



# 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. 132

発行日 2017年8月15日 発行所 日本バイオロギング研究会(会長 荒井修亮)

発行人 牧口祐也 日本大学 生物資源科学部

〒252-0813 神奈川県藤沢市亀井野 1866 10号館4階

日本大学生物資源科学部 海洋生物資源科学科 魚群行動計測学研究室

Tel: 0138-85-6558 Fax: 0138-85-6625 E-mail: biolog@bre.soc.i.kyoto-u.ac.jp

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



## もくじ

### 新しい発見

－立ったら消える幽霊魚タチウオ

富安 信 (北海道大学環境科学院)

### 調査報告

－鳥島で繁殖するクロアシアホウドリの採食行動調査

西沢 文吾 (北海道大学水産科学院)

－キタオットセイ生体捕獲

平川 由季乃 (北海道大学環境科学院)

### コラム

－研究室に活魚を持ち帰るテクニック

白川 北斗 (北海道大学)

「実演 立って泳ぎます」

撮影場所: 愛媛県 伊予灘

撮影者: 富安 信 (北海道大学環境科学院)

# 立ったら消える幽霊魚タチウオ

富安 信 (北海道大学環境科学院)

バイオロギング研究ではしばしば、水中の生き物における遊泳中や潜航中の「姿勢」を調べることで、効率的な移動や採餌戦略が明らかにされてきました。しかし、生き物の「姿勢」から見えてくるものは、何も行動生態だけではありません。

古くから私たちは、目に見えない水中の様子や生き物の分布を魚群探知機やソナーといった音を使った技術でのぞき見てきました。現在も、こうした手法は水産業に欠かせないツールであり、資源・生態調査にもしばしば用いられています。

音を使って生物の量や分布を調査する際には、TS(ターゲットストレングス)という要素が必要になってきます。TSは掻い摘んで言えば、「魚1尾の音の反射の強さ」を表わしており、この強さを生き物ごとに知っておくことで、水中の生物量が推定できる仕組みです。特に魚類では、このTSに大きな影響を与える要素が「鰭」と「遊泳中の姿勢」であると言われています。つまり、鰭を持った魚がてんでばらばらな姿勢で泳いでいたら、デタラメな資源量を計算してしまうわけです。とは言っても、多くの魚は水平方向を向いて泳いでいるので、水平0°を中心に15°づつくらい角度を想定すれば、その影響も加味できるとされています。

しかし、いつの世にも変わり者はいます。皆さんはタチウオという魚を知っていますか？関西・九州ではメジャーな魚ですが、この魚、立ち魚とも書くように頑なに上を向いて泳ぐのです(図1上)。当時の私(関東出身・北海道在住)は、タチウオに出会ったこともなく、半ばその生態が信じられなかったこともあり、まずこの魚が本当に立って泳ぐのかを加速度ロガーを使って調べ始めました。実験は開発調査センター、大分マリンパレス水族館うみたまごの協力の下で行いました。

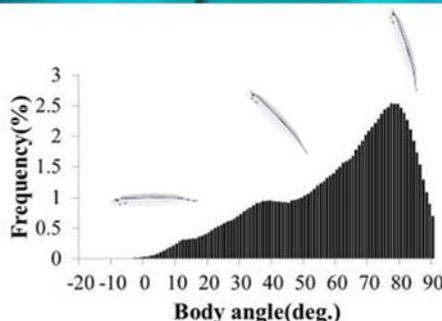


図1. 上)実験中のタチウオの様子, 下)姿勢角の頻度分布。

結果、タチウオの姿勢は約6割が60°以上の立ち泳ぎで占められていました(図1下)。頻度のピークも77°と高かった一方で、30°以下の姿勢にも頻度がありました。行動を観察すると、タチウオの行動は姿勢角ごとに異なり、立っている時は定位・休息、横の時は積極的な移動・索餌、中間の角度ではこれらの行動を切り替えていると考えられました。予想以上に音の反射へとんでもなく影響しそうな生態を持った魚でした…。

そんな気持ちで、翌年水産工学研究所の協力の下、実際にタチウオを吊るして姿勢ごとに音を当ててみました(図2)。

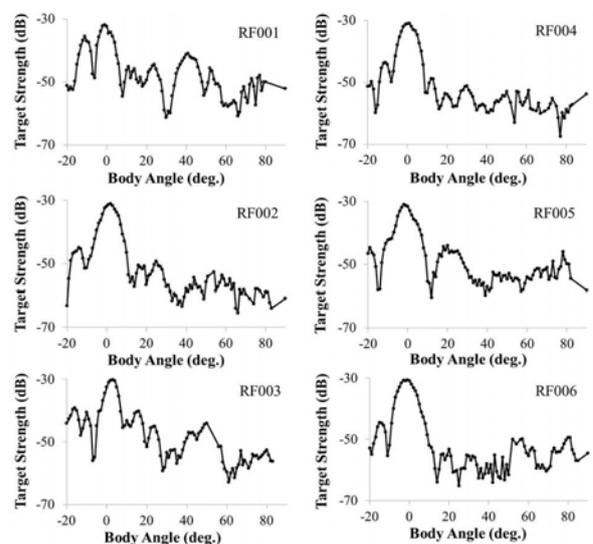


図2. タチウオ(n=6)の姿勢角とTSの関係。

結果、多くの時間を占めた「立ち」の姿勢では、TSが-50~-60dBと小さく、時折見せる「横」の姿勢では最大-30dBとなるなど、顕著なTSの違いが生じていました。自然下のタチウオは昼夜で行動を大きく変化させるため、時間帯によってその音の反射の強さは大きく異なることが予想されました。

現に、タチウオ漁師さんの間では「タチウオは魚探から消える」「幽霊魚」という話が古くからあり、今回の姿勢角によるTSの差は、その発生メカニズムの一部なのではないかと思っています。またこうした成果は、今後のタチウオ資源における精確な現存量・分布調査に大きく寄与するものと考えています。今後もバイオロギングや音響のみならず、他分野の技術を組み合わせたいことを解決してゆきたいと思います。

Tomiyasu M, Kao W Y, Abe K, Minami K, Hirose T, Ogawa M and Miyashita K (2016) The relationship between body angle and target strength of ribbonfish (*Trichiurus japonicus*) displaying a vertical swimming motion. ICES Journal of Marine Science, 73 (8):2049-2057.

# 鳥島で繁殖するクロアシアホウドリの採食行動調査

西沢 文吾（北海道大学水産科学院）

伊豆諸島鳥島は八丈島と小笠原諸島のほぼ中間地点に位置しています。鳥島はアホウドリ (*Phoebastria albatrus*) の繁殖地として有名ですが、クロアシアホウドリ (*Phoebastria nigripes*) も繁殖しています。私たちは、2017年2-3月に鳥島で繁殖するクロアシアホウドリを対象に、バイオロギング手法を用いて採食行動調査をおこないました。

アホウドリの仲間は、細長い翼を持ち（翼開長は約2m）、風を利用したエネルギー消費の少ない滑空飛行をおこないます。これにより、一日に数百kmという長距離移動が可能です。一方、細長い翼は潜水には不適で、アホウドリ類はもっぱら海表面に浮いている餌を着水してついでに採食する“表面採食者”です（飛翔しながら餌を食べることはありません）。

これまでアホウドリ類が何を食べているかは、主に繁殖地で採集された胃内容物の吐き戻しを分析することによって調べられてきました。それによると、アホウドリ類は、主にイカ類を食べており、その中には水深200m以深に生息する中深層性の種類も多く含まれていることがわかりました。

表面採食者であるアホウドリ類がどのようにして中深層性のイカ類を食べるのか？私たちはこの問題を解決するために、クロアシアホウドリにGPSロガー（GiPSy-5, TechnoSmart社, サンプル間隔は30秒）、ビデオロガー（DVL400M065, リトルレオナルド社, 2分間隔で3秒間の動画を記録）および加速度ロガー（AXY-3, TechnoSmart社, サンプル間隔は25Hz）を同時に装着し、採食行動を詳細に記録しました。ビデオロガーは腹部に装着することで、水中の餌の撮影を可能にしました。GPSによってどこで採食しているかもわかります。ビデオロガーでは日中の餌しか撮影できませんが、夜間にも餌を食べていることが考えられます。加速度ロガーによって採食時特有の首の動きを抽出し、夜間の採食についても間接的に調べました。

クロアシアホウドリは、主に、鳥島から北上して伊豆諸島周辺海域、房総沖、鹿島沖まで採食に出かけていました。一部の個体は日本海溝や海盆域も利用していました。ビデオロガーで撮影された餌と思われるものは、死んだイカ（全身）（図1）と死んだ魚類（図2）でした。その他、浮遊ゴミ（発泡スチロール、ロープ、漁網など）が写っていましたが、漁船は写っていませんでした。このように、日中のクロアシアホウドリは、死んだ餌生物に依存しており、生きた餌生物は食べていませ

んでした。このような餌生物の生死は、従来の胃内容物分析からでは判断できず、ビデオロガーやカメラロガーを利用した大きな利点の一つです。

クロアシアホウドリが食べていた死んだ餌生物は、どこからきたのでしょうか？自然死亡説、鯨類からの吐き戻し説、漁船からの投棄説が考えられます。鯨類は未消化物を吐き戻すことが知られていますが、図1-2のような全身をまるごと吐き出すことは考えにくいでしょう。また、漁船は写っていなかったため、トロール漁船からの投棄や延縄漁船に使用する餌である可能性も少ないでしょう。現時点では、クロアシアホウドリは自然死亡して浮遊している餌を食べていたという可能性が高いですが、GPSデータ、加速度データの解析も進めながら、さらなる検証が必要です。



図1 クロアシアホウドリが遭遇した死亡したイカの全身



図2 クロアシアホウドリが遭遇した死亡した魚類

# 海上でのキタオットセイ生体捕獲

平川 由季乃（北海道大学環境科学院 生態系変動解析分野 修士1年）

初めまして、北大の平川由季乃と申します。念願の初投稿です！私は高校1年生の時に、国立科学博物館で開催されていた「バイオロギング展」を見て、海棲哺乳類のバイオロギングの研究をしたいと思い、北大に入学しました。卒業研究では、キタオットセイ (*Callorhinus ursinus*)のオスの生殖腺を使って、性成熟の簡易判別法について研究していました。修士課程では、キタオットセイに衛星発信器を装着して、回遊について研究しています。

ところで、繁殖期以外はずっと海上で生活しているキタオットセイをどのように捕まえるか、皆さん想像がつかますか？

4月に入り、天気が良く、海が凪いでくると、オットセイを生体捕獲するために、早朝に函館から片道100kmに位置する松前町に向けて出発です。松前町に到着すると永徳丸に乗りこみ、出航です。少し沖に出るとカマイルカの群れやネズミイルカ、ミンククジラを見ることができます。しかし、今回のターゲットはオットセイ！オットセイを見つけると、速度を上げてオットセイのもとへ向かいます。船が近づいても、ちらっと見るだけで、オットセイはぷかぷか浮いて、リラックスモードです。

このリラックスモードのオットセイを捕まえるために、漁師さんが朝釣った新鮮なホッケのついた釣り糸を用意します。これでお分かりになったでしょうか？なんとオットセイを釣り糸で釣って捕まえるのです！漁師さんがオットセイを目がけてホッケを投げると、さすがのオットセイも驚いて逃げ出します。船と少し距離を置くと、オットセイはまたリラックスモードに入りますが、また船を近づけ餌を投げると、今度は食いつきました。釣り針がオットセイの口に引っかかったのを確認したら、漁師さんが釣り糸を引き始めます。ここから漁師さん VS オットセイの壮絶な戦いが始まります。漁師さんが釣り糸を手繰り寄せますが、オットセイも捕まりたくないのも必死に逃げようとします。漁師さん2人掛かりで何とか船まで引きよせ、たも網に入れると、オットセイに精神安定剤・麻酔を打ち、落ち着かせます。オットセイがたも網に入っている状態で、エポキシ樹脂でオットセイの頭か背に衛星発信器を装着し、麻酔か

ら覚める前に、ヒゲと毛を抜き、後ヒレの一部をパンチで切り、性別を判定します。これで作業は一区切りです。オットセイが動き出すのを待って、無事、繁殖島まで帰ってねと願って、海に戻します。

実は、オットセイの発信器装着は、今年の2月に初めて成功しました。餌を投げ続けても見向きもせず一目散に逃げる個体もいますし、オットセイが全然見つからないこともありました。マグロ一本釣り用の釣り糸を使っていますが、オットセイの力が勝り、釣り糸が切れてしまったこともありました。このような経験から、オットセイが釣り糸に食いついて、無事に引き上げて、発信器を付けて海に戻っていくのを見ると、感無量でした(図1)。



図1 衛星発信機を装着して海に放たれたキタオットセイ (撮影 三谷曜子)

今シーズンは5頭に発信器を装着し、現在発信があるのは2頭です。1頭はベーリング海コマンダー諸島メドニー島に上陸、もう1頭はベーリング島に上陸しました(7月19日現在)。

ベーリング島に到着した個体は捕獲時にヒゲを抜いたので、安定同位体比や微量元素、放射性炭素のような化学マーカーによる捕獲以前の回遊履歴と、衛星発信器による捕獲後の回遊ルートとを合わせて、オットセイが繁殖島を出てから戻るまでの回遊ルートを推定しようと、日々研究に励んでいます。

オットセイ生体捕獲シーズンの松前は、桜が見頃ですので、捕獲とお花見を両方楽しめるので、ぜひ遊びに来てください。

## 研究室に活魚を持ち帰るテクニック – 北方性魚類を対象に –

白川 北斗 (北海道大学 北方生物圏 FSC 生態系変動解析分野)

皆様の研究室では、室内でバイオロギング手法を用いた実験を行う際、対象生物をどのように運んでいますか？その輸送が30分、1時間など短時間であればよいですが、3時間、5時間、10時間…と生物の生存を大きく左右しそうな場合、どのような工夫をされているのでしょうか。魚の場合だと、活魚輸送の会社にお金を払って運んでもらうのがもっとも安全な策だとは思いますが、その分お金もかかります。このため、私たちは主に研究室の車を使って、自分たちで活魚を輸送しています。たとえばニシン(*Clupea pallasii*)という魚を5月頃に標津(北海道の東の果て)から函館の輸送で約700km、約13時間で運ぶことがあります。ニシンではこれまで2回行いましたが、平均生存率は80%程度で、ある程度ゆとりを持って実験ができる個体数を持ち帰ることができました。なお、他の魚類(サケ(*Oncorhynchus keta*)やイカナゴ属魚類(*Ammodytes* spp.))などでは、同様の輸送でほぼ100%生存しました。このコラムでは、情報共有の願いを込めて、自分たちで活魚輸送を行う際にどのように行えば生存率が高くなるかを、事例を踏まえてご紹介したいと思えます。

### ・どんな車を使うか？

私たちは2tトラックを使っています(図1)。2tトラックの良いところは、積載量がかなり多いので、大きな水槽を運ぶことが可能です。一方、荷台が運転席と区別されていることが多いので、魚の生存確認は同乗者がいても運転中には不可能ですし、常に外気に晒されるので、夏場だと水槽の水温が上がりやすい構造になっています。このため、荷台と運転席の行き来が可能なワンボックスタイプの乗用車 (e.g. ハイエース) のほうが、様々な面で楽かもしれません。



図1. 活魚輸送に用いる2tトラック

ともあれ大きな水槽を使うほうが魚をたくさん運べ

るので、それを積載可能な大きな車を使うのが良いと思います。ただ、大型の車になるほど走行感は悪くなっていきますので、長距離ドライブが厳しくなります。

### ・持ち帰る個体の選別

飼育個体をもらい受ける場合は必要ないかもしれませんが、定置網などの漁獲物からサンプルを得る場合は、鱗が剥げるなど弱っている個体が多数含まれています。弱った個体は輸送途中で死んでしまうことが多いですし、死んだ個体は水質を悪化させる原因ともなるので、運んで良いことはありません。状態の良い個体のみを運ぶようにしています。

### ・水質

長時間輸送中に魚の生死に強く関連するのは、大まかに3点と思われます。まず水質、次に溶存酸素、最後に水温です。まず初めに水質をどのように維持するかを考えてみたいと思います。水質の悪化を進めるのは、水槽の大きさに対して輸送魚が高密度すぎることや、死亡した個体から出てくるダメエキスが主たる原因です。このため輸送魚の生存率を上げるには、①大きめの水槽を使うこと、②水槽に魚を入れすぎない(欲張らない)、③輸送途中に定期的に様子を見て、死んだ個体を回収する、④いざとなったら道中で水換えができるように、別なタンクに換えの水を用意しておく、の4点を意識する必要があると思います(図2)。



図2. トラックの荷台。手前右: 300L水槽、手前左: 予備海水のタンク、奥左: 500L水槽、奥右: 予備海水タンク

余談となりますが、注水した水槽は人力で持ち上げ

られないため、空の水槽をトラックに積んだまま海水をいれます。注水ポンプができれば良いですが、使えない場合は計 1t の海水をバケツリレーで運びます。これがなかなかハードです(図 3)。



図 3. ニシンのサンプリング場所。右端に海岸、左端に水槽を積んだトラックがあり、注水ポンプがない場合は人力で海水を運ぶ。

### ・溶存酸素

溶存酸素濃度は、種によっては水質以上に生死に影響すると思われます。酸素の供給のやり方はいろいろありますが、大まかには①電池駆動の携帯式エアポンプ、②酸素ポンプ、③AC 電源タイプのエアポンプ、のどれか、あるいは複合だと思えます。もっとも強力に酸素を供給できるのは②酸素ポンプですが、車でポンプを輸送する際には、必ず高圧ポンプを運んでいることがわかるようにステッカーを貼る必要がありますし、フェリーなどでは持ち込み不可の場合もあり面倒なので私たちは使っていません。ですので、③AC 電源タイプのエアポンプをメインに使いつつ、①電池駆動の携帯式エアポンプをサポートとして使っています。AC 電源は車から供給しても良いですし、最近では良いモバイルバッテリー(図 4)があるので、そのような別電源を活用しても良いかもしれません。私たちの使っているバッテリーは、エアポンプであれば 30 時間は動くので、途中で電池切れになることもありません。



図 4. 人気 youtuber カズさんのおすすめモバイル AC 電源

### ・水温

生物にとっての好適水温はほとんどの場合は種特異的ですし、夏場は外気温が高いためにほったらかしても水槽内の水温が上がり、冬場は下がります。このため、対象種と輸送時期を考えて作戦を立てる必要があります。分類群として楽なのは、北方性起源の魚類です。北方性の魚類は、好適水温に違いはあれど、寒さに強いという共通の性質を持っています。この特性は輸送の際に非常に重要です。なぜかという、冷やすのは水槽に氷をいれるだけで可能で、電動クーラーよりも短期的には強力に冷却できます。そして氷は、移動途中のホームセンターやコンビニで入手することが可能です。おすすめは「セブンイレブンのロックアイス(板氷)」です(図 5)。入手性もさることながら、割れた氷(飲み物用)と比べて長時間使用できるので重宝します。また高速道路などに入ると氷の補給ができなくなることが多いので、クーラーボックスかなにかを持って行き、そこに予備の氷を入れておくと、途中で水温が上がった際に魚を救えます。

なお、南方性の魚類(冷やしすぎたら凍死する魚類)ではやり方が逆になります。常温放置で耐えられるならそのままに、冷やす場合は氷を、温める必要があるなら、AC 電源タイプのヒーターを使うと良いでしょう。



図 5. 水槽冷却用の「ロックアイス」。ニシンの輸送では 30 個ほど使いました。

### ・定期的な確認

この水質、溶存酸素および水温を、30 分~1 時間ごとに確認することも、とても重要です。活魚輸送でよく聞くのは、途中でエアポンプが故障したのに気づかず酸欠で全滅…という話です。定期的にエアや水温、個体の死亡の有無などを確認してあげると、機材トラブルや水質悪化で、斃死する個体を減らせます。

いかがだったでしょうか。生き物の運び方は様々あるとは思いますが、今回ご紹介した方法ならば最低限の装備で輸送が可能です。ぜひいろんな生き物を運んでみてください。

## 会費納入のお願い

平成 29 年度の未納会費の納入にご協力をお願いいたします。会費の納入状況は、お届けした封筒に印刷されています。

振込先は

**みずほ銀行 出町支店 普通 2464557**

です。

正会員 5 千円、学生会員(ポスドクも含みます)千円です。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。

また、住所・所属の変更はお早めに事務局 (biolog@bre.soc.i.kyoto-u.ac.jp)までお知らせください。

## 事務局からお知らせ



### ①紙媒体の送付を一時休止します

毎月紙媒体を会員の皆様に送付しておりますが、事務局のフィールド調査の都合のため、9-12月は会報の送付をお休みさせていただきます。その間も会報は新しいホームページ (<http://japan-biologgingsci.org/home/>)へアップロード致しますので、そちらからご覧下さい。ご不便をお掛けしますが、宜しくお願い致します。

### ②新規メーリングリスト立ち上げのお知らせ

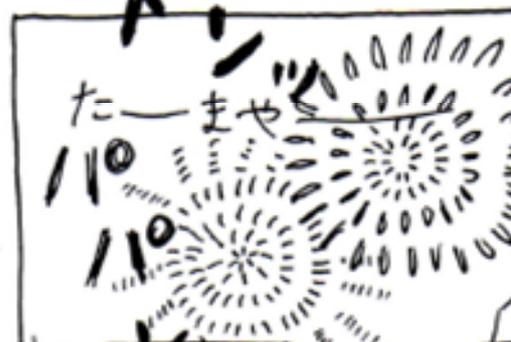
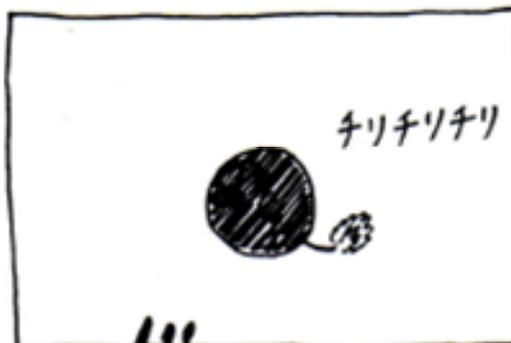
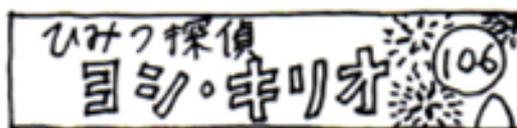
すでにメールでお知らせしましたように、2017年8月1日から研究会のメーリングリストが新しくなりました。今後は、「member-biolog@googlegroups.com」にご投稿いただきますようお願い致します。また、旧メーリングリスト「member-biolog@bre.soc.i.kyoto-u.ac.jp」は、2017年7月31日をもって廃止となっておりますので、ご注意ください。

もし登録をしそびれたという方がいらっしゃいましたら、極地研・塩見 (shiomikozue@gmail.com) までご連絡ください。招待メールをお送りします。

## 編集後記

9-12月はサケ調査のため断続的に、北海道へ滞在しています。事務局の都合で申し訳ありませんが、この期間は会報の発送を一時お休みにします。

ここ数年はサケが不漁のためサンプルの確保が難しくなってきました。【YM】



【S.K.】