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. 149
発行日　2019 年 1 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　海洋生物資源科学科　魚群行動計測学研究室
〒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 日本バイオロギング研究会　普通口座 2464557

もくじ

研究紹介
データ回収率の向上を目指した新開発ロガー　佐藤信彦（東京大学大気海洋研究所）
国産の照度ロガーの開発　野田琢嗣（統計数理研究所）
小泉拓也（Biologging Solutions）
野外活動レポート
オオミズナギドリ調査報告（岩手県・船越大島）　山本　青（東京大学大気海洋研究所）
～ロガー回収の記録～
黒島ウミガメ調査　宮山大（東京大学大気海洋研究所）
三陸ウミガメ調査　新村誠也（東京大学大気海洋研究所）
お知らせ

「定置網でのサケ漁獲」
撮影者：提供：横森洋治郎（東京大学大気海洋研究所）

研究紹介

データ回収率の向上を目指した新開発ロガー

佐藤信彦（東京大学大気海洋研究所）

バイオロギングには、ロガーの回収作業が伴います。ロガーを回収することで、初めて対象動物の行動データを得ることができます。もし、ロガーを回収できなければ、データは「0」という結果になります。おそらく、多くの研究者がこの回収作業に時間と労力を費やしているのではないでしょうか？鳥類や海棲哺乳類の場合、ロガーの回収率は 5～10 割と比較的高いのですが、魚類の場合は低く、回収率が 1 割を下回っている研究もあります。魚類を対象としたバイオロギングでは、回収率を向上させるブレイクスルーが必要とされてきました。

新開発ロガーの概要

北海道大学の宮下和士教授が中心となって京都大学、東京海洋大、東大海洋研で取り組んでいるプロジェクト「JST・CREST データ高回収率を実現するバイオロギング・システムの構築 ～魚類の個体群・群集ダイナミクス解明に挑む～」（BLS 会報 No. 140 を参照）では、データ回収率の向上を目指して個体間通信ロガー InterFish（アクアサウンド社製、写真 1）を開発しました。このロガーは、ロガー同士が近接している時に音響通信をすることで、データの相互共有が可能となっています。つまり、ロガーが回収できなかった個体のデータもデータが共有された別のロガーを回収することで得られるシステムになっています。今回、岩手県三陸沿岸に回帰してきたサケを対象として、野外で初めて個体間通信ロガーを適用させた事例を紹介します。

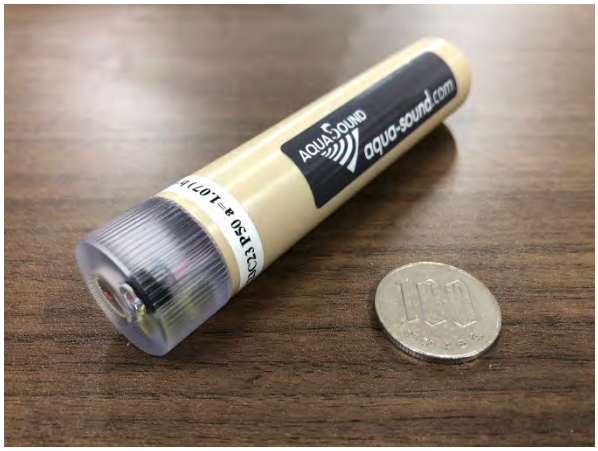


写真 1. 個体間通信ロガー InterFish（φ22×100mm、空中重量 54g）

野外調査

2017 年 12 月、大槌湾内の定置網で漁獲された 10 個体のサケ（尾叉長：59～77cm）に個体間通信ロガーを装着しました（写真 2）。ロガーは、20 秒間の深度・温度記録（測定間隔：1 秒）、並びに信号送受信（＝個体間通信）の後、40 秒間の記録休止を繰り返すよう設定しました。ロガーを装着した個体は、馴致した後、5 個体ずつ大槌湾内の同一箇所から放流しました。

写真 2. 個体間通信ロガーを装着したサケ親魚

ロガー回収率とデータ回収率

個体間通信ロガーを装着した 10 個体のうち、7 個体分のロガーを放流から 4～10 日以内に回収することができました。従来のバイオロギング手法ならば、ロガー回収率 7 割、データ回収率も 7 割という結果になります。しかし、今回は個体間通信によるデータの相互共有があったため、回収できなかった 3 個体分のデータについても散発的ではあるものの回収された 7 個体のロガーから得ることができました。ロガーの回収率は 7 割ですが、「何個体分のデータを回収できたのか？」との問いには「全個体の 10 割です！」と答えられる結果となりました。今回の結果をもとに、何台のロガーを回収すると、何個体分のデータが得られるのかシュミレーションしてみました（図 1）。ロガーの回収台数が 1～2 割では、データ回収率は低いままのようですが、放流個体数の 3 割にあたるロガーを回収できれば、8 割以上の個体のデータを得られる可能性が示唆されました。

今回のサケを対象とした野外実験から、個体間通信ロガーのデータの相互共有システムを用いることで、

データ回収率の向上が大いに見込めることが明らかになりました。先駆者たちは「動物にデータを記録してもらう」との考えからバイオロギング手法を発展させてきたのだと思います。これからは「動物にデータを記録して、さらに回収もしてもらう」バイオロギング手法が展開されていくのかもしれません。

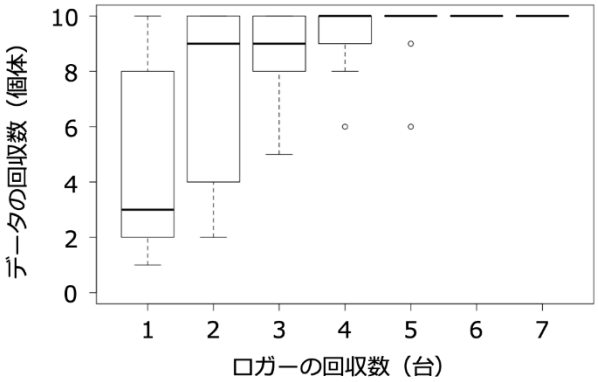


図 1. ロガーの回収台数に伴う、個体数換算したデータ回収数の遷移。

研究紹介

国産の照度ロガーの開発

野田琢嗣（統計数理研究所）・小泉拓也（Biologging Solutions）

照度ロガーは、大回遊する魚類や渡り鳥の移動を把握するための手法として古くから用いられているロガーである。原理しては、太陽光の光を取り込み「日の出」と「日の入り」の日時を計測することで緯度・経度を把握している。海外旅行に行った時、日の出と日の入り時刻が日本と異なることを感じると思うが、まさに同様の現象から移動を把握することができる。

H25 年度から今年度までの CREST 事業「データ高回収率を実現するバイオロギング・システムの構築 ～魚類の個体群・群集ダイナミクス解明に挑む～」の中の一つの課題として、魚類用の照度ロガーの開発を行った。魚類用の照度ロガーとして、一般的には、ロガーを魚類の腹腔に入れ、光ファイバーを含めたストークを体外に出し、光を体外から腹腔内のロガーに取り込むことが行われている。通常、腹腔内にロガーを入れた場合、照度センサが体に覆われて体外の光を取り込むことができなくなるが、本ロガーでは、ストークのみを体外に出せば、そこから光を取り込むことができる仕組みだ。

こう聞くと非常にシンプルな仕組みである。ストークを出して、光を取り込み照度センサの値をロギングすればよいだけであると、少し甘く見ていた。一方で、これまでにこのタイプのロガーは、海外産が主流であり、国内産は皆無であった。

照度ロガーは、回遊魚の移動を把握する事実上スタンダードなロガーである。さらにストークの先端に温度センサ、腹腔に入れたロガーの内部に温度センサと深度センサを備えた 4 つのセンサ構成として用いられることが多い。このようなシンプルなロガー1 つでも、回遊経路や滞在水深、環境水温だけでなく、魚種によっては体温生理や摂餌まで推定することができるパワフルなツールである。

実際に開発（図１）を行うと、照度の安定した取り込み、照度の感度、ストークの材質や強度など、非常にシンプルな仕組みと考えていたロガーが、思いのほか、工夫を要することがわかり、試行錯誤の末に完成した時は喜びと同時に、このタイプのロガーを生み出した海外の先人に尊敬と感謝の気持ちを抱いた。まさにシンプルこそ難しいと感じたロガーであり、様々な複雑さを削ぎ落とした結果のシンプルさであることがわかった。一方で、同タイプのロガーを世界に先駆けて生み出せなかったことに対し悔しさを感じると同時に、シンプルな原理で新たな観点を計測可能なロガーを開発したい意欲に駆られた。

図１：開発した照度ロガー。照度・深度・（内部・外部）温度センサに加え、加速度や地磁気センサも搭載可能だ

実際に CREST 事業の中で、開発した照度ロガーをカツオに装着した（図２）。無事１尾から再補され、貴重なデータを得ることができた(図３：データの一部を抜粋)。日の出と日の入り時の照度の変化を細かく計測できていることがわかる。

図２：照度ロガーを装着したカツオ

今回開発した照度ロガーは、従来の照度・深度・(内部・外部) 温度センサに加え、加速度や地磁気センサも追加することができる。512MB の大容量メモリを備えているため、回遊経路、滞在水深、環境水温だけではなく、同時に、活動量や方位などの情報も加えることが可能だ（Biologging Solutions 社で製造・販売している)。Biologging Solutions 社は国内で開発・製造しているため、ストークの長さの微調整、ロガー形状、追加センサ等、柔軟なカスタム対応も可能だ。

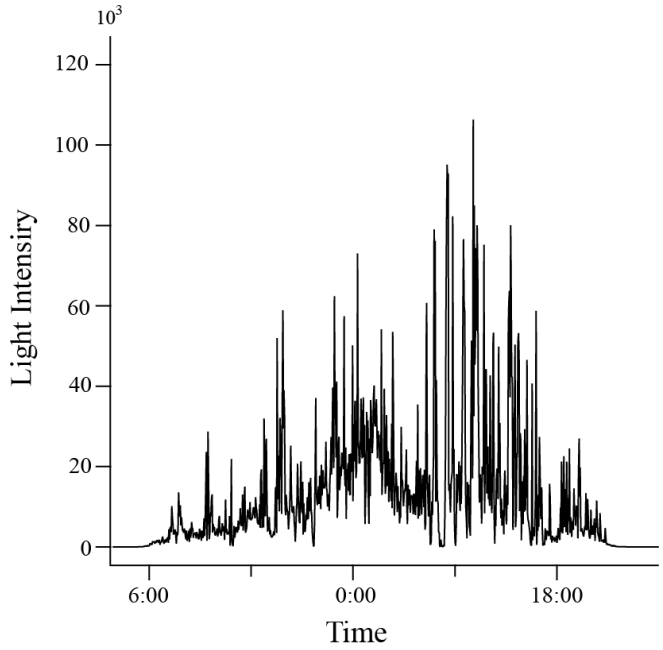


図３：得られた照度データの例（抜粋）

最後に同ロガーの開発を辛抱強くサポートしてくれた宮下先生、北川先生をはじめ、CREST チームのメンバーには厚く感謝申し上げます。

野外活動レポート

オオミズナギドリ調査報告（岩手県・船越大島）

～ロガー回収の記録～

山本　青（東京大学大気海洋研究所）

みなさま、初めまして。東京大学大気海洋研究所行動生態計測分野、修士 1 年の山本青と申します。今年度から、佐藤克文教授（東京大学大気海洋研究所）のもとで、オオミズナギドリの採餌生態などをテーマに研究を始めました。

本研究室では、オオミズナギドリ研究をするグループのことを鳥チームと呼びます。私たち鳥チームの調査地は、岩手県の無人島・船越大島です。本土から船越大島までは漁師の阿部さんに漁船で渡していただきます。そして私たちは交代で島に宿泊し、オオミズナギドリの調査をします。例年はこの島での調査を 8 月末から 9 月末にかけて行なっていました。しかし今年は、台風が多く発生した影響で例年通り長期間連続して島に入ることが難しかったため、今年度の調査は 8/25~9/10 と非常に短期間で行うことになりました。一旦台風が来てしまうと前後 1 週間弱は波が高くなるため、船を島に渡すことができなくなってしまうのです。そして調査期間の短縮は、即ちロガー回収のチャンスが減るということに直結します。そんな中で行われた今年度の調査ですが、結論から申し上げますと、私たち鳥チームは大変よく健闘しました。今回はその、8 月末から 9 月半ばにかけて行われた、岩手県船越大島でのオオミズナギドリ調査報告をします。

写真 1. 船越大島の船着場

育雛期のオオミズナギドリは、日中は洋上で採餌をし、夜間は島で雛に給餌するという生活スタイルをとっているため、私たちは夜中から明け方にかけて 2 回コロニーを見回り、ロガーの装着・回収、鳥の形態計測などの作業をします。今年度、私たちは 8/29~ 9/1 の間に育雛期のオオミズナギドリに対して、加速度付きビデオロガー5 台、加速度付き GPS ロガー12 台、GPS ロガー13 台を装着しました。

しかしこの段階で非常に強い台風 21 号が日本列島に接近しており、このまま島に滞在するのは危険と判断したため、9/2 の早朝に島から一旦撤収しました。その後 9/2~9/6 までは本土で、島にはない電気やお風呂などの文明に感動しながら生活を送り、台風が過ぎ去るのを待ちました。ところが 9/6 の段階で台風 22 号の卵が発生したため、我々の道は以下の二つとなりました。一つは、「安全に島から出られるリミットの 9/10 の朝までにロガーを 8 割回収しきる」、もう一つは「9/10 の朝までにロガーを 8 割回収しきれなかった場合は、台風が過ぎ去るまでの間島にとどまり、残りのロガーの回収を試みる」です。ここからは、9/7 からのロガー回収フェーズに入ってからのお話をします。

9/7。鳥チーム 6 人のうち 4 人が島に再上陸しました。7 日の午前時点での未回収ロガーは加速度付きビデオロガー3 台（5 台中 2 台は 9/1 に回収済み）、加速度付き GPS ロガー12 台、GPS ロガー9 台。この日、島に入った 4 人によって加速度付きビデオロガー2 台、加速度付き GPS ロガー5 台、GPS ロガー1 台が回収されました。また、台風 22 号が誕生した日でもありました。

9/8。メンバーを一部入れ替えて、私を含む 4 人が島に残りました。8 日の午前時点での未回収ロガーは加速度付きビデオロガー1 台、加速度付き GPS ロガー7 台、GPS ロガー8 台。この日は加速度付き GPS ロガー3 台、GPS ロガー3 台が回収されました。そしてこの日も新しい台風 23 号が誕生したのでした。

9/9。メンバーを一部入れ替えて、私を含む 3 人が島に残りました。この日島に入った女の先輩は、9/9 の回収数次第では島に最長で 10 泊する（台風が過ぎ去るまで島に残る）可能性があると言われて、相当の装備と覚悟をして入ってきた先輩でした。水も電気もなく、夏でも肌寒く感じる島で、台風の最中 10 泊するというのは経験を積んだフィールドワーカーでも相当ハードなことです。なんとしてでも防ごう、柏（東京大学大気海洋研究所）に帰ろうと、鳥チームは一致団結しました。目標は装着したロガー30 台中最低でも 24 台の回収、9 日午前時点での回収台数は 19 台。まだまだ足りません。タイムリミットは 9/10 の早朝なので、残された時間はあと僅かです。9 日午前時点での未回収ロガーは加速度付きビデオロガー1 台、加速度付き GPS ロガー4 台、GPS ロガー5 台。果たして鳥チームは残りのロガーを無事に回収できるのでしょうか。1 回目の見回りでは、先輩方二人による、コロニー全体をじっくりと 2 周して鳥を探す『執念の見回り』が、加速度付きビデオロガー1 台、加速度付き GPS ロガー2 台、GPS ロガー1 台の回収という結果を導きました。この時点であと最低 1 台回収すればクリアというところまできていたのですが、GPS ロガーの回収率が芳しくないということで、次の見回りで GPS ロガーを最低でもあと 2 つ回収できなければ、延泊が決定するという判断がなされました。緊迫してきた中 9/10 未明に行われた 2 回目の見回り。午前 1 時 10 分に見回りを開始し、そこから午前 1 時 28 分までの 18 分の間に先輩二人が加速度付き GPS ロガー1 台、GPS ロガー3 台を回収しました。鳥チームの大勝利です。この日は加速度付きビデオロガー1 台、加速度付き GPS ロガー3 台、GPS ロガー4 台が回収されました。全体では、装着したロガー30 台のうち 28 台のロガーの回収に成功しました。こうして、鳥チームは 9/10 の台風が接近する前に島から全撤収をすることができました。

今回の勝因は 3 つあります。一つ目は、オオミズナギドリの生活史を考慮した調査計画にあります。オオミズナギドリは 8 月中旬に孵化し、そこから 10 月の下旬まで育雛をします。特に 8 月末から 9 月半ばにかけての育雛初期は、親鳥が雛を育てるために毎日帰島する傾向にあるため、毎晩多くの親鳥が島に帰ってきます。私たちが島に入っていたのは丁度この育雛初期に当たる時期であったため、ロガー装着個体が島に頻繁に帰ってきており、ロガーの回収を順調に行うことができました。二つ目は、先輩が作った『最強ノート』です。このノートはコロニー内の各巣の鳥のデータで、つがいになっている鳥や雛の有無、どの鳥に何のロガーをつけたか、ロガー回収時に鳥にすべきこと（計測など）などが記されており、このノートを携帯することで、効率よく作業をすることができるというものです。このノートのおかげで、現場での作業をスムーズに行うことができました。三つ目は、『執念の見回り』です。毎回の見回りをコロニー一周するだけで済ますのではなく、念押しでもう一回まわることがロガーの大量回収に繋がるのだと今回強く実感しました。

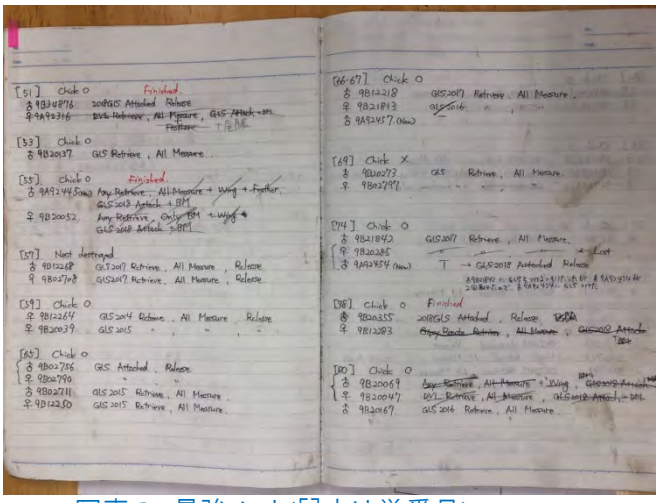


写真 2. 最強ノート([]内は巣番号)

今年度、私は鳥に触ること自体が初めてという状態で島に入りましたが、調査中に先輩方から様々な話を聞かせていただいたり、実際にフィールドでの作業に参加したりしたことで、非常に多くのことを吸収できました。初めてのフィールドワークの舞台が無人島ということで最初は不安も多かったですが、みんなでご飯を食べたり、テントを張ったり、夜に鳥の大合唱を聴きながら話をしたりするのはとても楽しいものでした。そしてロガー回収の際に皆で入念な作戦を立てて臨むのも、私の好きな時間でした。また、漁師の阿部さんには新鮮な魚介類を差し入れていただいたり、島への船渡しの際の急なお願いにも対応していただいたりと大変お世話になりました。来年度以降の調査は、今回得たことや学んだことを十分に生かして臨もうと思います。来夏の調査が楽しみです。

黒島ウミガメ調査

宮山大（東京大学大気海洋研究所）

初めまして。東京大学大気海洋研究所修士 1 年の宮山大と申します。2018 年度より、佐藤克文教授の下でウミガメを対象に研究を行なっております。本年度夏に行った沖縄県黒島での調査報告とその時起こった奇跡について話したいと思います。

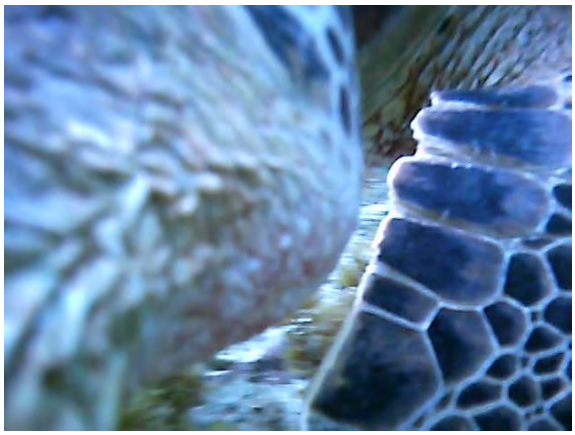


写真 1　他の個体に接近するアオウミガメ

黒島は、石垣島と西表島の間にあり、牛の数が人口の約 10 倍という小さな島です。この調査は、黒島研究所の亀田和成さん（日本ウミガメ協議会）を中心に、沖縄美ら島財団の支援の下行われました。目的は、黒島に生息するアオウミガメの採餌生態を明らかにすることです。

ビデオカメラ、データロガー、回収のための VHF 発信機や人工衛星対応型電波発信機など合わせて数百万円相当の機材を浮力体に埋め込み、ウミガメに装着します。ウミガメを放流後、数日経つと浮力体は自動で切り離され海面に浮いてきます。人工衛星対応型発信機による位置情報をインターネットで確認して大まかな場所を把握し、あとはアンテナを振って VHF 発信機から発せられる電波を頼りに、浮力体を船で回収しに行くという段取りです。しかし、私はロガー回収が初めてだったことや、色々なトラブルで数百万の機材を回収できないこともあるという話も聞いていたので、不安しかありませんでした。3 個体にタグをつけて放流したのですが、1 個体しか予定通り回収できず、残りの 2 個体は切り離し時刻になっても衛星経由の位置情報が確認できませんでした。沖縄の海はサンゴ礁や岩場が多いため、切り離された浮力体が水中で引っかかってしまったものと考えられました。そうなってしまうと後はどうすることもできず、偶然浮いてくるのを待つしかありません。しかし、一緒に調査を行なっていた楢崎友子さん（東京大学大気海洋研究所）と相談し、できる限りの努力はするべきだということで、沖縄の炎天の下、数時間 VHF の受信を待ったり、石垣島の山に登ってアンテナを振ったりしました（ちなみに 2 人とも風邪をひいて体調は最悪だった）。10 日間ほどあらゆる手を考えて電波を拾おうと試みましたが、その努力も虚しく、受信を確認できませんでした。調査最終日が近づく中、台風が八重山に接近し、いよいよ船を出すチャンスが 1 日しかなくなり、完全に諦めかけたその日の朝、インターネットで位置情報を調べると、なんとロストしていた 2 個体の情報が入っているではありませんか！この時の興奮は忘れもしません。亀田さんに急遽傭船をしていただき、いざ回収へ向かいました。台風の影響で海は若干荒れていましたが、無事 2 つとも回収することが出来ました。こんな奇跡があるのかと思いましたが、不思議なことに回収のために手を尽くしていなければ、偶然浮いてくることもなかったような気すらしてきます。まさに「人事を尽くして天命を待つ」ことの重要性を学

写真 2　ロガーを装着し海へ戻るアオウミガメ

びました。

写真 3 炎天下、受信を待つ筆者

ビデオロガーには、八重山の美しい海とともに、アオウミガメが海藻を採餌する様子が記録されていました。また、別のアオウミガメに近づいて交流するような場面もみられました。大槌町で行った同様の調査で得られた画像には、1 度も他個体が写っていたことがないので、個体群密度や他個体との関係性が両地域でかなり違っていそうです。フィールドワークはまだまだ未熟な私ですが、今後どんなトラブルが起ころうが臨機応変に対応し、できる限りの努力をしようと誓った調査になりました。

写真 4 潮が引いて遠浅の場合はウミガメを持って運ぶ

三陸ウミガメ調査

新村誠也（東京大学大気海洋研究所）

午前 4 時半。まだ薄暗い部屋の静寂を引き裂くように、今日もスマホの着信音が鳴り響く。嫌いになりつつあるその音で目を覚ました私は、半分寝ながらスマホを耳にあてて挨拶。すると向こうからは、「カメとれたよー！」の一言。今日も 1 日が始まった。

初めまして。東京大学大気海洋研究所 修士課程 1 年の新村誠也と申します。私はウミガメ類の回遊行動、特に暖水渦や冷水渦の利用をテーマに研究しています。

私たち研究室のウミガメチームは 2005 年から毎年夏に、岩手県大槌町にある東京大学大気海洋研究所国際沿岸海洋研究センター(以下、沿岸センター)を拠点として三陸沿岸海域におけるウミガメ類の混獲調査、加えてデータロガーや人工衛星対応型電波発信機を用いた行動生態調査を行っています。そして昨年の 7 月から 9 月までの 3 ヶ月間、私にとって初めての三陸ウミガメ調査をしてきましたので、今回はその報告をさせていただきます。

調査には定置網に混獲したウミガメを用いました。地元の定置網漁業者にカメが捕れたら連絡をしてもらうようにお願いしておき、連絡を受けたら漁港まで引き取りに行きます。そしてカメを沿岸センターまで輸送して計測・標識付けを行い、そのまま放流、または一時的に飼育して実験しました。

調査が始まるまでは正直、三陸でウミガメが獲れることが半信半疑でした。しかし、調査初日から早朝に電話で起こされ、「早速か！」と思いながら漁港に行くと、そこでは水揚げされたばかりのウミガメ達がコンテナの中で泳いでいました。百聞は一見に如かずとはこのことで、産卵場から遠く離れた三陸沿岸まで回遊してきたことが実感できました。

次の日も、その次の日も、そのまた次の日もカメが数匹ずつ獲れました。調査前、先輩方からは数日に数匹獲れるかどうかだと言われていたので、「おや？今年はもうピークが来たのだろうか？」と、この頃は思っていました。しかし、しばらく経ってもウミガメ混獲のペースは衰えず、1 日に 14 頭ものウミガメが獲れた日もありました。毎日のように獲れるウミガメに振り回されているうちに、気づけば調査開始から一ヶ月が過ぎ、2005 年から調査を開始してからの過去最多混獲数を更新していました。

写真 1．軽トラで運ばれるアカウミガメたち

そして今年は、なんと混獲されたオサガメも見ることが出来ました。「大きなカメがとれたぞー！」という電話で起こされ、「アカかアオの成体サイズがとれたのかな？」と思いながら漁港に行ってみると、そこには隣に並べられたアカウミガメが子ガメに見えてしまうほど大きなオサガメが前足を羽ばたかせ、圧倒的な存在感を放っていました。私自身、ウミガメの中でも特にオサガメが好きなのですが生体を見たことはなく、この光景を目の当たりにしたときには喜びと興奮で思わず叫び、夢中でシャッターを切っていました。「生きたオサガメをこの目で見る」という夢が叶った瞬間でした。

写真 2．水揚げされたオサガメとアカウミガメ

結果として、調査期間約 3 ヶ月の間にアカウミガメが 88 個体、アオウミガメは 16 個体と、例年の 2 倍ほどの混獲を確認し、中でも小型のアカウミガメが急増しました。これについては、単純にウミガメ全体の個体数が増加しているのか、それとも今年はたまたま三陸沿岸の定置網に入りやすい海流が多かったのか等はわかりません。これが単発的なものなのか、それとも長期的なものなのかを調べるためにも、モニタリングの継続が必要です。

また、このうちの 3 個体に行動記録計とビデオカメラ

を取り付け、放流・回収して数日間分のデータ取得、そして別の 8 個体には人工衛星対応型電波発信機を装着して放流し、回遊経路と潜水情報をモニタリングするという、バイオロギング手法での実験も例年通り行いました。加えて、今年はウミガメの餌生物候補の採取を目的とし、発信機から送られてくる位置情報を頼りにカメを船で追いかけ、カメの通過点でプランクトンネットを曳いたり、採水して環境 DNA サンプルを採取したりもしました。このウミガメを追う航海を経験し、ウミガメたちは何を思ってこの大海原を泳ぎ、どのように生きているのかと、ますます知りたくなりました。
写真のオサガメは特別採捕許可申請済みです。

写真 3．
発信機を装着したアカウミガメを放流する様子

写真 4．ケムシクラゲを捕食するアオウミガメ

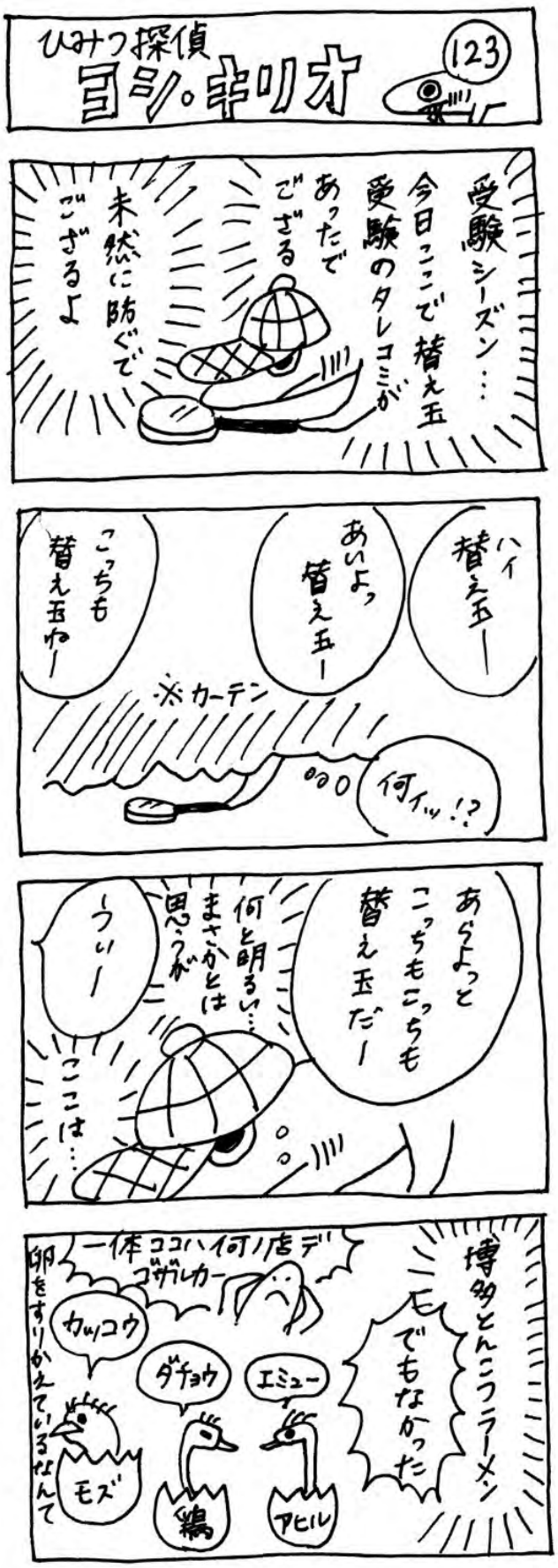
ウミガメ目線で得られるデータはどれも興味深く、まだまだ謎ばかりです。私は今後も調査・解析を続けていき、ウミガメたちの生態を少しでも多く明らかにしていきたいと思っています。

事務局より

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。よろしくお願いいたします。 連絡先：国立極地研究所　塩見こずえ

shiomikozue@gmail.com



【S.K.】