

# 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. 171  
発行日 2020年11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 光永 靖 近畿大学 農学部 水産学科 漁業生産システム研究室  
〒631-8505 奈良県奈良市中町 3327-204  
TEL & FAX: 0742-43-6274 E-mail: biolog@bre.soc.i.kyoto-u.ac.jp  
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

ジンベエザメの体温の安定性

中村乙水（長崎大学 海洋未来イノベーション機構） 2

### 調査報告

初めての研究、初めての調査

佐々木幾星（長崎大学大学院水産環境科学総合研究科） 3

### 学会参加報告

初めてのオンラインシンポジウム

中村乙水（長崎大学 海洋未来イノベーション機構） 5

「ジンベエザメの前を泳ぐブリモドキとシマアジ」  
撮影者：ジンベエザメ 撮影場所：沖縄県読谷付近

## 新しい発見

# ジンベエザメの体温の安定性

中村乙水（長崎大学 海洋未来イノベーション機構）

- 沖縄美ら海水族館と共同で、ジンベエザメに行動記録計と体温計を装着して、放流後の行動と体温の変化を調べた。
- ジンベエザメの体温は海面水温と同程度であり、外温性であることがわかった。鉛直移動によって水温が大きく変化しても体温はあまり変わらなかった。
- 体重 1g 未満の魚からジンベエザメまで幅広い体サイズの魚の体温の変わりやすさを比較すると、体重の-2/3 乗に比例して変わりにくいという関係が得られた。
- ジンベエザメは身体が大きいことにより、外温性でありながら体温を保ったまま、極低温の深海まで潜ることができると考えられる。

水は熱伝導率および比熱容量が大きく、水中に住む生物の体温は周りの水温に大きく影響される。そのため、水中に住む生物にとって水温より体温を高く保つことは大きな挑戦である。体温を高く保つには奪われる熱よりも多く熱を生み出すこと、断熱性を高めて水に熱を奪われにくくすること、あるいはその両方が必要である。鰓呼吸である魚では、血液中の熱が鰓で呼吸する際に奪われてしまうので、水温より体温を高く保つことはさらに難しい。魚の中でもマグロ類やネズミザメ類の一部の種類は、泳ぐ時に筋肉で発生した熱を体表で冷やされた血液に効率的に伝える奇網という組織を使って体温を高く保つ能力を持つことが知られているが、多くの魚は体温調節を外部の温度に依存する外温性であり水温と体温はほぼ一致している。

海洋環境には、海面から数百メートル潜るだけで水温が数℃から十数℃も変化するという特徴がある。そのため、外洋に住む魚は深度を変えることで幅広い水温環境を利用して体温を調節することができる。表層付近で体温を高めて深海の低水温環境にいけば現場の水温よりも高い体温を持つことができるが、深海の低水温によって体温が低下していくので、体温が下がり切る前に温かい表層付近に戻って体温を回復しなければならない。そのような環境で外温性動物が相対的に高い体温を長く保つ戦略としては身体を大きくするという方法がある。身体が大きくなるほど熱容量が大きくなり、体積に対する体表面積も小さくなるので体温

変化がしにくくなると考えられる。ジンベエザメは大きなものでは全長 10m、体重数トンにもなる世界最大の魚類である。本研究では、ジンベエザメの行動と周りの水温に加えて体温として筋肉温度を野外で初めて計測して、身体が大きいことがジンベエザメに体温の安定性をもたらしているかを検証した。

ジンベエザメは深度変化によって幅広い水温を経験していたが、水温が変化しても体温はあまり変化しないことが確認された（図 1）。また、ジンベエザメの体温の上限は海面水温と同等であり、高い体温を保つために自ら発生した熱に依存する内温性ではなく、外界の温度に依存して体温を調節する外温性であることが確認された。このことからジンベエザメは熱を産生するような高い代謝コストを払わずに、身体が大きいことで水温環境の変化に対して安定した体温を維持することができることが示唆された。また、体温と尾鰭振動数の関係を見ると体温が低くなるに従って尾鰭振動数が低下していたことから、海面水温に近い体温を保つことは活動性を維持するためであることが示唆された（図 2）。

水温と体温の差に対する体温変化から全身熱交換係数を推定したところ、これまで報告されていた他の魚よりも小さい値を示した。文献を参照して 1g 未満の魚から本研究で得られた 1t を超えるジンベエザメまで幅広い体サイズの魚の全身熱交換係数を比較したところ、外温性・内温性とは無関係に熱交換係数は体重の-2/3 乗に比例して小さくなったことから、身体が大きいほどより体温が変化しにくくなることが示唆された（図 3）。放流したジンベエザメは外洋で水温 3~4℃と非常に冷たい 1000m を越える深度まで行っていた。そのような深度まで潜る理由は明らかではないが、大きな身体に由来する体温の安定性がそのような潜水を可能にすると考えられる。

Nakamura I., Matsumoto R., Sato K. (2020) Body temperature stability in the whale shark, the world's largest fish. *Journal of Experimental Biology* 223: jeb210286.

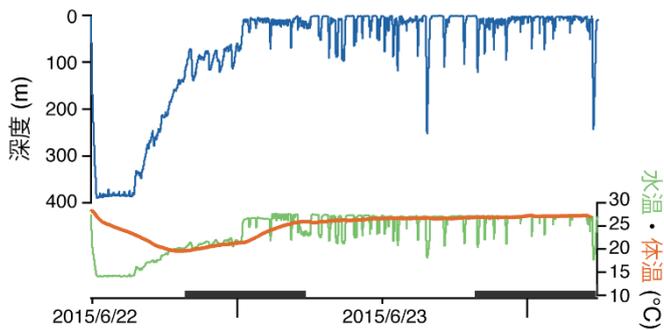


図 1. 放流したジンベエザメの深度変化と水温(緑)、体温(橙)の変化。深度変化に伴って水温は大きく変化していたが、体温はゆっくりとしか変化していなかった。また、体温の上限は海面水温とほぼ同じであった。

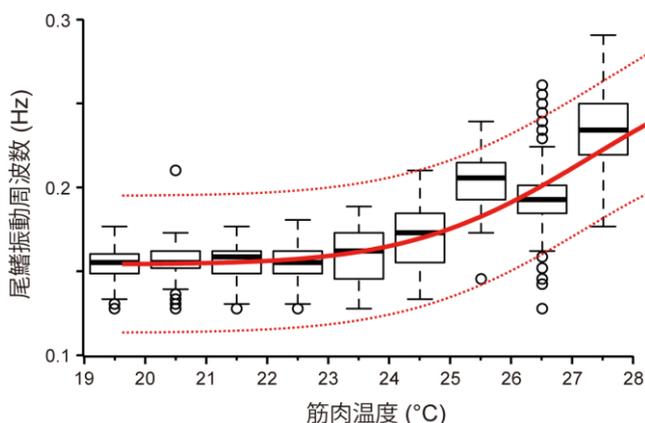


図 2. ジンベエザメの筋肉温度と尾鰭振動周波数の関係。筋肉温度が海面温度に近いほど、尾鰭を振る周期が短く活発であった。海面水温に近い体温を保つことによって高い活動性を維持することができると思われる。

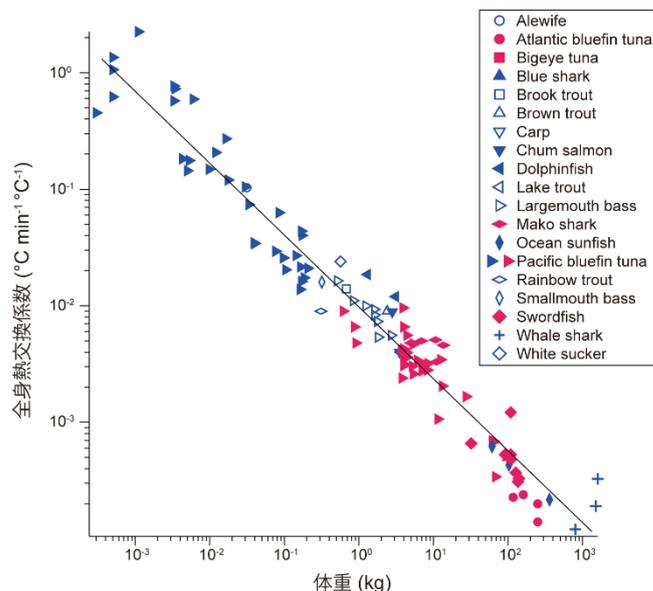


図 3. 体重 1g 未満から 1t 以上の魚(青:外温性、赤:内温性)の体重と冷える時の全身熱交換係数の関係。体重が重くなるほど体温変化がしにくくなり、その関係は内温性の有無に関わらず体重の $-2/3$  乗に比例することが示唆された。

## 調査報告

### 初めての研究、初めての調査

佐々木幾星 (長崎大学大学院水産環境科学総合研究科)

私は昨年、大学 4 年生のとき 1 年間にわたってイセエビの研究を行った。最初はお金がおりにあるからという理由で始めた研究。しかしいざ始めるとなると頼みの綱の研究費はその年にはおらず、大学の多くの先生に支援をうけることでようやく実行することができた。5 月初めて行う研究、そして調査が決まり気分はウキウキだった。そうこの頃の私は気楽に研究は楽しいものだと考えていた。しかしここから数ヶ月、自分の考えの甘さを痛感することとなる。6 月ごろから機材の準備や調査地での協力者との打ち合わせなど 2 ヶ月をかけて行った。私が行った調査は音響テレメトリーを使ったイセエビの移動追跡である。今回はできるだけ詳細な移動が見たいということで、水平位置測位システムである VPS(Vemco Positioning System)を使用し

た。先の何もことは何も考えずに始めた研究だったが、ここで自分は研究の前提となる知識が何一つ足りていないことに気づいた。VPS って何？水平位置測位システムって何？そもそも音響テレメトリーって何？そのレベルだった。そこからひたすら論文を読み続ける毎日。辛い。この作業がとてつもなく辛い。大学に入って何もしてこなかった自分にとっては、これが何かの拷問のようにさえ感じられた。ようやく前提知識が身についてきたというところで、今度は協力者となる漁業者に身に付けた知識を説明しなくてはならないという状況になった。そしてうまく説明できず見事撃沈。その後はなんだかんだ色々あったが、研究室の先生や先輩、同期の助力があり、いつでも調査ができるという段階まで漕ぎ着けた。



写真 1 係留系の作成

調査はイセエビの禁漁明けである9月頭から行った。機材は全て準備していたが、受信機などの係留系の作成は現地で行った(写真1)。調査地は上五島であったため、道具や機材など荷物の運搬が大変だった。(特に調査終了時、受信機回収後の付着生物がたっぷりついたロープを積んだ車内の臭さは本当に鼻がもげるかと思った。)しかし、予定通り受信機などの係留系を沈め、発信器をつけたイセエビを放流し、無事調査を開始することができた(写真2)。



写真 3 台風により破壊されそうになった係留系



写真 2 発信機をつけたイセエビ

そこからしばらくは調査から解放され、イセエビのことを頭の片隅にも置いていなかった。ところが突然協力者の漁業者から連絡があり、急遽島に行かなくてはならなくなった。どうやら台風により受信機の係留系が破壊され、フロートが外れそうになっていた。島に着いた時には係留系はギリギリの状態だったが、なんとか間に合い修復することができた(写真3)。しかし、それ以外にも問題点があがった。係留系の位置が大幅にズレていたのだ。おそらく砂泥上に設置していたため、潮や波で動かされてしまったのだろう。結局、係留系の重りである土嚢を増やすことにした。その後も水温記録計の設定が間違っていて二度手間になったり、協力してくれた漁業者には色々ご迷惑をおかけしたが、なんとか完遂することができた。

調査は楽しかった。大変な時もあったけど、終えてみると楽しかった記憶の方が多いと思う。今はずっとパソコンに向かって解析ばかりしているが、次の調査が待ち遠しくてたまらない。何の気なく始めたイセエビの研究だが今ではとても充実している。何よりイセエビが可愛い。

# 初めてのオンラインシンポジウム

中村乙水（長崎大学 海洋未来イノベーション機構）

11月24日に開催された第16回バイオロギング研究会シンポジウムに参加したので報告します。今年は新型コロナウイルスの影響でウェブ会議サービスのZoomを使ったのオンライン開催となりました。他の学会もオンライン開催が増えていますが、私にとっては今回が初めてのオンライン学会への参加だったので、色々感じたことを書いていこうと思います。

朝から昼にかけて招待講演が4題、その後一般講演が6題ありました。それぞれの発表の後にライブチャットサービスのslideを使って質疑応答が行われました。質問は匿名で投稿され、司会の依田さんがピックアップして発表者が答えるという形でした。今回一番よかったなと思ったのは、質問をチャットで受け付けたせいか普段よりも活発な質疑応答が行われたことです。また、文字ベースなので質問内容も理解しやすいように思いました。私も普段の学会では質疑時間を使ってまで聞くことかなと思うようなことは躊躇してしまう質ですが、拾われるかどうかは依田さんの匙加減ということで色々くだらない質問も書かせていただきました。質問者が匿名というのもオンラインならではのいいところじゃないかと思いました。

自身の発表では、マイクの入力が途中で変わってしまったりして、お聞き苦しい場面もあり失礼いたしました。喋っている人には自分の声が聞こえないのでノイズや音量の調節を事前に調節しておくべきだったと思います。スライドの作り方に関して、皆が画面で見ることができるので遠くの席の人にも見えるようなというような文字や図を大きくする配慮はしなくてもいいのでは？と思って普段とちょっと作り方を変えてみました。でも、小さな画面で視聴されていた方がいたかもしれないと後から気づき、スライド作りには違う配慮が必要だったかもしれません。

参加登録者は過去最大でなんと会員数よりも多かったそうです。オンライン開催だと会員以外も参加しやすいというメリットがありそうです。どんな人が参加しているのかなと思って、たまにZoomの画面で参加者の名前を眺めていましたが、ほとんどが知らない名前でした。黒背景に名前だけの方が多くてどんな方なのかわからなかったので、プロフィール画像が設定されているといいかもと思いました。自画像じゃなくて動物を設定していた方もいましたが、何に興味がある方なのかがわかってむしろ顔よりわかりやすいと感じました。

また、学生が旅費をかけずにオンラインで参加できるのは地域格差を軽減できる大きなメリットかと思いました。対面開催が可能になってもオンラインで配信する（発表もできる？）と嬉しい人がいるかもしれませんが、しかし、やはり対面じゃないと個人間のコミュニケーションは物足りないと感じました。学会の醍醐味は休憩時間中の与太話や夜の部だと思うので、それができないのが大変残念でございました。主催の方々も参加者もお疲れさまでした。

## 事務局からお知らせ

### カレンダーの送付と送付先住所の確認のお願い

バイオロギング研究会では、毎年発行しているカレンダーを3部ずつ、会員の皆さまにお送りしています。2021年用は12月初旬に配送予定です。皆様のお手元に届くのが例年より遅れまして申し訳ありません。

例年、住所不明で送付したカレンダーが事務局に返送される事例が確認されております。会員の皆さまで、異動・進学などにより会員登録時の住所から変更がある方は、ぜひ事務局 (biolog@bre.soc.i.kyoto-u.ac.jp) までご連絡頂ければと思います。

### カレンダーの追加購入について

カレンダーを別途、追加購入をご希望の方は1部440円(税込) + 送料でお譲りいたします。ご希望の方は研究会事務局 (biolog@bre.soc.i.kyoto-u.ac.jp) までご連絡ください。在庫は60部程なので早い物勝ちです!!

### 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(ポスドクも含まます)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 (biolog@bre.soc.i.kyoto-u.ac.jp) まで

### 編集後記

品薄で高額転売が横行していたリングフィットアドベンチャーが普通に近所に売っていたので、ステイホームでなまった身体を毎日楽しく鍛えています。【IN】カレンダーの発送準備を進めています。お手元に届くまで、いましてばらくお待ちください。【YM】



【S.K】