



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. 214

発行日 2024年6月27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

サケは体の大きい配偶者を好む

関 恭佑 (北海道大学大学院 環境科学院) 2

PIT タグシステムによるニホンザリガニの移動パターンの解明

飯村 幸代 (八千代エンジニアリング株式会社) 4

野外調査レポート

海氷が溶ける前に

高松 敦 (東京海洋大学大学院 海洋科学技術研究科) 6

会員通信

近況報告と今後の研究活動

浅井 咲樹 (東京海洋大学学術研究院・海洋資源エネルギー学部門) 7

「サケの産卵行動」

撮影者 関恭佑

撮影場所

標津サーモン科学館

撮影日時 2020年11月13日

サケは体の大きい配偶者を好む

関 恭佑（北海道大学大学院環境科学院 生物圏科学専攻 水圏生物学コース 生態系変動解析分野）

多くの魚類で、体の大きいメスほどオスに好まれることが分かっています。その理由として、体の大きいメスほど卵を多く持っているため受精率が高いこと、また体の大きい遺伝子を受け継いだ子孫は生き残りやすいことが挙げられます。オスは体の大きいメスに対して、精子を選択的に提供することで自身の繁殖成功を最大化させていると考えられています。

サケ科魚類でもその選択性が示唆されており、体の大きいメスに対して、オスはより多くの精子を放出することが分かっています[1]。しかし、オスの配偶者選択について完全に解明されている訳ではありません。その事例の一つに、オスの求愛行動があります。産卵時はオスがメスに向かって体側筋を震わせる、求愛行動を行うのですが、どのメスに対して積極的な求愛行動をするのか明らかではありません。

以前私が所属していた研究室（日本大学 生物資源科学部 海洋資源科学部 魚群計測学研究室）では、加速度データロガーをサケに装着して求愛行動を定量化し、ペアのメスの体サイズによって求愛行動に差が出るのかを調べてきました。しかし、これまでの研究から、求愛行動の回数や振動の大きさ（振幅）・振動時間などのパラメータは、ペアのメスによって左右されませんでした。そこで、本研究では求愛行動時の雌雄の距離に着目しました。魚類は体の側面に配置されている、側線によって水中の振動を感知しています。そして、水中での振動の減衰は著しく、少し距離が離れるだけで、伝わる振動は大幅に減ってしまいます。したがって、オスは好みのメス（＝体の大きいメス）に対してより近づいて求愛行動をしているのかもしれませんが。

2020年11月、私が学部4年生のときに、北海道標津町標津サーモン科学館にてサケの産卵行動を記録しました。実験には標津川に遡上したサケ23尾（オス10尾、メス12尾）を使用しました。水槽内に雌雄1尾ずつ投入し、水槽の上から産卵の様子をビデオカメラで撮影しました（図1）。後日、録画した映像を見返して、求愛行動時の雌雄の距離を計測しました。求愛行動の際、オスはメスの後方から近づいて体を震わせます。したがって今回は、求愛行動の時に“どの程度オスがメスの側線に重なっていたか（以下、重複距離）”を求めました（図2）。



図1. 動画撮影の様子



1回の産卵行動で、オスは100～200回ほど求愛行動をします。今回は23尾のサケから、計39ペア分のデータが得られ、合計で1994回の求愛行動時の重複距離を得ることが出来ました。ペアごとに平均した重複距離と、ペアの雌雄の体長比との間に相関関係があるのか調べました。

図2. 重複距離

ペアのメスの体長が小さいと、重複距離が短くなるという結果が得られました（図3）。したがってオスは小さいメスには積極的に求愛行動をしないのだと考えられます。しかし、ペアのメスの体長がオス自身よりも大きい時（図3のRatio of BLが1.0以上の部分）でも、重複距離が短くなる結果になりました。

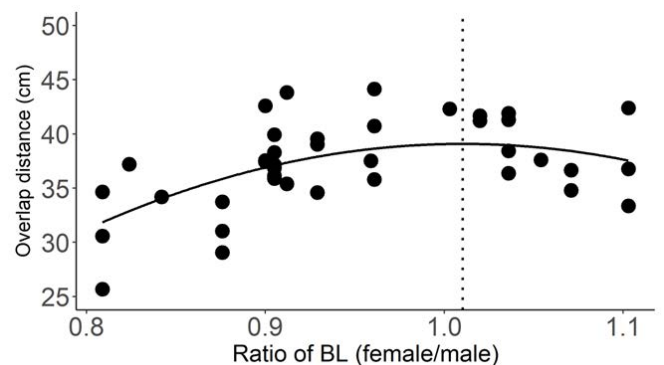


図3. 重複距離と雌雄の体長比の関係

縦軸は求愛行動時の重複距離を表す。横軸はペアの雌雄の体長比（メス÷オス）を表しており、1.0未満では体の大きさはメス<オスであり、1.0より大きいときはメス>オスである。

サケ科の一部の魚では、体サイズによる同類交配が確認されています。同類交配とは、競争の結果によって、最終的に似たような形質をもつ個体同士がペアを形成することが多くなる現象です。今回の場合では、「オスが大きいメスに対して積極的に求愛行動をする（図3の Ratio of BL が 1.0 以下の部分）、メスは小さなオスからの求愛を受け入れず、避ける傾向がある（図3の Ratio of BL が 1.0 以上の部分）」と考えられます。これによって、雌雄の体サイズが同じペアで、重複距離が最も大きくなるのだと考えられます。実際に検定の結果から体長比が 1.01 となると、重複距離が最大となる結果になりました（図3点線）。したがって、配偶者の体が大きいという形質は、オスにとってもメスにとっても、パートナー選びに欠かせない要因なのかもしれません。

本研究は、以前の会報でも調査報告として書かせていただきました。この結果が得られるまでの苦労がまとめられているので、是非読んでいただきたいです [2]。また、この内容は Ecology of Freshwater fish にも掲載されました [3]。こちらでは配偶者選択だけでなく、“重複距離がメスの放卵に近づくと共に変化していく”という点も論じているので、興味ある方は是非ご一読ください！

[1] Makiguchi, Y., Ichimura, M., Kitayama, T., Kawabata, Y., Kitagawa, T., Kojima, T., & Pitcher, T. E. 2016. Sperm allocation in relation to female size in a semelparous salmonid. *The Royal Society Open Science*, 3. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsos.160497#>

[2] 関恭佑, 2022 求愛行動の謎を追う. バイオロギング会報 No.190, 4-5 https://japan-biologgingsci.org/home/wp-content/uploads/2022/07/BLS_190UP.pdf

[3] Seki, K., Ichimura, M., Ihara, N., & Makiguchi, Y., 2023. Changes in courtship prior to oviposition in chum salmon (*Oncorhynchus keta*) and male preference for female body size. *Ecology of Freshwater Fish*, 1-11.

新しい発見

PIT タグシステムによるニホンザリガニの移動パターンの解明

飯村 幸代（八千代エンジニアリング株式会社）

はじめに

北海道や北東北の河川源流域に生息し、日本の淡水性ザリガニの中で唯一の在来種であるニホンザリガニ。生息河川を訪れ、石をめくると、鰓呼吸をしながら、じっと潜むニホンザリガニを見ることができます。本種は、環境省レッドリストで絶滅危惧Ⅱ類に、種の保存法で特定第二種国内希少野生動植物種に指定されており、個体群や生息地の保全が早急に求められています。本研究では、ニホンザリガニの効果的な保全に向け、これまで知見のなかった移動パターンや行動圏を、PIT タグシステムによる追跡から明らかにしました。

研究概要

本研究では、北海道の石狩川水系 5 次支流において、51 個体のニホンザリガニに PIT タグを装着し、秋から翌年の夏にかけて、設置型受信機と可搬型受信機を併用した追跡を行いました（図 1）。

追跡により得られたデータ数は約 60,000 件に及びました。その結果、ニホンザリガニの移動には、季節性とサイズ依存性があることが明らかになりました。

具体的には、秋から冬、春から夏にかけては、主に放流地点周辺で定位する、もしくは上流側へ移動する傾向がみられました（図 2）。一方、越冬前後を比較すると、越冬後には下流への移動分散がみられました。追跡期間を通じた行動範囲は 69m（上流：47.4m、下流：21.6m）に及びました。本種は、当初、ここまでの移動はしないと考えられていたため、この移動パターンは予想外でありました。さらに、追跡期間における累積移動距離と最大移動距離は、雌雄ともに、体サイズと正の相関がみられました。

では、なぜ移動するのか、大型個体ほど移動するのかについては、繁殖や採餌が要因として考えられましたが、今回の研究からは特定に至りませんでした。一方、越冬後における下流への移動分散の要因として、本研究地では越冬期には数メートルの積雪が観測されること、融雪出水が約 2 か月に及ぶことなどの地域特性により、下流への受動的な移動が生じていることが考えられました。本研究の内容をより詳細に知りたい方は、ぜひ論文をご一読ください。

データ取得までの長い道のり

本研究の実施にあたっては、いくつかの課題を乗り越えなければなりません。

1 つ目に、ニホンザリガニは小型（最大でも全長 7cm）であり体内装着が不可能なこと、河床内に潜り



図 1. PIT タグを装着したニホンザリガニ。その動きはゆったりとしているが、実は高い移動性を有している。

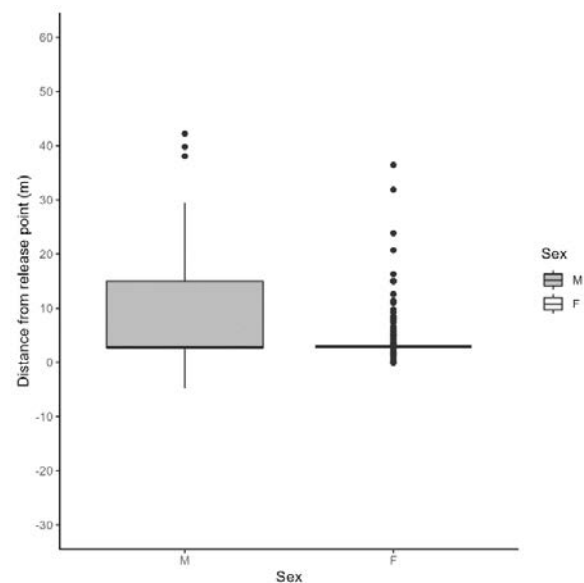


図 2. 秋から冬にかけての、放流地点からの移動距離を示す箱ヒゲ図。各ボックスは移動距離の四分位範囲（IQR）と中央値を示す。Y 軸の負の値は下流への移動を、正の値は上流への移動を示す。

込む特性があることから、長期間の追跡が可能な体外装着手法の確立が課題となりました。そこで、装着部位や接着剤の選定、接着剤の硬化時間の測定等、あらゆるサイズの個体を対象に室内飼育試験と検証を繰り返し、本種に特化した装着技術を確立させました。

2 つ目に、設置型受信機（コードアンテナシステム）について、データを継続的にとるための電源確保が課題となりました。現場は深い山の中。AC 電源などももちろんなく、車両も入れません。予備調査の段階

では、1つ60kgの大型カーバッテリーを用い、20日間に1回、人力でのバッテリー運搬（なんと8つも）と交換を繰り返していました。これではあまりに非効率だということで、照度の低い樹林の中でも運用が可能な、太陽光発電による独立電源システムを構築しました（図3）。

さらに、コードアンテナシステムを用いた先行研究は、主に魚類を対象としたものであり、コードアンテナの取り付けや設置は魚道や河床表面が主でした。本研究では、二ホンザリガニの河床内に潜り込む特性に着目し、コードアンテナを地中に埋めることで垂直的なデータ取得を可能としました。

今後の課題

本研究により、本種の移動パターンが初めて明らかになりました。今後は、本種の生理学的特性、行動特性（繁殖戦略、採餌、種内競争等）、および生息地のハビタットが移動パターンに与える影響について、より明らかにしていく必要があります。

本種の保全に向けて

私は、現在、建設コンサルタント業界に従事し、インフラ整備に対する環境への影響評価や保全対策立案に携わっています。ここで評価対象となる種は、本研究の二ホンザリガニをはじめとした重要種や水産有用種等です。インフラ整備と重要種保全というトレードオフの中、評価対象種の適正な影響評価や保全対策を行うにあたっては、エビデンスやガイドラインの存在が必要不可欠です。

二ホンザリガニに対する保全対策（個体群管理）は、近年ダムや道路事業において積極的に行われていますが、現状、その多くが生息環境に焦点を当てたものに限られています。今回の「新しい発見」を機に、

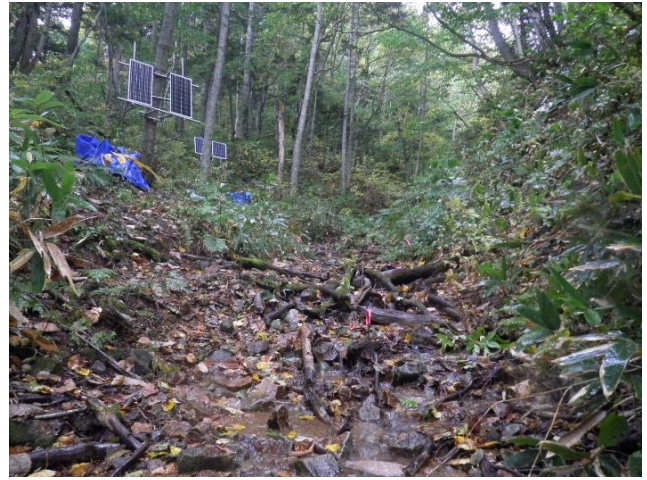


図3. 独立電源を用いた設置型受信機（コードアンテナシステム）による追跡状況。

本種個体群の移動パターンや行動圏を反映させた、事業の影響評価や保全対策が行われることが望まれます。

今後、日々進化するバイオロギング技術により、多様な種の行動特性が解明され、エビデンスが蓄積されることが、重要種の保全に寄与するものと考えます。

最後に、本研究にご協力いただいた、（公社）北海道栽培漁業振興公社の皆様には厚く御礼申し上げます。

本研究の論文

Makiguchi, Y., Iimura, Y., Nakao, K., Nii, H., Ueda, H., Nagata, M. (2024). Movement patterns of Japanese crayfish revealed by long-term tracking with a passive integrated transponder tag system. *Hydrobiologia*.

DOI: 10.1007/s10750-024-05503-8

海氷が溶ける前に

高松 敦（東京海洋大学大学院 海洋科学技術研究科 応用環境システム学専攻）

東京海洋大学大学院博士 2 年の高松敦です。2023 年 11 月から 2024 年 3 月にかけて、第 65 次南極地域観測隊に同行者として参加しました。

南極では昭和基地に滞在し、基地の沖にある北の浦に生息するショウワギス・ヒレトゲギス・ウロコギスの 3 魚種を対象として、バイオテレメトリー調査を行いました。供試魚の腹腔内に超音波発信機を挿入し、受信機で作ったアレイ内に放流するという手法は今まで国内で行ってきた方法と同じでしたが、南極で同様に実施するにはいくつかのハードルがありました。

昭和基地に到着した翌日にはブリザードの襲来により外出禁止令が発令され、2 日間外出できなくなり出鼻を挫かれました。また調査を行った北の浦は海面が海氷で覆われており、供試魚を採取するにも機材を設置するにも、氷に穴を開ける作業から始まります。そのためガソリンエンジンのドリルを用いて、直径 20cm ほどの穴を開けました。大きい機材を投入するには複数の穴を連結する必要もあります。また海氷や積雪の厚さが年や場所によって異なるため、調査地点を事前に設定できず、現場に到着してからの判断が必要になりました。海氷には冬の間は結氷し夏の間は融解する薄い一年氷と、年間通して存在し厚さが 5,6m ほどある多年氷の 2 種類あり、多年氷の場合は穴を開けるだけで 1 日かかるような状況を想定していましたが、厚さ 1.5m ほどの厚すぎず薄すぎないちょうどいい海域を選んで調査を開始することができました。



昭和基地からみた北の浦
写真中央左の岩島の裏で調査を行った



海氷上にあけた穴

周りから氷の融解が進み、浸水している

また、出発前は南極というとバナナで釘が打てる極寒の地というイメージを持っていました。しかし実際に行ってみると、もちろん寒いのですが、どちらかというと溶けていく海氷に頭を悩まされました。私が滞在した 12 月から 2 月は南半球は夏であり、南極は一日中太陽が沈まない白夜の期間でした。夏の平均気温はマイナス 1℃ほどですが、日差しが強く雪面からの照り返しもあることから、日中は活動していると暑くなって上着を脱ぐようなこともありました。午後になると日が昇って海氷面が柔らかくなり、移動に使用するスノーモービルが足を取られてスタックする恐れがあるため、作業を午前のみにするといった対策も必要でした。さらには海氷が溶けて薄くなることで調査地点まで到達できなくなったり、敷設した観測機器ごと海氷が流されてしまう恐れがあるため、当初の調査期間よりも早く切り上げる決断を迫られました。

しかし、結果として 65 次隊の観測では 2023 年 12 月 18 日から 2024 年 1 月 4 日までと 2024 年 1 月 5 日から 1 月 13 日までの 2 回、合計 25 日間の調査を実施することができました。このバイオテレメトリー調査は 60 次・64 次隊に続く、プロジェクト 3 度目の挑戦でした。私が 65 次隊に参加するにあたり、1 年前から多数の観測の訓練や引き継ぎを受けてきました。未知の領域の多い南極の魚類研究に挑み、バトンを繋いで下さった皆様に感謝いたします。続く 66 次隊でも良い海氷が残っていますように。

近況報告と今後の研究活動

浅井 咲樹（東京海洋大学 学術研究院・海洋資源エネルギー学部門）

今年度より東京海洋大学の学術研究院・海洋資源エネルギー学部門に着任しました浅井咲樹です。学生の時は、浮魚礁（パヤオ）に滞留するカツオのテレメトリー研究について何度か研究紹介をさせていただいておりました。東京海洋大学の宮本佳則 教授の下で博士の学位を取得した後は、3年ほど水産資源研究所でクロマグロ関係のグループに所属し、今年の4月から海洋大の出身研究室に出戻りました。

今後の研究活動では、これまで通りテレメトリー研究を中心に進めていければと思っています。学生の時に取り組んでいた「浮魚礁にどうやって魚が集まるのか？」という疑問が未だに解決出来ていないので、浮魚礁研究はぼちぼち再開できたら良いなと思っていますが、まずは研究費を取るところから……。自分でお金を獲るようになってからは、テレメトリーもバイオロギングもお金がかかる研究だなとつくづく実感しています。幸いにも、研究室には十分な機器類が揃っていますので、しばらくは音響理論の技術的なところを突き詰めながら、少しずつ生態調査に発展させていく予定です。

また、この度ご縁がありまして第66次南極地域観測隊に越冬隊お魚チームとして参加することとなりました。昭和基地沿岸海氷下に生息する魚のテレメトリー調査を担当する予定です。今年の1月から人間ドック以上の健康診断を受けたり訓練に参加したりして、6月24日にやっと隊員として正式決定されました。途中で心臓やら臍臓やら至る所で引っ掛かり、要精密検査と言われた時は南極どころか私生活すらもうダメかもしれないと意気消沈していましたが、とりあえず再検査で問題なしとの判定が出ましたので粛々と準備を進めています。皆さまも若いからと油断せず普段からしっかり検査することをお勧めします。

南極お魚チームは64次の夏隊から始まり、65次先遣隊、そして66次越冬隊の三か年計画で動いています。今回はバトンを引き継いでの集大成となるため気が抜けない状況ですが、初めての越冬観測に分からないことだらけで頭がパンク状態です。水温マイナス1.4度前後の海から釣り上げた魚に発信器を付けるにしても、釣り上げた先の気温はマイナス30度。空气中に魚を出した瞬間から凍り始めると聞いて、何をどこまで準備

すればよいのか？手袋で魚に手術ができるのか？対策を考えないといけないことが山のようにあります。他にも解剖やドローン（図1）、環境DNAなどの観測方法を教わったり、16か月分の私物を用意したりと慌ただしい日々を送っています。次の寄稿では南極お魚研究について良い報告ができるように頑張ります。

余談ですが、つい先日、魚の手術（発信器の腹腔内装着）を教えた際に「メスでお腹を切る時は優しくって事前に言ってくれないと分からないよ！」と言われたのが個人的に衝撃で、学生指導って難しいなと思いました。教員という立場になってから見えるものも変わり、色々と先生方の苦勞が分かりました。学生によって将来目指すものは違いますが、卒論や修論など研究に取り組んでいる時は、少しでも楽しいと思ってもらえるように日々努力していきたいです。



図1. 筆者と一緒にドローン操作を教わる後輩

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

■日本大学生物資源科学部魚群行動計測学研究室では、昨年阿部貴晃さんが学振PDとして着任し、研究室に新たな風を吹き込んでいます。4年生が大半を占める研究室メンバーにとって、新鮮な刺激となっているようです。【YM】

■6月も末となり、強い陽射しを感じるようになりました。もうしばらくすると梅雨に出会えます。アジサイを愛で、田畑の成長を感じつつ、霖雨を楽しみたいと思います。【HM】

■空梅雨でしょうか？ 京都はすでに猛暑です。【SSK】



【S.K】