

# 大会プログラム・要旨集

## 2023 年日本生態学会中部地区会

筑波大学山岳科学センター八ヶ岳演習林

2023-09-26



八ヶ岳の山々；写真左より、赤岳（2899 m）、横岳（2829 m）、硫黄岳（2760 m）

日本生態学会中部地区会

# 大会会場 案内図



## 八ヶ岳演習林へのアクセス方法

鉄道利用：野辺山駅から徒歩で約 20 分

中央線から小淵沢駅で小海線に乗り換え、野辺山駅下車  
北陸新幹線から佐久平駅で小海線に乗り換え、野辺山駅下車

自家用車利用：カーナビで、電話番号入力（0267-98-2412）もしくは地点（長野県南佐久郡南牧村野辺山 462-4）を入力

中央道もしくは中部横断自動車道で国道 141 号に合流、野辺山を目指す。国立天文台に至る村道を通ると筑波大学の看板あり。

## 大会参加に関して

2023 年度も総会を対面+オンラインのハイブリッド形式で、研究発表会は対面のみで実施します。

## プログラム

1. 総会 12:00-13:00（対面+オンラインのハイブリッド）
2. 研究発表会 13:15-15:15（対面）
3. 研究発表賞の発表 15:45-16:00（対面）

## 研究発表について

1. 2023 年度も口頭発表で行ないます。
2. 発表スライドは、発表会開始前に共通 PC へのコピーをお願いします。方法などは受付で説明します。
3. 発表時間は、**発表 12 分・質疑応答 3 分の合計 15 分**です。発表開始から 10 分で予鈴 1 回、12 分後に本鈴 2 回、15 分後に終鈴が 3 回鳴ります。時間厳守での発表をお願いします。
4. 各発表者は、ご自分の発表の後は次の講演の座長をお願いします。初回は会場係の方で対応いたします。

## 研究発表賞について

今年度の中部地区大会でも、優秀な発表を行なった若手の学部生と大学院生を対象に、研究発表賞を授与します。受賞者の発表は当日に行ないませんが、賞状は後日に中部地区会事務から発送いたします。

## 大会連絡先

筑波大学山岳科学センター八ヶ岳演習林  
384-1305 長野県南佐久郡南牧村野辺山 462-4  
清野 達之（せいの たつゆき）  
電話：0267-98-2412  
yatsuen (at) msc.tsukuba.ac.jp

## 新型コロナウイルス感染症対策へのお願い

大会参加にあたり、参加者の皆さまに於かれましては以下の通りです。ご理解とご協力のほどよろしくお願ひいたします。

1. 明らかな体調不良者は、大会への参加を見合わせてくださるようお願い致します。
2. マスク着用は、個人の判断に委ねます。
3. 会場入り口に検温機と消毒用アルコールを設置してあります。適宜ご使用ください。
4. 会場は十分な換気の実施と消毒殺菌を行なっていますが、至らぬ点があるかもしれません。その旨予めご承知おきください。

**2022 年度日本生態学会中部地区会研究助成採択研究  
研究課題：日本産淡水性カメ類による種子散布の実態解明**

菅原早紀（採択時：岐阜大学大学院・自然科学技術研究科、  
現在：鹿児島大学大学院・連合農学研究科）

## 背景

カメ類は、日本人にとって、もっとも身近な生物種のひとつである。カメ類は、「浦島太郎」や「うさぎとかめ」などの日本昔話に登場し、さらには、古来から信仰の対象になってきた。江戸時代には、淡水性カメ類は「放生会」という仏教的な儀式の対象として扱われ、この儀式の過程で、「放し亀」として一般庶民に売られ、付近の河川に逃がされた。現在も、縁起の良い生き物として知られ、扇子や日本手ぬぐい、和菓子などの、和柄に欠かせないモチーフとして登場し、親しまれている。

このようにカメ類は、私たち日本人にとって身近な生物である一方で、野生生物として他の生物とどのような関わりをもち、日本の生態系でどのような役割を担っているのかは、充分には検討されていない。特に、カメ類の行動を日本の森林植生や植物相と関連付けて、詳細に検討した例はない。カメ類の上記のような仏教的儀式としての「放し亀」や、身近な愛玩動物として採集や放流されてきた歴史を考えると、日本の自然の中でのカメ類の生態的位置は非常に興味深い。本研究では、カメ類の種子散布者としての可能性を検討した。

植物種子の散布様式には、動物によって種子が散布される動物散布がある。近年になり、カメ類の種子散布に関するレビュー論文 (Falcón et al. 2020) が発表されるなど、カメ類の種子散布者としての重要性が再認識されつつある。特に、陸生傾向の強いリクガメ類やハコガメ類による種子散布の例が報告されている (Liu et al. 2004; Orenstein 2012)。しかし、その生態学的解析は不十分な状態である。また、これまでの研究のほとんどは新大陸地域に生息するカメ類を集中的に調査しており、アジアの研究例はほとんど無い。さらに、日本産淡水性カメ類の種子散布にいたっては、これまで検討されたことがない。

私が調査地とした岐阜県の伊自良川には、4 種の淡水性カメ類、ニホンイシガメ *Mauremys japonica*、クサガメ *Mauremys reevesii*、ニホンスッポン *Pelodiscus sinensis*、ミシシippアカミガメ *Trachemys scripta elegans* が生息する。これら 4 種のカメ類は、全て雑食性であることが知られており (上野ら, 2014)、ニホンイシガメにおいては、植物の種子を含む糞が観察された例がある (田端, 1997; 矢部, 2002)。このようなことから、岐阜県に生息する淡水性カメ類は、種子散布を行っている可能性が考えられる。

そこで、私は、かれらの種子散布の可能性を探るため、2017 年度の卒業研究、および 2021～2022 年度の修士研究で、以下 1～5 の項目について調査研究を継続してきた。これら一連の研究に対しては、日本生態学会中部地区会より研究助成していただいた。その成果の一部を以下に紹介したい。詳細な研究結果、成果に関しては、現在、原著論文として出版するための準備をすすめており、投稿に向けて執筆を行っている。



## 方法および結果

### 1. 採食行動の観察

調査対象のカメ類が、野外のどこで採食を行っているかを調べるため、カメ類が生息する伊自良川河岸に自動撮影カメラを4~5台設置してカメ類の行動観察を試みた。

その結果、調査期間中(2022/5/25~2022/6/21)に、一本あたり50~60秒の動画を計3255本撮影した。これらの動画を解析したところ、ミシシippアカミガメとクサガメを撮影することができた。調査地に生息していた結実期のヤマグワ *Morus australis* の樹木下では、河川水面で待機していたミシシippアカミガメが、ヤマグワの落下果実を採食する行動がみられ、クサガメでは陸地上に上がって地上に落下していた果実を探索する行動がみられた。

以前の糞分析では、採食された魚介類などの残骸が非常に多く見られ、種子は僅かしか確認できなかった。当時は、糞に含まれる種子のほとんどが河川底に沈殿した植物類の誤食由来の種子であったと理解したが(菅原・川窪, 2021)、今回の調査結果からは、糞内種子の由来が積極的な果実採食行動からでもあることが考えられた。

### 2. 糞分析・発芽試験

カメ類の糞に、どのような植物種の種子や果実が含まれているかを調べるため、調査地で捕獲した計74個体のカメ類を、実験室で5日間飼育し、糞を採取した(野田・鎌田, 2004)。採取した糞は、乾燥させた後、実体顕微鏡を用いて糞分析を行った。糞から見つかった種子は、蒔き出し法(津田・西廣, 2009)による発芽試験を行った。

調査の結果、捕獲したカメ類全4種の糞中から、イネ科やクワ科、タデ科など、15科20種以上の植物種の果実や種子が見つかった。また、糞から見つかる種子や果実の植物種は、カメ種によって異なっていた。さらに、カメ類の糞から見つかる種子の一部には、発芽能があった。

### 3. 移動距離の測定

野外におけるカメ類の移動距離を測定するため、調査地に生息するカメ類の甲羅に、油性顔料でマーキングを行った。計43個体のカメ類(ニホンイシガメ、クサガメ、ミシシippアカミガメ)にマーキングを行い、マーク個体を野外に再放流した。その後、放流地点を含めた周辺数キロの範囲を、頻繁に訪れ、双眼鏡でマークしたカメ類の追跡観察し、移動確認地点をGPS座標として記録した。

その結果、調査期間中に目視したカメ類の総観察回数は、2283回で、うちマーク個体の総観察回数は211回にのぼった。ニホンイシガメとクサガメは再確認の観察回数は少なく、移動距離を測定することができなかった。一方で、ミシシippアカミガメの再確認回数は多く、移動距離を推定することができた。ミシシippアカミガメは、最長で一日あたり1648m移動する個体もいた。同種は、季節や個体によって移動距離がさまざまであり、ほとんど移動しない個体もいれば、盛んに長距離を移動する個体もあり、移動行動の多様性が高かった。

### 4. 種子の体内滞留時間

カメ類の種子の体内滞留時間を調べるため、調査地で捕獲した計11個体のカメ類を一時的に飼育した。飼育個体は、数日間、無給餌で腸内を空にするために排便させ、その後にヤマグワやブドウの果実を給餌した。給餌後、糞便を毎日観察して、確認最終した糞から果実の種子を確認した。その上で、それらの種子が排泄された時間を記録した。

その結果、種子の体内滞留時間は、体サイズと相関がみられ、体サイズの大きな個体ほど種子

の滞留時間が長い傾向を示した。本研究で扱った、体サイズがもっとも大きなミシシippアカミガメ(甲長 231mm) は、最長で 22 日間、種子を体内に滞留させた。したがって、カメ類は採食した種子を長い時間かけて移動させる可能性がある。

## 5. 排泄行動の観察

種子散布を考える上で、種子の放出(排便)の場所は重要である。水中の排便ばかりでは、植物の種子は発芽できない可能性がある。そこで、カメ類が排泄を行う環境を調べるため、調査地で捕獲した計 12 個体のカメ類を一時的に飼育し、飼育槽で水域と陸域をつくり、これらのカメ類の排泄行動を観察した。

その結果、全 12 個体が水中で糞を排泄し、クサガメ 1 個体とミシシippアカミガメ 1 個体の計 2 個体は、水中だけでなく、陸上でも糞を排泄した。よって、カメ類に採食された種子は、野生化でも陸上に散布される可能性がある。

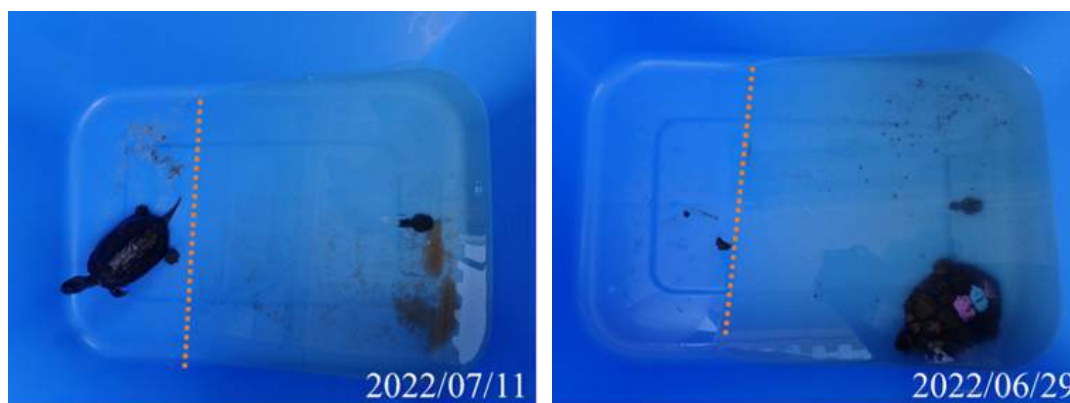


写真 1. 陸上での排泄の様子(左の写真はクサガメ、右の写真はミシシippアカミガメであり、オレンジ色の点線は水中と陸上の境を表し、点線左が陸域となっている)

## 考察および今後の展望

以上の結果から、伊自良川に生息する淡水性カメ類は、結実期のヤマグワの樹木下などをはじめ、食物となる果実の「探索」を行い、多種多様な植物種の果実や種子を「採食」し、時には長距離を「移動」して、水中および陸上で「排泄」を行っていることがわかった。したがって、これら一連の行動観察により、伊自良川に生息する淡水性カメ類は、結実した植物の果実を探索すること、探索多様な植物種の種子散布者であること、比較的長距離の種子散布者であること、陸上および水中で種子を排泄する可能性があること、が考えられた。本研究により、伊自良川に生息するカメ類の種子散布行動を観察・解析することで、カメ類の種子散布者としての実態の一端を解明することができた。

ただし、本研究には、いくつかの課題もみられた。糞分析では、糞から見つかった種子を全て同定することができず、不明な種として扱った種子があった。種子の同定には、今後、形態的分析手法に加えて、DNA 解析など他の手法を取り入れる必要があるだろう。移動距離の測定では、本研究方法はカメ種によって向き・不向きがあることが分かった。今後は、電波発信器を用いたラジオテ

レモトリーや GPS を使用したバイオロギングなど、新たな実験手法も検討すべきである。さらに、排泄行動の観察では、排泄環境（水中または陸上）ごとの排泄頻度を測定することができなかった。そのため、今後は、水中と陸上の排泄頻度を測定するため、飼育環境や糞の観察回数を工夫することが求められる。

また、カメ類による種子散布の実態をより具体的に明らかにするためには、カメ類による種子散布の有効性を検討する必要がある。植物にとって、カメ類がどの程度種子散布に貢献しているかを解明するために、カメ類に散布された種子の生存率や、特定植物の種子散布者を明らかにし、他動物や他散布との種子散布効果を比較する必要があるだろう。

## 謝辞

本研究は、2022 年度日本生態学会中部地区会研究助成および 2022 年度笹川科学研究助成を受けて実施いたしました。また、この研究は、岐阜大学大学院・自然科学技術研究科・川窪伸光教授のご指導で進めてきました。ここに記して感謝いたします。

## 引用文献

- Falcón, W. , Moll, D. & Hansen, D. M. 2020. Frugivory and seed dispersal by chelonians: a review and synthesis. *Biological Reviews* 95, 142–166.
- Liu, H., S. G. Platt, and C. K. Borg. 2004. Seed dispersal by the Florida box turtle (*Terrapene carolina bauri*) in pine rockland forests of the lower Florida Keys, United States. *Oecologia* 138: 539–546.
- 野田英樹・鎌田直人. 2004. 淡水性カメ類の個体群特性と食性の関係. *爬虫両生類学会報* 2004 (2):102-113.
- Orenstein, R. 2012. *Turtles, Tortoises and Terrapins: A Natural History* (2nd ed.). Firefly Books, Canada. p. 448.
- 菅原早紀・川窪伸光. 2021. 淡水性カメ類による種子散布の可能性を探る—糞分析から得られた知見—. *爬虫両棲類学会報* 2021 (2):162-172
- 田端英雄. 1997. *エコロジーガイド 里山の自然*. p. 93. 保育社.
- 津田智・西廣美穂. 2009. 第 14 章 生態学的発芽実験 I. 埋土種子の調査. p. 319-325. 吉岡俊人・清和研二 (責任編集) *発芽生物学：種子発芽の生理・生態・分子機構*. 種生物学会, 東京
- 上野真太郎・笹井隆秀・石原孝・谷口真理・三根佳奈子・亀崎直樹. 2014. 日本に産するカメ類の食性 (総説) (特集:日本の両生類・爬虫類の食性). *爬虫両生類学会報* 2014 (2):146–158.
- 矢部隆. 2002. *爬虫類と両生類*. p. 176–184. 広木詔三 (編) *里山の生態学—その成り立ちと保全のあり方—*. 名古屋大学出版会.



## 2023 年 日本生態学会中部地区会 プログラム

総会：12:00-13:00 (八ヶ岳演習林セミナー室) ハイブリッド開催

### 研究発表

発表番号	時間	発表者	演題
1	1315-1330	丸林 菜々子	鱗食魚の表現型可塑性： 鱗食経験に基づく捕食行動と下顎骨 の変化
2	1330-1345	小丸 奏	GPS 通信機の追跡によるケリの繁殖 行動の解明
3	1345-1400	堀中 将大	Passive Acoustic Monitoring による生 物季節観測 -セミの初鳴日が記録される過程と 適切な録音環境の選択-
4	1400-1415	大西 由花	スギ人工林に生育するヒナノシャク ジョウの発生分布と菌根の形態観 察
	15分休憩		
5	1430-1445	Haque Md Ariful	Assessing the impacts of agricultural practices on soil health
6	1445-1500	諏訪 竜之介	中央アルプス森林限界域における樹 木細根の窒素吸収能：無機態およ び有機態窒素吸収に樹種間差はある のか？
7	1500-1515	峯村 友都	立山高山帯に放置されたゴミの種類 とその分布 — 潜在的な分布予測に向けた種分 布推定モデルの応用 —

研究発表賞の発表：15:45-16:00 (八ヶ岳演習林セミナー室)

## 鱗食魚の表現型可塑性：鱗食経験に基づく捕食行動と下顎骨の変化

○丸林菜々子(富山大・医学部), 八杉公基(福井県立大・海洋生物資源学部),  
小田洋一(名古屋大・理学研究科), 竹内勇一(北海道大・理学研究院)

外部条件に応じて表現型が変化する表現型可塑性は、様々な生物種の環境適応を促進し、進化においても重要な役割を果たしている。アフリカ・タンガニイカ湖の鱗食性シクリッド *Perissodus microlepis* (鱗食魚) は、捕食行動と口部形態に明瞭な左右性を有していることで知られる。野外調査から、下顎骨の左右差が大きい個体ほど鱗の摂食量が多く、非対称性の大きさが摂食効率と密接に関わることが示されている。また、襲撃方向の好み(捕食行動の利き)は、鱗食経験により後天的に獲得されることから、捕食行動や口部形態は、外部条件によって変化する事が推定される。表現型可塑性が鱗食魚の左右性の形成に寄与するのかを検証するため、本研究では、鱗食経験による捕食行動と下顎骨の形態への影響を調べた。

異なる摂食経験を課すため、4ヶ月齢の鱗食魚に餌魚1匹もしくは2匹を毎日10分間与えて4ヶ月間飼育した(餌魚1匹群、2匹群)。捕食行動の様子は、横方向からビデオカメラで記録した。鱗食魚と餌魚の位置座標は深層学習(ニューラルネットワーク YOLOv3)を用いて自動検出し、遊泳運動量はオプティカルフローによって算出した。その結果、鱗食魚と餌魚の個体間距離は実験開始から10日で初日の半分となり、各個体の遊泳量も増加していた。さらに、各個体の襲撃回数は次第に増加し、実験50日で最大に達した。

つぎに、それら2群と同齢で人工飼料のみで飼育した鱗食未経験個体(生後8ヶ月)を用いて、下顎骨標本を作製した。骨形態の違いをGeometric Morphometricsで評価したところ、特に餌魚2匹群で歯骨全体、特に前後軸が伸長していた。また、下顎骨の左右差の指標に用いられる、歯骨の上端と関節骨の後端との距離は、利き側のほうが非利き側よりも有意に大きく、さらに鱗食経験があると、その差は拡大していた。

今回の結果より、鱗食魚は鱗食経験を積むことで、捕食に至るまで餌魚と密になって泳ぐようになっていた。これは捕食する機会を増やし、利き側の下顎骨により負荷がかかることで、形態的左右差が拡大すると考えられる。すなわち、表現型可塑性が鱗食魚の左右性を形作ることが明らかとなった。

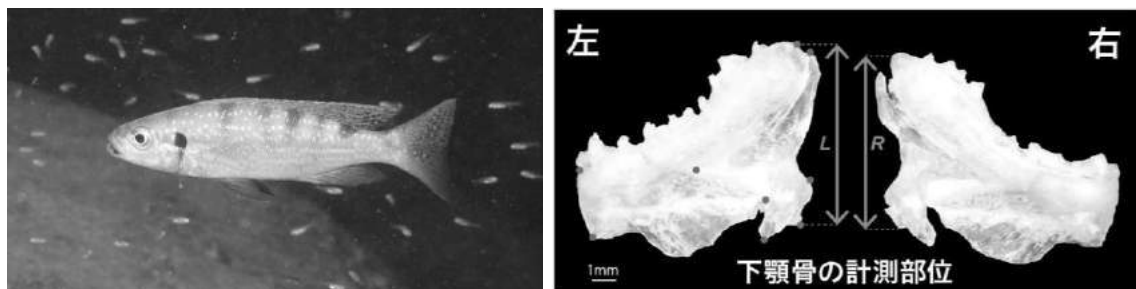


図1. タンガニイカ湖の鱗食魚 *Perissodus microlepis* とその下顎骨. 写真は左利き個体で、左側の下顎骨の方が大きい(右).

## GPS 通信機の追跡によるケリの繁殖行動の解明

○小丸 奏(岐阜大院・自然科学技術研究科), 伊藤健吾(岐阜大院・自然科学技術研究科), 中藤 駿(岐阜大院・自然科学技術研究科), 田中智(京大院・農卒)

### 【背景】

ケリ *Vanellus cinereus* は田植え前の水田面で営巣し、一夫一妻制の繁殖体系をとり、テリトリーを形成して抱卵育雛を行う。環境省レッドリストには情報不足で記載されており、個体数の増減は不明であるが、近年の早稲化傾向と繁殖生態を踏まえて考えると、個体数は減少している可能性が高い。ケリが属するチドリ科の仲間では渡りの生態が有名なため、GPS 通信機を利用した渡りルート of 解明等、マクロな行動追跡調査が盛んに行われてきた。しかし、通信機の性能上、時間帯による行動の違いや繁殖期のテリトリーサイズ等ミクロな行動追跡の調査例は非常に少なく、繁殖期の行動については知見が不十分な状況である。この状況は、ケリも同様であるが、繁殖期の行動の把握は、今後の保全にあたって重要な情報である。また、近年の GPS 通信機における技術の発達により、従来よりも詳細な行動の把握が可能となってきた。したがって、本研究では、GPS 通信機によるケリの繁殖期の行動追跡実施により、ケリの繁殖行動の解明と GPS 通信機を利用したチドリ科の繁殖行動追跡への利用可能性の検討を目的とする。

### 【方法】

岐阜県羽島市の水田地帯にて、2022/4/23 に 2 台、2023/4/22 に 2 台の計 4 台の GPS 通信機を成鳥 4 羽 (No.1~4) に装着した。雌雄判定のため、羽毛を採取後、速やかに放鳥した。使用機種は FLEX II 3G (10.5g<4%, Druid 社) で、5 分~30 分の頻度で測点するよう設定した。得られたデータは抱卵期、育雛期に分け、カーネル密度推定で行動圏 (95%) を算出した。また、位置情報から、抱卵している時間を推測し、1 回あたりの抱卵時間 (抱卵開始~交代まで) を算出し、まとめた。解析には R (R4.2.2) と QGIS (3.28.1) を使用した。

\*捕獲標識は山階鳥類研究所職員指導の下、岐阜県の許可を得て実施した。

### 【結果・考察】

No.1~4 の全個体は GPS 装着・放鳥後、飛翔、抱卵を確認した。また、DNA による雌雄判別の結果、全個体の性別はオスであった。

抱卵時間に関しては、1 回あたりの抱卵時間は 60 分前後が多いものの、5 時間を超える長時間の抱卵も見られた (Fig.1)。昼夜に分けて見ると、長時間の抱卵は夜間の抱卵であることが分かった (Fig.2)。夜間は哺乳類等の敵に対して防衛行動をとることが難しく、交代頻度を下げることで、敵襲リスク軽減している可能性が高い。また、本研究結果と実際カメラを設置し、抱卵行動を調査した事前調査結果と比較すると、同じ傾向を示しており、GPS 通信機を利用した繁殖行動の追跡調査は、精度が高く、抱卵行動の把握にあたって有効な手法であると明らかになった。

抱卵期の行動圏 (Mean (±SD)) は、昼が 4.20ha (±1.33)、間が 3.83 (±1.64) となり、昼夜間で有意差はなかった ( $p<0.005$ )。通信機を装着した 4 羽のうち、1 羽の巣で孵化に成功し、育雛期 (孵化後 40 日間) の行動圏は (昼 3.50ha、夜 3.74ha) で、当該個体の抱卵期の行動圏 (昼 3.25ha、夜 3.30ha) と大きな変化はなかった。よって、ケリは抱卵期・育雛期の繁殖期を通して、採餌等でテリトリーを離れることはないことが明らかになった。ケリは餌資源が豊富水田で繁殖をするため採餌のため移動の必要がなく、テリトリーサイズが雛の成長に関与することから、繁殖期は、採餌のための移動にコストをかけるのではなく、テリトリーの維持にコストをかける戦略をとっていると考えられる。

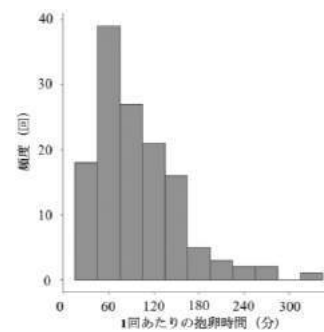


Fig.1 抱卵時間頻度分布

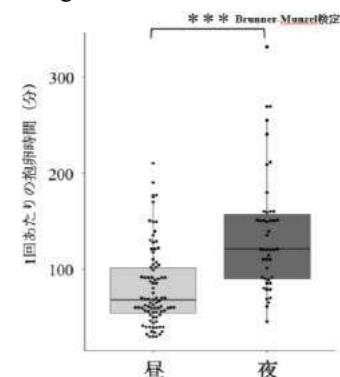


Fig.2 時間帯別抱卵時間

## Passive Acoustic Monitoringによる生物季節観測 -セミの初鳴日が記録される過程と適切な録音環境の選択-

○堀中将大(富山大・持続可能社会創生学環), 和田直也(富山大・研究推進機構 GRASS)

【はじめに】気象庁は1953年から2020年の68年間、生物季節観測を行ってきたが、2021年、動物を対象とした全観測を廃止した。観測の廃止の理由には、近年の都市化により観測対象種の発見が困難になった背景がある。しかし、市街地に緑地が残存する地方都市においては、現在でも観測対象種の発見が可能である地域も少なくない。また、生物季節観測の結果は、気候変動や土地利用変化の影響を捉えた証拠となる可能性があり、現在、民間による観測の継続が求められている。近年、野外での録音装置と大容量記憶装置の急速な発達により、Passive Acoustic Monitoring (PAM) が比較的低コストで実施可能になった。生物季節観測には初鳴日と初見日の観測があり、初鳴日は対象種の鳴声をその年に初めて聞いた日と定義される。著者らは、録音装置を用いたPAMを行うことで、これまで実施されてきた生物季節観測のうち初鳴日の観測が可能であると考えた。廃止された動物を対象とした生物季節観測の項目にはセミ類の初鳴日観測がある。セミはオスが求愛行動で発する独特な音とその音の大きさから種の判別が容易であり、PAMによる生物季節観測を導入する際のモデル種として適している。一方、セミの鳴声はいつでもどこで生じ、それがどのように初鳴日として記録されるのかといった過程についてはほとんど研究が行われておらず、セミの初鳴日観測を行う立地として適切な録音環境は明らかになっていない。初鳴日観測の特徴として、セミが好む環境では発生個体の多さや個体の移入により比較的早い時期に初鳴が記録される一方、セミが好まない環境では個体の少なさにより初鳴の記録が遅れる、もしくは鳴声が記録できずに欠測となることが予想される。そこで、本研究では「セミが好む環境では鳴声が豊富に録音されると同時に早い時期に初鳴が記録される」という仮説を立て、市街地や森林など、環境の異なる複数地点でPAMによるセミの鳴声記録を行いこの仮説を検証した。この検証結果に基づき、初鳴日観測に適切な録音環境を明らかにすることを目的とした。

【材料・方法】富山市内で観測が可能な5種(アブラゼミ、ツクツクボウシ、ニイニゼミ、ヒグラシ、ミンミンゼミ)を調査対象とした。2021年初夏、富山地方気象台から5 km以内、標高差50 m以内の範囲に、生息環境が異なる4地点を選定し、録音装置(Song Meter mini (Wildlife acoustic 社製))を設置した。2022年にはさらに2地点を追加した。毎時間最初の5分間を、ビット数16、サンプリング周波数44.1 kHzで録音し、SDカードに保存した。音声解析ソフトウェアKaleidoscope (Wildlife acoustic 社製)とIntel Core i9-10900K CPU 3.70GHz搭載のデスクトップPCを用いてスペクトログラムの目視と実聴を行い、セミの鳴声の秒数をカウントした。統計解析にはR (ver. 4.1.2)を用いた。

【結果・考察】2021年と2022年の夏季の録音を合計して1,672時間の録音が得られた。録音された鳴声の合計値と初鳴日の関係には、種ごとに違いがみられた。森林環境を選好する傾向が強いツクツクボウシは、鳴声が少ない地点において初鳴日が大幅に遅れた( $\rho = -0.936$ ,  $p < 0.001$ ,  $n = 10$ )。中程度の森林環境選好性を示すニイニゼミは、ツクツクボウシと同様の傾向を示したが、相関の有意性は検出されなかった( $\rho = -0.546$ ,  $p > 0.1$ ,  $n = 10$ )。一方、市街地の緑地環境を選好するアブラゼミは、鳴声の豊富さと初鳴日との間に明瞭な相関関係は検出されず( $\rho = -0.006$ ,  $p > 0.1$ ,  $n = 10$ )、初鳴日の地点差が小さかった。これらの結果から、ツクツクボウシやニイニゼミについての初鳴日観測は森林に隣接する立地を選択することが望ましく、一方、アブラゼミについての初鳴日観測は緑地環境を含む住宅地においても可能であると結論付けた。さらに、生物季節観測が廃止された理由である都市化による対象種の発見率低下は、本研究で示したツクツクボウシやニイニゼミのように、鳴声頻度の低い立地において初鳴日の記録が遅くなる傾向があり、このことが気象条件と初鳴日との関係を不明瞭にさせる可能性がある。

## スギ人工林に生育するヒナノシャクジョウの発生分布と 菌根の形態観察

大西由花（三重大・生資）， 北上雄大・松田陽介（三重大院・生資）

ヒナノシャクジョウ科ヒナノシャクジョウ (*Burmannia championii*) は本州の千葉県以西に分布する多年生草本で、8~10月頃に茎の先端部に2~10個の花を咲かせる(図1)。本種は無葉緑で白色を呈しており、根ではアーバスキュラー菌根菌(以降、AM菌)と共生関係にある。ヒナノシャクジョウはAM菌を介して炭素源や無機養分を獲得すると考えられていることから、菌従属栄養植物とよばれる。また関与するAM菌の宿主特異性は低いことから、周辺に生育する植物と共生関係を有すると考えられるがその実態は不明である。そこで本研究ではヒナノシャクジョウと周辺植物とのAM菌を介した生物間相互作用を明らかにするための端緒として、スギ人工林におけるヒナノシャクジョウの発生とその周辺環境を調べた。

調査は、2023年8月4日に三重県林業研究所の実習林の1地点で実施した。スギ人工林内に10m x 10mのプロットを作成した。プロット内に自生していたヒナノシャクジョウの発生位置、花芽数、開花数、さらに発生位置の含水率と地温、EC(電気伝導度)、斜度を記録した。プロット内のスギ成木の立木位置、胸高直径も計測した。その後、花芽が5個以上ついたヒナノシャクジョウを6個体選び、15cm<sup>3</sup>立方の土壌ブロックとして採取して実験室に持ち帰った。採取した個体の根端は、光学顕微鏡と走査型電子顕微鏡を用いてAM菌の形態を観察した。光学顕微鏡の際には、根端をクラロゾールブラックEで染色後、AM菌の感染状況を評価した。

その結果、プロット内には合計で47個体のヒナノシャクジョウの発生が認められた。個体に形成された花芽数は発生した場所の環境条件で説明されなかった。走査型電子顕微鏡観察により、細根の内部に明瞭な菌体構造が確認され、それらはAM菌の菌糸と考えられた(図2)。現在、AM菌感染率の計測を行っている。以上より本発表では、ヒナノシャクジョウの発生分布を周辺環境やAM菌の感染の情報を踏まえて議論する。



図1. ヒナノシャクジョウの開花

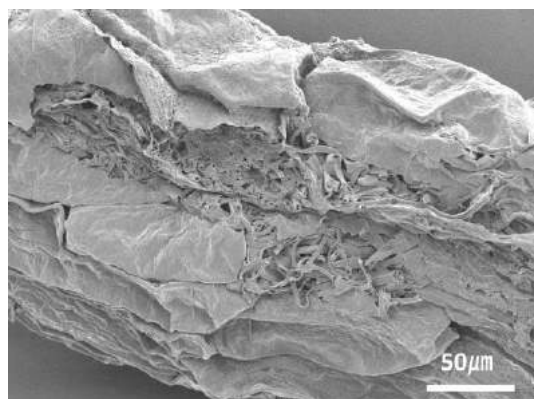


図2. ヒナノシャクジョウ細根内部の菌体構造

# Assessing the impacts of agricultural practices on soil health

(A case study in Toyama prefecture)

○ Haque Md Ariful. GSSE. Univ. of Toyama.

Naoya Wada. GRASS. Univ. of Toyama.

**Introduction:** Soil is a heterogeneous body that is made up of soil organisms, soil water, soil air, and minerals that come from rock weathering and organic matter left behind from plant, animal, and microbial residues (Bi et al., 2023). To increase agricultural productivity, millions of tons of chemical fertilizers have been applied to arable land in recent decades, in contrast, this practice has led to major environmental issues and soil degradation. (Sun et al., 2015; Holík et al., 2019; Ye et al., 2019). Developing a sustainable and eco-friendly fertilization strategy is urgent. Organic farming prohibits chemically synthetic fertilizer rather than it uses plant residue and animal manure to improve soil health. According to USDA-NRCS soil health is the continued capacity of soil to function as a crucial living ecosystem that endure plant, animal and humans. Doran et al suggests Soil health is more dependent on soil biological indicators condition. Activity and diversity of arthropod, bacterial and fungal community in soil are very crucial indicators to soil health. This study focuses on finding impacts of agricultural practices (organic and conventional) emphasizing diversity of crops (paddy, soybean, vegetables). Distribution of microorganisms were analyzed according to both practices type and crop diversity. We found differences among bacterial, fungal (phylum level) and arthropod community according to crop diversity but in according to practice type distribution not so different except fungal community. Soil physio-chemical indicators (soil particle size, bulk density, total carbon, total nitrogen, water content) were analyzed as environmental factors.

**Materials and Methods:** Soil sample are collected from Toyama city, Nanto, Oyabe, Tonami, Namerikawa and Tateyama town of Toyama prefecture between 08-22-2022 to 02-11-2022. In three categories (paddy, soybean and vegetable) soil samples are collected from 24 fields under the treatment of organic and conventional practices. From each field 6 (each 100cc) samples (3 points\*2 sample) were collected from 0-5 cm and 5-10 cm depth respectably. Samples for soil DNA analysis were collected from middle portion of each field 0-5 cm depth. Water content of the soil identified after weighing both raw and dried (room temperature and oven dried) soil, by soil sieving method soil particle size {>2mm (LL), <2mm to >0.5mm (LM), <0.5mm to >0.25mm (MS), <0.25mm (SS)} were analyzed. Carbon and Nitrogen were analyzed by Dry combustions method using CN coder Yanaco MT-700, micro-arthropods analysis performed by Berlese -Tullgren method and soil DNA analysis was performed by Polymerase Chain Reaction (PCR) method.

**Result and Discussion:** Anova (one-way) tests of soil particle size at 5% significant level were performed and got P values <0.001 indicating soil particle sizes were significantly different among practices and crop diversities. According to USDA-NRCS standard bulk density value is <1.6 gm/cm<sup>3</sup> and our analyzed samples the values are between 2.69 gm/cm<sup>3</sup> to 0.80 gm/cm<sup>3</sup>. Analysis of Total Carbon (TC) values showed spreading 7.65% to 1.41% and Total Nitrogen (TN) showed 0.58%-0.15%. Soybean Organic (SO) has highest TC and TN value and Soybean Conventional (SC) has lowest. Analyzing samples, we got highest CN ratio value (13.26) for soybean organic and lowest value (9.06) for paddy conventional. Soil Arthropod analysis shows specific arthropods (mites) high abundance in organic vegetable samples and mites were very limited to soybean samples and absent in paddy samples. In NMDS analysis bacterial community for organic vegetable is highly distant to paddy (organic and conventional) community. Soybean organic has sparse value that overlaps vegetable, paddy and soybean conventional itself. Soil particle size LL, TN, TC and CN ratio are positively related with organic vegetable. On the other hand, bulk density (BD) and soil particle SS is positively related with paddy organic and conventional. In fungal community vegetable organic shows highest distant position. Soybean organic and paddy conventional fungal community has clear demarcation also. TN, TC, CN ratio are positively related with vegetable organic, Soil particle size LM is positively related with soybean organic and water content is positively related with paddy conventional. Arthropods community shows interrelated community though practices show clear segmented portion and with TN, TC related to vegetable organic, Soil particle size LM are positively related to soybean in both agricultural practices and the Soil particle size SS is positively related with paddy both agricultural practices positively. Bacterial, fungal and micro-arthropods community have distinctive distribution pattern. This study denotes that the soil health and soil physio-chemical properties is highly dependent on the agricultural practice types.



## 中央アルプス森林限界域における樹木細根の窒素吸収能： 無機態および有機態窒素吸収に樹種間差はあるのか？

○諏訪竜之介，伊藤拓生，岩田拓記，牧田直樹（信州大・理学部）

はじめに

森林限界を超えた高山帯に生息する植物は，低温，乾燥，貧栄養などのストレスにさらされている。その結果，植物は様々な資源獲得戦略をもって成長をし，厳しい環境を生き抜いている。植物の成長には，土壌からの養分獲得が必要不可欠であり，中でも窒素（N）は植物の要求量が高い元素である。植物は一般的に無機態 N であるアンモニア態 N と硝酸態 N を吸収するが，近年の研究から，有機態 N も直接吸収できることが知られている。N 吸収を変化させる大きな要因には，直径 2 mm 以下の根と定義される細根の形態や，根において植物と共生している菌根菌の機能などが挙げられる。高標高で見られる外生菌根やエリコイド菌根などの菌根タイプは一般に有機態 N 吸収能が高いと言われており，特にエリコイド菌根は微細根と呼ばれる，環境適応に優れた非常に細い根を持っている。しかし，細根の形態や菌根菌共生の観点から高山帯の N 吸収を調べた研究は少ないため，これらを調べることで高山帯に生息する植物の資源獲得戦略を解明できると考えた。本研究では，高山帯の樹木根による N 吸収速度を測定し，樹種間差を解明することを目的とした。

方法

調査は 2023 年 7-8 月の夏季に，中央アルプスに位置する信州大学農学部西駒演習林の森林限界域である将棋の頭（2670 m a.s.l）周辺で行われた。調査時期の平均気温は，およそ 14℃である。対象樹種は外生菌根菌種と共生するハイマツとミヤマハンノキ，エリコイド菌根菌種と共生するガンコウラン，キバナシャクナゲ，コケモモの計 5 樹種とした。調査地から，実生個体を丸ごと丁寧に掘り出し，根系を洗浄後，現場で速やかに N 吸収測定を実施した。N 吸収測定は溶液直接吸収法（図 1）で行った。無機態用と有機態用の根系をそれぞれ用意し，200  $\mu\text{mol L}^{-1}$  の濃度の N 溶液（ $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KNO}_3$  混合液，あるいはグリシン溶液）に浸し，一定時間静置させ，根の吸収を測定した（ $n=20$ ）。静置後，N 溶液と細根を採取し，溶液サンプルは比色分析によって濃度の測定を行った。コントロールとの濃度差，乾燥重量などから吸収速度を算出した。根系サンプルは，乾燥させたのち乾燥重量を測定した。

（図 1）  
溶液直接吸収法  
による測定  
根系を N 溶液に  
入れている様子



結果と考察

樹木細根によるアンモニア態 N の吸収速度は，樹種間で有意差は確認できなかったが，コケモモの吸収速度は比較的高い傾向にあった。硝酸態 N の吸収速度では，コケモモの吸収速度が有意に高かった。有機態 N の吸収速度は，有意差は見られなかったが，比較的エリコイド菌根種であるガンコウラン，キバナシャクナゲ，コケモモの値が高い傾向にあった。3 つの N 形態の吸収速度の合計に占める各 N 吸収の割合では，全樹種で有機態 N が全吸収量の 50% 以上を占めた。次いでアンモニア，硝酸の順でその割合は低くなった。コケモモの N 吸収速度が高い傾向にあったことから，積極的に資源獲得を行う種であることが推察される。また N 吸収は菌根タイプによっても違いが見られ，エリコイド菌根は外生菌根よりも高い吸収能を有している可能性がある。3 つの N 形態の中で有機態 N 吸収速度が最も高かったことから，高山帯の N 吸収は有機態 N 吸収が活発に行われていることが分かった。

以上より，本調査地の中央アルプスの標高 2600 m を超える森林限界域では，無機態 N 吸収よりも有機態 N 吸収の依存度が高いと考えられる。また N 吸収においてエリコイド菌根種は，外生菌根種よりも獲得的な戦略を有しており，特にコケモモは，高い N 吸収能を持っている可能性が示唆された。

## 立山高山帯に放置されたゴミの種類とその分布 — 潜在的な分布予測に向けた種分布推定モデルの応用 —

○峯村友都（富山大・院・理工学教育部），和田直也（富山大・研究推進機構 GRASS）

【はじめに】プラスチックは軽量で加工しやすく、腐食及び腐敗しづらいという特徴から、様々な形で利用され我々の生活に浸透している。しかし近年、マイクロプラスチック（MP）による環境汚染が世界各国で問題視され、海洋・沿岸域だけでなく人里離れた山岳域においても MP が検出されており、陸域環境におけるそれらの発生源や分布、動態についての理解が喫緊の課題となっている。山岳地では、雪や雨を介した周辺地域からの「大気輸送」が MP 汚染の原因の一つとされると共に、「観光」も主な発生源として報告されている。ここで MP とは、工業的に 5 mm 以下で生産される一次 MP と、自然環境下で物理的、光化学的に破砕された二次 MP のように発生過程によって 2 つに大別される。従って、山岳観光地内で放置されたマクロプラスチックが二次 MP の発生源として山岳生態系の MP 汚染のさらなる原因となる可能性がある。また、一般的に「観光資源の毀損」は観光客が直接的な原因になる場合の他に、観光に関連する事業者等の活動が原因となる場合の 2 つに大別される。そこで本研究では、山岳公園に放置されたゴミの種類とその分布、それらの発生源を推測するとともに、生物種の分布推定モデル（SDM: Species Distribution Model）を応用し、ゴミの在データからゴミの潜在的な分布と、ゴミの蓄積しやすい環境の特定を試み、国立公園の持続的な利用に向けて提言を行うことを目的とした。

【調査地】調査地は日本を代表する山岳観光地である中部山岳国立公園立山の高山帯とした。ここでは、登山やウィンタースポーツを目的とした訪問者や、風景地の散策を目的とした観光客が主な利用者である。標高 2,450 m に位置する室堂ターミナルまでは、立山高原バス道路が整備されているため、利用者は比較的容易に山岳地を訪れることができる。また、登山道を管理する環境省や保安林等を管理する林野庁、市町村・山小屋・運輸事業者等で構成される立山黒部環境保全協会などによって、定期的にゴミの持ち帰り運動の実施や啓発活動、清掃活動が行われている。

【材料と方法】登山道を含め、美化清掃活動が行われていない登山道から離れた地域まで、ゴミの採取及び分布調査を実施した。調査は 2020 年 10 月、2021 年 4～9 月、2022 年 7 月と 10 月、2023 年 4～9 月に実施し、ゴミ発見時には GNSS レシーバー（GPSMAP64（Garmin 社製））を用いて地理座標を記録した。ゴミはその場で回収し、研究室にて種類を同定するとともに、1) 大きさ（高さ×幅×奥行）、2) 乾燥重量を計測した。空間分布の解析には在データのみを使用することで発生確率を予測する MaxEnt モデルを用い、2023 年に発見したゴミの一部を対象に、それらの潜在的な分布を予測した。2022 年 10 月下旬にドローン（Phantom 4 RTK（DJI 社製））を用いて取得された空撮画像から Metashape Professional（Agisoft 社製）を用いて DEM（数値標高モデル）を作成し、この DEM を基に、ArcGIS Pro（ESRI ジャパン社製）並びに QGIS を用いて立地環境に関する 8 つの要因（標高、曲率、積雪深、傾斜角、登山道からの最短距離、道路からの最短距離、建築物からの最短距離、谷部からの最短距離）を算出し、モデルの構築に使用した。

【結果と考察】4 年間の調査の結果、プラスチック、紙、金属、ガラス、木材、布からなるゴミ計 1,319 点が記録され、中でもプラスチック製品が多くを占めた。プラスチック製品には観光客由来と考えられる、飴や軽食の個包装などに加えて、道路管理業者由来と考えられる、道路の安全管理のために使用される旗（繊維がほどけて断片化したものを含む）等が確認された。ここで旗由来のゴミに着目すると、最も近い道路脇から少なくとも 360 m 離れた植生帯まで移動していたものがあり、しかも、その場所は登山道から 750 m も離れていたことが確認されたことから、美化清掃活動が行き届かない地域にまで事業者由来のゴミが拡散していることが明らかとなった。2023 年に回収したゴミの一部を対象に、その種類ごとに MaxEnt モデルを用いて解析を行った結果、旗由来のゴミは室堂ターミナルに近いほど存在予測確率が高く、さらに谷部ほど蓄積されやすいことが示唆された。その他の情報も加え、持続的な観光を可能にする望ましいゴミの管理方法について考察を行う。



筑波大学山岳科学センター八ヶ岳演習林  
長野県南佐久郡南牧村野辺山 462-4