



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. 217

発行日 2024年9月30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

大型魚類シイラが海鳥オオミズナギドリに及ぼす負の影響

小山 愷歩 (名古屋大学大学院環境学研究科) 2

ヨットのようゴールヘジグザグに向かうアホウドリ

後藤 佑介 (名古屋大学大学院環境学研究科) 4

野外調査レポート

ジンベエザメの放流に伴うバイオロギング調査

町野 美沙希 (神戸大学大学院海事科学研究科) 6

アカウミガメ個性判別実験 in 岩手

服部 友菜・角 明日香 (名城大学農学部生物環境科学科) 7

アカウミガメ幼体の代謝速度測定

元平 奈津希・山口 颯太 (名城大学農学部生物環境科学科) 8

「心電口ガーを装着したアカウミガメ」

撮影者 服部友菜

撮影場所 東京大学大気海洋研究所大槌沿岸センター

撮影日時 2024年8月16日

大型魚類シイラが海鳥オオミズナギドリに及ぼす負の影響

小山 偲歩 (名古屋大学大学院 環境学研究科)

本研究について

海鳥であるオオミズナギドリ(図 1)と、オオミズナギドリの潜在的な競争相手である大型魚類のシイラ、両種の餌であるカタクチイワシを対象に、年単位および局所的な種間関係を調査しました。その結果、従来は海からの捕食者の存在が海鳥の採餌効率を増加させると言われてきましたが、年単位のスケールでみると、シイラが多い年にはオオミズナギドリの採餌効率が悪い可能性が示されました。

本論文(doi.org/10.1098/rsbl.2024.0223)に関するご質問などがありましたら、お気軽に小山までご連絡ください。



図 1. オオミズナギドリの成鳥

背景

海洋において、高次捕食者が海面付近に集まって共通の餌である魚群を採餌している光景は、しばしば観察されます。このように海表面に集まって採餌を行うことは、海の中にいる捕食者が餌を海面に追上げるため、特に空から採餌を行う海鳥にとって餌を獲得しやすくなると言われてきました。しかし、海鳥と海洋からの捕食者の関係を明らかにした先行研究は、ほとんどが局所的な種間関係にのみ着目したものでした。そのため、年単位などの長期的なスケールでの捕食者同士の種間関係は不明な点が多くありました。

本研究では、瞬間的なスケールと長期的なスケール両方での種間関係を明らかにするために、半閉鎖的な海洋である日本海に生息するオオミズナギドリと、シイラに着目しました。両種はカタクチイワシを主な餌とし、海表面付近で採餌を行うことが知られています。また、日本海ではオオミズナギドリは繁殖地から主に北方向に移動すること(図 1)、育雛中の個体群の移動距離や分布が年により異なることが 10 年以上のバイオロギング調査により明らかになっています。シイラもまた、日本海を北方向へと移動することが知られおり、オオミズナギドリの育雛期である夏頃に対馬暖流によって太平洋から日本海に移動すると言われています。このような特徴から、餌であるカタクチイ

ワシと同様に、漁獲データから日本海での各年の資源量を推定し、バイオロギングで得られたオオミズナギドリの移動データとの年単位での関係を調べました。

さらに、オオミズナギドリに、目的の瞬間(今回の場合は採餌)を狙って撮影する AI 搭載型のビデオロガーを装着することで、オオミズナギドリとシイラが同じカタクチイワシ魚群を餌にしているのかを記録しました。

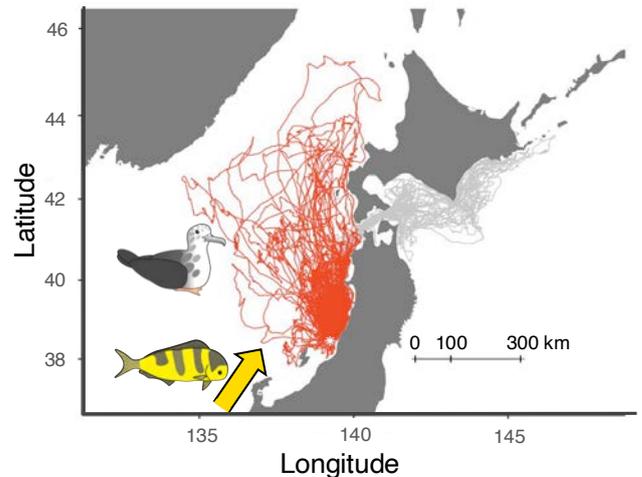


図 2. オオミズナギドリの移動経路とシイラの移動方向。赤色の実線が日本海のみでの、灰色の実線が太平洋も利用したオオミズナギドリの採餌トリップ経路を示す。黄色の矢印がシイラの推定される移動方向を示す。白いアスタリスクは繁殖地である新潟県粟島の位置を示す。

解析方法

解析には、2011 年から 2021 年までの調査で蓄積してきた新潟県粟島の育雛期のオオミズナギドリの GPS データを利用しました。粟島のオオミズナギドリは津軽海峡を超えて太平洋を利用することが知られていますが、日本海で採餌トリップが完結しているトリップのみを対象にしました。行動パラメーターとして、採餌にかかる時間的な効率の指標であるトリップ長と、移動距離や分布の指標である最大到達距離の平均値を年毎に算出しました。

シイラとカタクチイワシの日本海での資源量を、日本海(秋田・富山・福井・京都)の定置網漁法の漁獲データから推定しました。定置網漁法は網を海に張って行う受動的な漁法であり、漁獲努力量が年によってほぼ一定であるという特徴があります。このため、年毎の各漁港での漁獲量の変動から、日本海での魚の資源量を推定することができました。

算出したオオミズナギドリの行動パラメーターと、シイラおよびカタクチイワシの資源量の関係を重回帰分析により明らかにしました。

結果・考察

カタクチイワシの資源量はオオミズナギドリの行動パラメーターに直接影響しない一方で、シイラの資源量が多い年にはオオミズナギドリの採餌トリップ長が長いことが明らかになりました(図3,図4)。一方、オオミズナギドリの最大到達距離は、カタクチイワシやシイラ資源量の影響を受けていませんでした。

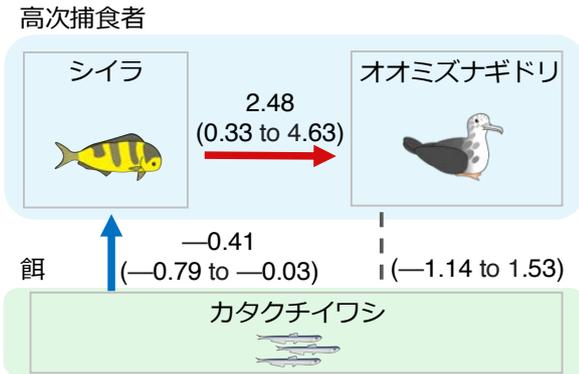


図3. カタクチイワシ、シイラ、オオミズナギドリの関係。赤色の矢印は有意な正の関係を、青色の矢印は有意な負の関係を、黒の破線は有意関係がないことを示す。矢印および破線に付属の数字はベイズ信用区間 (2.5-97.5%) を示す。

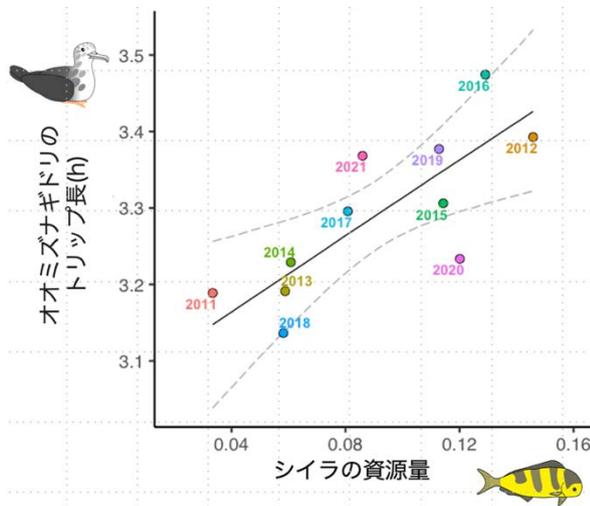


図4. シイラの資源量とオオミズナギドリのトリップ長の関係。オオミズナギドリのトリップ長には、日本海のみで行われた採餌トリップのトリップ長を log 変換した各年の平均値を使用した。実線は回帰直線、破線は 95%ベイズ信用区間を示す。プロットの横の数字は年を示す。

このことから、シイラが多い年にオオミズナギドリの採餌トリップが伸びたのは、移動距離が増加したことが原因でなく、採餌にかかる時間の増加が原因であったと考えられます。また、カタクチイワシとオオミズナギドリの採餌トリップ時間に関係がなかったことが

ら、採餌にかかる時間は、餌の多さとは関係がないことが示唆されました。すなわち、オオミズナギドリは餌であるカタクチイワシが多いから採餌に時間をかけていたわけではなく、シイラの存在そのものによって採餌にかかる時間的なコストが増加していた可能性が示されました。これまで、海からの捕食者の存在は、海鳥の採餌効率を上げると言われてきましたが、この結果で示唆されたような、他の捕食者の存在によるネガティブな効果も考慮する必要があるでしょう。

また、ビデオロガーを使用することで、オオミズナギドリとシイラが同じ魚群を追っている映像の記録にも成功しました(図5)。この映像では、シイラがオオミズナギドリを直接攻撃する場面はありませんでしたが、シイラがオオミズナギドリより先に魚群に到達することで餌が逃避し、オオミズナギドリが採餌できていない場面が記録されていました。このことから、シイラがいるとオオミズナギドリが餌を獲得しにくいことが示唆されました。



図5. ビデオロガーで撮影された動画のスナップショット。黄色の矢印はシイラ、オレンジの矢印はオオミズナギドリ、白い破線は餌の魚群を示す。スナップショット右下の日は撮影日時を示す。

最後に

この研究は、オオミズナギドリに対する 10 年以上のバイオロギング調査と、秋田県の漁獲データおよび、富山県・福井県・京都府が公開している漁獲データを利用させていただきました。本研究に必要なデータの収集に関与してくださった全ての皆様に、この場を借りて御礼申し上げます。

本研究の論文

S. Koyama, Y. Goto, S. Furukawa, T. Maekawa, K. Yoda. Hidden rivals: the negative impacts of dolphinfish on seabird foraging behavior. *Biology Letters* 20, 20240223
DOI: doi.org/10.1098/rsbl.2024.0223

ヨットのようゴールへジグザグに向かうアホウドリ

後藤佑介 (名古屋大学大学院 環境学研究科)

空を飛ぶ鳥の移動は風に強い影響を受けます。特にアホウドリやミズナギドリは海上の風速差を利用するダイナミックソアリングと呼ばれる飛行方法を使って、ほとんど羽ばたかずに1日に数100kmの移動を行うことができます。ダイナミックソアリングは海面付近での上下を10数秒で繰り返す周期的な飛行方法で、1周期あたりに数100m移動しますが、この飛行方法が、鳥が数100km先の目的地へ向かう際の移動パターンにどのような影響を与えるかは、これまでほとんど調べられてきませんでした。私たちはアホウドリの移動速度が横風で速く風上と風下に進むと遅くなるというヨットと同じ性質を持つ点に注目しました。ヨットレーサーはこのヨットの性質から、ゴールへ早くたどり着くために、風下か風上に位置するゴールへ向かう際はジグザグに移動し、風向がゴールから逸れている時は真っ直ぐゴールへ向かいます。そこで私たちは、アホウドリもこのヨットレーサーと同じ戦略を採用しているかを調べました。

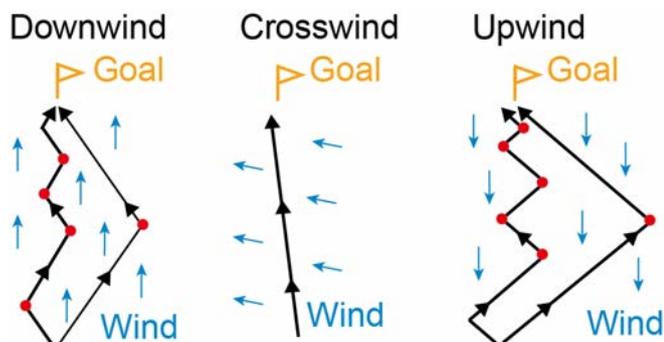


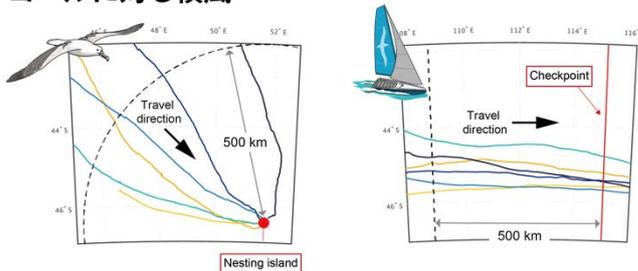
図1 ヨットの移動戦略 ゴールが風下(左図)または風上(右図)に位置する場合はジグザグに、風がゴール方向からずれているとき(中央図)は真っ直ぐゴールへ進むと早くゴールへ辿り着くことができる。

クローゼ諸島のポゼッション島で繁殖するワタリアホウドリ149羽の経路データを解析しました。経路のうち餌を取り終え巣のある島へ帰る部分に注目し、ゴールに対して風がどの方向に吹いているかによってアホウドリの2分ごとの移動方向がどのように変化するかと、500kmの間に生じる10km以上のスケールのターンの回数がどのように変化するか、を調べました。

その結果、アホウドリはヨットと同様に、風がゴール

から外れているときはゴール方向へ進むのに対し、ゴールが風下または風上に位置する場合は進行方向をゴールから逸らしていました。また、風がゴールから外れているときに比べ、ゴールが風下または風上に位置する場合はターンの発生確率が高い、つまりジグザグ経路が発生しやすいことがわかりました(詳細は論文を参照)。

ゴールに対し横風



風下にゴール

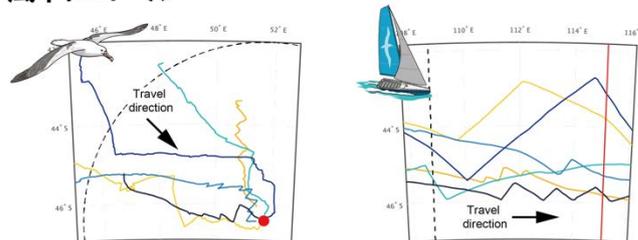


図2 アホウドリの帰巣経路とヨットの経路 ゴール方向に対し横方向に風が吹いている場合(上段)とゴールが風下に位置する場合(下段)のアホウドリの帰巣経路(赤丸が巣のある島)とレース中のヨットの経路(赤線が中間チェックポイント)。

以上の結果からアホウドリは、ヨットレーサーと同様に風向に応じて移動方向を調節しており、その結果彼らのミクロスケールの移動方法が数100kmスケールに及ぶジグザグ経路の発生を引き起こしていることがわかりました。これは、飛行とセーリングという一見異なる移動手段が、出せる移動速度が風向によってどのように変わるかという点では共通した性質を持っているために、アホウドリとヨットレーサーの移動戦略が、それぞれ独立に獲得したものであるにもかかわらず、似たものになったことを示しています。

この研究は、2016年に指導教員であった佐藤先生にフ

ランスの Henri Weimerskirch さんの研究室訪問の旅に連れて行っていただいた際に、Henri さんからアホウドリがジグザグに巣に戻る謎について教えていただいたことから研究がスタートしました。その時は論文として発表するまでにこれほど時間がかかるとは思いもしませんでした(8年...!), 共著者の皆様のおかげでどうにか出版することができました。ここまで辛抱強く支えてくださった共著者の皆様に、この場を借りて心より感謝申し上げます。

本研究の論文 Yusuke Goto, Henri Weimerskirch, Keiichi Fukaya, Ken Yoda, Masaru Naruoka, Katsufumi Sato (2024) Albatrosses employ orientation and routing strategies similar to yacht racers. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 121 (23), e2312851121



図3 ワタリアホウドリ成鳥と雛 2020年にクローゼ諸島のポゼッション島で撮影。

ジンベエザメの放流に伴うバイオリギング調査

町野 美沙希（神戸大学大学院 海事科学研究科 海洋安全システム科学専攻）

初めまして、神戸大学海事科学研究科修士 2 年の町野美沙希です。2023 年 9 月に大阪海遊館海洋生物研究所 所以布利センターで飼育されているジンベエザメ 1 個体の放流に合わせてデータロガーを装着させてもらい、野生環境下での行動データの収集に挑戦しました。

放流当日は水槽にいるジンベエザメを港へ移動させる作業から始まります。移動にはクレーンを使って吊り上げて港へ降ろすため、まずはジンベエザメを担架に收容する必要があります。職員さんがオキアミを撒いてジンベエザメを担架の方へ誘導しますが、入る寸前まではオキアミを追って上手く誘導できるものの、入り口に差し掛かろうとした瞬間にぶいっとな顔を背けて離れてしまうので、すんなりと入ってくれません。何度かジンベエザメと職員さんの攻防が行われ、どうにか担架に收容することができました。この水槽を囲った建物の天井は蓋のよう取り外しができるようになっていて、そこからクレーンを降ろし、担架を吊り上げて水槽から取り出し、移動は完了しました。担架に收容されていて姿は見えないとはいえ、大きなジンベエザメが宙に浮く様子は水族館でも目にすることがないのでとても新鮮でした。

移動が完了したら次はジンベエザメの身体測定や採血、ロガー装着のため下準備を行います。採血はやはり嫌なのか、体を大きくうねらせたり、そもそも血管に刺さらず何本も針がダメになったりと苦戦していました。

全ての準備を終えたらジンベエザメを連れて放流地点に出航し、到着したらロガーを土台に装着して外れないことが確認できたらよいよ放流です。担架の端を開けると、ジンベエザメは悠々と広い海を潜っていき、船からはすぐに見えなくなってしまいました。



放流直後のジンベエザメ
右胸ビレにロガーが装着されている

放流後はロガーの回収までしばらく空き時間があるので昼食と休憩を挟みつつ、ロガー回収のための作戦会議を行いました。海遊館では以前より数か月間にかけてジンベエザメの遊泳ルートの調査を複数回行っており、どの方角へ向かいやすいか、などのこれまでの経験を基に搜索を開始するポイントを選びました。

ロガーの切り離しが行われる時間に合わせて再度出航し、搜索ポイントで受信機をかざして電波を探すと、すぐに電波を受信することができました。電波が入らない事も想定していたので、初手で電波を受信できたことは予測が的中し、搜索が順調であることを示しています。ここからは電波の方向を確認しながら細かく船を移動させての搜索に切り替えます。海面にはゴミや流木が浮いていて目視で探すのにはかなり苦戦しましたが、同乗した岩田さんが遠目にあるロガーを見つけたことで無事にロガーを回収することができました。しかし、データが記録できていなければこれまでの苦労が水の泡になるのでまだ安心できません。データが記録されていることを祈りながら帰港後にデータを確認すると、データが全て記録されているのを確認でき、やっと息をつくことができました。今回の調査は無事成功に終わり、チームから自然と拍手が起きました。



ビデオロガーの映像の一部
キハダらしき魚が映っていた

学部ではスナメリの胃内容物同定を研究テーマにしており、対象とするのもスナメリの死体や胃袋などでした。そのため生きている生物を対象とした調査は今回が初めてで、しかも世界最大の魚類のジンベエザメを対象として研究に取り組むという貴重な経験を行うことができ、非常に満足な調査となりました。ただ、ジンベエザメに直接触ることが出来なかったことが唯一の心残りだったので、もし次の機会があれば今度こそはサメ肌を手で感じることをできればと思っています。

アカウミガメ個性判別実験 in 岩手

服部 友菜・角 明日香 (名城大学 農学部生物環境科学科)

皆様こんにちは。名城大学農学部生物環境学科4年の服部友菜と角明日香と申します。私たちはアカウミガメの心拍による個性判別をテーマに卒業研究に取り組んでいます。先行研究では、アオウミガメは普段、触れることのない新しい刺激となる鏡を目の前に持って行ったところ、大胆な個体と臆病な個体とでは異なる行動がみられることが報告されています。しかしアオウミガメと比較すると、アカウミガメは大胆な行動をみせる個体が多く、行動による個性判別が困難でした。そこで、本研究では既存の実験に新たな刺激や要素を加え、さらに心拍数も測定することでアカウミガメの個性判別にチャレンジしました。

実験を行うため、定置網にかかった野生のウミガメが集まる岩手県上閉伊郡大槌町にある東京大学大気海洋センターに行ってきました。10日間にかけて、長いようで短い時間を過ごしてきました。それでは、私たちの行ってきた事について紹介していきたいと思います。



図1 実験したカメがいた水槽の様子

ウミガメとの出会い

今回の実験では、合計3個体のアカウミガメを対象個体としました。一個体目からタロウ、コウジ、トミコと名付けました。ウミガメに提示する刺激には鏡、網、新たにブイを使用し、行動をビデオで記録しました。また、心電口ガーも装着しました。刺激を提示した際、行動で反応が見られなくても心拍では反応が見られるのではないかと考えたからです。実験中は、個体によって反応や動き方が違うのを観察することができました。行動に個性があらわれているようで面白かったです。

ウミガメとの戯れ

心電口ガーの電極パッドはウミガメを仰向けにした

状態で貼り付けます。ウミガメは身体を触ると暴れるのですが、仰向けの時は特に激しく抵抗する時があります。そのため、前肢をタイヤの穴にはめて自由を封じる方法を教えてもらいました。初めは驚きましたが、この方法は人にとってもカメにとっても安全で簡単な方法でした。次の2枚の写真はどちらも実験中のタロウの様子です。刺激を提示する実験のほかに、エサをあげたときの心拍も測定しました。解析はこれから行いますが、どんな結果が出るか楽しみです。



図2 餌のイカを食べようとするタロウ (左)
口ガーを装着したタロウ (右)

ウミガメとの別れ

実験の最後に、insta360を使用して採餌行動の様子を観察しました(図2)。餌はイカを与えました。イカを投入するとそれに向かって泳ぐのですが、必ずといって良いほど空振りをするかわいい姿が撮影できました。トミ子はイカよりもカメラに興味を示し、一直線に追いかけてきました。「まだイカ食べたいよう」と近づいてきた際に、トミ子を捕まえ、甲羅から口ガーを外して実験は終了しました。

予期せぬ出会い

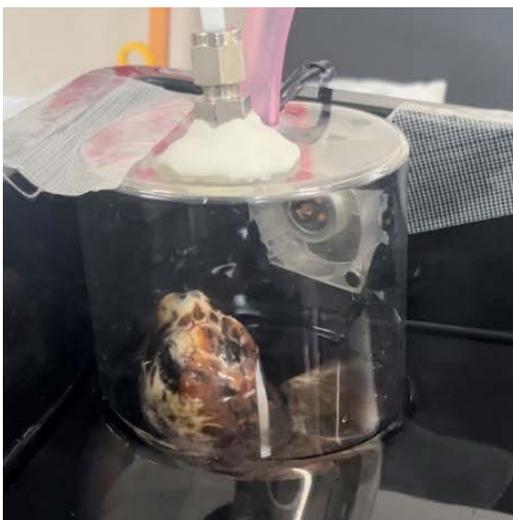
滞在期間中に、人生で初めての大きな出会いがありました。それは、マッコウクジラです。8月中旬に台風が東北を直撃し、砂浜に死体が漂着しました。見た目は巨大なかめしでした。浜を歩き進むと、突然、強烈なおおいに襲われました。その物体の表面はドロドロに溶けていて腐敗が始まってだいぶ時間が経っている様子でした。普段の生活で起こることのない出来事だったので、とても興奮したのを今でも覚えています。今回の実験は、東京大学大気海洋研究所のウミガメチームの皆様をはじめ、多くの方に大変お世話になりました。本当にありがとうございました。

アカウミガメ幼体の代謝速度測定

元平 奈津希・山口 颯太（名城大学 農学部生物環境科学科）

名城大学農学部生物環境科学科の景観解析学研究室4年の元平奈津希と山口颯太です。私たちはアカウミガメの代謝速度に関する卒業研究に取り組んでいます。アカウミガメを含む水生動物は代謝速度によって行動が変化したり、制限されたりするといわれています。ウミガメ類の代謝速度を測定した先行研究によると、潜水時間や遊泳速度の行動が同種でも代謝速度によって左右されることが報告されています（Kinoshita et al. 2018 など）。そこで本研究では、比較的小さい幼体と亜成体の個体の代謝速度を計測し、先行研究で研究対象となっている成熟個体と比較することで、アカウミガメの個体サイズによる代謝速度の変化を調べることを目的としています。

アカウミガメ幼体の代謝速度（酸素消費速度）の測定は、名古屋港水族館のご協力のもと、名古屋港水族館カメ類繁殖研究施設内で行いました。具体的な方法としては、アカウミガメの水槽にプラスチック段ボールを被せて蓋をし、息継ぎができる部分を1箇所に限定します。そこに酸素分析計と繋がったチャンバーを設置しました。チャンバーはアカウミガメのサイズに合うように幼体用と亜成体用の2種類を手作りしました。幼体は体重約1kg、甲長約15cmのとても小さな個体です。呼吸量も小さいため、それに合わせて小さなチャンバーを作りました。



チャンバー内で呼吸する幼体

チャンバー内の空気はポンプを使って一定速度で引かれ、ごみや水分を除去する装置を経て、酸素分析計に到達します。チャンバー内の酸素濃度の変化を解析する

ことで、アカウミガメの酸素消費速度を調べました。また、アカウミガメの酸素消費速度は測定中の活動時間割合によって左右されるため、加速度ロガーを甲羅に取り付けて活動度を調べました。



酸素濃度分析計とその他の装置



心電ロガーと加速度ロガーを取り付けた亜成体

現時点で幼体4個体、亜成体2個体の計6個体の測定を行いました。実験で楽しかったことは、アカウミガメと触れ合えたことです。測定は1個体につき2時間程度行います。その間は観察をしているのですが、特に幼体が頑張っている姿はとてもかわいくて見ただけで癒されました。飼育員の方のご厚意で、甲羅の掃除や給餌など貴重な体験をさせていただき、この実験からアカウミガメにはまってしまう。苦労したことは計画通りにいかなかったことです。亜成体の実験の時には、チャンバーが沈んでしまうハプニングが起きました。空気を入れたジップロックを浮き輪にして取り付けることで切り抜けました。現在、この6個体のデータの解析を進めています。これらのデータを先行研究と比較し考察する予定です。

今回の実験を通して、1つの研究をするだけでも多くの苦勞があり、様々な人の協力が不可欠であると感じました。私は大学卒業後、公務員として行政の立場から自然や動植物に関わる仕事をします。この実験から学んだことを活かし、研究機関・企業・民間などの各主体が円滑に連携していけるような働きをしたいと思います。そして、人間とアカウミガメやその他の動物たちが調和した社会を目指したいです。

参考文献：

Kinoshita et al. (2018) High resting metabolic rates with low thermal dependence induce active dives in overwintering Pacific juvenile loggerhead turtles. *JEB*, 221:175836.

事務局からお知らせ

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、任期付ポストも含まれます）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。

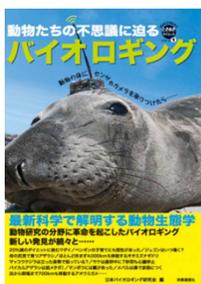
■住所・所属の変更はお早めに事務局まで
〒606-8502 京都市左京区北白川追分町
京都大学フィールド科学教育研究センター
TEL&FAX 075-753-6227

BioLoggingScience@gmail.com

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）が生まれてから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

■今年の夏は北から南へと出張だらけでしたが、毎回台風が発生しては、ギリギリで回避しました。運が良いんだか、悪いんだか。最近ようやく朝晩が過ごしやすくなってホッとしています。【TN】 ■今年のバイオロギング研究会シンポジウム in 神戸まで残すところ、あと数日となりました。研究会 Web サイトでもシンポジウムの情報を掲載しておりますので、最新情報は[こちら](#)からご確認ください。参加しようか迷われている方は、これを機に申し込んでいただくと幸いです！【TI】
■京都では、頬にあたる風に涼しさを感じるようになりました。来月は神戸でバイオロギング研究会シンポジウムが開催されます！【HM】



【S.K】