



# 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. 189

発行日 2022年5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 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: [BioLoggingScience@gmail.com](mailto: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

小さな体でも深く長く潜れるインドネシアの“姫”ウミガメ 福岡拓也（東京農工大学） 2

### 総説

日本生態学会誌・特集号での総説 5 報の出版に寄せて

吉田誠（国立環境研究所・琵琶湖分室） 4

和文総説を書いてみた感想

木下千尋（名城大学農学部） 5

魚類の代謝速度と水温の関係について

阿部貴晃（東京大学大気海洋研究所） 6

魚の意思に迫りたい

中村乙水（長崎大学海洋未来イノベーション機構） 7

「衛星発信機を背負って海に向かうヒメウミガメ」

撮影者：佐藤克文 撮影場所：西パプア

## 新しい発見

# 小さな体でも深く長く潜れるインドネシアの“姫”ウミガメ

福岡 拓也 (東京農工大学)

ヒメボタルにヒメマス、ヒメハブ、ヒメアマガエルと、様々な分類群にヒメという名の付く生物がいます。彼らに共通するのは、その種類の中で比較的小さな種であるということです。実際、今回の対象生物であるヒメウミガメは、世界に8種いるウミガメ類の中で最も小さな種です。どうやら日本人は「ヒメ=姫=小さい」という認識を持っているようです。そんなヒメウミガメが予想以上に高い潜水能力を持っていることを示した研究成果がこのたび学術論文として出版されましたので報告します。

西パプアで産卵するヒメウミガメの回遊ルートや潜水行動を調べるために、2017年から2019年に合わせて10個体に人工衛星対応型の電波発信機を取り付けて放流しました。放流後、ウミガメ達はどの個体もニューギニア島をぐるりと半周し、オーストラリアとの間にあるアラフラ海という浅い海へ移動していました(図1)。さらに、潜水行動のデータを見ると、移動中には最大340mまで潜り、アラフラ海の滞在中には最長3時間40分間の潜水をしていました。

これは中々に驚きの結果でした。過去の研究によって、潜る深さや時間は大型の種類ほど長くなることが知られています。また、ヒメウミガメが属するウミガメ類は外温動物なので、水温が高くなるほど体温も高くなり、体温が高いほど酸素を消費する速度が速くなり、結果的に潜水時間が短くなるという傾向も知られていました。つまり、インドネシアという熱帯域に生息する小型のヒメウミガメは他のウミガメ類に比べて短い潜水を行うと予想されます。しかし、実際には25℃以上という高水温帯でもアカウミガメやアオウミガメより長い潜水を繰り返すという予想外の結果が得られました(図2)。

その後、ヒメウミガメと系統的に近いアカウミガメの形態学的・生理学的情報を使って計算した有酸素潜水限界(calculated Aerobic Dive Limit: cADL)という潜水時間の指標を当てはめてみましたが、今回の潜水行動を十分に説明できず、やはりヒメウミガメの方が高い潜水能力を持っていることを示していました(図3)。この要因として、主に熱帯域を生息地とする

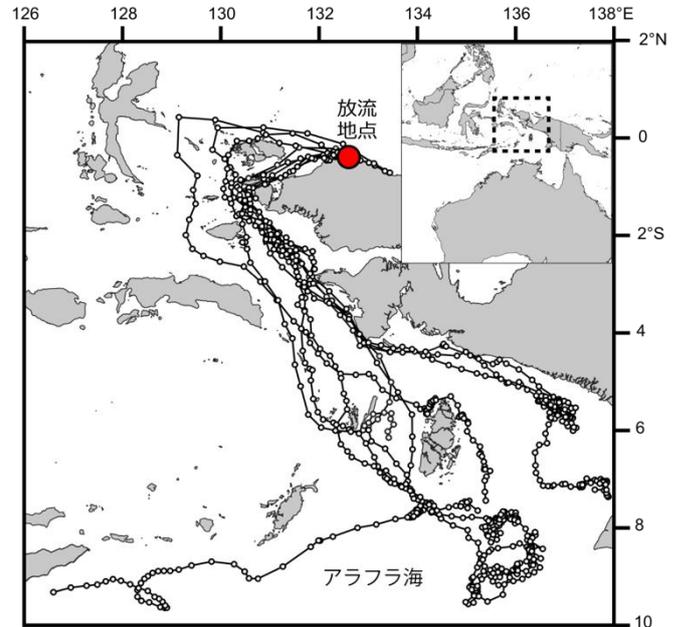


図1. 移動経路図。すべての個体が反時計回りにアラフラ海まで移動していた。

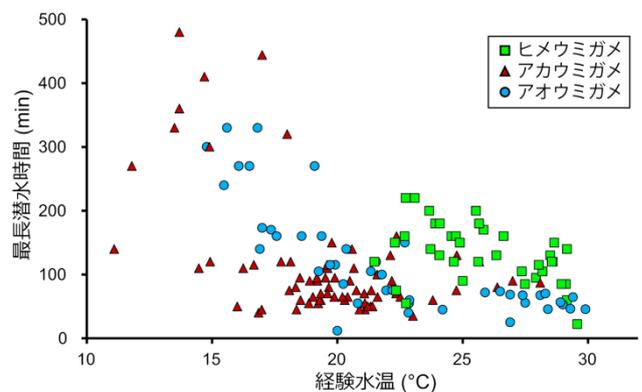


図2. 経験水温と最長潜水時間の図。低水温下(20℃以下)での最長潜水時間ではアカウミガメやアオウミガメの方が長い。高水温下(25℃以上)ではヒメウミガメの方が比較的長時間潜水している。

ヒメウミガメは、より高緯度まで進出しているアカウミガメやアオウミガメといった種に比べて高水温に適応している可能性が考えられます。

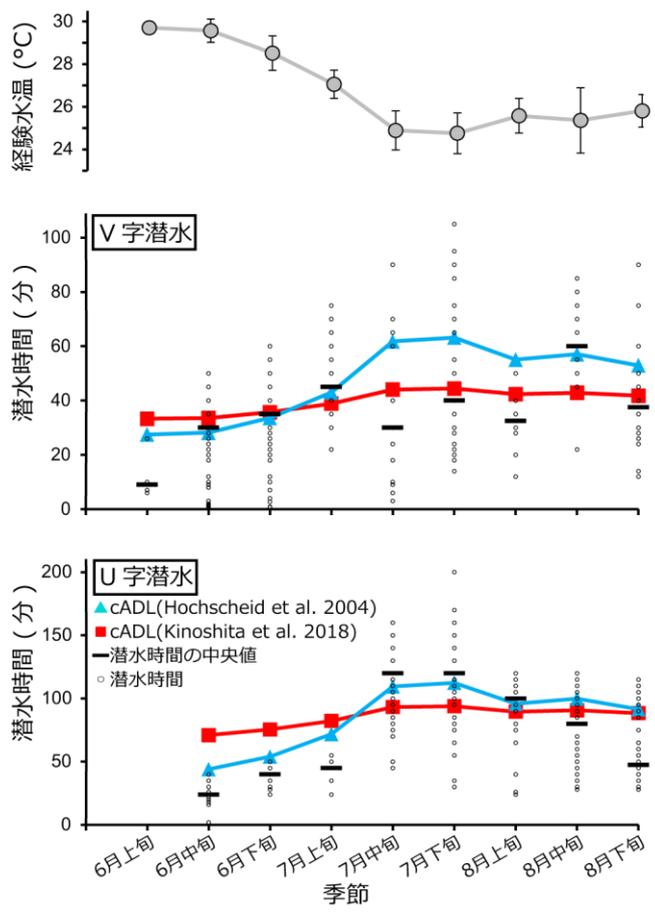


図3. ヒメウミガメの経験水温（平均±標準偏差：上段）、V字潜水（活動的か潜水：中段）およびU字潜水（休息潜水を含む：下段）における潜水時間の季節変化. アカウミガメの代謝速度（既往研究）などを使って推定したcADLではヒメウミガメの潜水時間を説明できない潜水も多い.

今後、水温を調節できる実験環境下でエネルギー代謝を測定して、こういったメカニズムでヒメウミガメが高水温下で長時間潜ってられるのかを明らかにしたいな・・・と思いつつ、本業の化学分析を行う毎日です。

【文献情報】

Fukuoka T., Suganuma H., Kondo S., Sato K. (2022) Long dive capacity of olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*) at high water temperature during the post-nesting foraging period in the Arafura Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 564:151649. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2021.151649>

## 日本生態学会誌・特集号での総説5報の出版に寄せて

吉田 誠 (国立環境研究所・琵琶湖分室)

2022年4月に発刊された日本生態学会誌にて、バイオロギングに関する特集号として、研究会の会員5名による総説論文5報が公開されました。この特集は、今から遡ること約3年、2019年3月の生態学会神戸大会で開催された自由集会「ミクロ視点の動物行動学：形態・生理機能の多様性が生み出す動物の多様な行動様式」の登壇者4名(阿部・菊地・木下・中村；敬称略)および企画者(吉田)の講演内容を、それぞれ総説として取りまとめたものです。

本特集では、動物による「エネルギー消費の節約」に焦点をあてたバイオロギング研究を、著者それぞれの視点から紹介・解説しています。動物のエネルギー消費を左右する要因には、力に関わるものと熱に関わるものがあり、これらにより生じるエネルギーコストは動物の形態、代謝および行動によって巧妙に低減されています。このうち、形態については菊地(2022)において、流体力学に基づくバイオメカニクス、特に近年のトレンドでもある進化バイオメカニクス(evolutionary biomechanics)の潮流に触れながら概説しています。一方、代謝と行動に関する話題は、海棲爬虫類(ウミガメ等)や魚類(サケ・マンボウ)を対象とした各論3題(木下2022; 阿部2022; 中村2022)で取り上げました。これらについては、本号の会報にて各著者から紹介記事をご寄稿いただきましたので、ぜひそちらをご覧ください。特集の総括論文となる吉田ほか(2022)では、以上の各論4報をふまえて、エネルギーコストに注目した動物行動研究に有効なアプローチや概念をあらためて整理しました。この



図1. 雛に給餌するためにイカナゴをくわえるウトウ (撮影: 菊地デイル万次郎)。菊地(2022)にて関連研究を紹介。

### 特集「動物行動学を物理の目で捉え直す：力と熱が形づく動物の行動様式」

#### <目次>

序文 | 吉田誠「動物行動学を物理の目で捉え直す」

1. 菊地デイル万次郎「生態学としてのバイオメカニクス」
2. 木下千尋「海棲爬虫類、特にウミガメに見られる内温性：体サイズと代謝速度に着目して」
3. 阿部貴晃「異なる水温環境への魚類の代謝応答：サケ科魚類の温度適応を中心として」
4. 中村乙水「行動的体温調節から見た海産魚の採餌戦略」
5. 吉田ほか「飛翔・遊泳する動物の移動におけるエネルギー制約と、形態や移動様式によるコスト節約」

【日本生態学会誌・掲載号 URL】

[https://www.jstage.jst.go.jp/browse/seitai/72/1/\\_contents/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/browse/seitai/72/1/_contents/-char/ja)

総括論文で紹介している内容には、個々の動物種や分類群を対象としたバイオロギング研究では「前提」として扱われることの多い基礎的な知見も多く含まれますが、動物の移動コストに関わる広範なトピックを日本語で概説した文章は非常に少なく、分野の土台となる知識や理論の全体像を捉えるのに役立てていただければと思います。各論と合わせて、ぜひご活用ください!



図2. 遊泳実験装置に封入されたサケ (撮影: 阿部貴晃)。阿部(2022)にて関連研究を紹介。

## 【文献情報】

菊地デイル万次郎 (2022) 生態学としてのバイオメカニクス. 日本生態学会誌, 72:55-62  
[https://doi.org/10.18960/seitai.72.1\\_55](https://doi.org/10.18960/seitai.72.1_55)

吉田誠・阿部貴晃・菊地デイル万次郎・木下千尋・中村乙水 (2022) 飛翔・遊泳する動物の移動におけるエネルギー制約と、形態や移動様式によるコスト節約. 日本生態学会誌, 72:95-107  
[https://doi.org/10.18960/seitai.72.1\\_95](https://doi.org/10.18960/seitai.72.1_95)

## 総説

# 和文総説を書いてみた感想

木下 千尋 (名城大学農学部・日本学術振興会特別研究員 PD)

先日、日本生態学会誌で「海棲爬虫類、特にウミガメ類に見られる内温性-体サイズと代謝速度に着目して-」というタイトルの和文総説が公開となりました。爬虫類は体温調節をする際、外部熱源に依存するのが一般的ですが、体サイズや体内で発生する代謝熱の量によっては、外部の温度環境よりも数℃(場合によっては10℃以上) 高く安定した体温を示すことがあります。本論では、ウミガメ類を中心に、ウミヘビ類やウミイグアナ、イリエワニ(強引ですが海棲としました)を含め、海棲爬虫類が体温を高く維持するメカニズムや、その利点と欠点を議論しています。興味があれば是非ご覧ください。バイオロギング会報では、総説の概要ではなく、書いてみた感想を述べてみたいと思います。

この和文総説は2019年に日本生態学会で行った自由集会の発表が土台となり、当時の内容よりも大幅に増補したものです。文章を書くのが苦手な自分にとって、論文を広くレビューし、日本語の言葉の定義や前後のつながりを意識しながら書くのは、英語の論文以上に大変な作業でした。総説を書き始めたのは、博士課程2年の時。採択されるまで、普段書いている英語の原著論文よりも時間がかかってしまいました。学位をとっていない自分が総説を書くのは早すぎるのでは?と思いましたが、多くの論文を読み込むことで自分の研究の立ち位置を理解できる良い機会になったかもしれません。総説は大御所の研究者が書くべきものと勝手に思っていたのですが、周りをよく見てみると、新しい理論や考え方を和文で解説したいと書いている同世代の若手研究者が多いことに気がつきました。学生や若手パストクの中には、研究をしていくうちに



図1. 岩手県山田町で水温20℃以下の時に混獲されたオサガメ。すぐに海に戻されたが、体温は何度だったのだろうか。

わかってきた考え方などを既往研究をふまえて総合的に論じたいという方もいるのではないのでしょうか。そういった方にとっては、総説(和文に限らず、英語でも)として発表してみるのはいいかもしいかなと思います。

最後に、自由集会から総説の取りまとめまで、吉田誠さん(国立環境研究所琵琶湖分室)のサポートがなければ、ここまでは漕ぎ着けなかったと思います。ありがとうございました。

## 【文献情報】

木下千尋 (2022) 海棲爬虫類、特にウミガメ類に見られる内温性-体サイズと代謝速度に着目して-。日本生態学会誌, 72:63-71  
[https://doi.org/10.18960/seitai.72.1\\_63](https://doi.org/10.18960/seitai.72.1_63)

## 魚類の代謝速度と水温の関係について

阿部 貴晃（東京大学大気海洋研究所）

代謝速度は、単位時間・体重あたりに消費するエネルギー量のことです。一般的には酸素消費速度から算出されるものです。酸素消費速度は、活動度と密接に関係します。最近では、加速度記録から代謝速度の推定を試みたチャレンジングな研究も発表されるようになり、酸素消費速度は、バイオロギング・テレメトリー手法との接点が多くなってきています。一方で、魚類をはじめとした、外温動物の水温と代謝速度の関係について、近年の動向を含めてレビューしたものは、ほぼなかったもので、せっかくだからまとめてみよう、ということで、今回総説として書かせていただきました。

代謝速度と水温の関係は、遡ってみると古くから認知されていて、1940年代後半には Fry という方が注目しています。そこから、Brett という方が閉鎖型の循環水槽によりタイハイヨウサケ属のいろんな魚で代謝速度を計測していきます。概ね、1960年代くらいまでは、盛り上がっていたようで、一旦、魚類の代謝計測のブームは落ち着いてきました。その一方で、今度は地球温暖化が魚類に与える影響が懸念されるようになり、再度注目を集めてきました。そこに Pörtner という方が、2000年代初頭に oxygen- and capacity-limited thermal tolerance hypothesis (OCLTT hypothesis) を提唱し、盛り上がりを見せていきます。最近、この流れも落ち着いてきた印象ですが、このブームもあって、国内の学会でも、aerobic scope (AS) という単語を聞くようになったように思います。OCLTT hypothesis では、この AS を適水温の指標として用いています。AS は、酸素消費速度の最大値から生命維持のための代謝速度を差し引くことで算出されるので、動物が活動に配分可能なエネルギー量と考えることができます。AS を指標とした生理的適水温の推定・集団間比較の研究例として、私自身の研究 (Abe et al. 2019) を紹介させていただきました。

また、AS という指標についての限界についても、最後に少し触れています。AS は、確かにわかりやすい指標ですが、活動能力を指しているだけにすぎません。魚が野外で生存していくことを考えると、活動能力の最大値は常に求められるかという、答えは No だと思っています。高いパフォーマンスを維持することはそれだけで、コストとなるので、高いパフォーマンスがもたらす利益と維持に必要なコストについても踏み込んでいく必要があると感じています。なので、野外で動物が

発揮しているパフォーマンス（代謝速度）との関係についても踏み込んでいきたいというのが、今後の抱負です。

今回、書かなかったトピックとしては、温度パフォーマンス曲線の進化や、発生可塑性 (Developmental plasticity) などが挙げられます。温度パフォーマンス曲線の進化については、Abe et al. (2019) では、異なる温度環境への適応様式として、パフォーマンス曲線のシフトを紹介しているのですが、理論研究や、成長速度と温度の関係などについては、温度パフォーマンス曲線の形状の変化なども知られています。発生可塑性は、発生過程に経験した環境が、誕生した個体の形質に影響を与えるというもので、最近は高水温でふ化させると、臨界水温が上昇するといったことがわかってきています。これらのトピックを含めたかった気持ちもありましたが、うまく話を構成することができそうになかったため、今回は扱いませんでした。さらなる精進の必要性を感じています

話は、全く異なりますが、最近、溶存酸素計もよいものができてきており、溶存酸素の計測値を時系列データとして扱うことができてきました。Igor pro で、溶存酸素の計測値から、酸素消費速度を計算するコードも作成しており、主に学生やポスドクのみならず、試してもらっています。いろんな人からのフィードバックも欲しいので、魚類に限らず、水生生物（甲殻類等も可）の代謝速度計測や解析について興味がありましたら takaaki-abe@g.ecc.u-tokyo.ac.jp までご連絡ください。

### 【文献情報】

阿部貴晃（2022）異なる水温環境への魚類の代謝応答-サケ科魚類の温度適応を中心として-。日本生態学会誌, 72:73-84

[https://doi.org/10.18960/seitai.72.1\\_73](https://doi.org/10.18960/seitai.72.1_73)

Abe TK., Kitagawa T., Makiguchi Y., Sato K. (2019) Chum salmon migrating upriver adjust to environmental temperatures through metabolic compensation. *Journal of Experimental Biology*, 222:jeb186189.

<https://doi.org/10.1242/jeb.186189>

## 総説

# 魚の意思に迫りたい

中村 乙水（長崎大学海洋未来イノベーション機構）

マンボウは日中に深場と海面を規則正しく行き来しているように見える。カメラと体温計をマンボウに取り付けてこの行動について調べ、冷たい深場で餌を食べた後に下がった体温を海面で回復するのだと以前報告した (Nakamura et al. 2015)。海面での体温回復中、マンボウの体温は海面の水温に近づくほど回復が鈍くなっていく。このカーブは中心点採餌の理論において餌が目減りして獲得効率が鈍くなっていく様子に似ている。中心点採餌は餌場にいつまで留まるべきか（食べ尽くす前に切り上げる）という動物の意思決定を推察するものだが、マンボウの場合はいつ体温回復を切り上げるべきかを考えてみることでマンボウの最適採餌理論的なものを行動的体温調節に着目して考えてみた。マンボウが深場に潜ってから浮上してくるまでを潜水とすると、潜水時間によって体温の低下幅は決まり、潜水時間が決まればその後の体温回復に必要な時間は一意に決まる。餌場の深度とマンボウの体サイズによって餌場滞在時間が最大になる潜水-体温回復のサイクルが求まるだろうというのが本論文の内容である。

元々は魚の採餌理論のレビューから入ろうと考えたのだが、これまでの研究事例とマンボウの研究との関係が難しかった。魚類の研究で採餌理論を扱った研究については淡水魚で餌選択に焦点を当てたものが多く、マンボウの事例にうまく繋がらない。そこで、行動的体温調節の話を中心にしようと考えて、外温性魚類の採餌生態を行動的体温調節の観点から考察するという内容にした。それぞれ総説を書こうということだったのに、果たして総説と呼べるのかという内容になった。関連する文献を網羅するとか、それを取捨選択してまとめるとかそういうのは苦手なことがよくわかった。

今回、餌の鉛直分布については触れずに、マンボウは餌が最も多い深度のみを利用する状況を考えて。しかし、表層に餌が全くいないというわけではなく、どの深度でも餌に遭遇する可能性はある。深場に滞在できる時間割合は最大でも50%を超えることはないので、表層には深場の半分しか餌がないとした場合でも、ずっと表層にいたときの方が得られる餌の期待値は多くなるはずである。また、体サイズについて10kg程の



図1. 背中にデータロガーを装着されたマンボウ。

マンボウを仮定すると体温低下が速すぎて餌場への往復時間が最適な潜水時間を上回ってしまう結果となった。実際、20kg前後のマンボウのデータでは、規則正しく深場と海面を行き来する行動や、表層で不規則に深度を変え続けるなど行動にバリエーションが見られた。規則正しい潜水行動を行った場合と表層に留まった場合のトータルで獲得できる餌の期待値を比較することで、どちらの行動をとるかの理由を餌の分布の観点から明らかにできるのではないかと、また、行動のシフトから逆に餌の分布が推定できるのではないかと今後の展開について妄想している。

### 【文献情報】

中村乙水 (2022) 行動的体温調節の観点から見た海産魚の採餌戦略. 日本生態学会誌, 72:85-94  
[https://doi.org/10.18960/seitai.72.1\\_85](https://doi.org/10.18960/seitai.72.1_85)

Nakamura I., Goto Y., Sato K. (2015) Ocean sunfish rewarm at the surface after deep excursions to forage for siphonophores. *Journal of Animal Ecology*, 84:590-603  
<https://doi.org/10.1111/1365-2656.12346>

## カレンダー係より予告

# 2023 年バイオロギングカレンダー用 フォトコンテスト（7 月開催予定）

今年からバイオロギングカレンダー係になりました、塩見こずえです。昨年まで担当された奥山隼一さんから引き継ぎをしていただき、さっそく 2023 年のカレンダー制作の相談を始めています（2022 年が着々と過ぎ去ろうとしている気配を感じます…）。

そこで、会員の皆様をお願いしたいことがあります。今年もカレンダーに掲載する写真を決めるため、毎年恒例のフォトコンテストを 7 月に開催する予定です。写真が集まらなければカレンダーを作れないため、7 月 1 日までにぜひ、ぜひ、パソコンの中から勝負写真を発掘しておいていただきたいです。なにとぞよろしくお願ひいたします。また、コンテスト後は投票期間を設けますので、そちらにも積極的にご参加いただけたらと思います。なにとぞよろしくお願ひいたします。

### 蛇足：これまでの敗因分析

私もこれまで何度かカレンダーフォトコンテストに応募してきましたが、人気投票で勝ち残れたことはほとんどありません。今年も応募する気満々ですが、無策ではまた落選することになりそうです。悲しいことです。

というわけで、ここで一度これまでの反省点を振り返ろうと思ひ立ちました。

※以下、すべて個人的な見解です

### 【個人的お気に入り写真では無理っぽい】（例 1）

どうやら落選したらしい、と知った時にいつも思うのは、「え、こんなにかわいいのに…?」「え、この写真を 1 ヶ月間眺められたらきっとみんなも嬉しいはずでは…?」といったことです。非常に難しいですが、自分がこれだけ気に入ってるのだからみんなも好きになってくれるはず、という思い込みからの脱却が必要だと思われまます。お気に入り写真だと、ピンぼけとか背景とかどうでもよくなったりします。

### 【投票画面で目立ちにくい写真では無理っぽい】（例 2）

上に書いたような自分の「超お気に入り」写真でさえ、投票画面で再会すると（あ、これは厳しいかも…）と思ってしまうことがあります。おそらく、自分で応募写真を選ぶときには画面に 1 枚だけを大きく表示して見ているのですが、投票画面では複数の写真が並んだ状態で表示サイズも小さくなるため印象が変わってしまうのだ

と思います。今年は、投票画面をイメージしながら選んでみようと思います。

### 【撮影の時点で構図を意識したほうがよさそう】

カレンダーに採用されている写真を見るにつけ、「いい構図だなあ」とため息が出ます。しかし今は手持ちの写真で勝負するしかないのです、これについては今後の課題とします。

他にも写真選びのコツがありましたら、こっそり教えてください（必死）。

例 1：お気に入り補正がかかっていた写真たち↓  
自分では（ふふっ、いいね…）と思っちゃうのですが…



例 2 : (あ、これは厳しいかも…) と感じた写真↓  
すごくかわいいけど…



例 3 : 唯一うまくいった時の写真↓  
やはりこう、どーんと写っているとよいのでしょうか



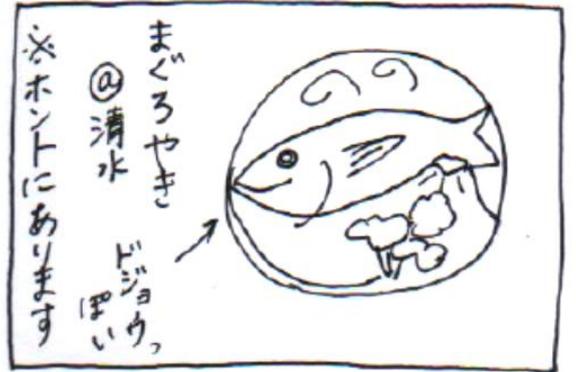
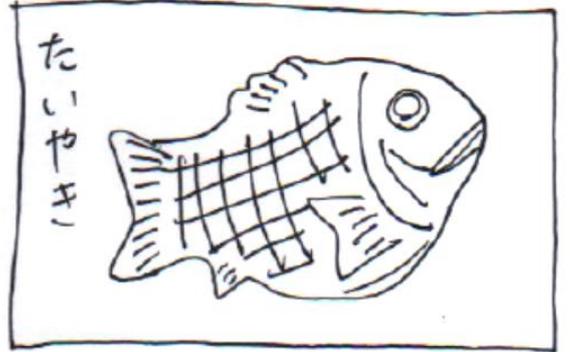
## 事務局からお知らせ

### 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 (ポスドクも含みます) 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  
(BioLoggingScience@gmail.com) まで  
メールアドレスが変わりました

### 編集後記

本格的な野外調査シーズンに向けて体のキレを取り戻そうと食事量を少し減らして運動時間を増やした生活を続けてみたところ、慢性的なカロリー不足のせいか体重だけでなく基礎代謝もかなり低下したようで、見事に健康診断に引っかかりました。夏に向けて、水分と共にカロリーもしっかり摂りたいと思います。【M.A.Y】健康診断の結果が気になる今日この頃です。【Y.M】



[S.K]