

令和 7 年 5 月 16 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2024

課題番号：20K06200

研究課題名（和文）本邦温帯域におけるハダカイワシ類の音響生物量推定法の開発と時空間的分布変動の解明

研究課題名（英文）Development of an Acoustic Biomass Estimation Method and Spatiotemporal Distribution Variation of Myctophid fishes in the Temperate Zone of Japan

研究代表者

安間 洋樹（Hiroki, Yasuma）

北海道大学・水産科学研究院・教授

研究者番号：50517331

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本邦の温帯太平洋域における優占的中深層性魚類群であるハダカイワシ類を対象に、音響手法による生物量推定を可能とし、音響トロール調査により優占魚種の組成とその生物量を明らかにすることを目的とした。特に課題では、北海道東南部海域、鹿児島湾域をモデル海域として、優占種のターゲットストレンクス推定を行い、現場での音響調査に適用することで、当該海域での種組成、分布密度と地理的条件の関係、バイオマス、日周鉛直移動の規模等を明らかにした。また、より広い範囲での適用を可能とするため、天皇海山域において得られた生物サンプルを補足的に用い、音響反射のスケールファクタを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

外洋で最も生物量の多い魚類群であるハダカイワシ類の定量情報は、海洋生態系の深い理解に欠かせないものである。本研究では海洋環境の変化に応じ、優占種の魚種組成や空間分布、生物量が年単位で大きく変動することを示した。有用魚種の資源変動を説明する上での一要因として、重要な餌生物である中深層性魚類の資源量変動やその機構を明示したことは、大変意義深い。

研究成果の概要（英文）：The objective of this project was to enable biomass estimation of the dominant mesopelagic fish group in the temperate Pacific Ocean in Japan using acoustic techniques, and to determine the composition and biomass of the dominant fish species using acoustic-trawl surveys. In particular, the southeastern Hokkaido and Kagoshima Bay areas were used as model areas for this project. The target strength of dominant species was estimated and applied to acoustic surveys in the field to estimate species composition, distribution density in relation to geographical conditions, biomass, and the scale of diurnal vertical migration in the area. To enable wider application, biological samples obtained in the Emperor Seasan area were used as a supplement to clarify the scale factor of acoustic reflections.

研究分野：水中音響計測

キーワード：ハダカイワシ類 計量魚群探知機 中深層性魚類 生物量推定

1. 研究開始当初の背景

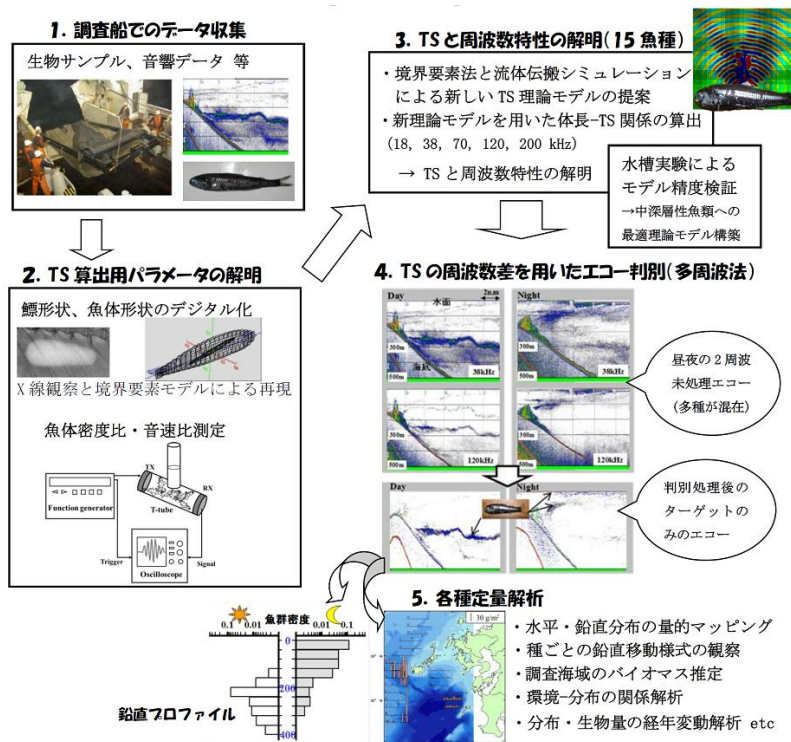
ハダカイワシ科魚類は、外洋の中深層(200~1000 m)に生息する魚類マイクロネクトンで、その生物量は全世界で数億~数十億トン(世界の中深層性魚類のバイオマスの90%以上)に達すると考えられている。また、多くの魚種が日周鉛直移動を行い、表層と中深層の物質循環で重要な役割を担っている。近年、生態系ベースの漁場・資源管理の重要性が論じられているが、海洋生態系の適切な理解のため、来るべき資源枯渇に向けた未利用資源として、本科魚類の分布や鉛直移動様式の定量的な把握が、水産海洋研究の多くの分野で求められている。中深層性魚類を正確に定量化できる採集具が存在しない中、これらの定量化を実現するうえで最も期待されているのが、計量魚群探知機を用いた音響計測である。これまでの多くの研究により、「ハダカイワシ科魚類の音響計測手法が確立すれば、バイオマスは従来の推定量の数十~数百倍に跳ね上がる」と考えられている。しかし、定量化に重要なスケールファクタであるターゲットストレングス(以下TSとする)に関する知見が極端に少ない事などから、本科魚類を音響手法により正確に定量評価した例は世界でも殆ど無い。

このような背景の中、研究代表者らは、北太平洋及びベーリング海の優占魚種を対象に音響計測による定量化技術の開発を行ってきた。主な成果は；(1) 魚種ごとの鰾形態観察を基に、体長とTSの関係、さらにその周波数特性を明らかにした；(2) TSの周波数特性を用いることで、フィールド調査において、ハダカイワシ科魚類によるエコー反応を他の優占生物(オキアミ類、タラ類等)のエコーと分離する手法を開発した；(3) 音響資源量調査を実施することにより、北太平洋の最優占種であるトドハダカのバイオマスが従来考えられていた値の数十倍にのぼることを明らかにした などである。

2. 研究の目的

本研究では、音響散乱層が比較的多魚種で構成される本邦沖合太平洋域(北海道南部海域~九州沖合域)において、計量魚群探知機を用いた音響調査によるハダカイワシ科魚類の定量化を実現することを目的とした。上記の目的は、1) ハダカイワシ科魚類の鰾形態とターゲットストレングスの解明、2) 北海道南部海域における優占種の音響生物量調査、3) 九州沖合太平洋域における優占種の音響生物量調査、4) 鹿児島湾におけるイワハダカの音響生物量調査に大別される。図1に、全体に共通する研究のフローを示す。

図1 本研究の概要



3. 研究の方法

1) ハダカイワシ科魚類の鰾形態とターゲットストレンジス

北海道南部～九州南東部の4地点、及び天皇海山域に設置した1地点において、中層トロールによる魚類採集を行い、優占魚種15種を得た。これらの冷凍標本を用い、軟X観察により鰾の有無、及び鰾と魚体の3次元形状を画像として取得した。鰾（および魚体）の形状を複数の音響理論散乱モデルに適用することで、全個体の理論TS値（at 38, 70, 120, 200 kHz）を求め、全魚種の体長-TS関係式を算出した。

2) 北海道南東部海域に優占種の音響生物量推定

北海道日高沖において2021年と2022年夏季に得られた音響-トロール調査のデータを用い、優占種の空間分布特性、及び種組成の年変動を調査した。計量魚群探知機はSIMRAD社製のEK-80、定量解析においては上記1)により得られた体長-TS関係を使用し、有鰾魚種では38 kHz、無鰾魚では38 kHzと120 kHzのTS値差分法を適用した。

3) 九州沖合太平洋域における優占種の音響生物量調査

上記1)により得られた優占種のTSを過去の音響-トロール調査データ（2014年～2016年）に適用することで、九州南東部太平洋におけるサガミハダカとヒロハダカの空間分布特性と生物量の推定を行った。計量魚群探知機はSIMRAD社製のEK-60、音響推定には70kHzを使用した。

4) 鹿児島湾におけるイワハダカの音響生物量調査

2023年7月13日～16日に、鹿児島大学附属練習船南星丸（175トン）により音響-トロール調査を行った。湾口から鹿児島市沿岸にかけて246 km²の海域に、1海里間隔の計7本の音響トランセクトを設定し、計量魚群探知機（Kaijo, KFC-3000, 38 kHz）による音響計測を行った。日周鉛直移動の有無と規模を推定するため、魚探航走は昼夜連続で行い、調査海域に設定した計7点で中層トロールによる生物サンプリング（夜間）を行った。

4. 研究成果

1) ハダカイワシ科魚類の鰾形態とターゲットストレンジス

本研究においては、以下の16種のハダカイワシ科魚類において4周波の体長-TS関係を算出した。ウスハダカ、センハダカ、マガリハダカ、ヒロハダカ、サガミハダカ、イワハダカ、ゴコウハダカ、アラハダカ、オオクチイワシ、トドハダカ、ナガハダカ、コヒレハダカ、アラハダカ、カガミイワシ、ウスハダカ、マメハダカ。また、種判別に必要な他の優占魚種として、トガリムネエソ、ホシホウネンエソ、キュウリエソ、ヨウジエソについても同様の体長-TS関係を得た。

2) 北海道南東部海域に優占種の音響生物量推定

調査海域のうち、日高沖においては両年とも津軽暖流水の流入が顕著であったが、東部太平洋海域では2021年に沿岸親潮系の冷水が優占的であったのに対し、2022年には暖水系の水塊が優占的であった。両年とも、調査海域のハダカイワシ科魚類は6種の優占種により構成されていたが、上記海洋環境の違いにより、両海域の優占種の組成と生物量は大きく異なった。沿岸親潮系の冷水域では、マメハダカが優占的で、バイオマスの7割以上を占めていたのに対し、暖水域においては、コヒレハダカ、オオクチイワシが優占した。ハダカイワシ科魚類の分布密度は最大で約20 g/m²に達し、調査海域において膨大な生物量を有することが示唆された。分布密度には海域間による大きな差がみられ、支配的な海洋環境により、中深層性魚類のバイオマスが大きく変動することが明らかとなった。また、陸棚斜面域におけるハダカイワシ科魚類のバイオマスは斜面形状と関係して大きく変化することがわかった。

2) 九州沖合太平洋域における優占種の音響生物量調査

2020年度に得られたTS情報と過去に蓄積した音響データを元に、2014年～2016年の九州南西部海域におけるハダカイワシ科優占2種（ヒロハダカ、及びサガミハダカ）の音響分布推定を行った。調査海域4400 km²における推定生物量は、2014年：サガミハダカ 約19万トン、ヒロハダカ 約3万トン、2015年：サガミハダカ 約86万トン、ヒロハダカ 約10万トン、2016年：サガミハダカ 約35万トン、ヒロハダカ 約2万トンであった。また、サガミハダカは全ての年において調査海域全体に広く分布していたが、ヒロハダカは南西部にはほとんど分布せず、北部および南東部に主として分布していた。

3) 鹿児島湾におけるイワハダカの音響生物量調査

トロール曳網により、当海域の中深層性魚類マイクロネクトンはイワハダカ、キュウリエソ、及びヨウジエソの3種が優占的で、特にイワハダカが個体数の8割以上を占めることがわかつ

た。イワハダカによる音響散乱層は、深度約 100–130 m に形成され、鹿児島湾内の水深 120 m 以深の全域に広がっていた (図 2)。調査海域の北東部 (垂水市沖) の斜面域においては比較的高い音響反射が観察され、分布密度における地理的な影響が示唆された。音響散乱層における生物密度は、高いところでは数十グラム/m²に達すると推定された。調査海域 (246.1 km²) におけるイワハダカの生物量は、下記において約 2 千トンであると推定された (図 2)。音響散乱層を構成する魚群の殆どが顕著な日周鉛直移動を行い、深度 50 m 以浅の表層域においては、夜間において魚類による生物量が 80 倍以上に達することが分かった (図 3)。

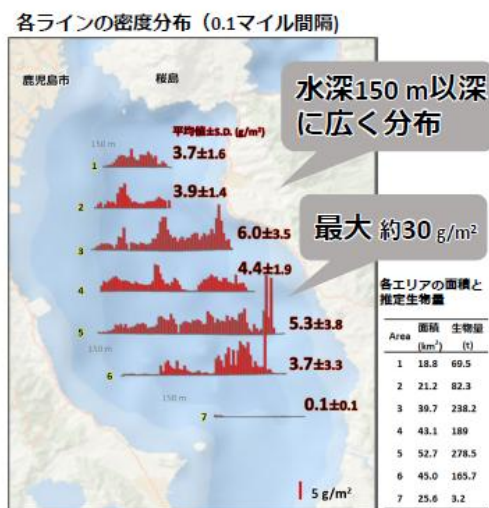


図 2 鹿児島湾の音響トランセクトライン上における 0.1 n.m. 間隔のイワハダカの密度分布

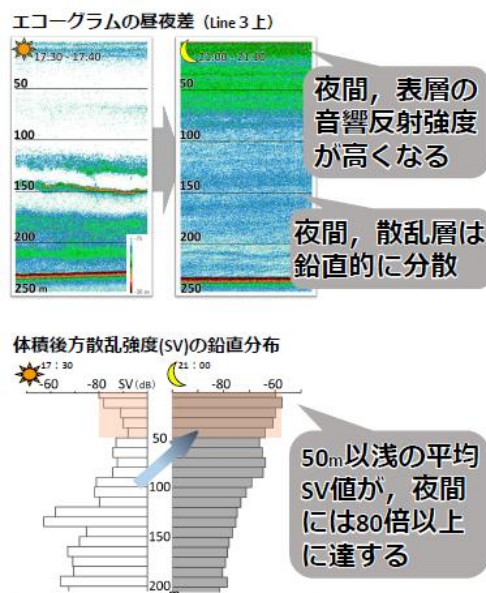


図 3 調査海域におけるエコーグラムの昼夜差の例 (上) と昼夜の体積後散乱強度 (SV 値) 分布 (下)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Hanamatsu S., Kume G., Kobari T., Azuma T., Makino F., and Yasuma H.
2. 発表標題 Acoustic survey of skinnycheek lanternfish (<i>Benthoosema pterotum</i>) in Kagoshima bay, Japan
3. 学会等名 The 12th International Fisheries Symposium (IFS2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 安間洋樹・石野光弘
2. 発表標題 中深層性魚類マイクロネクトンによるマイクロプラスチック摂取と音響手法による定量モニタリング
3. 学会等名 令和2年度海洋プラスチックごみ学術シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 矢澤宏太郎・安間洋樹・久米元・東隆文・牧野文洋・小針統
2. 発表標題 鹿児島湾におけるイワハダカの音響生物量推定
3. 学会等名 令和6年度公益社団法人日本水産学会春季大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 HANAMATSU Seiya, KUME Gen, KOBARI Toru, AZUMA Takafumi, MAKINO Fumihiro, YASUMA Hiroki
2. 発表標題 ACOUSTIC SURVEY OF SKINNYCHEEK LANTERNFISH (<i>Benthoosema pterotum</i>) IN KAGOSHIMA BAY, JAPAN
3. 学会等名 The 12th International Fisheries Symposium (IFS2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 矢澤宏太郎・安間洋樹・久米元・東隆文・牧野文洋・小針統
2. 発表標題 鹿児島湾におけるイワハダカの音響生物量推定
3. 学会等名 令和6年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Takayama N., Suzuki Y., Matsukura R., and Yasuma H.
2. 発表標題 The characteristics of spatial distribution of Mesopelagic fishes by acoustic survey off eastern Hokkaido Island, Japan
3. 学会等名 PICES 22 Annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yasuma H., and Ishino M.
2. 発表標題 Microplastic ingestion by mesopelagic fish and acoustic quantitative estimate in the Pacific side of Hokkaido Island, Japan
3. 学会等名 PICES 22 Annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高山のあ, 松裏知彦, 北村充彰, 大沢祐美子, 増村友博, 安間洋樹
2. 発表標題 海山構造が音響散乱層の空間分布と日周鉛直移動に及ぼす影響
3. 学会等名 海洋音響学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高山のあ, 松裏知彦, 北村充彰, 大沢祐美子, 増村友博, 安間洋樹
2. 発表標題 高山構造が音響散乱層の空間分布と日周鉛直移動に及ぼす影響
3. 学会等名 海洋音響学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 安間洋樹, 高山のあ, 松倉隆一, 今泉智人, 鈴木勇人	4. 発行年 2023年
2. 出版社 日本工業出版	5. 総ページ数 92
3. 書名 超音波テクノ	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	木村 暢夫 (Kimura Nobuo) (50186326)	北海道大学・水産科学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	前川 和義 (Maekawa Kazuyoshi) (80250504)	北海道大学・水産科学研究院・助教 (10101)	
研究分担者	高橋 勇樹 (Takahashi Yuki) (00761701)	北海道大学・水産科学研究院・准教授 (10101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------