



# 日本バイオロギング研究会会報

日本バイオロギング研究会会報 No. 220

発行日 2024年12月25日 発行所 日本バイオロギング研究会（会長 佐藤克文）

発行人 三田村啓理 京都大学フィールド科学教育研究センター

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町

TEL & FAX: 075-753-6227 E-mail: BioLoggingScience@gmail.com

会費納入先：みずほ銀行 出町支店 普通口座 2464557 日本バイオロギング研究会



## もくじ

### 新しい発見

- 「グリーンランドの氷の下を泳ぐ鉄板」 富安 信（北海道大学大学院水産科学研究院） 2
- 「Dive patterns and sync in narwhal and bowhead whales」 4  
Evgeny Podolskiy (Arctic Research Center, Hokkaido University)
- 「氷河フィヨルドで暮らすアザラシの生息地利用と季節変化」 5  
櫻木 雄太（北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター）

### 調査報告

- オオミズナギドリを用いた水銀汚染マップの作成 6  
小田桐 光李（北海道大学水産科学院）

### 学会報告

- 「25th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals 参加報告」 8  
三谷 曜子（京都大学野生動物研究センター）

「オオミズナギドリ」

撮影場所：日本近海 撮影者：小田桐光李

## 新しい発見

# グリーンランドの氷の下を泳ぐ鉄板

富安 信 (北海道大学水産科学研究院)

北大水産で魚と漁業の関係を研究している富安です。最近バイオよりもめっきギアが主な仕事になっているのですが、ロガーデータを用いた最近の研究を紹介させていただきます。なおこの研究は北極域研究加速プロジェクト the Arctic Challenge for Sustainability II (ArCS II) で実施されたものです。極域での研究は、私にとって全くの専門外でしたが、漁業や魚を観点に学際的な課題への貢献ができることに気づかされ、大変うれしく思っています。

カラスガレイ (*Reinhardtius hippoglossoides*) は北大西洋に広く分布する底生魚であり、グリーンランドでは漁業の輸出収入に大きく貢献している種です。日本にもその多くが寿司ネタの「えんがわ」として輸出されています(図1)。



図1. カラスガレイのえんがわ。函館のような地方都市でもよく見られる。

この種を対象とする漁業は、沖合域では底曳網漁、沿岸域では底延縄漁が行われており、現在最も漁獲量が多いのは後者です。底延縄は、長い幹縄に多数の枝縄をつけそれぞれに釣り針をつけた漁具で、幹縄先端の錨を下ろした後に幹縄を曳航することで海底に沿って展開されます。グリーンランドを含む北極域の国では、春から夏にかけて主に船上でこの漁業が行われていますが、1年のうちの約半年の海が海氷に覆われる時期は、船で操業をすることができません。そのため冬の間、イヌイットの漁業者は犬ぞりと移動式の基地を組み合わせたものやスノーモービルで海氷上の漁場まで行き、氷に穴を開けて延縄を垂下します。しかし氷の穴から漁具を落とすだけでは延縄を水平に延ばして展開することは不可能です。そのため漁業者は鉄板のような道具を幹縄の先端に取り付けています(図2、3)。

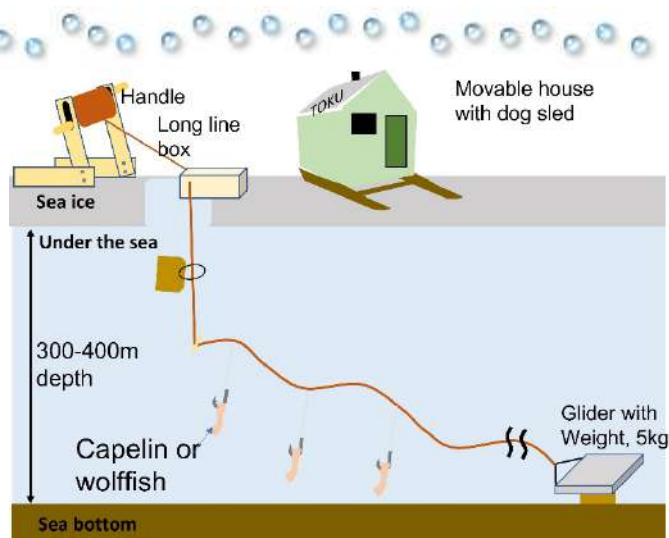


図2. イヌイットの氷上での延縄漁業の模式図。縄の先端に特徴的な鉄板を取り付けている。



図3. 漁獲されたカラスガレイと Wolffish の仲間。

過去の報告では、これらの道具が延縄の伸長を助けたり、底に沿って延縄を伸ばしたりする役割が記述されています。しかしながら鉄板の水中での基本的な動きやその動きの特性が延縄の展開範囲にどのような影響を与えるのかはあまり良く理解されていませんでした。特に気候変動によって海氷が形成される期間が短くなるにつれて、氷の穴を利用したカラスガレイの漁業はますます困難になっており、船舶を利用したより効率的な漁業へ移行しつつあります。氷下の底延縄における鉄板の動きの特性と展開範囲に与える影響を理解することは、漁船での延縄漁業との違いをよりよく把握するのに役立つだけでなく、将来的な漁業の転換

が水産資源や漁業活動に与える潜在的な影響を把握するのにも役立ちます。そこで本研究では、加速度計を用いた複数の実験を行い、鉄板の水中挙動と延縄の水平展開範囲に与える影響を明らかにしました。またこれらの実験を通して、氷下での延縄漁業と漁船での延縄漁業との比較を行い、気候変動による将来的な漁業の転換が生物資源に与える影響について分析しました。

実験は 2022 年 7月31日にグリーンランド北西部のカナック近郊のボードウィンフィヨルド付近で行われました。現地漁業者と協力し、ポリプロピレン製の幹縄の先端に現地漁業者が所有していた鉄板を取り付けた実験用延縄を漁船から投下しました。カイトの上面には、圧力・温度センサー付き加速度計を取り付け、水中深度と三次元加速度を計測しました。

複数の実験を通して、延縄の先端に取り付けられたカイトは水中を沈下しながら水平方向に移動し幹縄を約 20°の角度で水平に展開することが実証されました。また最終的に海底に着底した際の延縄の水平展開距離は 298.2m であり、現地の漁業者が通常用いる延縄を展開するのに十分な範囲でした (図 4)。研究グループが知る限り、これは底延縄展開時のカイトの動きを計測した初めての報告でした。

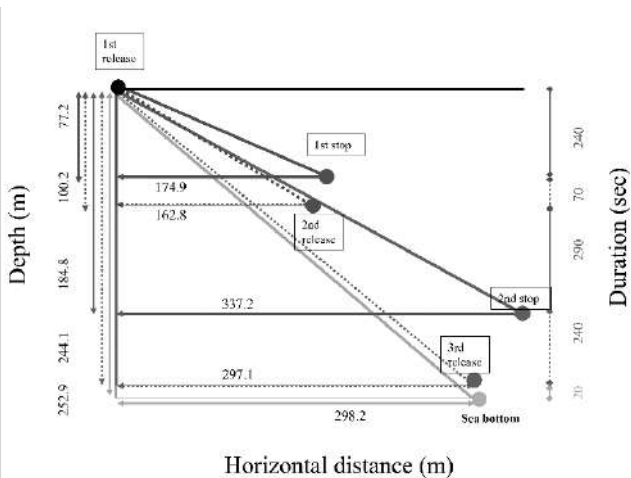


図 4. 圧力センサー値からの延縄の展開予想図。縦軸は鉄板の深度と経過時間、横軸は水平移動距離を示す。

現地の漁業者らが、幹縄を放しカイトの重さによって水中に幹縄を展開する操作を行っている間、鉄板は上下方向の周期的なピッチングと沈降速度の変動を繰り返しており、この運動は板状物体が流体中を落下するときに見られるフラッタリングに類似していました。この運動が起きる際には、鉄板周りの流体力や発生する渦、ピッチ角の変化に関連した抗力、揚力及び鉄板に接続している幹縄の浮力、張力が作用していると考えられました。特に幹縄の浮力、張力は幹縄が長く放出されるほど強く働くことが予想され、漁業動作の繰り返

しによって鉄板の動きや幹縄の展開範囲に影響している可能性が考えられました。こうした鉄板の動きを基にした延縄の展開範囲は、結果的に数百メートルになる可能性が考えられ、夏季の漁船漁業と比べると展開範囲は小さく、冬季の氷下漁業がカラスガレイの資源に与える影響は比較的小さい可能性が示唆されました。

グリーンランドでは昨今の気候変動の影響によって、海氷の形成が不安定になり氷の上で行われる漁業や狩猟が失われつつあります。氷下延縄漁業についても将来的には効率的な漁船漁業へ転換されていくと予測されており、カラスガレイの資源への影響が懸念されています。気候変動の影響は急速に生態系や環境に現れますが、漁業の転換は生物資源の成長と繁殖パターンを注意深く考慮して行われるべきであると考えられます。

Kenzo Tanaka, Makoto Tomiyasu, Ryo Kusaka, Shin Sugiyama, Evgeny A. Podolskiy, Yasuzumi Fujimori  
Artisanal longline fishing for Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) operated under sea ice using a metal plate kite in northwest Greenland. Fisheries Research, Volume 281, 2025, 107203. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2024.107203>.



写真) 研究拠点、船上からの様子。気候変動の最前線にある環境で漁業や狩猟など人間活動と生態系の変動の関係性についてこれからも研究を継続する予定である。

# Dive patterns and sync in narwhal and bowhead whales

Evgeny Podolskiy (Arctic Research Center, Hokkaido University)

Narwhals (*Monodon monoceros*) and bowheads (*Balaena mysticetus*) are endemic Arctic whales with significant ecological and social roles. They are particularly important to Arctic Indigenous people through subsistence hunting and are exposed to growing pressures from the warming climate. In the previous decade, the Greenland Institute of Natural Resources (Nuuk, Greenland) and Aarhus University (Roskilde, Denmark) conducted extensive tagging campaigns in West and East Greenland to investigate the whale's behavior, ecology, and interaction with anthropogenic activities. As briefly outlined here, we have collaborated with these institutions on data analysis, which led to several methodological and biological insights potentially relevant to many cetacean species.



Fig.1. Tagging narwhal and bowhead whales in Greenlandic waters (Scorsby Sound and Disco Bay, respectively). Photos are courtesy of Prof. M.P. Heide-Jørgensen (GINR).

While animal-borne ocean sensors continue to advance and collect more data, there is a lack of adequate methods to analyze records of irregular

diving behavior. Recently, we successfully tried to use a dynamical-systems-chaos approach to uncover patterns within the apparently disorderly diving behavior as an alternative to more sophisticated Hidden Markov Models [1, 2]. First, we characterized 83 days of diving behavior of a single narwhal, detected diurnal patterns and their seasonal modulation, classified activity types, estimated associated time budgets, and found how sea-ice appearance shifts time budgets [1]. This attempt focused on data analysis for a single animal and thus needed to be extended for more individuals and species. Thus, we analyzed a large data set of 12 bowhead whales, some tagged simultaneously [2]. Applying the dynamical-systems theory to the movement of these iconic arctic whales uncovered a 24-hour diving cycle and a long-range ( $\sim 100$  km) synchronization. The detected patterns in the whales' behavior could offer clues into how they forage and socialize over vast distances. Both species seem to track the daily movement of their prey towards the surface, a phenomenon known as the diel vertical migration. Also, we found that two bowhead whales were diving in synchrony over the course of a week at a time, even when they were around 100 km apart. The synchronization was observed when they were within acoustic range of each other, which can exceed 100 km. Currently, we are looking into the synchronization of simultaneously tagged narwhals, which are expected to have a significantly shorter acoustic range due to their reliance on predominantly ultrasound frequencies.

[1] Podolskiy, E. A. and M. P. Heide-Jørgensen, 2022, Strange attractor of a narwhal (*Monodon monoceros*). *PLOS Comp. Bio.*,

<https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1010432>

[2] Podolskiy, E. A., J. Teilmann, and M. P. Heide-Jørgensen. Synchronization of bowhead whales. *Phys. Rev. Res.*,

<https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.6.033174>

# 氷河フィヨルドで暮らすアザラシの生息地利用と季節変化

櫻木 雄太（北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター）

グリーンランド北西部のチューレ地域には海に面した氷河のあるフィヨルド（以降、氷河フィヨルド）が存在し、そこで暮らす人々はアザラシやイッカクを狩猟して生活しています。しかし、近年の北極域における気温上昇に伴って氷河や氷床は急速に融解しており、海洋生態系の変動や、それに付随して人間社会への影響が危惧されています。気候変動による影響を予測するには、さまざまな種の分布や行動と環境要因の関係を調べる必要があります。本研究では、北極域海洋生態系の鍵種であり、チューレ地域で最も狩猟されているワモンアザラシが利用する環境の特徴を調べました。

フィールド調査では、2021年8月にチューレ地域にある氷河フィヨルドの奥で、ワモンアザラシ4個体に塩分・水温・深度を計測できる衛星発信器（CTD Satellite-Relay Data Logger, Sea Mammal Research Unit製）を装着しました。その結果、ワモンアザラシは基本的に沿岸付近にいましたが、夏（8～10月）の間は氷河フィヨルドの中の氷河付近に滞在し、冬（11月以降）の定着氷の形成に伴ってフィヨルドの外の浅い海域に移動していました（図1）。次に、潜水行動を見ると、表層の水温躍層を超える50m前後の潜水がほとんどで、海底に到達する潜水は比較的少なかったです。また、アザラシは餌生物のいる深度まで潜って採餌を考えると、夏と冬で最大潜水深度の水塊の特徴を調べてみたところ、夏には特徴的な2つの水塊（水温：-1～1℃、塩分：32.0 psu 付近と33.5 psu 付近）を、冬は-1.7℃、33.0 psu 付近の水塊を利用していたことがわかりました（図2）。このワモンアザラシがよく利用していた水塊は、なんと餌生物であるホッキョクダラの稚魚と成魚がそれぞれ生息する水塊と重なっていたことがわかりました。夏の間、アザラシが海に面した氷河（以降、カービング氷河）の前に集まること自体は、スーパール諸島など他地域でも見られる行動です。カービング氷河前では、カービング氷河底面から流出する融解水による湧昇流によって、高い生物生産性の領域が形成されます。なので、アザラシは採餌するために集まると考えられてきましたが、今回、初めてワモンアザラシが夏のカービング氷河前でホッキョクダラを採餌していることを示唆する結果が得られました。

本研究で、ワモンアザラシはカービング氷河やホッキョクダラの生息する水塊と関係していることが示唆されました。これらの特徴は、カービング氷河の融解によ

る影響を受けやすいものです。今後、当該地域におけるホッキョクダラの分布特徴と、ワモンアザラシの潜水行動との関係性を調べることで、本種の生息地利用の特徴を明らかにしていきたいと思えます。

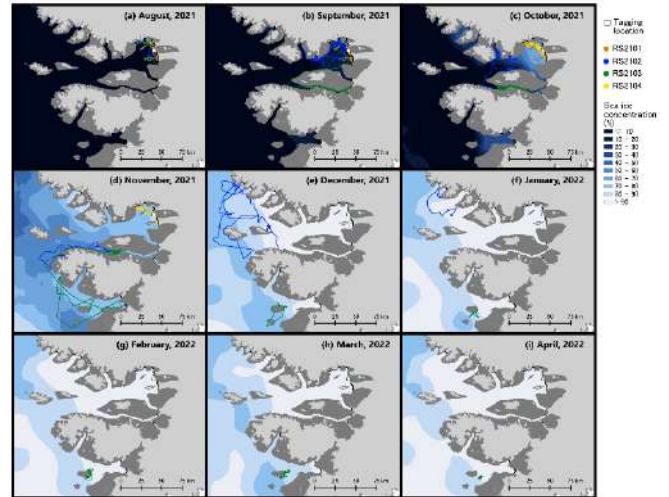


図1. ワモンアザラシの月別の移動軌跡と氷密接度。線の色は個体を示す。濃い灰色は陸地、薄い灰色は氷床、青色は氷密接度を表す（薄いほど高い氷密度）。

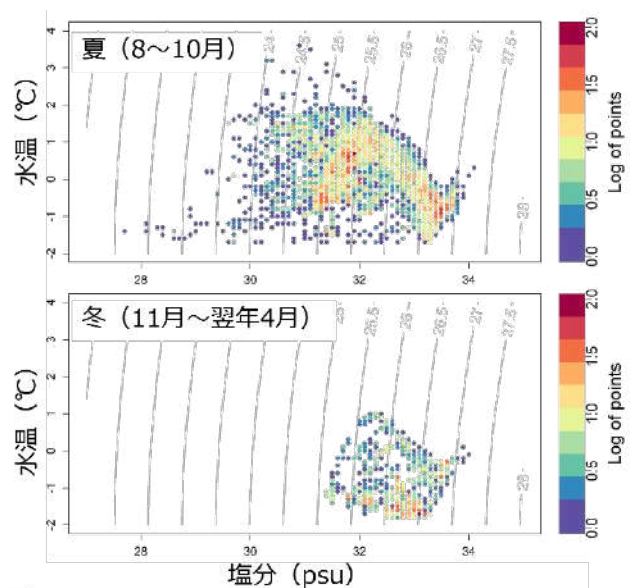


図2. ワモンアザラシの最大潜水深度の水温-塩分図。色が赤に近いほどその水塊まで潜った潜水頻度が高いことを示す。

## 本研究の論文

Sakuragi, Y., Rosing-Asvid, A., Sugiyama, S., Mitani, Y. (2024) Seasonal habitat use of ringed seals in the Thule area, northwestern Greenland. *Polar Science*. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2024.101145>

# オオミズナギドリを用いた水銀汚染マップの作成

小田桐光季 (北海道大学水産科学院)

## 本研究について

日本で繁殖するオオミズナギドリは、水銀排出量の多い中国・東南アジア周辺で越冬します。本種は越冬海域において、個体ごとに異なる比較的狭い越冬場所を利用することがわかっています。越冬期に生え換わる尾羽の水銀濃度は、その個体が過ごした越冬場所の水銀汚染レベルを反映します。本研究では、バイオロギング手法を用いて各個体の越冬場所を特定し、その個体の尾羽の水銀濃度を紐づけることで、太平洋西部熱帯亜熱帯海域の水銀汚染レベルのマップ化を試みしました。

## 背景

水銀は環境中に放出されると、大気の循環や河川を通じて、最終的に海洋へ到達します。海洋に入った水銀の一部は、神経系に対して強い毒性を示すメチル水銀に変化し、生物濃縮されます。人為的な水銀排出量は一部の地域で依然として増加の一途を辿っており、海洋における水銀汚染の継続的なモニタリングが求められています。海鳥の羽根は、換羽時の血中水銀濃度を反映し、採取が容易であるため、水銀汚染のモニタリングに用いられてきました。外洋性海鳥のオオミズナギドリ *Calonectris leucomelas* は、水銀排出量の増加が顕著である中国・東南アジア周辺で越冬し、その期間に尾羽を換羽すると考えられています。そこで、バイオロギング手法を用いて特定した各個体の越冬場所と、その個体の尾羽の水銀濃度を紐づけて、水銀汚染マップを作成し、調査が困難な海洋の広範囲の水銀汚染を比較的高い分解能で視覚的に示すことができると考えました。

## 方法

野外調査はオオミズナギドリの繁殖地である粟島で2019年から2023年の繁殖期に実施しました。オオミズナギドリにジオロケータという照度を記録することで日照時間と正午時刻から緯度経度の推定できるロガーを取り付けました。翌年の繁殖期にジオロケータを回収し、尾羽を採取しました。その個体の越冬海域と尾羽の水銀濃度を紐づけて、マップ化しました (図1)。

海鳥において羽根の水銀濃度は、越冬場所での水銀曝露量の他に、性、栄養段階、年齢の影響を受ける可能性があります。本研究で扱うオオミズナギドリの尾羽の水銀濃度は、オスの方がメスより高い傾向が見られました。しかし、栄養段階の指標である窒素安定同位体比や、アミノ酸別窒素安定同位体比との相関は見られませんでした。また、本研究ではオオミズナギドリの年

齢は不明ですが、同一個体から2年連続で採取した尾羽の水銀濃度は1年目と2年目でほぼ同じ水銀濃度を示し、年による蓄積は見られませんでした。海鳥は、換羽などにより体内に蓄積した水銀のほとんどが体外へ排出されるため、年齢による生物濃縮は受けない場合が知られています。そのため本研究では、尾羽の水銀濃度は、栄養段階、年齢の影響は受けないとみなし、性で補正した水銀濃度をマップ化に使いました。

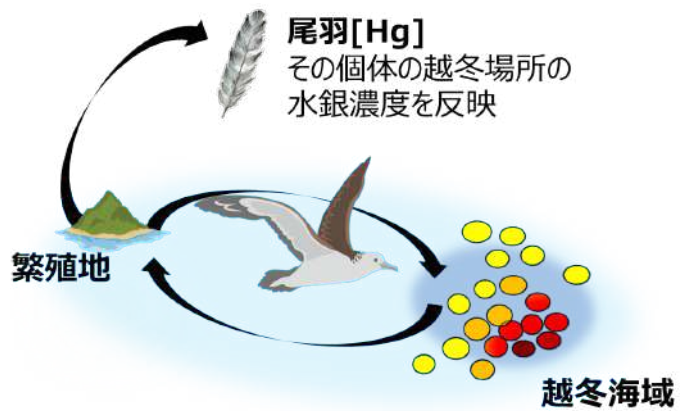


図1. 方法概要図  
越冬海域における各円は各個体の越冬場所、円の色はその個体の尾羽水銀濃度の高さを示す。

## 結果・考察

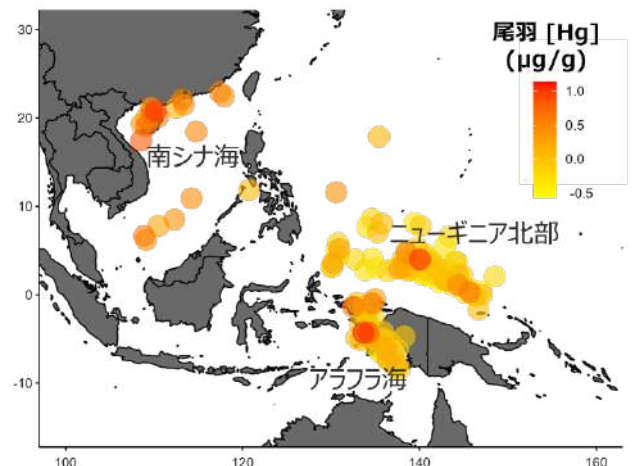


図2. オオミズナギドリを用いて作成した水銀汚染マップ  
各円は各個体の越冬場所、円の色はその個体の尾羽水銀濃度の高さを示す。

オオミズナギドリの尾羽を用いて作成した水銀汚染マップから、南シナ海 (特に沿岸域) で越冬した個体の尾羽水銀濃度は高い傾向にあることがわかりました。また、周囲の個体と比べ、尾羽水銀濃度が特異的に高い個体も確認されました。実際に南シナ海北部の海水で中総

水銀濃度 ( $1.2 \pm 0.3 \text{ ng/L}$ ) は北大平洋 ( $0.23 \text{ ng/L}$ )、北大西洋 ( $0.48 \text{ ng/L}$ )、地中海 ( $0.26 \text{ ng/L}$ ) より高く (Fu et al., 2010)、沿岸域の海水中総水銀濃度  $2 \sim 15 \text{ ng/L}$  は外洋域の  $0.5 \sim 3 \text{ ng/L}$  より高い傾向があります。さらに、越冬期を南シナ海で過ごすコグンカンドリの羽根水銀濃度は東インド洋やアラフラ海で越冬するオオグンカンドリより高いことも報告されています (Mott et al., 2017)。オオミズナギドリを用いて作成した水銀汚染マップの結果はこれら過去の実測値や研究結果と矛盾しませんでした。これにより、オオミズナギドリは、本種が越冬する太平洋西部熱帯亜熱帯海域における水銀汚染モニタリングの有用な指標となることが示唆されました。

#### 最後に

調査地での試料採取およびデータ収集を行ってくださった皆様、並びに水銀濃度測定に際しお世話になった北海道大学獣医学研究院の方々に、この場を借りて心

より感謝申し上げます。

本研究は文部科学省科学研究費補助金 (19H01157 代表綿貫豊) の助成を受けたものです。

#### 参考文献

Xu, X., Fu, X., Feng, X., Zhang, G., Xu, W., Li, X., Yao, H., Liang, P., Li, J., Li, J., Sommar, R., Yin, S., Liu, N. (2010). Mercury in the marine boundary layer and seawater of the South China Sea: Concentrations, sea/air flux, and implication for land outflow. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2010, 115.D6.

<https://doi.org/10.1029/2009JD012958>

Mott, R., Herrod, A., Clarke, R. H. (2017). Post-breeding dispersal of frigatebirds increases their exposure to mercury. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 204-210.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.03.050>



粟島のオオミズナギドリ (撮影：小田桐光李)

# 25th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals 参加報告

三谷曜子 (京都大学野生動物研究センター海獣班)

2024年11月11～15日、オーストラリアの南西にあるパースにて、25th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals が開催されました。約1000題の発表と80カ国1400名ほどの参加者が集まったとのことでした。2年に1回開催される学会で、前回はフロリダで開催されましたが、筆者はオンライン参加だったので、久々のオンサイト参加でした。

学会前の2日間は、様々なワークショップが開催されました。私は1日目に“Genuine partnerships between western scientists and First Nations and Indigenous peoples to advance marine mammal science”に参加しました。ここでの話題は、先住民が食糧資源として利用している海棲哺乳類の保管理政策についてです。これまで中央政府がトップダウンで決めていた政策では、先住民の知見や文化が考慮されず、問題になっています。保管理政策の合意形成を進めるためには、研究者たちが地域の人々と協働で調査することが必要です。この取り組みの中で、どのような課題があるかを話し合うと、参加者の多くは「言葉の壁」についてを挙げていて、どれだけ大変かを語っていました。日本人研究者だと、研究の世界に入って英語の壁を感じる人が多いのですが、英語が母国語の研究者にとっては、多様性の時代、マイノリティへの配慮が必要な時代になって、非英語地域での調査で初めて壁を感じるのだな... と思いました。

2日目は“AI and Marine Mammal Science/ Advancing Marine Mammal Research through Machine Learning”に参加しました。設置型音響モニタリング手法によって大量に得られる鳴音データを自動判別する手法、画像・映像データから鯨類を判別する方法、たくさんの個体識別写真から、同一個体をマッチングする方法などの講演がありました。しかし、日本語で聞いてもわからない話題は、英語で聞くとますますわからない、ということが身に染みた1日でした...

いよいよ学会の開会となり、初のオーストラリア開催ということで、その土地に代々住む人々への敬意を表し、文化を大切にすることを全面に押し出していました。また、環境に配慮するというので、プラスチックを出さず、提供される食事は野菜で作られたもののみでした。さらにFamily Friendlyな取り組みとして、会場の敷地内に子供の遊び場が開設され、参加者が子供の面倒を見る人を連れてきた場合、その人の参加費

が安く設定されていました。私が南アフリカ開催の学会に子供を連れて行った17年前と比較すると、素晴らしい対応になっていて、時代の流れを感じました。

私は今回、釧路沖のシャチと漁業との競合について口頭発表しました。発表数が多いこともあり、講演9分、質疑応答2分、入れ替え1分でした。私は発表内容をかなり端折りましたが、英語話者の人たちは、早口で話すことで内容をつめつめに行っていると感じました。ここでもマイノリティの非英語話者に配慮がほしいところでした。海獣班からは、北海道のシャチの遺伝型、グリーンランドのワモンアザラシの衛星発信器による追跡、胃内容物という3題のポスター発表をしました。その中で、小川萌日香さんが、ヨーロッパ地域の最優秀発表賞を獲得しました(写真1)。



図1. 学会長から表彰される小川萌日香さん。ヨーロッパ地域なのは、調査地がグリーンランドだったためです。

この学会は、世界中の海棲哺乳類研究者が集うことから、研究プロジェクトの会合が隙間時間に開催されたり(写真2)、普段は会えない国内の研究者とも交流できたりして、とても有意義な学会です。そのうち、日本で開催することができたら良いな、と思っています。



写真2. 北太平洋のザトウクジラ研究者たちとの会合後の記念写真



## 会費納入のお願い

■会費の納入にご協力をお願いいたします。

正会員5000円、学生会員（ポスドク、任期付ポストも含みます）1000円です。

2年間会費未納ですと自動的に退会になりますのでご注意ください。

■[入会・会員情報更新はこちら](#)をクリック

## バイオロギング本のご案内

■多くの方に愛されているバイオロギング本。初めてバイオロギング本が産声をあげたのは、2009年でした。出版からすでに14年以上が経過しており、皆さんにたくさんお求めいただいたことから、絶版（在庫なし）となっています。そしてバイオロギング本の弟（バイオロギング2）が産まれてから7年が経ち、こちらも残りわずかとなりました。絶版となる前に是非お求めください！ 出版社「京都通信社」のWebページから購入できます。 <https://www.kyoto-info.com/kyoto/>

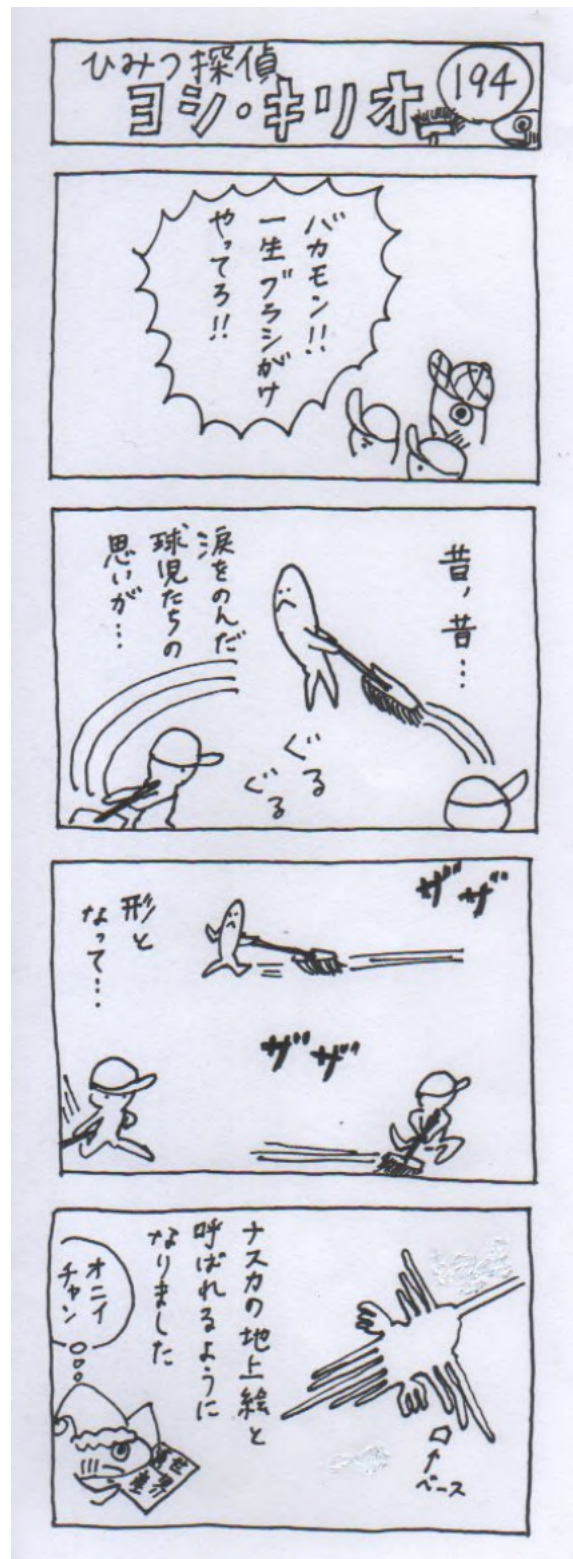


### 編集後記

■先日まで、冷たい雨（途中からアラレ）がパラパラと降ってくる北海道釧路沖にて、目視調査をしていました。国際海棲哺乳類学会でも発表した、釧路沖の底刺し網とシャチとの競合についての調査です。やはり今年も漁場でシャチに遭遇しました。シャチの来遊時期がウォッチングに適している時期なら良かったのに・・・【YM】

■冷たい風が頬をかすめるたび、冬の訪れを強く感じる季節となりました。澄んだ空気が、冬特有の凜とした雰囲気運びます。街のそこかしこに灯る華やかなイルミネーションや窓越しに漏れる柔らかな灯りは、まるで新たな年に希望と期待感をともしてくれるかのようです。素晴らしい新年を迎えられますようお祈り申し上げます。

【HM】 ■インフルエンザに罹患し、発行が遅れてしまいました。感染症大流行中、皆様もどうかお気をつけて、良いお年をお迎えください。【SSK】



【S.K】