 結果

図 1 では漁獲魚種ポートフォリオによる平均年間漁獲高と漁獲高変動係数の関係を表した。ここから、ポートフォリオの多様性指数が高いほど、平均年間漁獲高は増加して漁獲高の変動も抑えられていた。そして、シロザケ・サンマ・スルメイカといった主要魚種を含むポートフォリオの方が、他の魚種のポートフォリオと比較して漁獲高が高水準で安定する傾向にあった。また、Average-CV PE は全魚種のポートフォリオで漁獲量 3.5、漁獲高 4.5 となった。

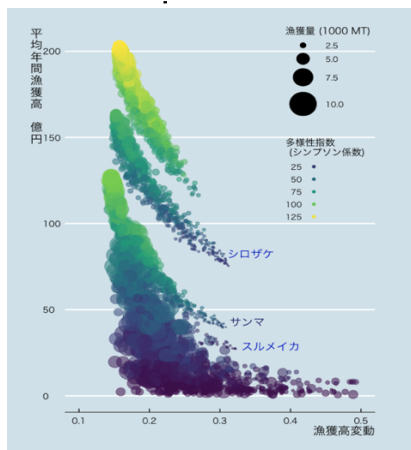


図 1 漁獲魚種ポートフォリオによる平均年間漁獲高と漁獲高変動の関係

4. 考察

ポートフォリオにおける漁獲多様性の高さ、主要魚種の存在は漁業経営体や県にとっての漁獲水準の高さに繋がってくる。もし、漁獲多様性が高くても主要魚種を含まないポートフォリオであれば漁獲規模が縮小し、漁獲量・漁獲高ともに低い水準で安定すると考えられる。主要魚種を含むポートフォリオの方では平均年間漁獲高が高い水準で安定することが窺え、Average-CV PE も高い値になっている。これより、漁獲多様性の高い主要魚種を含む高水準のポートフォリオを維持するには、多魚種漁獲漁業の存在が必要不可欠である。しかし、水産政策改革では多魚種漁獲漁業における資源管理や漁獲権利体系での問題が提示されている。よって、本稿の結果により、各地方自治体の多魚種漁獲漁業における水産政策施策のきっかけとなり得ることを期待する。

Fisheries portfolio diversification and turnover rate: assessing the recovery of fisheries along the Sanriku coast since the 2011 earthquake

○Raphael K. Roman^{1,2} · Tomoaki Goto¹ · Gakushi Ishimura^{1,2}

¹Faculty of Agriculture, Iwate University ²National Institute for Environmental Studies

Keywords : fisheries portfolios, socioeconomic resilience, Sanriku coast, 2011 Great East Japan Earthquake

1. Objective

On 11 March 2011, one of the most powerful earthquakes recorded in history struck off the northeastern Pacific coast of Japan. Of magnitude 9.0, the Great East Japan Earthquake and subsequent tsunami took a significant human, ecological and economic toll along the Sanriku coast. With some of the highest densities of fishing ports by km of coastline in all of Japan, the fisheries sectors of Iwate and Miyagi prefectures suffered substantial damages. Despite the devastation, both prefectures experienced a relatively expeditious recovery in terms of fishing capacity, but no studies have so far looked into whether and how fisheries dynamics and strategies have changed since the 2011 disaster. Renowned for the productivity and diversity of their fishing grounds, we examine pre- and post-2011 trends in the diversity and turnover of several multispecies portfolios along the coast of both prefectures. Specifically, using daily landing and fishing revenue data for 25 fish markets since the mid-1990s, we investigate changes in annual and seasonal diversification strategies based on both fishing gears and target species. This method allows us to differentiate the performance of market-specific portfolios in buffering against systematic risks and in ensuring socioeconomic resilience.

2. Methods

We compiled a detailed dataset on daily landings and fishing revenue at the species and gear levels for 15 and 10 fish markets in Iwate (1994-2019) and Miyagi (2000-2018), respectively. With more than 80 harvested fish species and 30 different gear types, we devised fish market portfolios and assessed how catch and gear diversities as well as turnover changed through time and space, with a particular emphasis on pre- and post-2011 trends. Compositional diversity is measured using the Shannon entropy index (a more conservation-oriented metric) and seasonal species diversity is estimated by computing the Rao's quadratic entropy. Catch turnover (relative change in catch

composition) is quantified using Jaccard's dissimilarity index, while catch and revenue variabilities are proxied using the coefficient of variation (CV). We computed portfolio effects (PE) and ran simulations to assess the socioeconomic stabilization potential of fisheries catch diversification.

3. Results

Market-specific portfolios exhibited relatively high diversity and stability prior to the 2011 Great East Japan Earthquake. Recovery from the disaster has not been equal across prefectures and markets, it was shown to partly depend on post-earthquake fishing strategies, such as the combination of species to target and range of gears to employ, among others. We demonstrate that greater portfolio diversification (with regard to species and gears) and turnover correlate with both catch and revenue stability, thus preserving a sustainable supply of fresh and seasonal fish products. This effect is more robust when fishing effort is distributed across asynchronous species, which dampens socioeconomic risk. Shifts in fishing strategies following the 2011 earthquake led to differences in ways to cope with natural disasters and other environmental uncertainties. By analyzing fisheries portfolio dynamics among the 25 most impacted fish markets in Iwate and Miyagi, we evaluated their respective adaptation potential against non-diversifiable systemic risks, informing future management strategies for vulnerable fishing communities across Japan.

三陸における漁獲漁業の可能性と水産業の課題： 政策シミュレーションによる潜在的便益推定

○川村慧*・石村学志*・後藤友明*・阿部景太**・徳永佳奈恵***・大塚和彦****

*岩手大 **ノルウェー経済高等学院経済学部 ***Gulf of Marine Research Institute ****Environmental Defense Fund

キーワード：三陸・水産経済・水産加工業・政策シミュレーション

1. 目的

三陸沿岸では、水産加工業が栄えており、漁業生産額の内、岩手県では32%、宮城県では30%を県内水産食品産業へ供給している。この値は全国平均の約2倍と、地域内の漁業と水産食品産業が密接な関係にあることが明らかであり、三陸沿岸漁業の持続性には、地場原料を使用する地場水産加工業の存在が必須となる。

2018年の水産政策改革により、MSY水準を資源管理目標とし、MSY水準に資源を回復・維持する漁獲可能量(TAC)による管理が行われることとなった。MSYによる資源管理は、資源量の回復が見込める水準まで漁獲量を抑制するため、初期の漁獲量減少が前年漁獲量減少は、地場原料に依存する水産加工業や地場原料前提の販路見直し等の大きな

本研究は、Costello et al. (2016)及びTokunohの手法を都道府県レベルに展開し、資源量と政策シミュレーションを用いて、水産加工業MSY漁獲政策が水産加工業を含む包括的に与える影響を定量的に推定することを目的とする。

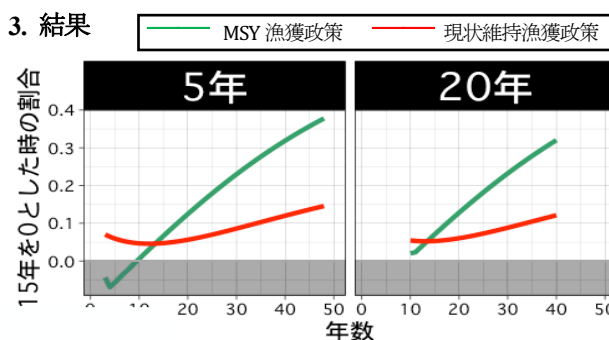
2. 材料・方法

本研究では、魚種及び系群単位での水揚げ量の時系列データを構築するため、水産庁により実施・公表されている海面漁業生産統計調査から漁獲量データを用いた。資源動態モデルを作るために、国立研究開発法人水産研究・教育機構から提供されている沿岸資源に関する生息域の情報を用いて岩手県・宮城県の漁獲量の系群組成を推定した。資源動態モデルでは、Martell and Froese et al. (2013)によるCatch-MSYモデル手法を用いて内的自然増加率(r)と環境収容力(K)の組み合わせを推定し、さらにPella-Tomlinson型ロジスティック余剰生産モデルへと展開した。複数の仮定を置き、88系群についての資源動態モデル推定を行った。本研究では、2015年レベルの漁獲を行う現状維持、MSY漁獲政策の2つの政策施策をシミュレーションした。MSY漁獲政策では、MSY水準の資源量を達成していない魚種系群については資源がMSY水準まで回復するまで漁獲をゼロと仮定した。

また、産業連関表を用いて、シミュレーション結果に

おける漁業から水産食品産業への供給量を算出し、短期・長期的視点での政策の影響を示すため5, 10, 15, 20年移動平均を用いて2015年の値と比較した。

3. 結果



魚業から水産加工業への供給量の移動平均MSY漁獲政策において資源量がMSY水準で現状維持政策に比べて大きな漁獲減少急速に回復し13年程度で逆転する。宮城県から水産加工業への供給量のシミュレーションして5・20年移動平均を図1に示す。宮

城県のMSY漁獲政策において、5,10,15年移動平均では10年程2015年以下の供給量になる一方で、20年移動平均の場合は全年で2015年以上の供給量となる。5-15年単位の視点では、水産加工業はMSY漁獲政策による短期的な水揚量減の影響を受けることが示唆される。

4. 考察

水産加工業の固定設備投資サイクルは20年程度であることから、20年単位の視点では、宮城県においてはMSY漁獲政策による水揚量減の水産加工業の持続性への影響は限定的と考えられる。その一方、岩手県は20年移動平均でもMSY漁獲政策の場合、初期25年程度は2015年以下の供給量となるため、岩手県の場合はMSY漁獲政策による短期的な水揚量減が水産加工業の持続性に影響を与えることが示唆される。

MSYを資源管理目標とする資源管理は水産資源利用においてより良い状態を達成するが、短期的な水揚量減が前提となる。この短期的な水揚量減に対し、持続的産業構築には漁業のみならず関連産業を含む固定資本投資サイクルに沿った施策が必要であることが示唆された。

需要ショックによる水揚げ市場への計量推定

○阿部景太*・石村学志**・大塚和彦***

*Norwegian School of Economics 経済 **岩手大農 ***Environmental Defense Fund

キーワード：時系列分析・COVID-19・水揚げ市場

1. 背景・目的

世界中で影響を及ぼしている COVID-19 の感染拡大と対処のためのロックダウン施策は大きな経済的影響を及ぼしており、水産業においては外食産業における急激な需要低下が魚価の低迷を引き起こしている。しかし具体的な対策を打つためには、どの魚種がどの程度影響を受けているか、という量的な評価が重要である。本研究では、水揚げ市場の日毎レベルの詳細なデータを分析することにより、魚種ごとに異質な価格への影響を定量化する。

2. 手法

北陸の水揚げ市場における日ごとの水揚量・水揚高のデータを用いた。

定量的な影響を把握するために、COVID-19 流行以前の季節的な周期パターンに加えて、流行直前のトレンドを折りこんだ時系列モデル(SARIMA)を構築し、COVID-19 流行後の魚価の予測値を推定することで、需要ショックが起こらなかった場合の仮想現実とし、実測値との差を推定する。

具体的に COVID-19 流行が起こったタイミングを特定するのは難しいため、2019年12月31日までのデータを用いてモデルを推定し、2020年1月1日以降の価格を予測した。

3. 結果

図1では漁獲されるブリ（天然ブリ）の魚価の時系列を、図2では養殖のブリの魚価時系列を示している。天然ブリでは、2020年開始以降（時間インデックスの4以降）の価格下落はCOVIDによるものではなく、季節的な周期性によるものが大きく、また2019年暮れの価格動向を織り込んだものと大きく相違せず減少していることがわかる。一方で、養殖ブリの場合は、予測値と比較して、実測値は平均して下回っている。

比較すると、養殖ブリの実測値は平均して約3%下回っているのに対して、養殖ブリはむしろ約20%高くなっている。これは予測値が短期的な変動を捉えきれていないためでもあるが、数ヶ月単位の傾向における差ならば定量化することが可能となる。

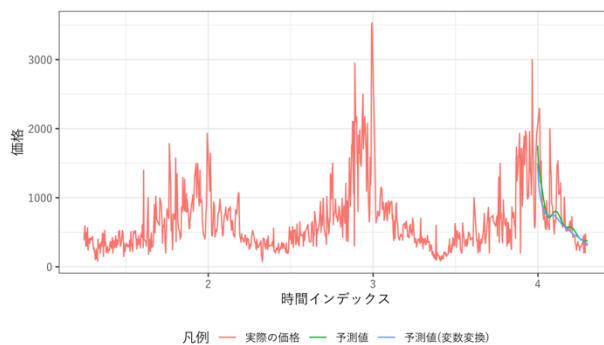


図1(天然)ブリの価格時系列の実測値と予測値の比較

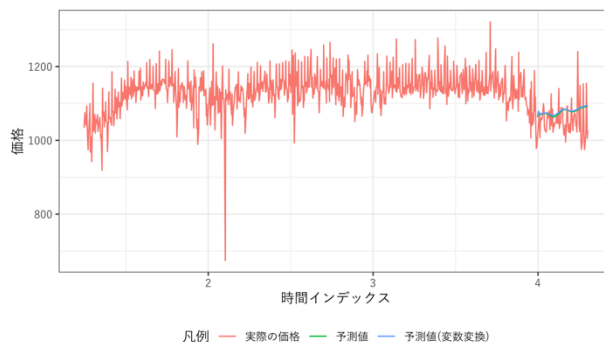


図2. 養殖ブリの価格時系列の実測値と予測値の比較

4. 考察

養殖ブリの予測値は2019年暮れの価格下落という傾向を織り込んで推定しており、単純な前年同期比では過大評価する可能性があることが示された。できる限り水産業の現状を把握するためにはこのような詳細なデータの分析が不可欠となる。

本研究は現在、限定的な市場データで分析をおこなっている。これからより多様な解析が可能な機械学習による時系列解析手法へと展開してゆく。より多くの漁業から市場データ提供を受けることで、こうした分析の実践的な漁業への貢献への技術確立が可能となる。さらに、こうした突破的なショックにおける魚価安定施策などへの示唆分析につながるため、広く日本全国でデータ提供をしていただける可能性を探ってゆきたい。

漁港施設の機能診断への人工知能技術の活用について

○寺澤知彦*・松本力**・完山暢**・三上信雄***・中瀬聡****

*アルファ水工コンサルタンツ **水産土木建設技術センター ***水産技術研究所 ****水産庁

キーワード：長寿命化・人工知能(AI)・画像処理・ひび割れ判別

1. 目的

現在各地で実施されている漁港施設の老朽化度判定においては、今後の技術者不足を考慮すれば、漁港施設の点検判定においては一層の効率性が求められる。そこで、機能診断の均質化と効率化を促進するため、漁港施設の写真から変状を判読する作業において、人工知能（以下AI）技術を活用する手法の検討を行った。

2. 方法

①教師画像の撮影基準の設定：従来の老朽化判定においても変状の写真を撮影するものの、撮影範囲や解像度等が不統一である。こうした画像では、AIの学習に適していないうえ、ひび割れ幅や長さを検出することができない。画像データの質を均一にするため、撮影物までの距離や解像度(画素数)を統一した撮影基準を検討した。

②教師画像の分類:教師画像の分類方法によってAI学習度と判別精度が異なる。教師画像の分類パターンと採用する教師画像を相互にフィードバックしながらAIに学習させ、判別精度の高い組合せを検討した。

③老朽化度の判定:AIによりひび割れがあると判定された写真について、画像処理の手法を組合せて写真内のひび割れの幅を特定した。検出したひび割れ幅を別途整理した「老朽化度の指標値分類」に照らして老朽化度を判定した。

3. 結果

①判別精度の検証：9パターンの教師画像を学習済みのAIモデルによって教師画像を改めて判別させ、判別精度を確認した。判別結果を図1に示す。全体の正答率は95.7%であり、高い精度で画像を判別できる結果であった。

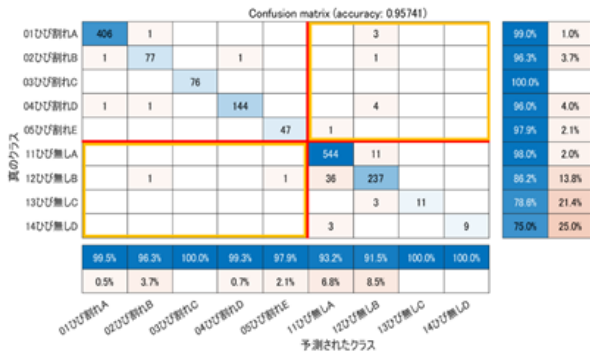


図1. 判別精度の検証

②漁港施設写真でのひび割れ検出：精度を検証した学習済みAIを適用して、青森県原田漁港及び青森県長後漁港で撮影した写真についてひび割れ検出精度を検討した。一例を図2に示す。左図が判別のための元写真であり、これを256×256pixelに分割した各分画を教師画像9パターンで判別したものが右図である。この写真に移っているひび割れは全て「ひび割れA(Index1)」と判別されている。また、海の画像であるIndex8やロープなどを示すindex7も適正に判別しており、写真の各分画が適正に認識できることがわかった。なお、各分画の判定結果のうち、ひび割れを示すindex1~5の分画が5つ以上連続している(ひび割れの長さが約1m)であるときにひび割れであると判定した。

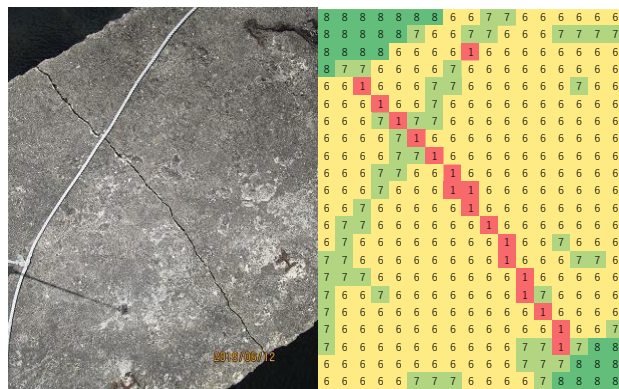


図2. 堤防の写真(左図)とAIによる判別結果(右図)

4. 考察

①判別精度の向上：ひび割れが砂で埋もれたものや亀甲状のもの、漁具の一部や海藻等の残置物が写った画像もは判別精度が低い。こうした多様な実態を踏まえて教師画像分類を精査し、判別精度を高めることで実用性の向上を図ることが重要である。

②施設全体の老朽化度の診断：撮影した写真は局所的な画像であるので、漁港施設全体のひび割れ等の変状を把握するには、多数の写真を施設ごとに一連の画像にまとめる作業が必要になる。こうした画像の統合作業の効率化を進めると共に、画像を基にCAD図を作成する手法の整備も重要となる。

今後は学習用教師データの充実とAIモデルの精度向上を図り、総合的なひび割れ判読システムの実用化に向けた検討を進める。

商業捕鯨が2019年から再開されました。
当研究所はひきつづき鯨類資源の適切な資源管理と
持続的利用の推進に向けて取り組んでいきます。



シロナガスクジラのバイオプシー試料採集実験（2019/20年JASS-A調査）



指定鯨類科学調査法人 日本鯨類研究所
一般財団法人

理事長 藤瀬 良弘

〒104-0055 東京都中央区豊海町4-5 （豊海振興ビル5階）

電話 03-3536-6521 F A X 03-3536-6522

HPアドレス <https://www.icrwhale.org>



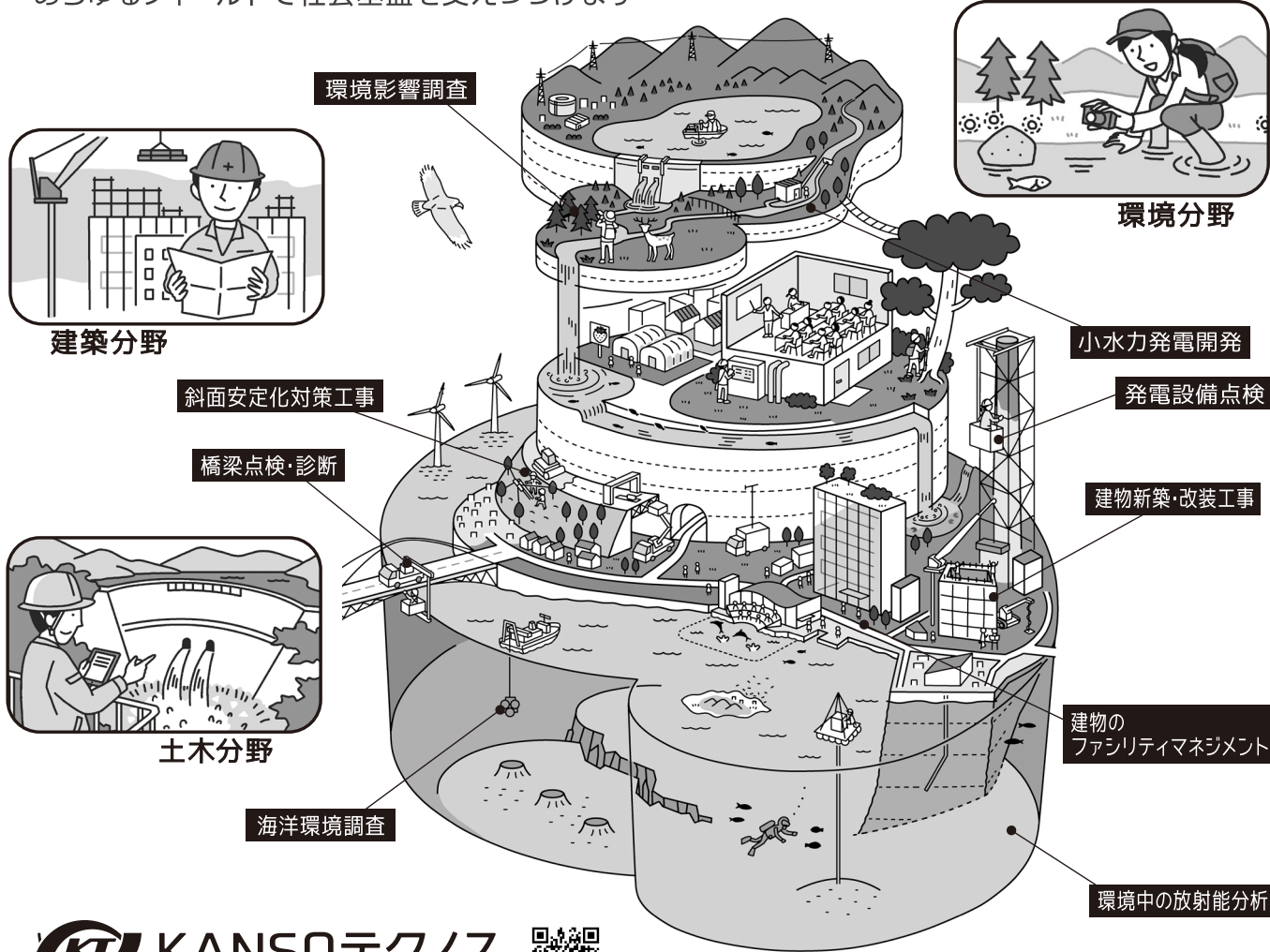
目視調査（2019/20年JASS-A調査）



ミンククジラ

地球・社会・暮らしの『縁の下エンジニアリング。』

わたしたちは、豊かな地域社会の実現とかけがえない地球環境の保全に向けてあらゆるフィールドで社会基盤を支えつづけます



KT KANSOテクノス

<http://www.kanso.co.jp/>



※表記分野以外にも様々な専門業務を取り扱っております

衛星情報から市況情報まで、JAFICはトータルで各種研究をサポートします。

「おさかなひろば」

漁場から食卓までつながります！

「おさかなひろば」は水産流通に関する各種情報をリアルタイムで配信します！



■ 全国主要港の水揚量・価格

■ 消費地市場取扱量

■ 量販店店頭調査

■ 今週の漁海況情報

■ 旬の魚 今季の漁模様など

毎月のデータが6年分閲覧できます。

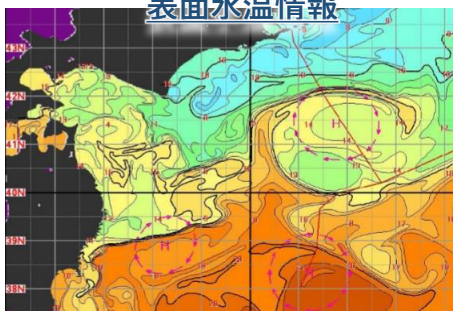


気象海象ナビゲーター

「エビスくん」

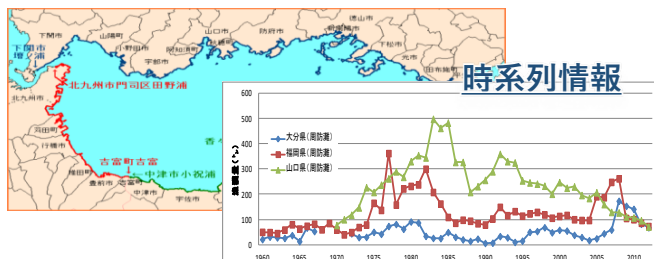


表面水温情報



海洋調査のサポートに、試験操業のサポートに、「エビスくん」は皆様の業務をトータルサポートします。

「漁獲量・経営体数統計情報提供サービス」



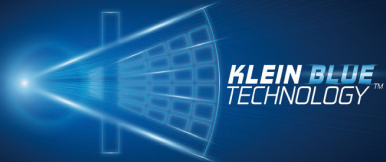
JAFICでは、累年(1960年～)の漁獲量・経営体数の統計情報を漁業地区単位で提供することが可能な情報サービスを実施しています。

一般社団法人漁業情報サービスセンター

〒104-0055 東京都中央区豊海町4-5 豊海振興ビル6F
TEL 03-5547-6888 FAX 03-5547-6881 <http://www.jafic.or.jp>

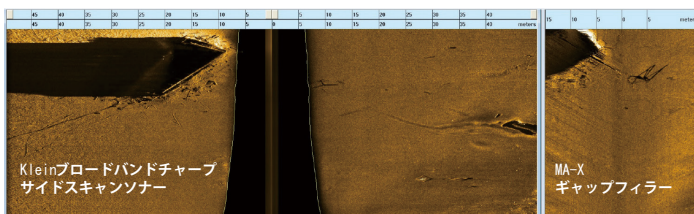
MA-X VIEW 600 サイドスキャンソナー

INTEGRATED GAP FILLER - INCREASED SURVEY EFFICIENCY - UNSURPASSED VALUE

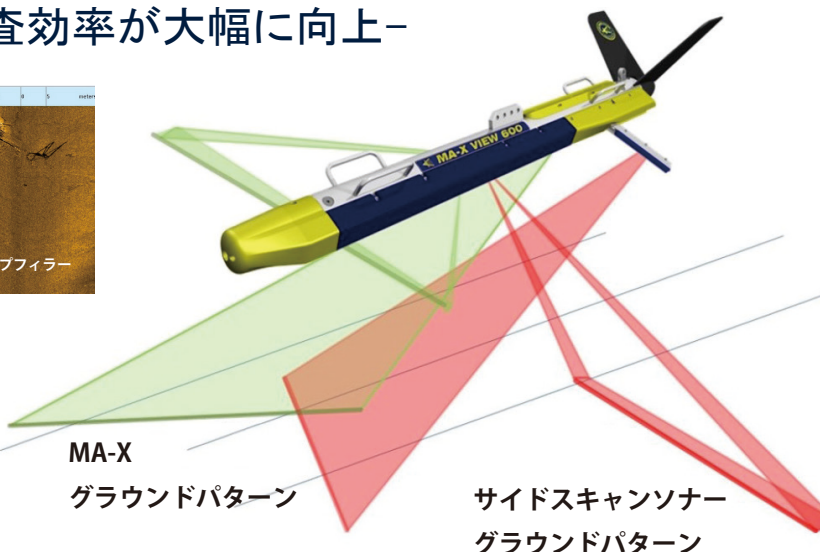


KLEIN がサイドスキャンソナーの常識を塗り替える

—ギャップフィラーにより調査効率が大幅に向上—



各々対となる 600kHz サイドスキャントランスデューサと 850kHz 直下計測用テールトランスデューサによる同時計測により、従来のサイドスキャンソナーでは計測できないナディアゾーンのイメージも同時に取得。



MA-X
グラウンドパターン

サイドスキャンソナー
グラウンドパターン



KLEIN MARINE SYSTEMS, INC.



KLEIN MARINE SYSTEMS社日本総代理店
株式会社ハイドロシステム開発
www.hydro-sys.com

“海”に関するあらゆる調査・観測をサポートします。

ワイヤレス水温・深度計

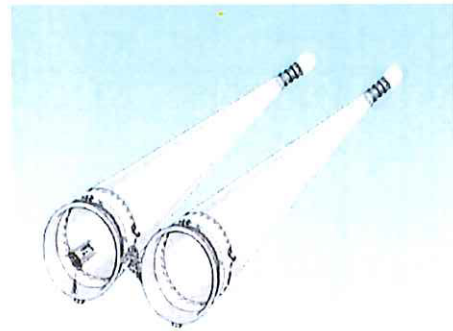
No.5220



リアルデータ表示、メモリー式、小型軽量、水深 200m
単独 及び 採水器、プランクトンネットに装着使用

ボンゴ(BONGO) ネット

No.5546



開閉型・開放型が有ります
目合い:0.1mm、0.33mm(各種)

【取扱品目】

RIGO

採水器、採泥器、プランクトンネット、
環境測定器、水位計、水質試験器、水温計

株式会社 離合社 さいたま事業所

〒336-0931 さいたま市緑区原山 3-14-20

TEL:048-882-3086 FAX:048-811-1202

URL:<http://www.rigo.co.jp> E-mail:info@rigo.co.jp

協賛団体

株式会社 KANSOテクノス

大阪府中央区安土町1丁目3番5号

TEL : 06-6263-7300

<http://www.kanso.co.jp>

三洋テクノマリン 株式会社

東京都中央区日本橋堀留町1-3-17

TEL:03-3666-3417 FAX:03-3666-0077

<https://www.stm.co.jp/>

日油技研工業 株式会社

豊島区南池袋2-22-1 第3高村ビル4F

TEL : 03-3986-5222

<https://www.nichigi.co.jp>

日本船用エレクトロニクス 株式会社

神奈川県横浜市神奈川区東神奈川2-40-7

TEL:045-453-6914 FAX:045-453-6919

<https://www.nhe.co.jp/>

機器等展示団体

有限会社 リーフ

東京都町田市南成瀬4-1-19 芳成ビル3F

TEL:042-721-5439 FAX:042-721-5439

<http://www.leafsystem.co.jp/>

賛助会員

いであ 株式会社
公益財団法人 海洋生物環境研究所
株式会社水土舎 横浜分室
株式会社 ゼニライトブイ
株式会社 鶴見精機
株式会社 マイトベーシックサービス
株式会社 村山電機製作所
株式会社 離合社
久二野村水産 株式会社
社団法人 漁業情報サービスセンター
ケー・エンジニアリング 株式会社
公益財団法人 相模湾水産振興事業団
三洋テクノマリン 株式会社
株式会社 シティー・ティー アンド シー
J F Eアドバンテック 株式会社
西部環境調査 株式会社海洋課
社団法人 大日本水産会
一般財団法人 東京水産振興会振興部
日東製網 株式会社
日本海洋 株式会社
日油技研工業 株式会社
一般財団法人 日本鯨類研究所
社団法人 日本水産資源保護協会
パシコ貿易 株式会社
古野電気 株式会社
有限会社 リーフ
ラトックシステムエンジニアリング株式会社

2020 年度水産海洋学会研究発表大会

大会実行委員会

国立大学法人東京海洋大学

委員長 田中祐志

副委員長 根本雅生

事務局長 鈴木直樹

プログラム担当 石井晴人, 長井健容, 溝端浩平, 中村 玄

会計担当 溝端浩平

庶務担当 長井健容

機器展示担当 溝端浩平, 村瀬弘人, 荒川久幸

発行者

2020 年度水産海洋学会研究発表大会

大会実行委員会

東京都港区港南 4-5-7 東京海洋大学品川キャンパス