



日本バイオリギング研究会会報

日本バイオリギング研究会会報 No. 144

発行日 2018年08月01日 発行所 日本バイオリギング研究会(会長 荒井修亮)

発行人 牧口祐也 日本大学 生物資源科学部 海洋資源科学科 魚群行動計測研究室

〒252-0813 神奈川県藤沢市亀井野 1866

Tel: 0466-84-3687 E-mail biolog@bre.soc.i.kyoto-u.ac.jp

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

タイトル: 標識トラフグ、テイクオフ!

撮影者: 平井慈恵



もくじ

新しい発見

北海道の沿岸に生息する底魚類の鳴音

松原 直人(北海道大学水産研究院) 2

研究紹介

トラフグの産卵生態解明に向けてのバイオリギングの活用

平井 慈恵(水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所) 3

野外調査報告

北海道沿岸でのマナマコのバイオテレメトリー調査

篠野 恵利香(北海道大学水産研究院) 5

300トン水槽で「群来」を起こしたい奮闘記

富安 信(北海道大学北方生物圏フィールド科学センター) 6

北洋航海での海棲哺乳類目視調査

古巻 史穂(北海道大学水産学部) 8

暗闇にいるコウモリを見てみたい!

櫻木 雄太(北海道大学環境科学院) 9

敵に塩を送る マッコウクジラの謎に挑むロボットテクノロジー

森 恭一(帝京科学大学アニマルサイエンス学科) 10

学会報告

第二回オーシャンノイズ・アジア

赤松友成(水産研究・教育機構 中央水産研究所) 12

事務局からのお知らせ

13

新しい発見

北海道の沿岸に生息する底魚類の鳴き声

松原 直人（北海道大学大学院水産科学院）



皆さん、魚が鳴くことをご存知でしょうか？魚の鳴き声は実は古くから漁師さんや釣り人の間で、よく知られた存在でした。これまで海洋環境下での録音や観察が難しく、ほとんど研究されてきませんでした。近年、録音機器や記憶媒体の小型化、大容量化などの技術の進歩に伴い、魚の鳴き声（鳴音）に着目した研究が行われはじめています。すでに、フグやカワハギ、カサゴ等といった魚、またイセエビなどの甲殻類等、国内でも確認することができる生物でいくつか報告例がありますが、現存の魚種約 2 万種に対し、鳴音の存在が分かっているのは数百種類程度です。

魚類の鳴音を調べることで、どのようなことがわかるのでしょうか。現在彼らの鳴音を基に、その特徴や発生頻度から、彼らの行動や生息密度、魚種や体長といった情報をモニタリングする手法（受動的音響計測手法）が提案されています。魚類の鳴音は主に、パートナーを探すための求愛や、テリトリーを守るための威嚇を目的として発生します。野外下で鳴音を調査すると、生息数が多い場所では、鳴音の発生頻度が高くなり、騒音のようになります。また人間の声が男性と女性で、さらに個々で特徴が異なるように、魚類の鳴音も魚種や雌雄によって特徴が異なり、個体同士でも異なる事があります。つまり、魚の声を聴くだけで、その時の行動や生息する魚の数や雌雄、魚種等を推測できる可能性を秘めています。

私は、現在の研究室（水産工学分野）に所属して以来、北海道の沿岸に生息する底魚類の鳴音について研究を行ってきました。特に研究対象とした底魚類は、アイナメや、メバル類（エゾメバル、キツネメバル）です。彼らはフサカサゴ科に属し、鳴音を発生するための発音筋を持つことが系統的に知られていましたが、鳴音自体については研究されてきませんでした。そこで、まず水槽の中で、彼らの発音能力の有無や鳴音の特徴を計測しました。さらに、実際の海の中で、彼らの出す鳴音とその時の行動を観察し、実際に彼らがどういうときに音を発しているのかを検証しました。

図 1 で示しているのは、過去に計測したキツネメバルの鳴音です。水槽実験で声の特徴を確認していると（ハイドロフォン(AQH-20, AquaSound Inc., プリアンプ (AquafeelerⅢ, AquaASound Inc) を使用)、特に噛みつくような激しい威嚇行動を行う際に、グーというパルスが連続した音を発生していました（図 2）。また同様に水槽実験で確認したアイナメやエゾメバルの鳴音と比べると、声が低いといった特徴が見られました。

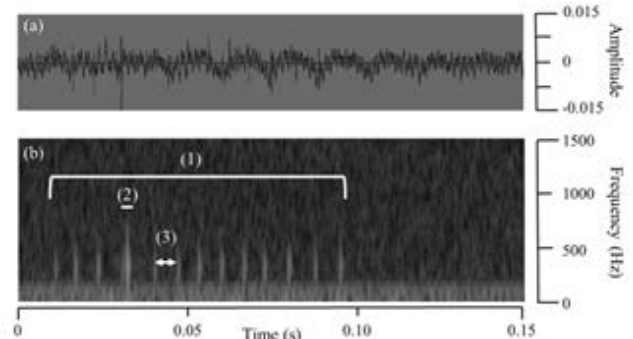


図 1. キツネメバルの鳴音の例
(a)鳴音の波形 (b)スペクトログラム

アイナメについては、沿岸の産卵庄付近に水中録音機（AUSOMS-mini, AquaSound Inc.）を設置し観察を行ってきました。アイナメは、産卵期中に沿岸に来遊し、オスが産卵床を形成し、そこを縄張りとして呼び、求愛行動としてメスを縄張りまで呼び、無事産卵が終わると、孵化するまでまたオスが産卵床を守り続けます。私は産卵床を形成し始めた段階で、その周辺に録音機とカメラを設置し、卵が孵化するまでの期間、鳴音と行動を観測しました。録音データを確認するとアイナメは、単発型と連続型の 2 種類の鳴音を発生していることがわかり、また特に産卵行動前後で、単発型の頻度が増加していることがわかりました（図 2）。そのため単発型の鳴音が、産卵行動に影響を与えていることが予想されます。

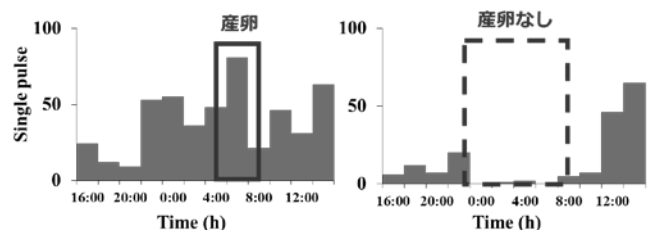


図 2. 産卵中のアイナメの鳴音（単発型）の頻度

現在はエゾメバルを対象に、鳴音から生息尾数を推定することを目的として、北海道紋別市の沿岸域で鳴音の発音頻度や、周辺の生息尾数等を計測し、両者の関係性をみています。これらの結果については、現在論文を準備していますので、またご報告させていただければと思っています。

研究紹介

トラフグの産卵生態解明に向けてのバイオロギングの活用

平井慈恵（国立研究開発法人 水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所）

皆様、はじめまして。本研究会に入会してまだ 8 ヶ月、まだまだ、この分野では素人ですが、昨今のバイオロギング技術の進歩には人一倍その恩恵に預かっている一人として、私の行っているトラフグ研究でのバイオロギング使用事例を紹介したいと思います。

さて、トラフグは、西日本を中心に、北は秋田から、東は伊勢湾、遠州灘にかけて生息しています。最近では東京湾や北海道、三陸でも漁獲されています。大変高価な魚で、天然魚の漁獲対象としてだけでなく、養殖魚としても大変人気の高い魚種です。しかし、主要生息域の西日本では、過去 30 年間にわたって資源の減少が続いており、平成 23 年には漁業者の代表者が農林水産大臣に資源回復措置への陳情を行うなど、業界の関心は大変高くなっています。

そうした期待や、長く行われてきた漁業や養殖の歴史とは裏腹に、トラフグの生態は分かっているようで、分かっていないことが多いのです。具体的には次のようなものがあります。

- ① 水産重要魚種にもかかわらず、21 世紀になっても、初期生活史がほとんど分かっていなかった。理由は、発生初期の形態判別が難しく、生息環境の把握が十分ではなかった。
- ② 初期の着底場・成育場は、泥干潟周辺などのことが多く、調査フィールドへのアプローチが難しい。結果、偶発的にサンプリングできても定量的な把握など、調査として成立しないケースが多い（図 1）。
- ③ 産卵海域については分かっているものの、雌雄判別は困難で有り、また沈性粘着卵を産むため、卵のサンプリングが難しい。潮流が速い海域で産むので、採れた場所が本当に産卵床なのか判断しづらい。航路そばなども多く、調査員だけでなく、操船する船員さんや、船頭泣かせな海域のことが多い。これらの理由により具体的な産卵床環境がよく分かっていない。一方、水槽下での安定的な自然産卵も実現できておらず（養殖種苗は基本的には人工授精による生産）、産卵生態の把握が極めて困難。
- ④ 延縄漁など主にトラフグを漁獲し、主漁場となる海域の多くは産卵場ではない。対して、産卵場や成育場での漁獲は、定置網、底曳網、袋待網（敷網漁業の 1 種）などの混獲であり、まとまった漁獲が少なく、いずれも漁業者からの十分な情報がない。

もちろん、これまでも調査事例が全くないわけではありません。60 年近く前には瀬戸内海中央部の備讃瀬戸で産卵場調査が行われ¹⁾、採卵に成功した事例もありますし、約 20~30 年前にも産卵場調査や初期生活史調査が行われた事例もありました²⁾。しかしその後、西日本の主要な産卵場、成育場となる瀬戸内海では、高度経済成長期以降に国際航路の浚渫や海砂採取、河川整備による河口域の干潟の減少など大きく環境が変わっていますが、近年の環境下での生態調査、特に現在の資源を構成する年級群が含まれる 2000 年代以降の調査は手つかずとなっていました。



図 1. トラフグ稚魚の着底場となる児島湾干潟。干出した泥干潟の先端にある汀線部に着底稚魚が出現します。このため、漁具等の機材は人力で干潟の上を歩いて運びます。

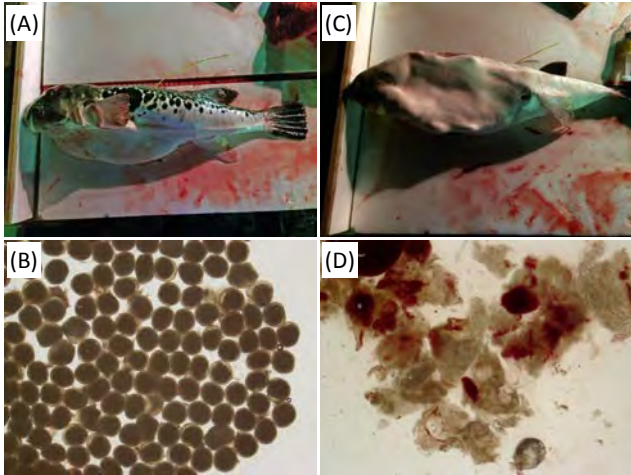
こうした背景から、現在、瀬戸内海区水産研究所では、2014 年から本格的に瀬戸内海におけるトラフグ生態調査を行っており、先に述べた 4 つの問題点のうち、①は遺伝的種判別技術の進歩、②は人力による原始的解決（やる気ともいう）により、現在では、瀬戸内海の中でも、備讃瀬戸、備後灘、周防灘西部の関門内海に、トラフグの着底・成育場が現存することが分かってきました。④については解決できるものではないので、研究者が知恵を絞る必要がありますが、そのためにも③の産卵生態の解明は重要な課題となります。私たちは産卵生態の解明のためにこれまで主に以下の二つのアプローチをしてきました。

A 水揚げ調査の実施：主要漁港へ水揚げされる個体について、雌雄の判別、産卵個体の割合を把握

B 外部標識放流の実施：親魚、特に産卵前のメスにタグ標識をし、再捕個体の産卵状況、移動・回遊状況を把握。

こうした調査は、親魚の漁獲動向が雌雄ともに調査

しやすい備讃瀬戸や備後灘などの瀬戸内海中央部を中心に調査を行ってきました。漁業者、漁連等関係者の協力もあって、過去3年間の調査率は9割以上となり、現在では多くの情報が得られるようになってきました。雌雄判別については、増養殖技術として、親魚養成等で用いられているカニューレを導入することで、外部形態でも雌雄比を判別可能になりました。その結果、水揚げ個体のうち、メスの2割以下しか産卵していないこと、再放流によりメスの産卵率は約2倍に向上すること、などが分かりました。しかしながら、実際の産卵床の位置や卵密度の把握など、研究の肝とな

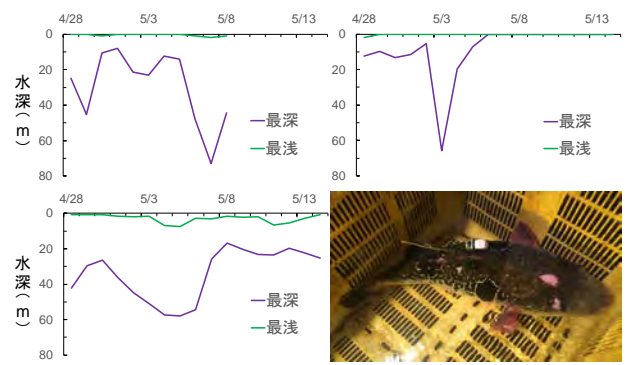


る課題については全く手がつけられませんでした(図2)。

図2. トラフグ標識放流による産卵成功率向上の検証。上段: 再捕個体、下段: 各個体の卵巣組織片、(A)・(B) 未産卵個体、(C)・(D) 産卵後個体。再捕後も生殖腺へのカニューレーションによって、移動回遊中の産卵の有無を確認することで、回遊中の産卵行動の確認を行います。

前置きが長くなりましたが、ようやくここで、バイオロギングの出番です。ちょうど、北海道大学の宮下先生らが開発された廉価データロガーを使用させて頂ける機会に恵まれ、北海道大学、高松込網組合、三洋テクノマリン株式会社、香川県水産試験場、瀬戸内海区水産研究所が協力して、産卵前のメスのトラフグを中心に、水温・水深センサーを搭載したロガーを2017年に28台、2018年は48台、装着・放流したところ、2017年は4台、2018年は7月までに4台が回収されました。このうち2017年の個体では1個体は放流翌日に再捕され、十分な結果が得られませんでした。残りの3個体は産卵期中に10日以上追跡ができ、期間中の潜行水深は20~70mほどであることが分かりました。これまで潜行水深が分からず、産卵床候補を絞れなかったのですが、大量消費可能な廉価ロガーを活用することで、十分な再捕事例が得られ、一気に産卵水深の予測を立てることができるようになり、バイオロギングの活用によって、産卵生態の情報収集を大きく進めることが可能になりました(図3)。

ここで、せっかくバイオロギングによって得られた



情報は、うまく活用してこそ意義があると言えます。

図3. 再捕されたロガー装着個体(写真右下)から得られた産卵期中の各日の最深、最浅深度の変化。

きなり、減少する資源の回復につながる要因を見つけることは、さすがに無理でも、調査の本来目的である、産卵生態の解明につなげることが重要です(図4)。私たちはこの水深情報をもとに、産卵床候補となる水深帯と海域を絞り込み、今年の春の産卵期から調査船を活用したトラフグの産卵床探索を開始しました。さて、その結果は???と、お話しは尽きませんが、ページがそろそろ埋まってしまうようなので、そのお話はまたの機会にしたいと思います。

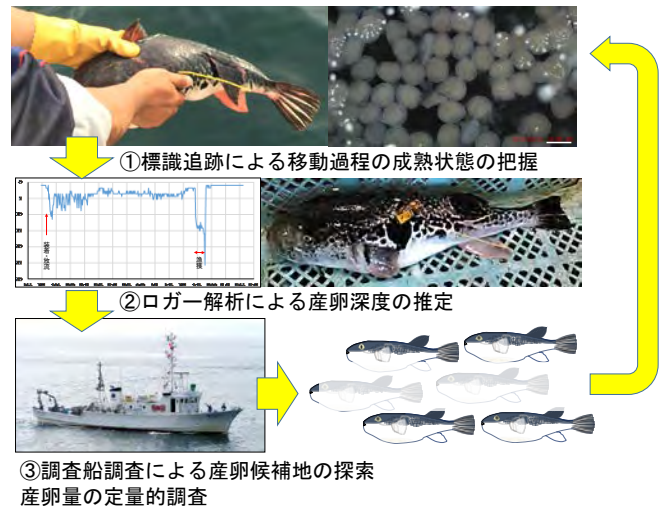


図4. トラフグの資源回復に向けた生態調査の取り組みへのバイオロギング調査の活用イメージ。バイオロギングだけでなく、複数分野の調査を連動させ、生態解明につなげて行きたいと考えています。

【参考文献】

- 1) Kusakabe, D., Murakami, Y., & Onbe, T. (1962) Fecundity and Spawning of a Puffer, *Fugu rubripes* (T. et S.) in the Central Waters of the Inland Sea of Japan. J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima Univ. 4:47-79.
- 2) 鈴木伸洋(2001) 2 中回遊型魚類の産卵場形成要因の解明 (1) トラフグの産卵場形成要因の解明、中回遊型魚類の回帰特性の解明と資源管理技術の開発(プロジェクト研究成果シリーズ 369) 44-55、農林水産技術会議事務局

北海道沿岸でのマナマコのバイオテレメトリー調査

篠野 恵利香（北海道大学大学院 水産科学院）

昨年度から私が所属する研究室(水産工学講座)と函館水試が共同で実施している、マナマコの行動調査について報告します。本調査では北海道、主に道南沿岸に分布するマナマコ (*Apostichopus japonicus*) の行動を、バイオテレメトリーを用いて追跡しています。北海道では、経済的価値の高まりから需要が増えているマナマコに対し、人工種苗放流や禁漁期・禁漁区等の設定による資源添加と資源管理に取り組んでいます。しかし近年本種の漁獲量は低下傾向にあり、資源管理を効率的に行うためには、どんなところにどれくらい移動するのかなどの行動特性を把握する必要があります。

本調査はこれまで春、夏、秋、冬に行っており、今は春(初夏?)の調査の真最中です。調査地は函館の中心部から車でおよそ1時間のウニ養殖池で行っています。北海道百名山にも選定されている恵山の麓で、天気がいいと対岸に青森県を望むこともできるまさに絶景ポイント!6月上旬、やっと暖かくなってきた今は緑がまぶしいです。

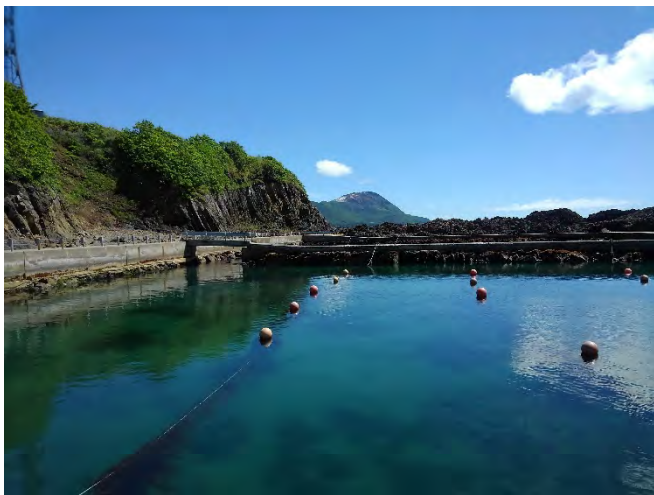


図1. 調査地から望む恵山

この50m×40m、水深約4mの大型ウニ養殖池に超音波受信機 (VR2W、VEMCO社) を7本、放射状に設置します。水中に受信機を設置するには、受信機を鉄杭に括り付けてコンクリート製の物干し台座に差し込んだ上、周辺に石を積んで固定しています。それでも過去には約1か月にわたる調査の間に大時化がきて受信機が倒れてしまったことも。長期間にわたって受信機を固定する方法も工夫しなければならない課題の一つです。そして、現地で採取した天然のマナマコに

超音波発信器 (VEMCO社、発信間隔はランダム 120s) を装着し、ここから約1か月の追跡調査が始まります。1か月後のデータ回収まで、週に1度のペースで現地に潜ってマナマコにつけた発信器の装着状態に問題はないか、糞をしているか(異常があると消化管を吐出してしまふので糞をしているかどうかでマナマコの状態がわかります)などを観察します。もちろん50m×40mの海底面で、数匹の標識個体を探すのは大変です。日によっては在来のマナマコすらほとんど見つからないことも。今は養殖池にアオサなどの海藻が茂って視界不良。探索には根気と体力が必要です。標識個体が見つかったら、ダイバーが水面に上がりその位置を示して、陸からレーザー測距器を使い存在座標を取得します。

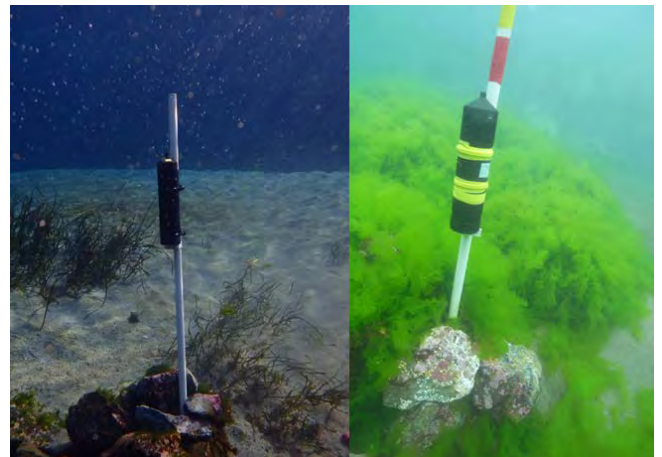


図2. 水中に設置した超音波受信機(左)
アナアオサ (*Ulva pertusa*) に覆われた受信機(右)

放流から約1か月後には受信機等すべてを回収し、解析を行います。得られたデータの受信時間差からマナマコの推定位置を導きます。どんな時にどのくらい移動したのか、どんな場所にとどまっていたのかなどの情報からマナマコの行動特性を探っていきます。

マナマコは一見してじっと動かないように見えますが、場合によっては1か月で数十mの距離を移動していることがわかりました。何をきっかけに移動を始めるのかはわかりませんが、彼らにも居心地のいい環境とそうでない環境があるのかもしれない。今後も、マナマコの行動特性を把握することで、より良い生育環境や適切な禁漁期・禁漁区等を提案することができるよう調査・研究を続けていきたいと思っています。

※この調査は平成28年度輸出重要種等資源増大等実証委託事業によって行いました。

300 トン水槽で「群来」を起こしたい奮闘記

富安 信（北海道大学北方生物圏フィールド科学センター）



最近バイオロギングを始め様々なモニタリング手法が発達してきたことで、水中であっても生き物が何をしているのかのぞき見ができるようになってきました。しかし、ロガーの波形だけを見ても実際に目で見てみなくちゃ判断がつかないことも多々あります。そういう時には「飼育下で直に観察できたら…」と夢想することになるわけです。私たちのグループでは、最近野外でのフィールド調査に加え、函館市国際水産・海洋総合研究センター内の大型実験水槽（幅 10m 奥行き 5m 高さ 6m 水量 300 トン：図 1）を利用してこうした「目で見たい」系の実験を行っています。似た規模の水槽は日本全国たくさんあると思いますが、広い観察窓（3m 水深まで）を持ち、実験のためだけに使うことができる環境はあまりないように感じます。哺乳類なんかの生活空間と比べるとまだまだ狭いですが、魚やイカやカメやら小さめの生き物では多くの実験が行われています。最近道外研究機関の実験やアウトリーチ活動にも利用されていますが、未だ認知度は高くないように感じますので宣伝させていただきます。（函館市国際水産・海洋総合研究センター <https://center.marine-hakodate.jp/>）



図 1. ニシン実験中の大型実験水槽

こうした実験環境で、私がここ 2-3 年「見たい！」としてきたのは、「ニシンの群来（くき）」です。ニシ

ンは自然下で一斉に沿岸域にやってきて海面が白濁するほどの大規模な産卵をします。北海道では冬の風物詩として有名ですが、水温 5℃以下の真冬に水中でそれを観察するとなるととても困難です。そこでいつかの水中観察の前段階として、「300 トン水槽を白濁させてやりたい！」という野望を持ったのでした。真面目な理由としても、野外でニシンの産卵をイベントとして抽出するために、飼育下で産卵の様子を見ておく必要がありました。

そんなこんなで「ニシンの飼育実験をやるぞ」となったわけですが、とんとん拍子でいくはずもなく、そもそも実験の前に函館近辺にニシンが安定して獲れる場所がない！どうやって運ぶんだ！？おい、夏になるぞ！などなど問題山積。格闘しているうちに、なぜか函館と 700km も離れた道東標津町で定置網に乗せてもらい 2t トラックに活魚タンクを積んでコンビニで氷買って運ぶという体制が整っていました（図 2；バイオロギング会報 No132 研究室に活魚を持ち帰るテクニック 参照）。どうなるのかわからないものですね。でも今では毎年安定して実験ができています。



図 2. 定置網でニシンをサンプリング。毎年お世話になっている

にニシンの人と呼ばれるようになった。

そうしてやっとの思いで始まった実験ですが、産卵はニシンにとっても大イベント。1 年目は 120 匹ほどのニシンを飼育しいくつかにロガーも付けました

が、300 トン水槽での産卵は叶いませんでした。ところが！！実験を終えてロガーも回収し、水槽からバックヤードのプールにニシンを移した後、一晩明けてみたら下のような様相に（図 3）。どうやら環境や水温が大きく変わったことがトリガーとなり産卵が起きたようでした。悪あがきで入れていた人工海藻や水槽の壁面も卵でびっしり。これが大水槽でできればなーと思いつつ、来年のリベンジを誓うのでした。



図 3. バックヤードプールでの産卵。国際学会で「Laundry??」と言われた。

2 年目。去年の経験があるとタカをくくっていたのが悪かったのか連日荒天。おまけにニシンが獲れない。やっとの思いで確保してもらったのは去年の半分以下で体長も小さなニシンたちでした。こうなりや大切に実験するしかないファーストクラスの待遇で輸送し、虎の子にロガーをつけて水槽に放流しました。しかし、40 匹ほどと数もすくないからバラバラに泳ぎまわり、なんだか落ち着かないニシンたち。今年もダメかと思い、人工海藻を回収すると、後輩から衝撃の一言が。「富安さん、卵ついてますよ」。なんということだ！あろうことか見逃していたとは！そこから 1 週間 VLC Media Player の愛人となり、ようやく産卵シーンの映った時間を見つけました（ほんとうにつらかった）。幸運なことに虎の子のロガー装着個体も産卵行動に参加しており（図 4）、遊泳深度の波形としてニシンの産卵を示すことができました。こうして 2 年目はサンプリング状況が芳しくない中で、少数ながら産卵を確認することができたのでした。

そうして迎えた今年。やはり欲が出てくるもので、「去年のはギリギリだったし、直接見れなかった。今

年ははっきり産卵を見たい」という決意のもと、もは

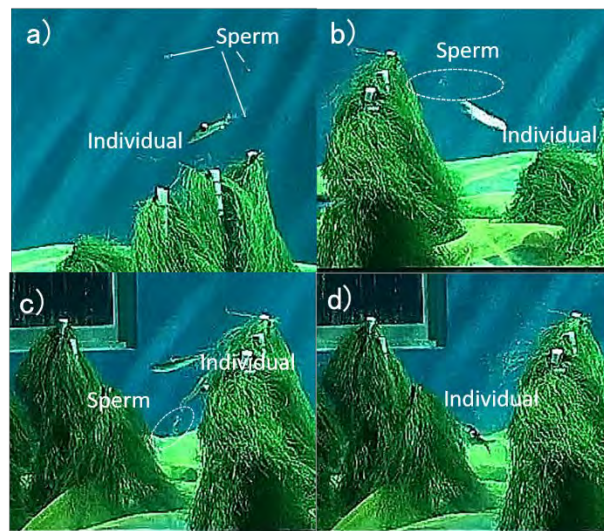


図 4. ロガー装着個体の産卵行動（OK 人工海藻 藻じゃ藻じゃ 岡部株式会社製）

や手慣れたサンプリングと輸送。きっちりと約 150 匹を確保し実験に臨みました。また今年は漁網へニシンが産卵するのか検証するために漁網のケージを水槽内に設置し、一部を飼育しました。すると、ある時からケージ内の個体があっさりと産卵を始め、「あれ？あいつ産卵してね？」くらいの驚きで直接観察が実現してしまいました（図 5）。しかし、だてに 3 年間実験していないので、観察の際にはかなりの感動があり、変な声も出ました。またそれから産卵・放精はケージ内の多くの個体に伝搬し、なんと夜通し継続していたようで、翌日には 300 トン水槽の水が「やや」白濁していました。野望の達成というには小さいですが、密かな目標が達成された瞬間でした。



図 5. 念願の産卵を観察。尻ヒレあたりの白い塊が卵

振り返ってみると長くも楽しい 3 年のドタバタでした。イベントの抽出としてはまだまだ定性的な議論から抜け出せていませんが、今後定量化、野外での検出も楽しんで続けていきたいところです。

野外調査報告

北洋航海での海棲哺乳類目視調査

古巻史穂（北海道大学水産学部 海洋生物科学科）

2018年6月、7月の北洋航海で行った海棲哺乳類の目視調査について報告します。

北洋航海は、北大の練習船おしよろ丸で行われる45日間の航海です。東京から北太平洋を航行して、ベーリング海に入り、アリューシャン列島の東端のダッチハーバーに寄港します。その後ベーリング海・チャクチ海を調査して、再びダッチハーバーに寄港し、東京、函館に向かいます。この航海には、北大水産学部のいくつかの研究室の方や外部研究者も同乗しており、研究分野も海洋物理・化学・生物の広範囲にわたります。

今回の調査の目的は、海棲哺乳類の分布と海洋環境の関係を調べることです。目視調査は、船の操舵室上のデッキにて、日の出1時間後から日の入り1時間前まで行われました。そのため、緯度が上がるほど調査時間は長くなり、最終的には5:00～翌日2:00が調査時間になりました。時には荒波や強風がおこったり、霧で船の100m先すら見えなくなったりすることもありました（写真1）。

東京周辺ではマイルカやスジイルカなどが目立ちましたが、東北沖に差し掛かるとイシイルカやマッコウクジラなどが良くみられるようになりました。ベーリング海に入るとザトウクジラが増えはじめ、チャクチ海とベーリング海の境であるベーリング海峡周辺では多くのコククジラがみられた（写真2）ように、場所によって出現する海棲哺乳類は様々でした。

ダッチハーバー周辺では数多くのハシボソミズナギドリとザトウクジラがみられ、テレビでよく紹介される「アリューシャンマジック」のような光景が見られたことが印象に残っています（写真3）。ほかの乗船者に一番の人気だったラッコもダッチハーバー周辺では多く見られました。

航海は、ベーリング海峡付近まではおおむね海況もよく、調査も非常に順調だったのですが、チャクチ海に入ると突然大荒れになり、チャクチ海での調査がほとんど中止になってしまいました。ホッキョククジラを楽しみにしていた海棲哺乳類目視組を含め、乗船者の多くが非常に残念がることとなりました。

この原稿を書いている現在は、東京に寄港しています。これから、函館に帰る間に何がみられるのか楽しみです。

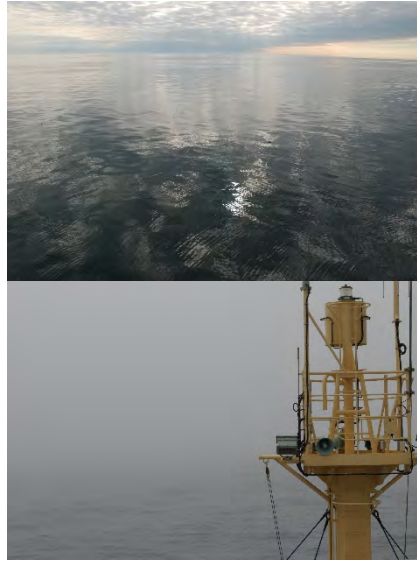


写真1 ベたなぎ(上)と霧(下)のベーリング海. 上の写真を撮ったその日の夜に大荒れになった。



写真2. ベーリング海峡付近, コククジラの fluke-up dive.



写真3. ダッチハーバー周辺, ザトウクジラの噴気とハシボソミズナギドリの群れ.

野外調査報告

暗闇にいるコウモリをみたい！

櫻木雄太（北海道大学環境科学院 生態系変動解析分野 修士課程 1年）

はじめまして。北海道大学大学院環境科学院修士 1年の櫻木雄太です。現在、私はキタオットセイの採餌行動について研究しています。W杯で日本が沸いていた2018年6月、同志社大学の飛龍先生の研究室主催のコウモリの調査が北海道の苫小牧で行われました。私はその調査に参加する機会を頂けたので、今回はそのときのことを執筆したいと思います。

バイオリギング研究会の会報でも、コウモリの巧みな採餌行動について紹介されています（BLSNo.128, No.138）。コウモリは、クリックスやバズといったパルス状の音を発し、その反射音で周囲の状況を調べること（反響定位）ができ、それでエサの位置を把握し、効率的な飛行ルートでエサを捕まえます。調査に参加できることが決まったときは、実際に目の前でコウモリの捕食シーンが見られる！とワクワクしていました。

調査では、主にロガー実験とお馴染みのマイクロホンアレイ実験の2種類の実験をしました。ロガー実験では、苫小牧市内にある戦争遺跡で、キクガシラコウモリ（写真1左）にGPS音響ロガー（位置情報と音を発した時刻を取得）を取り付けることで、数kmスケールの採餌行動を調べます。マイクロホンアレイ実験では、北海道大学FSC苫小牧研究林内にある池の周囲に4基のマイクロホンアレイを設置し、各マイクロホンの音の到達時間差から、数mスケールのコウモリの3次元的に採餌行動を調べます。また、今回はマイクロホンアレイ実験と同時に、赤外照明を当てて、コウモリの採餌行動の撮影と観察も行いました。

ロガーの装着は無事に成功しましたが、調査期間中に再回収することは叶いませんでした。一方で、マイクロホンアレイ実験では、カメラを通し、色々面白いものを観察することができました。肉眼では一寸先は闇でほとんど見えないのですが、カメラの映像を見ると、すぐ目の前をモモジロコウモリ達が飛び回っているのです！コウモリが闇の中を自由に旋回し、水面すれすれでエサであるカゲロウなど（写真1右）を捕え、空中で器用に口まで運んで食べたり、コウモリが取り逃したエサを引き返してきて食べたりする様子は、とても興奮するものでした！また、複数のコウモリが池に来て、キーツ！キーツ！と騒いでいる声を聞くことができました。ただ、鳴き声は聞こえるのですが、コウモリがどこを飛んでいるのかがよくわからず、少し怖い気もしました。

動物の感覚を人間で考えることは難しいと思いますが、コウモリにはあの暗闇の中がどのように見えてい

たか、興味があります。コウモリ達が目の利かない暗闇の中で、反響定位という方法で、どのようにしてエサを探しているのか、また、他のコウモリが同じ池（エサ場）に来たときにどういった行動をするのか、今後の解析でコウモリの生態がさらに明らかになっていくことが楽しみです。

今回の調査先で、クリックスの発音方法を少し練習しました。それっぽい音は出せるようになりましたが、まったく反響定位はできませんでした。反響定位ができるようになるには訓練が必要で、道のりは険しいです。僕みたいに一発芸でできたらいいな～みたいな軽い気持ちだと、反響定位のレベルまでできるようになるには相当な時間がかかりそうです。

今回、このような貴重な機会を下さった同志社大学の飛龍先生、また、調査先で様々なご配慮とご教授を下さった同大学の藤岡さんと学生のみなさん、ありがとうございました。



写真1. キクガシラコウモリ（左）とカゲロウ（右）



写真2. 2018年北海道苫小牧コウモリ調査の参加メンバー（撮影：藤岡慧明さん）。

敵に塩を送る

マッコウクジラの謎に挑むロボットテクノロジー

森 恭一（帝京科学大学アニマルサイエンス学科）



【敵に塩を送る】敵が苦しんでいる時に、かえってその苦境を救う。上杉謙信が、今川・北条の塩止め

大辞林（三省堂）

小笠原海域に生息するマッコウクジラは、1) 日中は 900m を超える深い潜水を規則正しくおこなうものの、夜には 400m ほどの深さへと潜水深度を移行し、夜中から明け方にかけては海面近くで過ごすこと、2) 深海で時折ダッシュや急旋回をすること、3) イカの墨のようなものや腕らしき白く細長い物体がマッコウクジラに取り付けたビデオロガーに写っていたことなどが、バイオリギングを用いた青木かがりさん（東大 大気海洋研）らの研究によって少しずつわかってきました。一方で、a) 吸盤によるロガーの装着時間は多くの場合短く、不安定であること、b) 小型軽量とはいえロガーの装着には多くの人手と多大な労力を要すること、c) ロガーの取り付け位置はどうしてもマッコウクジラが浮上時に海面に出す頭背側に限られ、口元が映らないことから摂餌の様子の映像記録が撮れないなどの課題がありました。私も現場で一連の研究を手伝いながら一喜一憂、しかし、課題の解決は容易

ではなく、次の展開には小笠原海溝よりも深い深い溝が私たちの行く手を阻んでいました。

そんな折、上杉が治めた米沢にキャンパスがある山形大の妻木勇一先生から武田信玄ゆかりの地である山梨にキャンパスのある帝科大の私の元へ共同研究の誘いがありました。妻木先生がこれまで培ってきたロボット技術をマッコウクジラのロガー装着に生かそうというもので、科研費と一緒に申請しようということでした。まさに、上杉謙信が窮地の武田信玄に送った塩の逸話が現代によみがえったのでした。実は妻木先生と私は高校の同級で、7年ほど前にふと私が妻木先生の研究室を訪ねたのがきっかけで、卒業以来途絶えていた音信が復活しました。マッコウクジラへのロガー装着で抱えていた課題を相談したところ、共同研究をすることになったのです。

現在、私たちは新学術領域研究「生物移動情報学」



図 1. 青木さんらとのロガー装着の一コマ (2012 年).



図 2. ノートに書き留めたロガー装着案 (2012 年).

図 2. アイデアノートに書き留めたロガー装着案.

の取り組みのひとつとして、“ロボットテクノロジーと環境駆動による長寿命・高出力・多機能バイオリギングシステムの開発”(科研費 16H06537) という課題で、マッコウクジラへのロガー装着効率向上と目的の場所へロガーを装着させるためにクジラ用ローバと水中ドローンの開発と実装を目指しています。クジラ



図3. クジラ用ローバ試作機と走行試験 (2017年).

用ローバはマッコウクジラが泳ぐ時に発生する水流を利用して吸盤を連続的に着脱させて、ビデオロガーを頭部背側から口元まで移動させるというものです。クジラの体表を小惑星に見立てた時の探査車のイメージです。水流を受けて前進する機構開発や深度下での走行試験などを経て、現在ビデオロガーや発信機を搭載する機体を作成中です。併せて、これまで装着の際に主に用いられてきた長いポールの先端に仮止めしたロガーをクジラの背中に叩きつける方式をやめ、ドローンでのロガー投下法の開発にも挑戦しています。水中ドローンは、息継ぎのために浮上したマッコウクジラの口元まで直接ロガーを運んで吸着させるロガー運搬用ドローンで、現在試作機的设计段階から各種性能試験の段階へと進んでいます。



図4. 船上でのドローン飛行操作練習 (2017年).

実はこれまでは機器の開発が中心だったので、鯨類の生態研究を担当する私の仕事は限られていました。しかし、本プロジェクトは今年が5年計画の3年目、

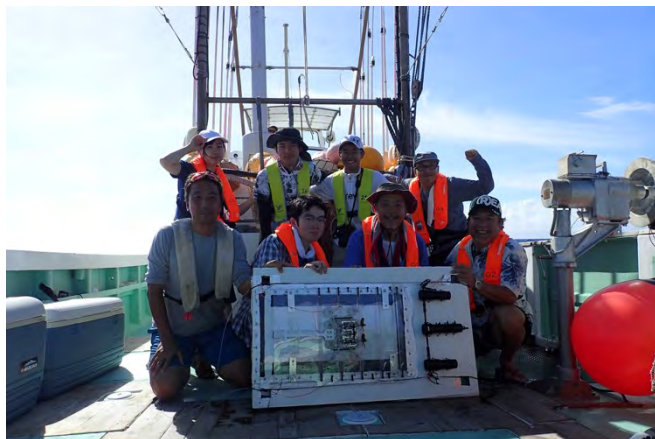


図5. 調査チームのメンバー：山形大・小笠原ホエールウォッチング協会・帝科大 (2017年).

そろそろ私の出番が近づいてきました。今年は9月に小笠原での実装(試験)を計画しており、今まさに急ピッチで準備が進んでいるところです。乞うご期待!

参考:

青木かがり (2015) マッコウクジラの頭を狙え.In: 佐藤克文ら (著) 野生動物は何を見ているか バイオロギング奮闘記, 丸善プラネット

妻木勇一・森 恭一 (2017) 生物の謎に挑むロボットテクノロジー. 日本ロボット学会誌, 35(6)

<https://doi.org/10.7210/jrsj.35.463>



図6. 送られた塩(?)を使ったソルティドッグと筆者 @小笠原・父島 (2018年).



第二回オーシャンノイズ・アジア

赤松友成（水産研究・教育機構 中央水産研究所）

このごろ海の中がうるさくなってきました。音源はさまざま、石油探査に用いるエアガンや、軍事用の潜水艦探知ソナー、洋上風力発電所建設の杭打ちや、船舶のスクリュー音などが挙げられます。

水中は遠くまで見通せないで、多くの海の生き物が音響的なコミュニケーションに頼っています。当然、聴覚も感度がよく、騒音の影響を受けやすいのではと考えられています。これまでに、騒音曝露による鯨類や魚類の聴覚感度の低下や、内耳の有毛細胞のトラウマが報告されています。また、魚類や甲殻類の幼生は音をたよりに生息場所の方向を知って泳ぎます。録音機の小型化がすすみ、音響バイオロギングでの音曝露レベルと行動変化の計測もおこなわれるようになりました。

計測技術が進歩し、これまでわからなかった水中騒音の潜在的な影響が明らかになるにつれ、国際機関の動きも活発になってきました。国際標準化機構では水中音の専門用語の定義や計測方法の規格がつけられ、生物多様性条約では海中騒音の生物への影響について議論がすすんでいます。国際海事機関は非強制ながらも船舶騒音に関するガイドラインを制定しました。

しかし日本を含むアジア各国では、海洋騒音問題はほとんど認知されていません。一方で、洋上風力発電をはじめとして海洋は盛んに利用されるようになり、騒音アセスメントも行わなければならない情勢です。そこで、この問題の最新の知見を共有し、多くの方々に知っていただく機会を設けようと、海の騒音とその生物影響に特化したシンポジウムを開きました。参加者は120名ほどで、会場となった函館国際水産・海洋総合研究センターの会議室にちょうどおさまる規模となりました。2016年に台北で開催された第一回が20名程度の参加者であったことと比べると、この二年間で海洋騒音問題への関心が高まったと感じられます。開催地となった函館は、外国人にも人気の街です。6月5日～7日と過ごしやすい季節を選んだせいもあってか、参加者のうち約50名が海外からでした。外国人比率は当初の見込みの倍以上となり国際色豊かな研究集会となりました。

シンポジウムは、毎日一件のプレナリートークからはじまりました。Shane Guanさんは、米国における騒音影響評価の広範なレビューを行いました。Chi-Fang Chenさんは、現在台湾ですすんでいる洋上風力発電開発における影響評価を紹介しました。

Michel Andreさんは、EUにおける研究のレビューと船舶騒音の評価方法について発表しました。つづく個別のセッションのよいイントロになったと思います。

3日間で8つのセッションが生まれ、それぞれ聴覚と生理影響、反応行動、受動的音響観測、洋上風力発電、船舶騒音、騒音影響基準とゾーニング、サウンドスケープ、漁業資源と行動について発表がありました。この研究集会では、各セッションのおわりに発表者がパネリストとなって、セッションのテーマについて聴衆と議論を深めるスタイルを採用しました。欧州で隔年で開かれているオーシャンノイズの形式を踏襲したものです。プログラムなどの詳細は下記のURLをご覧ください。http://ubac.jp/OceannoiseAsia.html

アジアの優秀な若い学生には、旅費の援助や発表賞を用意しました。環境調査会社から多くの参加があり、近い将来取り入れられそうなアセスメント手法に関心を寄せられていました。海洋騒音問題は、現場でのアセスメントと基礎的な研究が同時並行ですすんでいる分野です。適切な指導体制の確立と若い世代の育成が急務であり、今後もこうした機会を設けてゆきたいと考えています。

本シンポジウムの開催にあたっては、科学委員会および組織委員会の先生方に多くのご協力をいただきました。とくに北海道大学の皆様にはシンポジウム運営で強力なお力添えをいただきました。函館市、米音響学会、展示企業各社からの財政援助のおかげでとくに学生さんの参加費を抑えられました。函館国際水産・海洋都市推進機構のみなさまには会場の使用にあたり多くのご配慮をいただきました。あらためてみなさまに感謝いたします。



図1. 第二回オーシャンノイズ・アジアの参加者。

第14回バイオロギングシンポジウム

先日メーリングリストでもお知らせしましたが、第14回を迎えるバイオロギングシンポジウムは、9月21日-23日に「函館市国際水産・海洋総合研究センター <https://center.marine-hakodate.jp/> (北海道 函館市)」にて開催されます。詳しい日時やシンポジウムの内容については追ってご連絡致しますが、皆様奮ってご参加ください。

メーリングリスト登録について

バイオロギング研究会のメーリングリスト管理を担当している塩見こずえです。バイオロギング研究会では、会員の方や事務局からのお知らせはメーリングリスト (Googleグループ) に投稿されることになっています。基本的には入会時にご記入いただいたメールアドレス宛にメーリングリストの招待メールをお送りしているのですが、たまに謎の不具合があり、招待メールが送られていなかったり登録を完了できなかったりといった問題が起こっています。もし、これまで招待メールを受け取ったことがない、長らく研究会メールが届いていないなどの問題がありましたら、お手数ですが私までお知らせください。よろしくお願いたします。連絡先：国立極地研究所 塩見こずえ shiomikozue@gmail.com

編集後記

先日、趣味のランニング中に使える音楽プレーヤーを探していたら、最近はやホン内にプレーヤーが内蔵されていて本当に耳につけるだけのタイプがあることを知って驚きました。ロガーだけでなく、機器の発達のはいつも驚くばかりです。そういえば6月に行った与那国島では、ラジオから「津軽海峡冬景色」が流れてきて違和感でランニングどころではありませんでした。

【MT】



【S.K.】