



# 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. 213

発行日 2024年5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](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

アカウミガメが海を深く潜る時の心拍数の低下

齋藤 綾華 (東京大学大学院農学生命科学研究科) 2

### 調査報告

日本のオキゴンドウがハワイのオキゴンドウを救う 阪井 紀乃 (東京大学大学院農学生命科学研究科) 4

### 学会報告

初めての海外現地での国際学会

河合 萌 (東京大学大学院農学生命科学研究科) 5

### 会員通信

ウミガメ研究者、ゴミ研究者となってサメ研究をする

福岡 拓也 (東京大学大気海洋研究所) 6

「心電図ロガーをとりつけたアカウミガメ」

撮影場所: 岩手県上閉伊郡大槌町 撮影者: 齋藤綾華

## 新しい発見

# アカウミガメが海を深く潜る時の心拍数の低下

齋藤 綾華（東京大学大学院農学生命科学研究科）

こんにちは。東京大学博士課程 3 年の齋藤綾華です。今回は 3 月に公開された論文の内容をご紹介します。本研究では、自然環境下でアカウミガメの心拍数を初めて測定しました。その結果、アカウミガメが潜水する時に心拍数が低下し、特に深く潜る時には心拍数がより低くなることが明らかになりました。

### 【背景】

海洋で生活するクジラやペンギン、ウミガメなどの肺呼吸動物は、息を止めた状態で深く長く潜水することができます。このような潜水行動を可能にしている生理的な仕組みの解明は重要な研究課題です。これまで海生哺乳類や海鳥を対象とした研究から、潜水中の心拍数は、深度や時間、その間の運動の程度によって変化していることがわかっています。しかし、爬虫類（ワニ類、ウミヘビ類、ウミガメ類など）については、自然環境下で潜水中の心拍数を測定した研究は 4 例しかありませんでした。特にウミガメ類は海を深く潜る唯一の爬虫類ですが、甲羅があるため心拍数を測定するには体内に電極を埋め込む手術が必要でした。このような研究の困難さから、ウミガメ類では自然環境下で潜水中の心拍数を測定した研究はオサガメの 1 例しかなく、海生爬虫類が深く潜る時の心拍数はほとんど研究がされていませんでした。

私達の研究グループでは、これまでウミガメの甲羅に電極を貼り付けることで、手術をせず精密に心拍数を測定する独自のバイオロギング手法の確立に取り組んできました。本研究では、この手法を用いて、アカウミガメが自然環境下で自由に潜水する時の心拍数と行動を調べました。

### 【方法】

2021-2023 年の 7-9 月の間に、三陸沿岸域の定置網で混獲されたアカウミガメ亜成体 5 個体を実験に用いました。電極とロガーを装着したアカウミガメ(図 1)を海に放流し、心電図、深度、加速度、温度を 3 日間測定しました。得られた心電図データから心拍数の算出を、深度データから潜水行動の分類を、加速度データから遊泳する際のひれをかく(ストローク)頻度の算出を行いました。



図 1. ロガーを装着したアカウミガメ

### 【結果と考察】

アカウミガメは海で数分から最大 63 分、深度 1m から最大 153m の範囲で潜水していました。どの潜水においても、潜水を開始して数分以内に心拍数は大幅に低下していました(図 2)。また、潜水している間の心拍数は海面で呼吸する時に比べ、常に低い値でした。平均心拍数は、海面で呼吸する時に約 21 拍/分であったのに対し、潜水中は約 13 拍/分となっていました。特に、アカウミガメが 140m より深く潜った時には、ある程度ストロークして泳いでいたにも関わらず、心拍数が 2 拍/分という非常に低い値まで急激に低下していました(図 2 下段)。これは動物を強制的に潜水させた時と同程度の極端な心拍数の低下でした。そのため、アカウミガメは活動中の肺呼吸動物として最も心拍数が低下する動物のひとつであることがわかりました。

次に、潜水行動(最大潜水深度・潜水時間・ストローク頻度)や水温が潜水中の最低心拍数にどれだけ影響しているかを解析しました(図 3)。その結果、最大潜水深度が深いほど心拍数がより低くなることわかりました。一方で、他の要素は影響がほとんどないことがわかりました。海生哺乳類や海鳥では、深く潜るほど心拍数がより低くなることが知られていましたが、爬虫類でも同様の傾向があることが初めてわかりました。したがって、潜水する時の心拍数の低下は、肺呼吸動物に共通する、深く潜るうえで重要な生理的な仕組みであると考えられました。

**【まとめ】**

これまで、自然環境下で海生爬虫類の心拍数を測定した研究例は少なく、潜水行動にともなう心拍数の変化については詳しくわかっていませんでした。本研究では、潜水能力の高い海生爬虫類であるアカウミガメにおいて、自然環境下で潜水する時に心拍数が低下し、潜水する深度が深いほど心拍数がより低くなることを明らかにしました。特に深く潜る時には、心拍数が急激に低下することがありました。これらの潜水中の心拍数の変化は、海生哺乳類や海鳥とも共通していました。本研究により、爬虫類であるウミガメが深く潜る時の心拍数の変化が明らかになったことで、肺呼吸動物が海で生きていくための生理的な仕組みの理解につながると考えています。

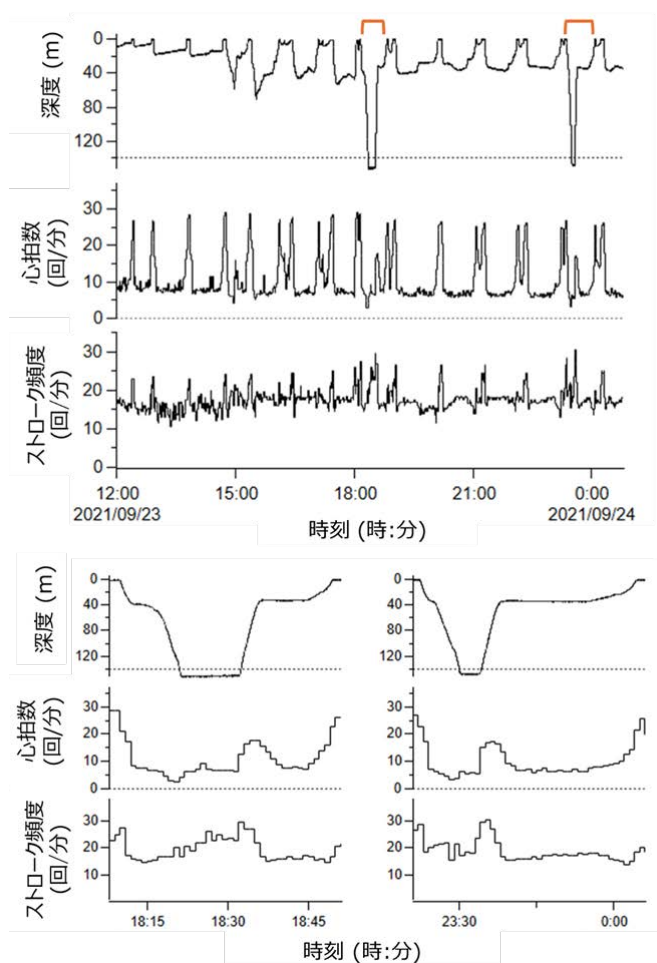


図2. 深度・心拍数・ストローク頻度の時系列グラフ。アカウミガメが潜水するとすぐに心拍数が低下した（上段）。特に140mより深く潜った時には、ある程度ストロークしていたが、心拍数は一時的に2拍/分まで低下した（下段；上段の鍵括弧で示した潜水の拡大図）。

**【論文情報】**

Saito A, Kinoshita C, Sakai K, Sato K, & Sakamoto KQ. (2024) Heart rate reduction during voluntary deep diving in free-ranging loggerhead sea turtles. *Journal of Experimental Biology*, 227 (5): jeb246334. <https://doi.org/10.1242/jeb.246334>

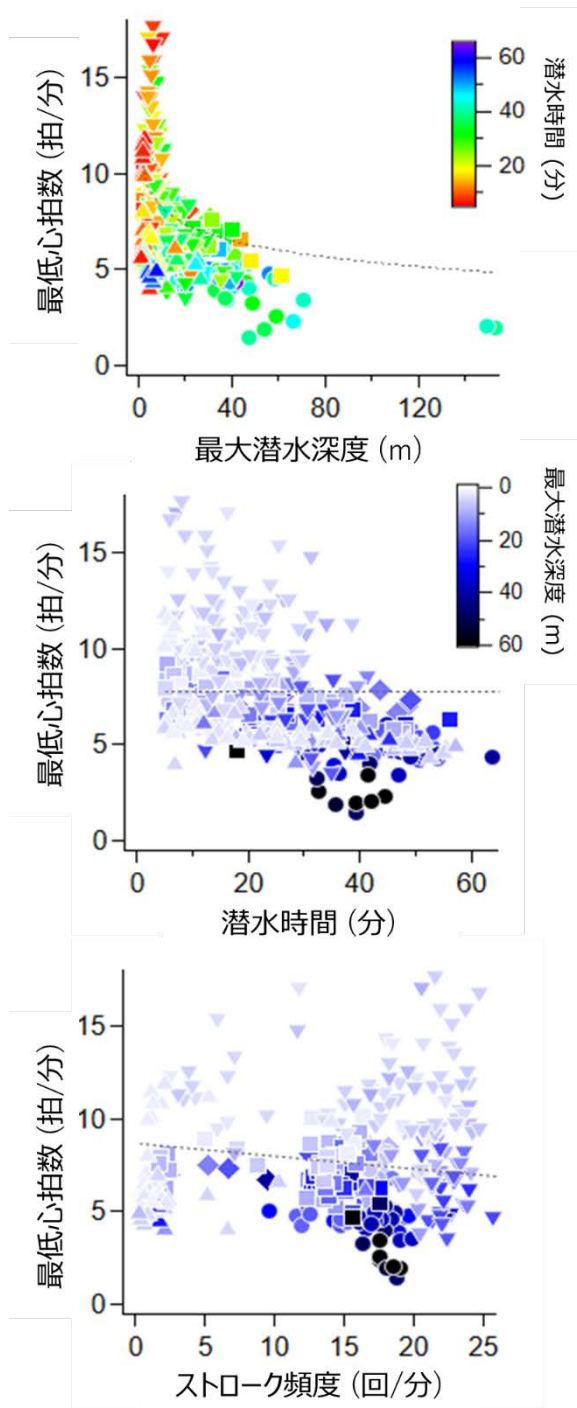


図3. 潜水中の最低心拍数と潜水行動の関係。潜水中の最低心拍数は最大潜水深度（上段）が深くなるほど低くなっていった。一方で、潜水時間（中段）、ストローク頻度（下段）に対する最低心拍数の変化は小さかった。マーカーの形は各実験個体を示す。

# 日本のオキゴンドウがハワイのオキゴンドウを救う

阪井 紀乃（東京大学大学院農学生命科学研究科）

皆様こんにちは、東京大学大気海洋研究所の阪井紀乃です。私は、野外でウミガメが潜水する際の心肺機能の調節について研究を行っています。しかし今日はウミガメの話ではなく、美ら海水族館でのオキゴンドウに関する調査報告をさせていただきます。

オキゴンドウは最大体長が 6m にもなるハクジラの一で、世界中の温かい海に広く生息しています。IUCN のレッドリストでは現時点で絶滅の危険性は小さいと考えられています。しかし、ハワイ周辺海域における地域個体群は米国では絶滅危惧種（個体群）に指定されています。ハワイ諸島近海に生息するグループは現在 130 頭しかおらず、年間約 5% ずつ減少していることが分かっています。また、1 年で 1 頭しか子供が生まれていないという現状があり、ハワイのオキゴンドウは危機的な状況下にあります。

この要因の 1 つとして、十分にエネルギーを獲得できていないことがあげられます。この地域のオキゴンドウは主にシイラを採餌しています。この魚は食用や遊漁の対象としてハワイで非常に人気があるため、人間との間で衝突が起こっています。個体群の消失を防ぎ保全するためには、オキゴンドウの栄養状態の評価に加え、必要エネルギー量（代謝量）を知る必要があります。しかし、野生下のオキゴンドウを捕獲し、これらを計測することは非常に困難です。ハワイの研究者の方々は、ドローンで野生下のオキゴンドウを撮影し体長や体重・体積を見積もり、加速度口ガーを実際に装着し 1 日の運動量を把握しようとしています。しかし、体の一部しか撮影できないことや、活動量と代謝量の関係については不明な点が多くあります。そこで、沖縄県美ら海水族館と共同研究を行うことで、体長と体重・体積の関係、呼吸・心拍数・活動量と代謝量の関係を明らかにしようとしています。



海外研究者と共に。

このプロジェクトに参加されている Dr. Fahlman とは交流があり、私と同研究室の齋藤さんがこの調査に興味がある旨を伝えたところ、快く参加を許可していただきました。3 月中旬の約 1 週間、海外研究者計 7 名と美ら海水族館に伺いました。我々は、心電図口ガーの起動や解析、装着部位の改善を行いました。

この共同研究は始動したばかりで、飼育個体のトレーニングの状態や天候次第では滞在期間中全く実験ができない可能性もありました。しかし、美ら島財団や水族館の方々は非常に協力的で、できるだけ多くの実験チャンスを作ってくれました。また、実験個体も協力的で驚くほどスムーズに実験が進みました。水槽の水を全て抜き底に伏せているオキゴンドウの 3D スキャンを取得し、また、ドローンにて遊泳中やジャンプ時の撮影にも成功し、体長や体重・体積の関係を知るための必要なデータを取得できました。また、加速度・ビデオ・心電図口ガーを装着し、潜水中や遊泳中・ジャンプ中のデータを測定することができました。

私がこの調査を通して驚いたことは、海外研究者のパワフルさです。少しでも実験ができる可能性があった際にすぐ動けるよう準備し、実験がうまくいかなかったところを次の実験までに改善していました。また、とったデータをその日中に解析し、翌日には結果を共有していました。さらに、沖縄から帰って 2 日後には今回得られた結果をすでに公表した？とかなんとか。このパワフルさが実験を順調に遂行する要因なのかと、圧巻されるとともに非常に勉強になりました。

この調査を通して、オキゴンドウを取り巻く現状を変えようとする研究者や水族館の方の意気込みを肌で感じ、研究を行う事の意義や力を改めて実感しました。ハワイのオキゴンドウの個体数が復活する日も遠くないかもしれません。



オキゴンドウと研究者の子供。思いが通じている？

## 初めての海外現地での国際学会

河合 萌（東京大学大学院農学生命科学研究科）

2024年3月24日から29日の間、タイで開催された42nd International Sea Turtle Symposiumに参加しました。本学会は世界中からウミガメに関わる多くの人が集まり、今年は約60か国から586人の参加登録があったそうです。学会会場は首都バンコクから車で約2時間のところにある、パッタヤと呼ばれるリゾート地で、空港からバスで移動しました。バスを降りると、まず車やバイクの交通量の多さに驚きました。歩行者の信号が青になっても車の通行が途切れない状況を見て、ホテルと会場を行き来している間にいつか車と衝突するだろうと心配になりました。無事会場に到着すると、そこは海が一望できる豪華なホテルで(図1)、これから始まる学会への期待に胸が膨らみました。



図1. 学会会場から見た景色。

学会の最初の2日間で、ワークショップと地域会議が行われました。地域会議では、日本人は東アジアのグループに参加し、お互いの研究内容を紹介し合う時間が設けられました。その後の3日間は、行動、生理、保全、漁業、教育など様々なセッションに分かれて、口頭及びポスター発表が行われました。同じウミガメの研究の中でも幅広い分野に分かれていることを改めて実感しました。また対象種もさまざま、日本では漂着が珍しいとされる、オサガメの研究も多くありました。一度オサガメを見てみたいと思い続けてきた私にとってはとても新鮮な内容でした。一方でウミガメの行動や回遊を調べる研究では、想像以上にバイオロギングを用いていることが多かったです。また本学会は研究者だけでなく、ウミガメの保全団体も参加していました。

アオウミガメの食性についてポスター発表をした際に「栄養状態の悪いウミガメを捕獲した場合どうしたらいい?」といった、保全を重視した質問があったことも印象的でした。

4日目の夜にはライブオークションというものが開催されました。次の学会の資金調達に向けて、ステージ上でオークションが開催されるイベントです。またオークションと同時に数名の学生がバケツを持って歩き回りながら集金を行い、その額を競いました。一番額の多かった男性と女性は、それぞれその年のking、queenと呼ばれます。ステージの隣にはなぜかjail(牢屋)があり、オークションの参加者が突然連れて行かれることもありました。イベントの様子は事前に教えてもらっていたので、そこまで驚くこともなく、雰囲気を楽しむことができました。その後は突然大音量で音楽が鳴り始め、1時間以上クラブのように踊った後、その日は終わりました。

次の日の夜は、前日とは一変して厳かにバンケットが開かれました。途中には授賞式も行われ、そこでArchie Carr Student Awardという賞をいただくことができました(図2)。名前を呼ばれた後、海外独特の歓声の中、壇上に上がった喜びと驚きは、一生忘れません。



図2. 授賞式の様子(私は左から2番目)。

今回の学会を通じて様々な国の人と交流し、ウミガメの幅広い知識が得られことは、とても良い経験になりました。また、日本のウミガメ研究者の方々とはゆっくりお話できる機会もあり、とても有意義な時間でした。今回の学会で得た経験を生かして、研究や勉学に励みたいと思います。

## ウミガメ研究者、ゴミ研究者となってサメ研究をする

福岡 拓也 (東京大学大気海洋研究所)

どうも。東京大学大気海洋研究所の福岡です。昨年度までは東京農工大学でウミガメ類に蓄積する残留性有機汚染物質やプラスチック添加剤といった化学物質の分析をしていましたが、今年度から古巣の東京大学大気海洋研究所・行動生態計測分野にポストドクとして戻ってきました。私は大学院生時代からずっとウミガメ類を対象に研究を行ってきましたが、今年度からはサメ類が新たな対象動物となります。具体的には、ハワイに生息する大型のサメ類にビデオカメラと3次元経路を再構築できる3Dロガーを取り付けて、彼らが海洋のどこ(位置や深度)で海洋ゴミに遭遇しているかを記録することで、3次元的な海洋ゴミ分布の把握につなげようという計画です。そうです、サメ研究者になるというよりはゴミ研究者(注:「海洋ゴミのことを調べる研究者」という意味です)としてバイオロギング界限に戻ってきた感じです。

なぜハワイのサメ類なのか?これにはいくつかの事情がありますが、大人の事情以外の事情を説明します。近年大きな問題となっている海洋ゴミについて、人間が観測しやすい海岸では漂着ゴミの種類や材質、色といった調査が盛んにおこなわれています。対して、海洋、特に沖合域のような直接観察の難しい海域での調査は、調査船で現場まで向かうというコストの問題もあってあまり進んでおらず、水平方向や鉛直方向の分布についても十分に把握できているとは言えない状況にあります。近年、GPSとビデオカメラを取り付けたクロアシアホウドリが沖合を漂流する海洋ゴミに複数回遭遇することから、バイオロギング手法が海洋ゴミ

の分布把握に貢献できる可能性が示されています(Nishizawa et al. 2021)。ウミガメ類でも同様のことができそうだったのですが、どちらの動物も水平方向の分布把握には役立ちそうな一方で、鉛直方向は数十m程度の表層に限られていました。そこで、海洋を水平方向、鉛直方向ともに広く回遊してかつ、海洋ゴミと遭遇することが予想される大型動物としてサメ類が浮上しました。そして、サメ類の調査プロトコルが確立されているハワイ大学・海洋生物研究所のCarl Meyer博士との共同研究を始めるに至りました(ここまで読んで、まだ「なぜハワイのサメ類なのか?」がすっかりこないというあなたはおそらくサメに詳しい人ですね。そこから先は大人の事情によってハワイのサメ類が最適ということになっております)。こうした経緯でこれまで全く経験のないサメ調査に参加することとなり、バイオロギングを離れていた3年間のブランクも含めて不安な部分も多々ありますが、まずはしっかりと調査を遂行するということを目標に取り組んでいきたいと思えます。

### 参考文献

Bungo Nishizawa, Jean-Baptiste Thiebot, Fumio Sato, Naoki Tomita, Ken Yoda, Rei Yamashita, Hideshige Takada, Yutaka Watanuki (2021). Mapping marine debris encountered by albatrosses tracked over oceanic waters. *Scientific Reports*, 11:10944.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-90417-x>

## 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](mailto: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/>

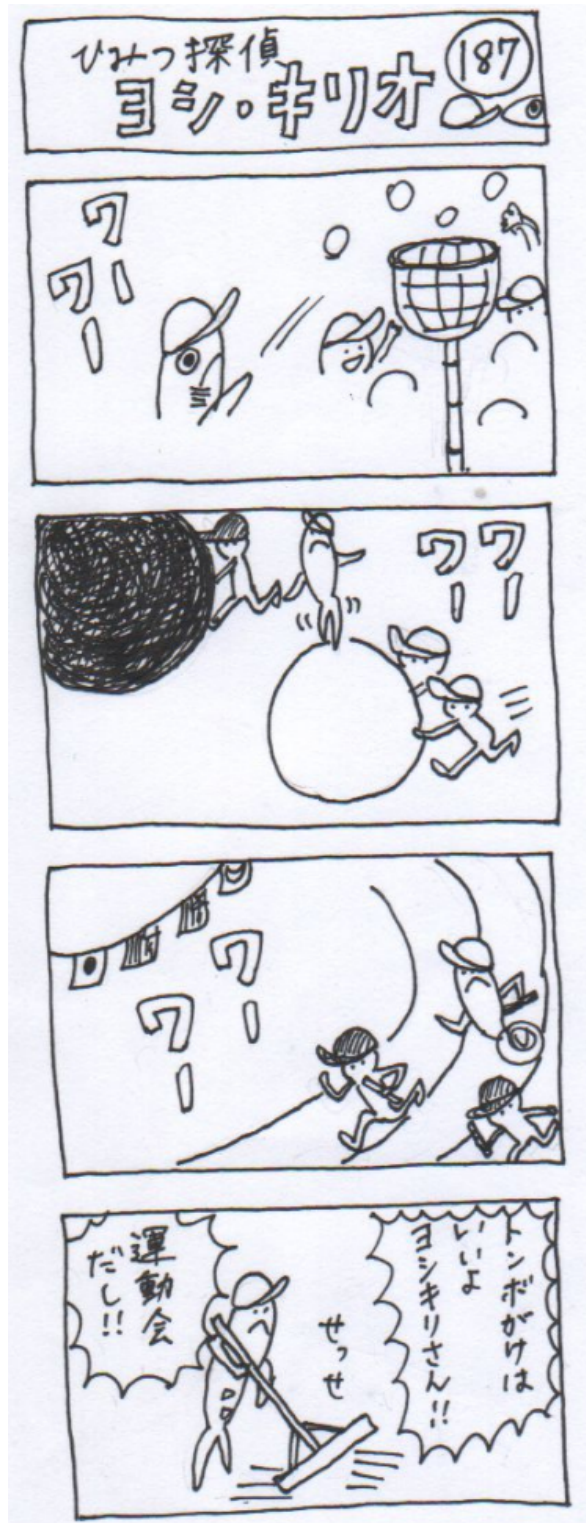


### 編集後記

■野外調査のハイシーズンは夏だと思い込んでいましたが、今年は梅雨入り前のこの時期から、研究室メンバーが続々と調査に旅立っています。私は人の居ない静かな部屋で、ひたすら書き物をしながらお留守番です。【MAY】

■新緑の季節。散歩がとても気持ちいいです。過ごしやすい季節は一瞬なので満喫したいと思います。【SSK】

■新年度も早くも2か月が経過しようとしています。国内外のフィールドへでかける方も多いかと思います。健康第一！安全にお過ごしください！【HM】



【S.K】