



## 2019年度 日本生態学会 中部地区大会 講演要旨集



### 日時

2019年11月16日(土)

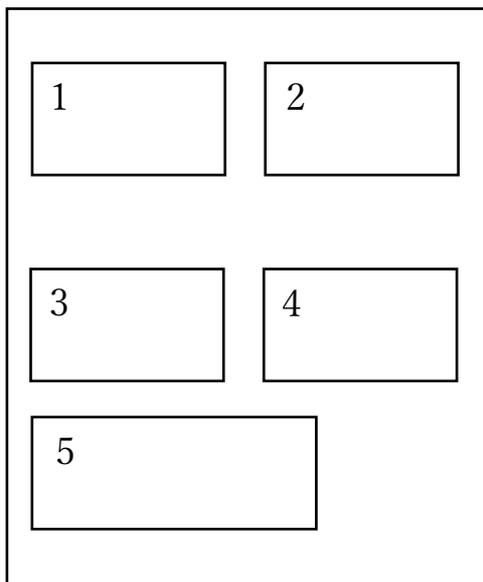
13:00~17:45

### 場所

名城大学

天白キャンパス

(表紙・写真説明)



1. 名古屋城
2. 中川運河
3. 東山公園
4. 藤前干潟
5. 熱田神宮

(全写真提供：名城大学 橋本啓史)

2019 年度 日本生態学会 中部地区大会

2019 年 11 月 16 日 (土)  
名城大学 天白キャンパス

目次

|                          |    |
|--------------------------|----|
| プログラム . . . . .          | 1  |
| 会場へのアクセス・会場案内図 . . . . . | 2  |
| 発表一覧 . . . . .           | 3  |
| 要旨集 . . . . .            | 5  |
| 参加者名簿 . . . . .          | 24 |

## 2019年度 日本生態学会 中部地区大会 プログラム

### ○日時

地区大会： 2019年11月16日（土）13:00-17:45

懇親会： 2019年11月16日（土）18:00-

### ○大会会場

地区大会会場： 名城大学 天白キャンパス

所在地： 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501

電話： 052-832-1151

URL： <https://www.meijo-u.ac.jp/about/campus/tempaku.html>

懇親会会場： がブリチキン。塩釜口店

所在地： 名古屋市天白区塩釜口2-908 1F

電話： 050-5223-5548

参考URL： <https://www.hotpepper.jp/strJ001187743/>

### ○プログラム

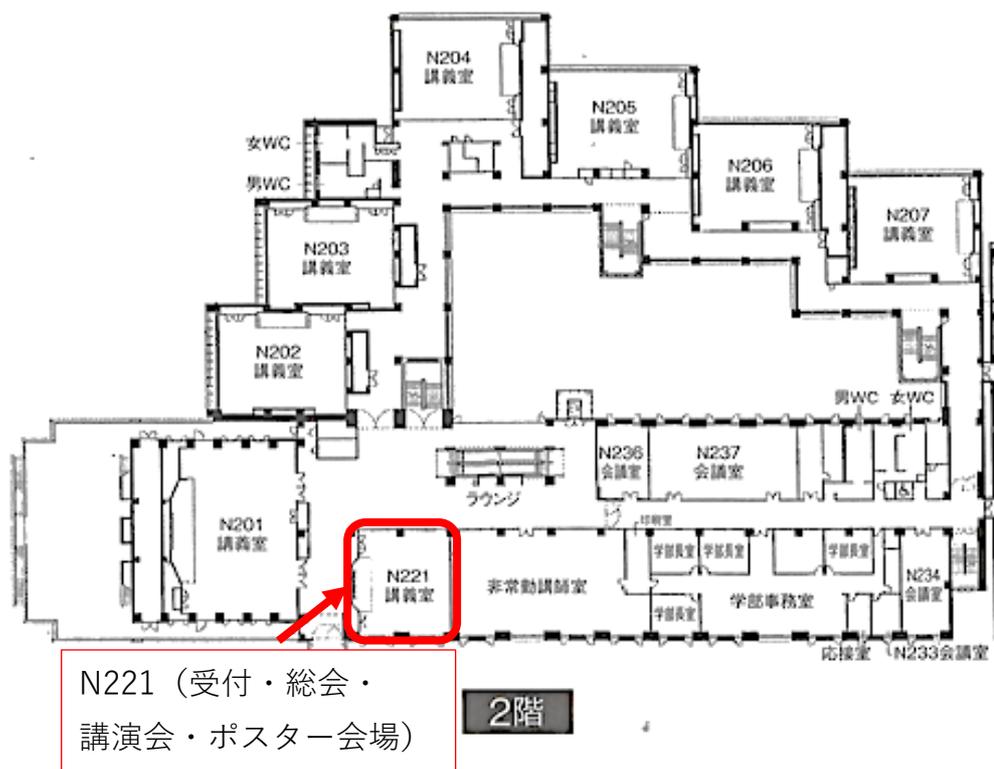
受付会場： 名城大学共通講義棟北2階 N221

1. 総会 13:00-13:45（共通講義棟北2階 N221）
2. 特別講演会 13:50-15:00（共通講義棟北2階 N221）  
「森の小さな根の生態」 信州大学理学部 牧田直樹
3. ポスター発表会 15:00-17:00（共通講義棟北2階 N221）
4. ポスター賞表彰式、片付け 17:00-17:45
5. 懇親会（有料、希望者のみ） 18:00-

## 【会場へのアクセス】



## 【会場内配置図】



講演・ポスター発表一覧 ※ポスターNo.末尾の#はポスター賞の審査対象であることを示す

| NO.    | タイトル                                                                         |
|--------|------------------------------------------------------------------------------|
| 講演会    | 森の小さな根の生態<br>○牧田直樹（信州大学理学部）                                                  |
| P-1    | 複数の指標を用いた生態系サービスの地図化<br>○山本真人，大野研（三重大）                                       |
| P-2 #  | スペクトルカメラを搭載した UAV による水稻診断法の確立<br>○丸山拓巳，藤原洋一，塚口直史，長野峻介，一恩英二（石川県立大）            |
| P-3 #  | 雪害による樹冠欠損がスギの樹液流速に与える影響<br>○砥綿夕里花，斎藤琢（岐阜大）                                   |
| P-4 #  | 白山千蛇ヶ池雪渓における融雪熱収支特性～千蛇ヶ池は多年性でなくなってしまうのか～<br>○岩佐海杜，藤原洋一，小川弘司，長野峻介，一恩英二（石川県立大） |
| P-5 #  | スギ林における降雪遮断の評価—樹冠通過水量推定式確立を目指して—<br>○川田秋雅，藤原洋一，長野峻介，一恩英二，高瀬恵次（石川県立大）         |
| P-6 #  | 雪害による樹冠欠損がスギの幹表面呼吸の鉛直変化へ与える影響<br>○高橋春那，斎藤琢（岐阜大）                              |
| P-7 #  | 里山景観における森林と水田畦畔との接続性の違いが土壌動物群集および物質循環機能に与える影響<br>○古郡憲洋，岸本圭子，本間航介（新潟大）        |
| P-8 #  | まれな送粉者を対象としたカメラトラップ調査—カメラトラップの有効性の検証—<br>○末永海人，北村俊平（石川県立大）                   |
| P-9 #  | 同所的に生育するキイチゴ属3種の種子散布者はだれか？—カメラトラップによる果実持ち去り量の比較—<br>○西野貴晴，北村俊平（石川県立大）        |
| P-10 # | 花粉媒介におけるキカラスウリのフリンジ花卉の機能は何か—花卉処理実験による検証—<br>○金森萌乃香，北村俊平（石川県立大）               |
| P-11 # | ヒノキ細根系の枯死時における根の脱落場所<br>○吉田徹，土居龍成，和田竜征，谷川東子，平野恭弘（名古屋大）                       |
| P-12 # | 霧ヶ峰高原における蛾類群集と植生環境との関係および環境評価の有効性<br>○田島尚，大窪久美子（信州大）                         |
| P-13 # | アリーアブラムシ系の個体群ダイナミクス<br>○中井貴生（名古屋大院），乾陽子（大阪教育大），時田恵一郎（名古屋大院）                  |
| P-14 # | オドリコソウの集団内・集団間における花筒長の変異と訪花者サイズの変異の関係<br>○田路翼，石本夏海，江川信，中瀬悠太，市野隆雄（信州大）        |

---

NO.

タイトル

---

- P-15 # クロサンショウウオの地域集団ごとの遺伝的固有性と高山帯への分布拡大プロセス  
○佐藤真（富山大）、白石俊明、澤田研太(富山県立山カルデラ砂防博物館)、亀谷三志（氷見市）、山崎裕治（富山大）、南部久男（富山市科学博物館）
- P-16 # 森林樹木 22 種における葉柄の力学的特性と解剖学的特性の関連  
○高井紀史、長田典之（名城大）
- P-17 # 部分的菌従属栄養植物イチヤクソウ (*Pyrola japonica*) のアルビノ個体と緑色個体での安定同位比の変化  
○山口友祐、松尾奈緒子（三重大院）、伊藤純子（千葉中央博ボランティア）、橋本靖（帯畜大）、松田陽介（三重大院）
- P-18 # 低層におけるサギ類の繁殖成績と営巣高の関係  
○西村祐輝（名城大）

### 森の小さな根の生態

○牧田直樹(信州大・理学部)

土壌中に張り巡らされた根っこは、体を支えながら、生きるのに必要な水分や養分を土壌から吸収している。しかし、根は土の中に隠れているため、その全貌を見ることはなかなか困難である。その隠された植物の根系は、一体どのような姿をしているのであろうか？また、どのような振る舞いをしているのであろうか？土壌の中で生き抜くには、それ相応のストレスに耐えなければならず、防御の必要性がある。一方、資源を獲得するための性質も必要である。その結果、葉の樹種の形質の違いと同様に、根系もさまざまな姿かたちをしている(図)。私は、根系の中でも直径2mm以下の小さな根(細根)が周りとのかかわりの中でどのように生きているのか、そしてその結果どのような生態系機能を発揮するのかを明らかとするため、マレーシアや日本、ロシア、フィンランド、アラスカなどの様々な森林帯で研究をしている。本講演では、森の小さな根っこの生態の一端を掘り下げてご紹介したい。

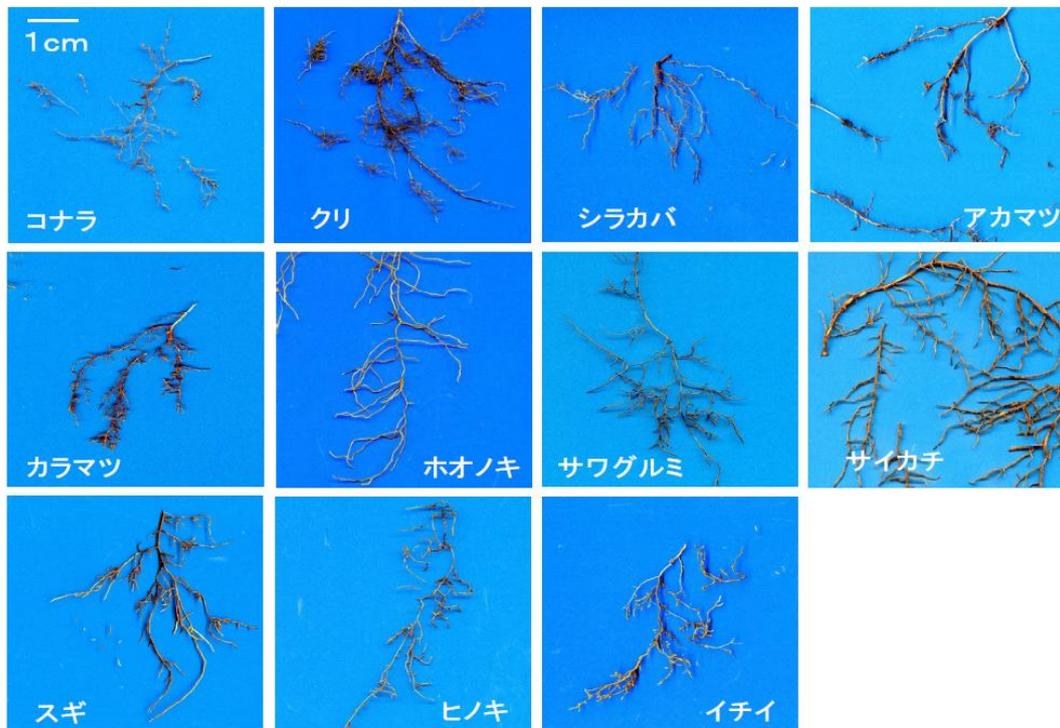


図 信州のさまざまな根系の姿

(参照 : Yahara et al. 2020 Oecologia, Tanikawa et al. 2020 Plant and Soil)

連絡先 : 牧田直樹 macky@shinshu-u.ac.jp

## 複数の指標を用いた生態系サービスの地図化

○山本真人(三重大・生物資源学研究科), 大野研(三重大・生物資源学研究科)

### 1. はじめに

三重県南部は過疎化が進行している地域であり、人口や経済力等の地域間格差が問題となっている。一般的には南部における過疎地域の振興のための施策として、道路建設が挙げられている。一方で、ミレニアム生態系評価で議論されたような生態系サービスを三重県において考慮に入れた解析は少ない。本研究では、三重県における生態系サービスについて、地域ごとの課題を探するため、複数の指標を用いて GIS を用いて地図化を行った。

### 2. 対象地域

三重県全体を対象とし、供給サービスとしての農業産出額に関しては昭和 25 年の市町村ごとに按分した。

### 3. 使用データ

JSSA<sup>2)</sup>, Maes らの研究<sup>3)</sup>, JBO2<sup>4)</sup>において挙げられた指標に基づいて解析した。供給サービスとしての農業産出額に関して、農林水産省が公開している「市町村別農業産出額」の「耕種」および農業センサスの「経営耕地面積規模別面積」を用いた。調整サービスには、二酸化窒素・二酸化硫黄吸収能力として、MODIS より一次総生産量のデータを取得した。文化的サービスに関しては、国土数値情報にて公開されている「観光資源」、加えて、グリーンツーリズムの指標として三重県発行の「いなか旅のススメ」に記載の地域資源を活用して農山漁村ビジネスの取り組みを進めている施設のデータを使用した。

### 4. 解析手法

市町村別農業産出額に関しては、農林業センサスの「経営耕地面積規模別面積」で按分した。一次総生産量は、MODIS のデータを用いた。「観光資源」および「いなか旅のススメ」に記載の施設に関しては、カーネル密度推定を行った。その上でそれらのデータを GIS により図示した。

### 5. 解析結果

供給サービスとしての農業産出額に関しては、北部と御浜町の海岸部および伊賀地方で高い値を示した。調整サービスとしての二酸化窒素・二酸化硫黄吸収能力に関しては、サービスの高い地域が南部の沿岸部に存在していた。文化的サービスとしての観光資源に関しては、特に北部の海岸に近い地域と伊賀地方において多い傾向があった。「いなか旅のススメ」に記載の施設は、中南部の山間地域に集中していた。発表では、地図化を行った解析結果に基づき、三重県内での生態系サービスの空間分布について議論する。

### 参考文献

- 1) 横浜国立大学 21 世紀 COE 翻訳委員会 (2007): 生態系サービスと人類の将来: オーム社, 241pp
- 2) 国際連合大学高等研究所日本の里山海評価委員会 (2012): 里山・里海—自然の恵みと人々暮らし: 朝倉書店, 224pp
- 3) Joachim Maes *et al.* (2016): An indicator framework for assessing ecosystem services in support of the EU Biodiversity Strategy to 2020: *Ecosystem Services* 17, 14-23.
- 4) 環境省: 環境省\_生物多様性及び生態系サービスの総合評価 (JBO2): <<http://www.env.go.jp/nature/biodic/jbo2.html>>, 2019.4.2 更新, 2019.10.22 参照

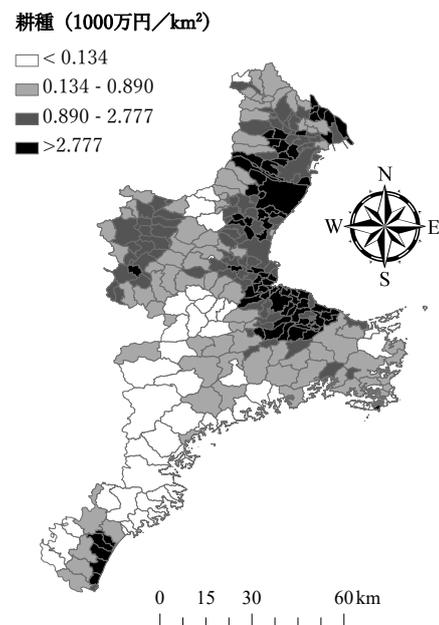


図 1 三重県における供給サービスとしての農業産出額の空間分布

## スペクトルカメラを搭載した UAV による水稻診断法の確立

○丸山拓巳(石川県大・生物資源環境学部),  
藤原洋一, 塚口直史, 長野峻介, 一恩英二(石川県大・生物資源環境学部)

### 1. はじめに

小型のマルチスペクトルカメラが比較的安価に入手できるようになり、UAV (Unmanned aerial vehicle : 通称ドローン) と組み合わせた水稻生育モニタリングに注目が集まっている。しかし、撮影方法や画像処理方法のノウハウはあまり共有されておらず、どの様にすれば精度良くデータを取得できるのかは分かっていない。さらに、UAV によって得られるデータが、実際に農家の方にどれほど有益なものであるかを示した事例はほとんどない。そこで、本研究では、精度よくデータを取得するための撮影方法、実際の現場での有用性について検討することを目的とした。

### 2. 研究方法

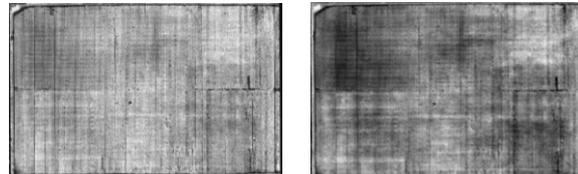
**2.1 使用したスペクトルカメラと UAV** 使用したスペクトルカメラは、Parrot 社の Sequoia (セコイア) で、現在最も利用されているカメラの一つである。緑(Green:550nm)、赤(Red:735nm)、レッドエッジ(Red edge:735nm)、近赤外(NIR:790nm)の反射率データを得られる。さらに、植生指数には NDVI(正規化植生指数)を利用することとし、NDVI を求める際には赤および、近赤外の反射率データを使う。UAV には Bluegrass を使用した。Bluegrass はセコイアを内蔵したタイプの UAV であり、アプリを使うことによって容易に飛ばすことができる。

**2.2 撮影方法に関する検討** 精度よくデータを取得するための条件として、時間帯、撮影高度の2つに着目した。時間帯については8時、12時、16時の条件で撮影を行った。また、撮影高度については30m、90m、150mの条件で撮影を行った。

**2.3 定期観測** 実際の現場での実用性を検討するために、週に1回のペースで撮影を行い、イネの生育モニタリングを行った。撮影条件は、8時、高度30m、オーバーラップ率80%とした。

### 3. 結果

図1(a)に7/1の8時の撮影結果、図1(b)に7/10の12時の撮影結果を示す。これを見ると(b)はイネの列が不鮮明になっていることが分かる。これは、日中の方が早朝よりも風が一般的に強いいため、風の影響を受けていると考えられた。よって、鮮明なイネの様子を捉えるには、風の弱い時間帯を選ぶことが必要であると分かった。



(a) 8時 (b) 12時  
図1 近赤外 (NIR) のオルソ画像

次に、撮影高度ごと(30m、90m、150m)の反射率データを用いて NDVI 画像を作成した。3種類を比較したところ、高度には関係なく、品種間の違いを識別できることが分かった。高度30m時の画像は、高度150m時の画像より、解像度が約5倍優れている。しかしながら、高度30mの画像処理時間は、高度150mの画像処理時間より1時間以上長くなった。これらを考慮すると、NDVIの傾向を読み取るには、高度を上げて撮影を行う方が、効率が良いことが分かった。

さらに、栽植密度2パターン(密植区、疎植区)施肥量を3パターン(多肥、標肥、少肥)設定した圃場を定期観測し、NDVIの時系列変化をまとめた。その結果、生育初期において、疎植区の標肥、少肥区の2区画ではNDVIの値が他の区画より優位に低くなっていた。しかし、田植えから1ヶ月経過すると、すべての区画においてNDVIの値が上限値に近くなり飽和していることが分かった。そのため、6/30以降では、区画による違いは観測できなかった。

### 4. まとめ

精度よく撮影するための時間帯の検証から、風の弱い時間帯(朝)に撮影をすることが好ましいと考えられた。また、撮影高度の検証では、NDVIの傾向を見るのであれば、高度を上げて撮影の方が効率的であると分かった。定期観測を行い、NDVIを用いて生育のモニタリングを行ったところ、約1か月後にはNDVIの値が飽和に達し、区画の違いを判別できなくなることが分かった。そのため、別の植生指数を用いたモニタリングが必要であることが分かった。

## 雪害による樹冠欠損がスギの樹液流速に与える影響

○砥綿夕里花(岐阜大・応用生物科学部), 斎藤琢(岐阜大・流域研)

日本の森林の水源涵養能を評価するために、日本の主要な造林種であるスギを対象とした蒸散量、蒸発散量の定量的な評価やその環境変動応答に関する研究が行われてきたが、その多くが自然撓乱をほとんど受けていない林分を対象とした研究である。スギは雪害に対する抵抗性が弱いことが知られており、冷温帯地域では頻繁に雪害によるスギ林の撓乱が生じている。したがって、雪害による撓乱がスギ林の蒸散量に及ぼす影響を評価することが重要であるが、このような林分を対象とした蒸散量研究は皆無である。

林分の蒸散量の代表的な推定方法の一つに、樹液流計測を基にしたスケールアップ手法がある。この手法では、樹木特性(例えば、胸高断面積や葉面積)や、個体間および個体内の樹液流のばらつきを考慮して供試木を選定し、供試木で観測された樹液流速を個体・林分スケールへスケールアップする。雪害を受けた森林では、健全木と雪害によるダメージを受けた個体が混在する樹冠状態が不均一な林分となることが多い。このような空間的不均一性が高い林分では、樹液流速の時空間的なばらつきに樹冠状態がどのような影響を及ぼすのかを明らかにすることが、対象林分にスケールアップ手法を適用する上で特に重要となる。

そこで本研究では、2014年12月に雪害を受けたスギ林分において、健全木(以下H)と雪害によって樹冠を一部欠損した樹冠一部残存木(以下、BSc)の樹液流速を測定し、①樹液流速の季節変動特性と、②個体間および個体内の樹液流速のばらつきについて、HとBSc間の比較を行うことで、雪害による樹冠欠損がスギの樹液流速に与える影響を明らかにする。

調査は2019年4月から8月の間、岐阜大学流域圏科学研究センター高山試験地の常緑針葉樹林サイトにて行った。このサイトの主要な樹種はスギで、サイト内にはHとBScが混在している。本研究では胸高直径の相違性が樹液流速に及ぼす影響を極力除外するため、胸高直径の比較的近い個体(28cm~33cm)を選別し、HとBScそれぞれ4個体、計8個体を調査対象とした。各個体の樹液流速は同時に東、西、北の3方位でグラニエ法によって測定した。また、樹液流速と樹冠状態の関係を明らかにするため、樹冠長をレーザー距離計にて測定した。さらに、樹液流速と気象・土壌環境条件の関連性を調べるため、気温、相対湿度、降水量、日射・土壌水分量の観測を行った。

HとBScの樹液流速の季節変動に相違性はなく、両者は日射量と大気飽差の大きい5月に最大となった。BScの樹液流速は、Hの樹液流速の約半分となった。また、BScではHよりも方位によるばらつきが大きくなった。個体ごとの樹液流速のばらつきについては、Hではどの個体間にも有意な差はなく、BScでは多くの個体同士で有意な差がみられた。さらに、各個体の樹冠長と樹液流速には高い相関がみられた。

HとBScとで樹液流速に大きな差がみられたこと、BScは方位や個体ごとのばらつきが大きかったことから、雪害による樹冠欠損は、個体間および個体内の樹液流速の不均一性を増加させると予想される。また、樹冠長と樹液流速に高い相関がみられたことから、各個体の樹液流速は葉量に依存している可能性があることが示唆された。

## 白山千蛇ヶ池雪渓における融雪熱収支特性 ~千蛇ヶ池は多年性でなくなってしまうのか~

○岩佐海杜(石川県立大学・生物資源環境学部)  
藤原洋一, 小川弘司, 長野峻介, 一恩英二(石川県立大学)

1.はじめに 千蛇ヶ池雪渓は、日本三霊山の一つである石川県の白山山頂付近(標高 2570 m 付近)に存在し、白山お池めぐりコース唯一の多年生雪渓として観光客から親しまれる観光名所である。雪渓観測は地球温暖化などの気候変動指標の1つとして重要な役割を果たしている。本研究では2017年から2019年の夏季から秋季において、白山千蛇ヶ池雪渓における融雪に寄与する熱エネルギーを求め、融雪熱収支特性を調べることを目的とした。また温暖化による気温上昇に伴い、千蛇ヶ池雪渓が多年性雪渓でなくなってしまうのかについても熱収支特性から考察を行う。

### 2.研究方法

**2.1 融雪熱収支** 室堂裏での気象観測、雪渓でのアルベド観測を行い、融雪熱収支を求めた。気象観測は10分毎に観測した。アルベドは8月と10月の2回、数か所でスペクトルメータを用いて観測を行った。表1に各熱量と推定に使用した気象項目を示す。地中伝導熱に関しては、1日に1mm融雪すると仮定した。アルベド観測については2019年のみの観測であるため、2019年のデータを2017年と2018年にも使用した。

表1 熱収支と気象項目

| 各熱量    | 推定に必要な気象項目                   |
|--------|------------------------------|
| 純放射量   | 日射量、気温、水蒸気圧                  |
| 潜熱輸送量  | 風速、大気圧、水蒸気圧                  |
| 顕熱輸送量  | 気温、風速                        |
| 降雨熱輸送量 | 気温、雨量                        |
| 地中伝導熱  | 一律 2.83 W/m <sup>2</sup> とした |

**2.2 融雪量** 熱収支より求めた単位面積当たりの融雪量と、実測した単位面積当たりの融雪量を比較した。熱収支より融雪量を算出する際の積雪密度は、2019年7月末にサンプラを用いて求めた。2017年と2018年の積雪密度のデータはないため2019年のデータを代用した。

### 3.結果・考察

**3.1 融雪量** 実測の融雪量と計算値を比較したところ、その差は2017年で0.13 m、2018年で1.28 mとなり、計算値が過小推定となっていた。積雪密度は年毎で大きく変化しないと考えると、2018年の融雪量の差が大きくなったのはアルベドが1つの原因と考えられる。雪渓表面の不純物は降雨によって洗い流されていると考えられるが、2018年の期間合計雨量(8/9~10/9)は2019年の約45%しかなく、不純物が洗い流されにくくアルベドが低かったと予想される。

**3.2 融雪熱収支** 図1に各年の熱収支構成割合を示す。9月以降は気温の減少に伴い長波放射量が大きく減少している。また各年、各月において純放射量が熱収支の約半分を占めている。2018年と2019年の融雪量が2017年よりも大きくなったのは潜熱と顕熱、下向き短波放射量が2017年よりも大きかったためである。図2に3年分の平均気象条件値において気温を上昇させた場合の増加融雪量(融雪期間8/1~10/15)を示す。気温が1℃上昇した場合0.54 mの融雪量が増加する。気温上昇に伴う融雪量の増加は、積雪による雪渓の高さの増減よりもかなり小さいことから、融雪が始まるときの雪渓の大きさの方が、多年性で存続できるかに影響を及ぼすと考えられる。よって高山地域における積雪量の変動が多年性雪渓でなくなるのかを決めると考えられる。

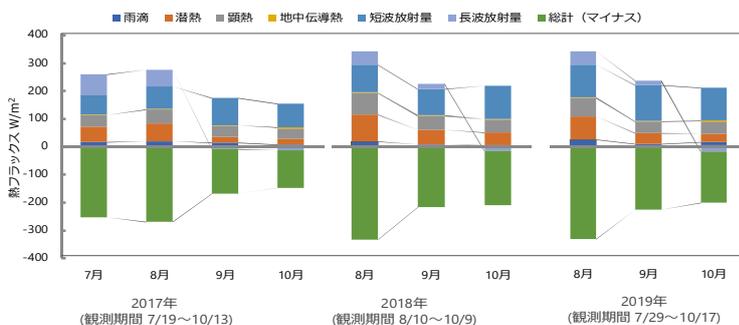


図1 熱収支構成割合

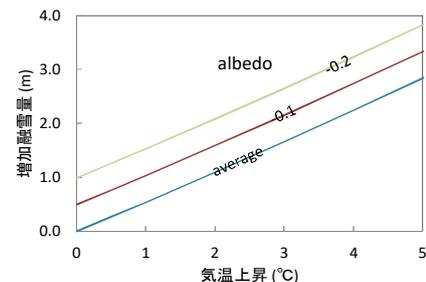


図2 気温上昇に伴う増加融雪量

## スギ林における降雪遮断の評価—樹冠通過降水量推定式の確立を目指して—

○川田秋雅（石川県立大・生物資源環境学部）、  
藤原洋一、長野峻介、一恩英二、高瀬恵次（石川県立大学）

### 1. はじめに

林地における降水は一部が樹木の葉や枝、幹により遮られる。遮られた降水は葉や枝から滴り落ちる滴下雨、幹を伝って流れる樹幹流、地表に到達することなく再び大気中へ放出される樹冠遮断に分かれる。この樹冠遮断は雨では一般に全降水の 20%~30%であり、雪ではさらに雨の数%~10%ほど大きいと報告がされている。このため、この遮断量を正確に把握することは森林の水源涵養機能の評価に極めて重要である。しかし、降雨に対する樹冠遮断の研究事例に比べ、降雪に関する樹冠遮断の研究は少なく、また、地点毎の報告事例がほとんどであり定量的な評価をするに至っていない。そこで、本研究ではスギ林における冬季の樹冠通過降水量を観測し、雪の樹冠遮断について定量的に評価することを目的とした。

### 2. 観測方法

石川県林業試験場（石川県白山市）のスギ林を対象地とし、林内外に観測地を設け、2018年11月27日から2019年4月4日まで（128日間）観測を行った。また融雪や積雪に影響を与える風速・気温・日射・純放射・降水量について、気象観測機を用いて観測を行った。林内外に降水量計（ポリバケツ）を設置して観測期間中に計14回（12/1、12/11、12/15、12/21、12/25、1/6、1/15、1/22、1/30、2/6、2/19、3/5、3/19、4/4）、林内の樹冠通過降水量（滴下雨と直達雨）と林外降水量を吊はかりを用いて計測した。雨の通過降水量と雪の通過降水量を比較する目的から、計測した14回のイベントを気温 2.3℃を閾値として雨雪判別を行った。イベント中の降水量の50%以上が雪の場合、そのイベントの降水形態を雪と判定することにした。そして、判別された雨のイベントと雪のイベントの樹冠通過降水量、樹冠通過降水率（林外降水量に対する林内降水量の割合）を比較することで、降水形態による通過率などの違いを調べた。さらに、ほかの研究事例とも合わせることで、通過率の一般式を求めることを試みた。

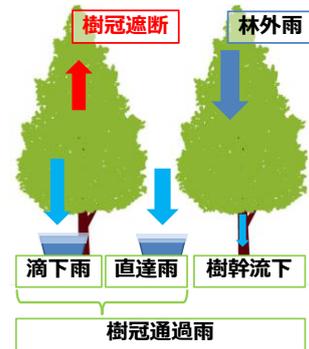


図-1 林内における降水の種類

### 3. 結果と考察

雨と雪のイベントについて、樹冠開空度と樹冠通過率との関係を比較した。雨雪ともに樹冠開空度と樹冠通過率の間に強い相関がみられたが、雪の通過率の方が雨の通過率よりわずかに高かった。また、樹冠通過量と降水量の関係を見たところ、雨雪ともに樹冠通過量と降水量との間に非常に強い相関がみられ、雨と雪の間に通過量の差はみられなかった。樹冠通過率と降水量との関係に関しては、雨のイベントにおいて樹冠通過率と降水量との間に相関がみられたが、雪のイベントにおいては樹冠通過率と降水量との間に相関はみられなかった。

また、降雪遮断について研究した論文を収集し、これらの論文から樹冠通過率、開空度、樹高立木密度などの情報を抽出した。開空度と樹冠通過率との関係を調べたところ（図 2）、対数曲線によっておおよそ近似できることが分かった。また、立木密度と通過率の間にも弱い相関がみられたが、樹高と通過率の間には相関は見られなかった。これらの結果、樹冠通過率と開空度の間には強い相関があり、図 2 の近似式は雪の通過率の一般式として利用することができる。

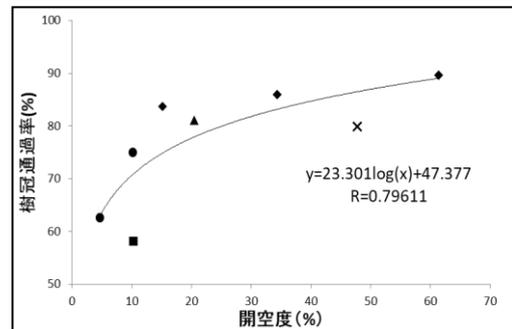


図-2 各地点の開空度と樹冠通過率の関係

×:本研究 (2.3℃) ●:野口・西園(2010)

▲:阿部ら(2016) ■:久保田・岡本(2015) ◆:金子ら

## 雪害による樹冠欠損がスギの幹表面呼吸の鉛直変化へ与える影響

○高橋春那（岐阜大・院・自然科学技術研究科），斎藤琢（岐阜大・流域研）

中部山岳地域では、地球温暖化の進行により内陸部における豪雪頻度の増加が予想されており、今後益々雪害による森林生態系の自然攪乱が増加する可能性がある。冠雪害はスギ林生態系における代表的な攪乱の一つであり、スギ林の炭素循環の長期変動を考える上で、雪害による自然攪乱がスギ林の炭素循環過程へ及ぼす影響を理解することが重要となる。幹から大気へ放出される CO<sub>2</sub>は植物が固定する CO<sub>2</sub>の 11~45%程度を占めることが知られており、森林生態系の炭素循環を考える上で重要視されている要素の一つである。大径木の個体スケールの幹呼吸の推定方法の一つに、選定個体を対象にチャンバー法を用いて 100 cm<sup>2</sup>程度の面積の幹表面呼吸を観測するとともに直径調査を基に幹表面積を推定し、これらに乗じるスケールアップ手法がある。近年、同一個体において幹表面呼吸の鉛直変化があることが指摘されており、チャンバーによる幹表面呼吸の観測値を基に個体スケールへスケールアップを行う際にはその鉛直変化を考慮する必要性が指摘されている。そこで本研究では、(1) 雪害による樹冠欠損がスギの幹表面呼吸の鉛直変化へ与える影響とその影響の要因を明らかにし、(2) 幹表面呼吸の鉛直変化の考慮の有無が個体スケールの幹表面呼吸の推定に及ぼす影響を定量的に評価する。

調査は岐阜大学流域圏科学研究センター高山試験地 TKC サイトにて行われた。当該サイトは 2014 年 12 月に一部大きな雪害を受け、健全木 (H)、樹冠一部残存木 (BSc)、幹折木 (BS) の樹冠状態の異なる 3 種類のスギが混在している。本研究では H、BSc、BS の各種につき 3 個体、計 9 個体を観察対象とし、地上高約 1 m (以下、下側) と 2.8 m (以下、上側) の北側側面に 2 つカラーを設置した。2019 年 6 月から 9 月の間おおよそ月に一度、幹表面呼吸観測および環境要因計測を行った。また BS について胸高直径と樹高の計測を行い、下側の観測値のみを用いた推定方法 (方法①) と、下側と上側の観測値を用いた推定方法 (方法②) の 2 つの推定方法により、1 個体あたりの幹表面呼吸を推定し比較した。

いずれの樹冠状態においても、観測高度に関わらず、幹表面呼吸量はおおむね 7 月に最大となる明瞭な季節変化を示した。樹冠状態で比較すると、H が最も高く、次いでおおむね BS、BSc の順となった。また、上下の幹表面呼吸量を比較すると、BS についてのみ初夏 (6、7 月) において、上側よりも下側の方が高いという傾向が見られた。この時期の BS の幹表面温度は、下側よりも上側の方が高いという傾向が見られ、BS において幹表面呼吸の鉛直変化が生じたのは温度による呼吸活動の活性度が要因ではないことが考えられる。また、2 つの推定方法により BS1 個体あたりの幹表面呼吸量を推測した結果、方法②よりも方法①の方が高い値となった。したがって、BS においては幹表面呼吸の鉛直変化を考慮しないでスケールアップを行うと過大評価する可能性が示唆された。今後は、含水量、樹液流速および微生物量の計測を行い、BS のみ幹表面呼吸の鉛直方向の変化が見られた要因を考察する予定である。

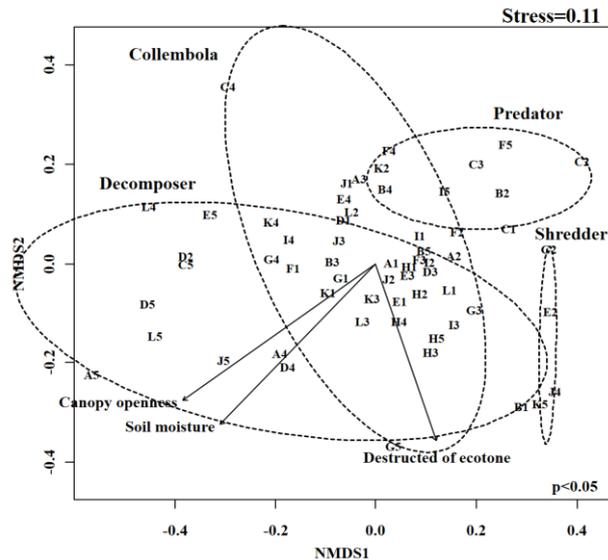
## 里山景観における森林と水田畦畔との接続性の違いが 土壌動物群集および物質循環機能に与える影響

○古郡憲洋(新潟大学大学院・自然科学研究科), 岸本圭子(新潟大学・研究推進機構), 本間航介(新潟大学・農学部)

里山の景観構成要素の接合部(以下、景観接合部と呼ぶ)では、生物の移動等を介して双方の景観要素が持つ物質循環機能が維持されてきたとされる。本研究では、里山の景観接合部に広く分布し、里山生態系内の物質循環に深く関与することが知られる土壌動物の群集解析と、里山の景観接合部における環境分析を実施し、森林と農地の接続性の違いが景観接合部に形成された環境勾配、土壌動物群集の存在様式、これらが駆動する物質循環機能に与える影響について定量的に評価した。

調査は、新潟県佐渡市小佐渡周辺の伝統的な畦畔管理がなされた地域と基盤整備と現代的な畦畔管理がなされた地域に存在する3つの里山で行った。各調査地に、林内から畔にまたがる長さ40~90mのベルトトランセクトを計12本設置した。各ベルトトランセクトの林内2地点、林縁1地点、畔2地点においてハンドソーティング法とツルグレン装置を用いて土壌動物群集の採集を行った。採取した土壌動物群集を食性が異なる、デコンポーザー、捕食者、シュレッダー、微生物食者、植食者、雑食者、トビムシの7つの機能群に分類し、各地点の機能群組成を比較した。各地点の土壌水分量、土壌硬度、開空率、リター量、植生を調査し、環境勾配の比較を行った。ベイトスティックを用いた有機物の分解実験を行い、土壌動物群集が駆動する物質循環機能を定量化した。

景観接合部に形成されたリター量の勾配のピークは、景観接合部の分断強度が高まるにつれて林内側へと後退することが示された。マント群落や袖群落などの林縁構造は森林内のリター量を増加させ、林縁付近における物質循環機能を高める可能性が示唆された。景観接合部を分断する構造物は、それ自身が土壌動物群集の移動を阻害する障壁となったり、土壌水分量の環境勾配を改変したりすることで、捕食者の個体数密度を低下させ、畔に生息する土壌動物群集の機能群組成を改変することが示唆された。また、こうした畔における捕食者の個体数密度の低下は、デコンポーザーやシュレッダーに対する捕食圧の低下を引き起こし、これに起因して有機物分解率が高まることを示唆された。このように、森林と農地が隣接する場合でも、その接続性の違いにより林縁部の生態学的機能が異なることが示された。



A, B, C, D indicates landscape type I. E, F indicates landscape type II. G, H, I, J, K, L indicates landscape type III. 1, 2 indicate the forest. 3 indicates the forest edge. 4, 5 indicate the paddy levee. In the subplot surrounded by the dotted line, each functional group is most dominant.

Fig. 1 景観構造的要因および微少環境要因が土壌動物の機能群組成に与える影響

## まれな送粉者を対象としたカメラトラップ調査 —カメラトラップの有効性の検証—

○末永海人(石川県立大), 北村俊平(石川県立大)

### はじめに

植物の送粉者を特定する手法には、直接観察、ビデオ観察、インターバル撮影などがある。しかし、ラン科などそもそも訪花頻度が低い植物や夜間の送粉者を簡便に観察する手法は限定されている。動物の熱を感知し、自動で撮影するカメラトラップは主に脊椎動物を対象として、長時間および夜間の観察に使われてきたが、訪花昆虫調査に応用した研究は未だ少ない。本研究では、①カメラトラップの性能調査をし、②直接観察の代替としてまれな送粉者の自動撮影を試み、訪花昆虫調査におけるカメラトラップの有効性を検証することを目的とした。

### 調査地・調査対象

① カメラトラップの性能調査: 石川県農林総合センター林業試験場のツリフネソウ科ツリフネソウ *Impatiens textori* を対象とした。

② まれな送粉者の自動撮影: 金沢大学角間キャンパスの里山ゾーンのラン科シュンラン *Cymbidium goeringii* とサイハイラン *Cremastra appendiculata* var. *variabilis* を対象とした。両種とも花粉塊の持去りの有無から、送粉者による訪花の有無が判断できる。

### 調査方法

①: カメラトラップと直接観察を同時に 2 時間実施した。「直接観察と一致する動画内の訪花数(一致数)」を「直接観察した総訪花数(総訪花数)」で除したものを検出率(%)とし、カメラごとに算出した。調査は 2019 年 9 月 12 日、20 日および 10 月 1 日に行った。

②: 両種の開花期間にカメラトラップを実施し、数日間隔で花粉塊の持去りの有無を確認した。シュンランで 2018 年 4 月 21 日~5 月 11 日および 2019 年 4 月 5 日~5 月 10 日、サイハイランで 2018 年 5 月 18 日~6 月 3 日および 2019 年 5 月 14 日~6 月 11 日に行った。

カメラトラップには、Ltl-Acorn 6210 を利用し、設定は撮影距離 50cm、撮影方法 Video、記録時間 60 秒、インターバル 0 秒、センサー感度 High とした。

### 結果

①: 動画と観察記録を比較した結果、トラマルハナバチのワーカー(トラマル W)は総訪花数 130 回、一致数 70 回、検出率 54%であった。ホシホウジャクではそれぞれ 6 回、4 回、67%だった。不調機体(検出率 50%未満)および予備調査(12 日)を除いた検出率は前者が 38 回、33 回、87%、後者が 3 回、2 回、67%だった。また 0.1 秒単位の静止画解析の結果、花への滞在時間がトラマル W で平均 2.9 秒(n=157)、ホシホウジャクで平均 0.6 秒(n=6)であった。

②: 2 年間の調査でシュンランの観察花数は 42 花、調査努力量は 281 カメラ日、総撮影枚数は 2,101 枚、訪花昆虫は 17 訪問であった。サイハイランでは、19 花序 248 花、398 カメラ日、4,649 枚、19 訪問であった。花粉塊の持去りは 2018 年のサイハイラン 1 株にて 1 個のみ確認された。カメラトラップによる撮影も成功し、送粉者はトラマルハナバチのクイーン(トラマル Q)であった。また調査した全調査個体で結実はなく、花粉塊の持ち込みはなかった。

### 考察

調査①では、訪花昆虫の体サイズが大きいほど検出率が高くなると予想されたが、ホシホウジャク(体長: 30mm、67%)よりトラマル W(体長: 12-18mm、87%)で検出率が高くなった。これはホシホウジャクの滞在時間がカメラのトリガータイム(約 0.8-1.2 秒)よりも短かったためだと考えられる。調査②より、花粉塊の持ち去り・持ち込みを含め、カメラトラップによる「送粉」の撮り逃しはなかったと考えられる。

体長 12mm 以上、滞在 1 秒以上の訪花者であれば、本研究と同程度の検出率となることが予想され、画角内で複数回訪花行動をとる場合は滞在が短い種であっても検出率は高くなると考えられる。

以上より、直接観察が困難なまれな送粉者調査において、カメラトラップは有効であり、直接観察を代替し得る手法といえる。

## 同所的に生育するキイチゴ属 3 種の種子散布者はだれか？ —カメラトラップによる果実持ち去り量の比較— ○西野貴晴(石川県立大), 北村俊平(石川県立大)

### はじめに

日本で見られる多くのキイチゴ属(*Rubus* spp.)は、先駆植物として知られており、間伐地や林縁などに広く生育する。その甘く目立つ果実は多くの哺乳類や鳥類が利用している。しかし、キイチゴ種間では果実のつき方など、種子散布に関わる果実形質が異なることから、それらの有効な種子散布者も異なると考えられる。本研究では、カメラトラップを用いて同所的に生育するキイチゴ属 3 種の果実食者の訪問頻度・果実持ち去り量を明らかにし、それらの量的に有効な種子散布者を解明することを目的とした。

### 調査対象と調査方法

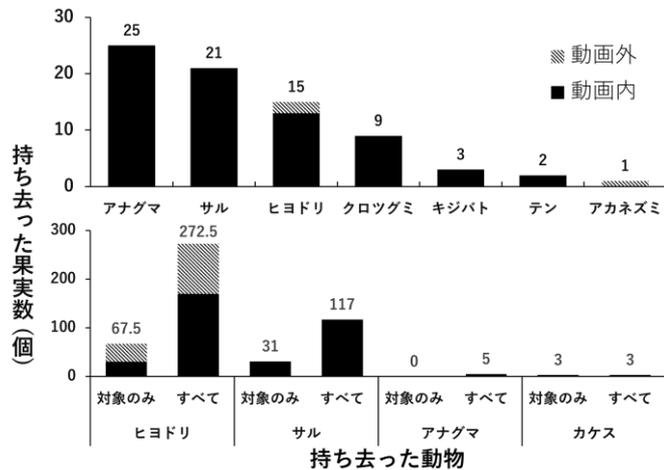
調査対象は、石川県農林総合センター林業試験場(北緯 36 度 25 分、東経 136 度 38 分、標高 220m)に同所的に生育するクサイチゴ、クマイチゴ、モミジイチゴの 3 種である。本発表では、クサイチゴ、ク

|         | クサイチゴ<br><i>Rubus hirsutus</i> | クマイチゴ<br><i>Rubus crataegifolius</i> | モミジイチゴ<br><i>Rubus palmatus</i> var. <i>coptophyllus</i> |
|---------|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 成熟期     | 5月下旬~6月中旬                      | 6月中旬~6月下旬                            | 5月下旬~6月下旬                                                |
| 果実のつき方  | 匍匐、果実が上向き                      | 低木、果実が上向き                            | 低木、果実が下向き                                                |
| 果実径(mm) | 14.3×13.4×12.4                 | 15.3×13.6×10.2                       | 13.2×12.2×10.0                                           |
| 糖度(%)   | 8.8                            | 9.5                                  | 10.8                                                     |
| 小果数(個)  | 129                            | 58                                   | 45                                                       |

マイチゴの結果について示す。調査は 2019 年 5 月 9 日から 7 月 10 日まで週 1 回行った。クサイチゴは 1m×1m のプロットを張り、11 箇所 166 果実を観察した。クマイチゴは枝ごとに番号をつけ、12 箇所 151 果実を観察した。果実は未熟・完熟・被食と分類して、それぞれ果実がなくなるまで記録した。カメラトラップを用いて、果実を利用する動物を記録した。カメラは Ltl-Acorn6210 を使い、撮影方法は Video、撮影時間は 60 秒、撮影インターバルは 0 秒、センサー感度は Normal に設定した。

### 結果と考察

両種の果実は 1 ヶ月以内ですべて消失し、そのうちクサイチゴでは 47%、クマイチゴでは 75%の果実持ち去りを確認できた。クサイチゴの調査努力量は 373 カメラ日、総撮影枚数 816 枚、有効撮影枚数 106 枚だった。哺乳類 6 種、鳥類 5 種、爬虫類 1 種が撮影され、果実を利用したのは、ニホンアナグマで 14 訪問 25 個、ニホンザルで 13 訪問 21 個、ヒヨドリで 10 訪問 15 個、クロツグミで 6 訪問 9 個、キジバトで 1 訪問 3 個、ホンドテンで 1 訪問 2 個、アカ



ネズミで 1 訪問 1 個であった。クマイチゴの調査努力量は 168 カメラ日、総撮影枚数 1595 枚、有効撮影枚数 403 枚だった。哺乳類 4 種、鳥類 6 種が撮影され、果実を利用したのは、ヒヨドリで 176 訪問 272.5 個、ニホンザルで 26 訪問 117 個、ニホンアナグマで 3 訪問 5 個、カケスで 1 訪問 3 個だった。クサイチゴの量的に有効な種子散布者は、ニホンアナグマ(33%)、ニホンザル(28%)、ヒヨドリ(20%)の 3 種、クマイチゴでは、ヒヨドリ(69%)とニホンザル(29%)と考えられた。今後はモミジイチゴの量的に有効な種子散布者を明らかにして、すべてのデータを基に果実の形質と種子散布者に対応関係が見られるのかを考察する。

## 花粉媒介におけるキカラスウリのフリンジ花卉の機能は何か — 花卉処理実験による検証 —

○金森萌乃香（石川県立大）、北村俊平（石川県立大）

### はじめに

花の形質は、しばしばその植物の花粉媒介様式を示している。ウリ科カラスウリ属の多くは花卉の縁が糸状に分裂したフリンジ花卉を持っている。これは夜の送粉者に対する適応だと考えられているが、その具体的な機能は明らかになっていない。また、カラスウリ属の中でもカラスウリは夕方に開花し夜明け前には花が閉じるが、キカラスウリは夕方に開花後、翌日の昼頃まで開花がみられる。そのため、キカラスウリでは日中の訪花昆虫も送粉者として機能する可能性が考えられる。本研究では、花粉媒介におけるキカラスウリのフリンジ花卉の機能および、日中の訪花昆虫の送粉者としての有効性を明らかにすることを目的とした。

### 調査対象と調査方法

キカラスウリ (*Trichosanthes kirilowii* var. *japonica*) は北海道から奄美大島、および朝鮮半島東南部に生育する多年生のつる植物であり、スズメガ類が主な送粉者とされている。

調査は 2019 年 7 月から 8 月に石川県白山市若原町（雄：1 株、以下、若原町）と石川県立大学附属農場（雌：1 株、雄：2 株、以下、農場）で行った。各調査地で無処理の花（C）、糸状部分を切除した花（FR）、花卉をすべて切除した花（TR）、TR 処理した花卉を葉上に放置（CP）の 4 処理を作成し、自動撮影カメラで訪花昆虫の訪花頻度と訪花行動を観察した。自動撮影カメラは Ltl-Acorn6210 を使用し、撮影モードは Video（60 秒）、撮影間隔は 0 秒、センサー感度は High に設定した。また、農場の雌株について、処理ごとの結果率を調べた。花の損傷が結果率に与える影響や日中の繁殖能力を検証するために、開花直後の各処理の花と開花翌日の朝に人工授粉を行い、結果率を調べた。処理ごとの結果率は、応答変数を結果率、説明変数を処理、ランダム効果を調査日とし、GLMM 解析（R3.5.2 glmmML パッケージを使用）で比較した。

### 結果と考察

若原町における調査努力量は 202 カメラ日、総撮影枚数は 19,999 枚、有効撮影枚数は 1,376 枚、調査期間中の平均開花数（±SD）は 58±14 花で、計 285 花（C=107、FR=67、TR=67、CP=44）を観察した。農場における調査努力量は 76 カメラ日、総撮影枚数は 6,364 枚、有効撮影枚数は 184 枚、調査期間中の平均開花数（±SD）は雄株で 48±20 花、雌株で 61±25 花だった。雄株では計 57 花（C=57）、雌株では計 83 花（C=25、FR=30、TR=27、CP=1）を観察した。訪花昆虫として、スズメガ科 6 種（コスズメ、エビガラスズメ、シモフリスズメ、キイロスズメ、セスジスズメ、ホシホウジャク）、アゲハチョウ科 3 種（アゲハ、モンキアゲハ、キアゲハ）、ミツバチ科 2 種（トラマルハナバチ、キムネクマバチ）などが撮影された。

動画解析の結果、処理ごとの訪花頻度は両地点とも C で最も高く、FR 処理を行うと C の約 60%、TR 処理では 30~50% に訪花頻度が低下した。このことから、フリンジ花卉が送粉者誘引に影響を与える可能性が示唆された。

処理ごとの結果率は C=17%、FR=28%、TR=3% で、C と FR では有意差がなかった（ $p=0.132$ ）が、TR の結果率は C や FR よりも低下した（ $p<0.01$ ）。また、開花直後に人工授粉を行った場合、処理に関わらずほとんどの花で結果した（87% 以上）。そのため、処理による結果率の差は花を損傷した影響ではなく、受粉成功率の差を示していると言える。しかし、C と FR の結果率に有意差がなかったことから、本研究からはフリンジ花卉が繁殖成功に与える影響は不明である。

各調査地において、訪花昆虫の約 90% は夜行性のスズメガだった。しかし、昼行性のチョウやハナバチの訪花も確認され、日中にも送粉者となり得る訪花昆虫が存在した。また、開花翌日の朝に人工授粉を行うと 54% が結果したことから、日中の訪花昆虫も送粉者として有効に機能し得ると考えられる。

### ヒノキ細根系の枯死時における根の脱落場所

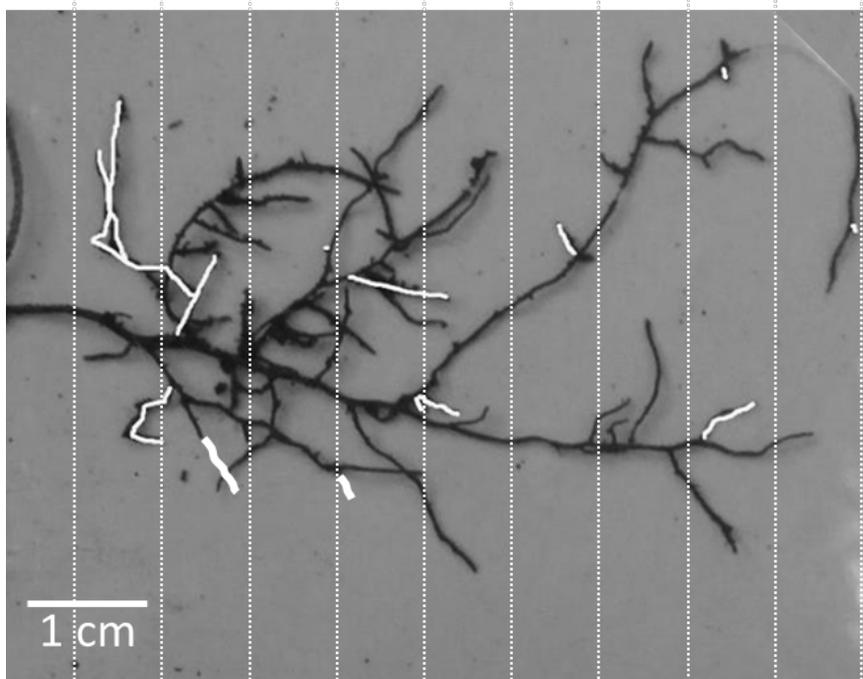
○吉田巖(名古屋大・環境学研究科), 土居龍成(名古屋大・環境学研究科), 和田竜征(名古屋大・環境学研究科), 谷川東子(名古屋大・生命農学研究科), 平野恭弘(名古屋大・環境学研究科),

森林地下部生態系においては、樹木細根が枯死しそれが微生物により分解されることにより炭素が土壌中に供給されたり大気中に放出されたりする。細根の純一次生産量への寄与率を解明するために、細根量や枯死根量、ターンオーバー値がイングロースコア法やミニライゾトロン法により調べられた例はあるが、具体的に根系のどの場所で枯死しているのかを調べた例はほとんどない。現在、細根のある部分が枯死するとその場所は脱落すると考えられている。そこで、本研究では細根系においてどの場所で脱落が発生しているのかを明らかにすることを目的とした。細根系の脱落箇所を調べることにより根の成長様式がよくわかり、かつ根から土壌への炭素供給過程もより明らかになると期待される。

調査は愛知県岡崎市の幸田 117 年生ヒノキ林で行った。2018 年 8 月に脱落根を採取するため、表層土壌から 3 次根までの無傷細根系を 5 個体 60 根系分掘り取り、それらをヒノキ個体から切断せずに遠沈管に挿入し培養を開始した。培養をする際、培地にはガラスビーズ、培養液には林内雨を用いた。培養した根系は 11 月まで毎月根系写真を撮影し、同時に培地及び培養液を入れ替え、培地に蓄積した脱落根の採取を行った。採取した脱落根については全てスキャンを行った。撮影した根系写真については採取した脱落根の個数および形をもとに 8 月および 11 月の根系写真を比較し、3 か月間で脱落した場所と成長した場所を特定し、マーキングを行った。次にマーキングをした写真を末端部から先端部まで 10 等分し、各ブロック内において個別に脱落した根の個数および成長した根の個数を調べた。

本学会では根系の各ブロック内における脱落量および成長量を評価した結果について発表を行う。

図：脱落根と成長根をマーキングした写真を 10 等分して解析



細線：脱落根      太線：成長根

## 霧ヶ峰高原における蛾類群集と植生環境との関係および環境評価の有効性

○田島尚（信州大・総合理工学研究科），大窪久美子（信州大・学術研究院農学系）

### 1. はじめに

蛾類は国内に 6000 種以上の生息が知られ、多様性が高い。植物食を主として腐植や地衣類等食性幅が広く、蛾類は多様な環境を反映する指標生物としての利用が期待できる。しかしながら、基礎的情報の不足や同定困難な種を含む点から蛾類を指標生物として利用した事例は少ない。また、先行研究のほとんどは森林環境で行われたものであり、それ以外の環境で行われた研究はほとんどない。そこで本研究の目的は霧ヶ峰高原の半自然草原を主とした異なる植生環境と蛾類群集との関係を明らかにし、本分類群を用いた環境指標の有効性について検討することとした。

### 2. 調査地区および研究方法

調査地は霧ヶ峰高原における異なる植生から成る草原環境 6 地区 {A:ススキ・オニゼンマイ優占区, B:ススキ・レンゲツツジ優占区 1 (レンゲツツジ保全), D:ススキ・ワラビ優占区, F:ヒゲノガリヤス・ニッコウザサ優占区, G:ススキ・レンゲツツジ優占区 2, H:ススキ・マルバハギ・ハシバミ優占区 (火入れ区)} と比較対象として森林環境 2 地区 {C:ミズナラ樹叢, E:ミズナラ・ドイツトウヒ林 (一部人工林)} を選定した。なお、地区 A はスキー場利用、F はニッコウザサの刈取り管理が地元協議会によって数年間実施されている。蛾類調査は 7~10 月にボックス式ライトトラップ法による定量的調査に加え、カーテン式ライトトラップ法による定性的調査を行った。植生・立地環境調査は 8 月に各地区内で実施した。

### 3. 結果

蛾類はボックストラップ法により 489 種、11186 個体が記録された（不明種は除く）。各地区の蛾類個体数における食性の割合は、草原では草本食、森林では広葉樹（高木・低木）、ササ・タケ食の割合が高かった。全体の優占種上位 7 位は草原と森林それぞれで、やや共通傾向にあったが、各地区特有の優占傾向を示す種が含まれた。各地区における蛾類群集の多様性指数は、種の均等性・種数・個体数を考慮した全多様性において A および F, H で多様性が低かった。また、各地区間における蛾類群集の類似度係数と標高差・推定距離には有意な負の相関があった。TWINSpan 解析の結果、全調査地区は第一分割で草原の 6 地区と森林の 2 地区が大別され、第二分割では草原の地区が H とその他に、第三分割では H 以外の草原が、さらに A・F と B・D・G に分割された。次に第四分割では各々の草原が A と F, D と B・G のように標高の差で分類された。種群分類では選抜された 226 種（3 回以上出現種）は 15 種群に分類され、これらを主に草原性種群と共通種群、森林性種群の 3 種群とした。草原性種群は標高の差による植生帯や自然度の違い、森林性種群は植林による針葉樹の有無によって細分化された。

### 4. 考察

調査全体では長野県版 RDB 種に指定されている 11 種の蛾類が出現した。今回確認された草原性希少種にはユーラシア大陸の温帯草原に分布の中心を有するものが多く、国内では極めて局地的に産出する種が少ない点から、霧ヶ峰高原がこれらにとって国内では有数の生息環境として機能していると考えられた。各地区間の標高差・推定距離と蛾類群集の類似度において負の相関関係がみられたことから、各地区で蛾類群集を決定づける大きな要因は標高による植生帯の変化であると考えられた。しかしながら、TWINSpan の地区分類の結果、蛾類群集は草原と森林の大きな遷移段階の違いだけでなく、草原調査区において群落の優占種が他と大きく異なる A および F, H において特異性が高いと評価された。これらは全て定期的に人為的な管理が行われる調査区であり、管理形態の違いや有無が群落の優占種とそれに依存する蛾類群集に強く影響したものと考えられる。さらに種群分類では類似した生態や環境選好性をもつ種が同じ種群に分類されたことから、蛾類群集は、霧ヶ峰のような冷温帯上部から亜高山帯下部の草原や森林環境においても、標高による植生帯や自然度、また群落優占種の違いを反映することは明らかであり、環境指標性の高い分類群であると評価された。

## アリーアブラムシ系の個体群ダイナミクス

○中井貴生（名古屋大院・情報学研究科）、乾陽子（大阪教育大・教育学部）、  
時田恵一郎（名古屋大院・情報学研究科）

生物種の種間関係には、競争・捕食など様々な相互作用が挙げられる。なかでも、アリとアブラムシは、アリがアブラムシの排泄する甘露を受け取り、アブラムシはアリに随伴されることで天敵から保護される、という相利共生関係（なかでも防衛共生）の例として広く知られている。

ところが、アブラムシにとってアリの随伴はコストであることも指摘されており[1],[2]、アリを随伴させないアブラムシが存在することも報告されている[3]。また、アリ随伴を受けている場合も単純な相利共生関係ではなく、実際はより複雑な相互作用を及ぼし合っているという指摘もある。それは、アリはワーカーあたりのアブラムシ密度に応じて、アブラムシの捕食活動をコントロールし、甘露供給の少ないアブラムシを捕食する、という密度に依存する「スイッチング相互作用」である[4],[5]。そこでここでは、そのような共生と捕食の動的な種間関係に駆動される個体群ダイナミクスの定式化を行った。具体的には、アリーアブラムシ共生系において、habitatにやってくるアリの個体数を  $x$ 、アブラムシの個体数を  $y$  とし、以下のモデルを考えた。

$$\frac{dx}{dt} = \underbrace{-(a+dx)}_{\text{アリの移出}}x + \underbrace{(c-r)\frac{xy}{b+y}}_{\text{共生}}, \quad \frac{dy}{dt} = ry\left(1 - \frac{y}{k}\right) + \underbrace{(c-r)\frac{xy}{h+x}}_{\text{共生}} - \underbrace{r\left(\frac{y^2}{j^2+y^2}\right)x}_{\text{アリによる捕食}}$$

ここで、 $a$  はアリの任意性の強さ（任意共生の度合いの強さ、甘露への執着の弱さ、アリの巣への戻りやすさ）、 $d$  はアリの相互作用移出率、 $c$  はアブラムシのもつ全リソース（内的自然増加率と甘露の質の和）、 $r$  はアブラムシの（テントウムシなどの捕食者がいる状況での）内的自然増加率（自己増殖力）、 $k$  は系のもつアブラムシの環境収容力（宿主植物の生理状態）、 $j$  はアリの捕食スピード（厳密には変曲点）、 $b$  や  $h$  は共生利益の飽和値の半分を示す。アブラムシが排泄する甘露の質（共生効果）とアブラムシの内的自然増加率の間にトレードオフの関係があると考え、共生項（アブラムシによるアリ被誘引項・アリ随伴による防衛共生項）の係数を  $(c-r)$  と仮定した。さらに甘露の質は捕食のされやすさに直結するので、アリによるアブラムシ捕食項の係数は  $r$  とした。またモデルの比較として、アリによる捕食項が無いモデルも考え、捕食項の有無とアブラムシの戦略（ $r$  の大小の違い）という観点から解析・検討を行った。

$r$  の値を変えてシミュレーションを行うと、以下の3点が分かった。

(1) 捕食なしモデル（アリによるアブラムシ捕食が固定されていない世界）では  $r$  を小さくすればするほどアブラムシの平衡個体数は多くなる、つまりアブラムシはアリとより緊密な共生関係を結べば結ぶほど、平衡個体数が多くなる。

(2) 捕食ありモデルでは、 $r$  が中間値のとき、アブラムシの平衡個体数は最も少なくなる。つまりアブラムシは「 $r$  小というアリ共生戦略」でもなく、「 $r$  大という自力戦略」でもない、それらの中間的な戦略において、個体数が最少となる。

(3) 任意性  $a$  が小さいとき、アリに頼らずに生きていけるアブラムシの  $r$  の範囲は狭いが、任意性  $a$  が大きい（アリのアブラムシ依存性が低い）と、アリに頼らずに生きていけるアブラムシの  $r$  の範囲は広がった。これは共生の強さに  $(c-r)$  というトレードオフを入れたからだと思われる。

[1] Stadler B, Dixon AFG (1998) Costs of ant attendance for aphids. *J Anim Ecol* 67(3):454-459

[2] Yao I, Shibao H. and Akimoto S.(2000) Costs and benefits of ant attendance to the drepanosiphid aphid *Tuberculatus quercicola*. *Oikos* 89(1):3-10

[3] Shingleton A W, Stern DL, Foster WA (2005) The origin of a mutualism: a morphological trait promoting the evolution of ant-aphid mutualisms. *Evolution* 59:921-926

[4] Sakata H(1994) How an ant decides to prey on or to attend aphids. *Res Popul Ecol* 36:45-51

[5] Sakata H(1995) Density-dependent predation of the *Lasius niger* (Hymenoptera: Formicidae) on two attended aphids *Lachnus tropicalis* and *Myzocalis kuricola* (Homoptera: Aphididae). *Res Popul Ecol* 37:159-164

## オドリコソウの集団内・集団間における花筒長の変異と訪花者サイズの変異の関係

○田路翼(信州大・理学部), 石本夏海(信州大・理学部), 江川信(信州大・理学部), 中瀬悠太(信州大・理学部), 市野隆雄(信州大・理学部)

植物の花筒長の変異は花粉媒介者への適応とみなされる。訪花者により引き起こされる花形質の変異は、しばしば種分化の引き金となると考えられており、訪花者相の変異と花形質の変異を種内で検出することは植物の種分化の初期段階を理解する上で重要である。我々は花筒長サイズに地理的変異のあるオドリコソウ *Lamium album* var. *barbatum* (Lamiaceae) に着目し、各集団の花サイズ-訪花者サイズの対応関係を調査した。2つの山域で12集団のオドリコソウを対象に、花サイズの頻度分布、訪花者構成、訪花者サイズを調査した。その結果、オドリコソウの各集団の平均花サイズは、その集団の訪花者の平均体サイズに影響されることが示唆された。

また、10座のマイクロサテライトマーカーを用いた解析から、集団間の系統関係を推定した。結果として、集団間の系統的な関係は集団の平均花サイズとは関係なく、花サイズは各集団で平行的に送粉者サイズに対応して進化していることが分かった(図1)。

また、我々は花サイズが二山型の頻度分布を示す個体群に着目し、2グループの訪花者の花サイズに対する訪花行動の違いを発見した。二山型の花サイズ分布を示す集団では、小型のヤマトツヤハナバチ(*Ceratina japonica*)と大型のマルハナバチ類が多く訪れていた。訪花者の行動を追跡すると、小型のハチは小型の花に対して送受粉に効果的な訪花行動をとっていた。大型のハチは小型の花を避け、大型の花に訪花する選好性を持っていた(図2)。このような訪花者の分断的な花の利用により、二山型の花サイズ分布が集団内で維持されるのかもしれない。

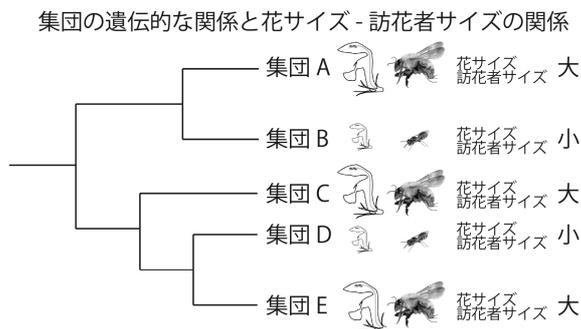


図.1 オドリコソウの集団間の系統関係と花サイズ-訪花者サイズの関係を示したイメージ図。花サイズは遺伝的に近縁であっても大きく異なることがあり、花サイズはその集団に訪れる訪花者サイズに応じて変化する。

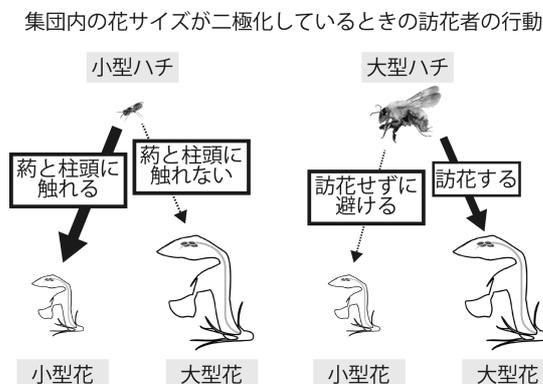


図.2 集団内の花サイズが二極分布をしている集団における、2種の訪花者のサイズと行動パターンの違い。小型ハチは小型花に対して効果的に訪花し、大型ハチは大型花を好んで訪れる。

## クロサンショウウオの地域集団ごとの遺伝的固有性と高山帯への分布拡大プロセス

○佐藤真(富山大・理工), 白石俊明(富山県立山カルデラ砂防博物館), 澤田研太(富山県立山カルデラ砂防博物館), 亀谷三志(氷見市), 山崎裕治(富山大・理工), 南部久男(富山科学博物館)

固有の生物多様性を示す高山帯の動物相の形成には、氷期-間氷期の気候変動が深く関わっている。高山固有の動物に限らず、低地から高山帯までの広い分布域を持つ様々な分類群が、高山帯に多く生息している。中でも分散能力が低い種は、季節的な標高間の垂直移動が難しいため、高山環境で繁殖や越冬をおこなう必要があり、それに伴い遺伝的・形態学的・生態学的・生理学的に高山環境へ適応する必要がある。そのようなコストが必要であるにも関わらず、どのようにして高標高地まで分布を拡大し、適応したのか、という疑問が、低地から高山帯まで分布する多くの種において残されている。

分散能力と繁殖場所が制限される種の1例として、我々は低地から高山帯まで広く分布するクロサンショウウオ *Hynobius nigrescens* に焦点を当てた。日本で現在 34 種が確認されている *Hynobius* 属は分散能力に乏しく、地域集団ごとに遺伝的分化を示すことが報告されている。本種は、*Hynobius* 属の中でも日本国内に広い分布域を持つ。本種の系統地理に関する先行研究として、山崎・南部 (2015) は Mitochondrial cytochrome *b* (*Cytb*) 遺伝子の前端領域 (534bp) を用いた系統解析によって、日本における地域集団ごとの高い遺伝的固有性を明らかにした。しかし、その研究では高山帯の個体は用いられておらず、地域集団間の分岐年代の推定も行われていない。近年、進められている *Hynobius* 属における体系的な分類の見直しに加えて、北日本に広く分布するクロサンショウウオの高山帯を含めた系統関係と分岐年代を明らかにすることで、緯度変化と標高変化の三次元的な空間スケールで、日本列島におけるサンショウウオ類ひいては動物相の形成の理解に寄与するだろう。

そこで本研究は、山崎・南部 (2015) で使用された標本に加え、北アルプス立山の高山帯で採集した標本を解析に用いて、本種の高山帯の個体を含めた系統地理的關係を明らかにするとともに、分岐年代推定によって高山帯への分布拡大プロセスを推察することを目的とした。

標本は、宮城県、山形県、新潟県 (新潟市・上越市・佐渡市)、富山県 (富山市・南砺市・氷見市・立山町・上市町)、福井県における標高 1250m 以下の地域で採集した。高山帯集団として、富山県の北アルプス立山の標高 2425m および標高 2580m で採集した 20 個体を解析に用いた。標本から DNA シークエンスをおこない、*Cytb* の部分領域 1075bp を決定した。塩基配列はハプロタイプごとにまとめ、RAxML および MrBayes を用いて最尤推定とベイズ推定に基づく系統樹を作成した。アウトグループとして、ホクリクサンショウウオなど計 6 種の塩基配列を先行研究から引用した。推定した系統樹を基に BEAST を用いて各枝の分岐年代を推定した。

系統解析の結果、最尤推定とベイズ推定に基づく系統樹の樹形は同じであり、種間の系統関係は先行研究で示されている従来の結果を支持した。また、クロサンショウウオでは、地理的に近い個体のハプロタイプがそれぞれ 1 つのクレードを形成し、地域集団ごとに高い遺伝的固有性を示した。高山帯集団を含むクレード (高山帯クレード) には、地理的に近い立山町・上市町の低地集団も含まれた。種内で最も初期の分岐を示したのは福井県集団 (2.33 MYA) であり、次に宮城県・山形県集団 (1.35 MYA)、新潟市・佐渡市集団 (1.22 MYA)、富山県・上越市 (0.81 MYA) の順で分岐を示した。高山帯クレードは 0.43 MYA 頃に上越市集団と分岐したことを示唆した。更新世中期から現在にかけて氷期-間氷期の気候変動が繰り返されており、少なくとも、最終氷期には高山環境の始まる標高は現在よりも低い。最終氷期には、現在の高山帯集団の繁殖地の年間を通じた凍結が考えられ、高山帯での繁殖は難しいだろう。したがって、本種は、更新世中期以降、低標高から高標高にかけて分布域の拡大・縮小を繰り返す過程で遺伝的分化が生じ、最終氷期以降の気候の温暖化に伴って標高 2400m 以上へ分布域を拡大・定着させたと考えられる。

## 森林樹木 22 種における葉柄の力学的特性と解剖学的特性の関連

○高井紀史(名城大・農学部), 長田典之(名城大・農学部)

森林は多様な樹種によって構成され、葉形態も様々である。葉形態は光獲得戦略に関連付けられながら多種比較が行われてきた。葉身と葉柄のサイズはアロメトリーの関係にあり、葉が大きい種ほど葉全体のバイオマスに対して葉柄のバイオマスが多くなるため、葉の配置に多くのコストを掛けている。また、常緑樹は落葉樹に比べ高 LMA な葉寿命の長い葉をつける。このように光は重要な資源であり、葉形態を考える上で重要な要素である。加えて、森林樹木は一方向的な光競争に晒されている。林冠上部や開けた場所では、過剰な光に晒される一方で、林床などの暗い環境では、光量は林冠などに比べて非常に少なくなる。そのため、林床では、限られた資源で葉を効率的に配置することによって受光量を高める必要がある。

葉の角度は葉 1 枚あたりの受光量に大きく影響する。たとえば、冷温帯林では、樹冠上部の葉の角度を調節する事で光阻害を回避していると考えられている(Osada and Hiura, 2017)。このように葉の角度は樹木にとって重要な戦略であり、葉の角度は葉柄の剛性によって左右される。さらに葉柄は、葉を支える剛性と同時に風などの外部からの力に対し曲がる捻るなどの柔軟性を持ち合わせている必要がある。葉柄は片持ち梁として働くため、その力学的性質は葉柄の断面積の大きさ・形状(断面二次モーメント)と材自体の曲がりにくさ(ヤング率)により決定される。また、葉柄は支持器官であると同時に通道器官でもある。維管束を構成する道管やそれを取り囲む厚壁組織は柔細胞とは異なり、リグニンが沈着し木化した細胞によって構成される。つまり、葉柄中の維管束の割合が多いほど葉柄が固くなり支持機能を高めると考えられる。実際に、サトウカエデでは、風の強いサイトの個体は葉柄中の維管束が少なく、しなることによって風の影響を受け流す事が知られている(Niklas, 1999)。この維管束の割合は、葉面積や常緑落葉性の違いから種間で異なると予想される。なぜなら、大きい葉は剛性の高い葉柄を必要とし、常緑落葉性は葉の生理機能に関連するからである。

これらのことから本研究では、暖温帯二次林の林床に自生する樹木 22 種(常緑樹 11 種・落葉樹 11 種)を用いて、葉柄の力学的特性と切片の解剖学的特性の関連に基づき、葉柄の内部構造が葉柄の支持機能にどのような影響を与えるかを考察する。

葉面積が大きい種ほど断面二次モーメントとヤング率は高い値を示した。また、ヤング率と葉柄断面中の維管束の割合に正の相関があった。これらのことから、葉柄は断面積を大きくするだけでなく葉柄の材質を硬くすることで支持機能を高めている事が分かった。一般に、材の密度を高めるよりも断面積を大きくする方がバイオマスあたりの支持能力は高くなるが、葉柄の太さは枝の太さによって制約がかかるため、材自体の強度を強くする必要があると考えられる。

葉面積を一定として常緑樹と落葉樹を比較したとき、断面二次モーメントは落葉樹に比べ常緑樹の方が大きい値を示したが、ヤング率は 2 群間で差は認められなかった。また、維管束の割合も 2 群間で差が認められなかった。常緑樹は葉寿命が 1 年を超え、高 LMA な葉をつける。そのため、常緑樹は落葉樹に比べ丈夫な葉柄を持つ必要があると考えられる。常緑樹が硬い材を使わずに、断面積を大きくすることは、曲げ応力の集中を防ぎ、外部からの力による葉柄内部の破壊を防ぐ可能性がある。

以上のことから、樹木は、葉柄断面における維管束の割合を変えて葉柄の強度を調節している可能性が示唆された。

## 部分的菌従属栄養植物イチヤクソウ (*Pyrola japonica*) の アルビノ個体と緑色個体での安定同位体比の変化

○山口友祐・松尾奈緒子(三重大院・生物資源), 伊藤純子(千葉中央博ボランティア),  
橋本靖(帯畜大), 松田陽介(三重大院・生物資源)

### 【はじめに】

大部分の植物は光合成による炭素源の獲得を行う独立栄養性 (autotrophic) であるが, 中には菌従属栄養性 (myco-heterotrophic; MH) という, 根に定着する菌根菌から炭素源を獲得する植物が知られている. この植物は維管束植物や非維管束植物を含めて約 880 種存在する. MH は異なる分類群から独立して進化しており, 植物の栄養獲得や共生系の進化を考える上で興味深い存在である.

イチヤクソウ (*Pyrola japonica*) はツツジ科 (Ericaceae) に属する林床植物であり, 日本の北海道から九州および朝鮮半島に自生する. この植物は葉を有する緑色植物であるが, 炭素獲得において菌根菌に部分的に依存する MH であることが示唆された. そのため, 部分的菌従属栄養性 (partially mycoheterotrophic; PMH) 植物と呼ばれ, 完全に菌由来の炭素に依存する MH への進化の前適応段階であると考えられている.

これまで PMH であるラン科キンラン属 (*Cephalanthehera*) において, *C. falcata* のアルビノ個体や微小な葉をつける *C. subaphylla* の炭素安定同位体比は, 他の PMH のものに比べて高いことが明らかになった. 今回, イチヤクソウのアルビノ個体を発見した. そこで本研究では, イチヤクソウの炭素獲得様式を明らかにするため, アルビノ個体と緑色個体の間で炭素安定同位体比の分析を行った.

### 【材料と方法】

2019 年 8 月下旬にスダジイ (*Castanopsis sieboldii*) とスギ (*Cryptomeria japonica*) の優占する千葉県針広混交樹林でイチヤクソウのアルビノ個体と緑色個体, 独立栄養性植物のテイカカズラ (*Trachelospermum asiaticum*), アズマネザサ (*Pleioblastus chino*), スダジイ実生を採取した (図). 周囲に発生した菌根性および腐生性の子実体は 8 月に 3 個体, 9 月と 10 月に各 1 個体採取した. 採取したサンプルを 50°C で数日間乾燥させてから, 粉碎し, 炭素安定同位体の分析に用いた.

### 【結果と考察】

イチヤクソウのアルビノ個体と緑色個体, すべての独立栄養性植物, 子実体で炭素安定同位体比の解析に成功した. 現在, 解析を進めているが, 安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) は, アルビノ個体, 緑色個体, 独立栄養性植物の順に高くなる傾向がみとめられた. 本発表では, サンプルの  $\delta^{13}\text{C}$  値にもとづき, イチヤクソウの栄養獲得形式の違いについて議論していきたい.

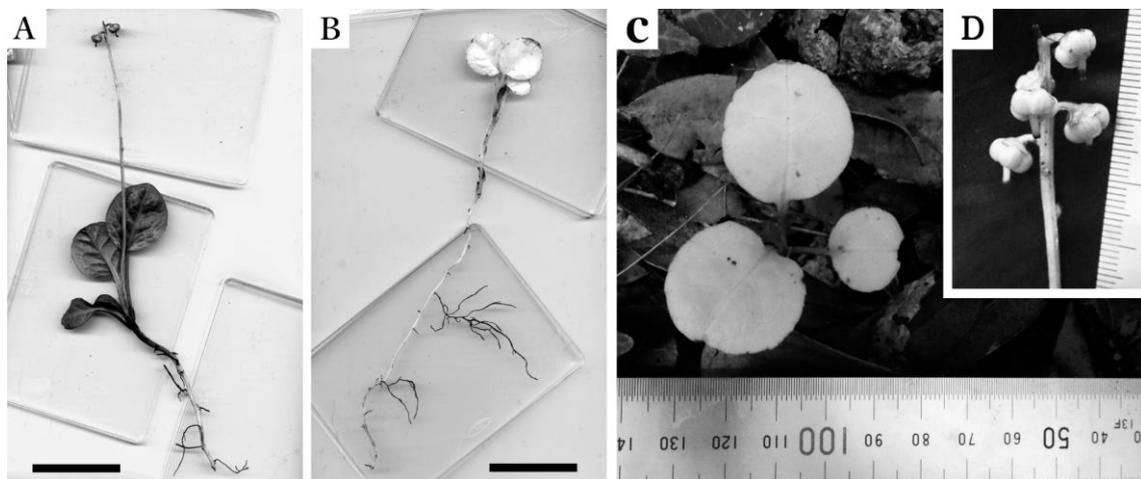


図. イチヤクソウの緑色個体とアルビノ個体

A. 緑色個体 B-D. アルビノ個体 D. アルビノ個体の果実

(bar = 5 cm)

## 低層におけるサギ類の繁殖成績と営巣高の関係

○西村祐輝(名城大・農)

サギ類は主に樹上営巣をする。ダイサギ,アオサギ,ゴイサギは高木を,コサギ,アマサギ,チュウサギは亜高木,高木を好んで利用する。また,あらゆる種類の樹木の中で木の下の方を避けている傾向があった。アマサギを対象にした先行研究では営巣高が高ければ高いほど孵化成功率,雛の生存率が上昇することが示された。しかし,近年になり日本で地上営巣をはじめとする低層域で営巣するサギ類が次々と報告されているが,その繁殖成績の報告例は少ない。よって今回の目的は低層域の巣立ち雛数を調べ,低木でも高木と同じように高所の方が有利になるのかを明らかにした。今回の調査地は東名阪自動車道の蟹江インターチェンジの高速道路沿いで行った。高速道路沿いの街路樹を利用して営巣しているサギの内コサギ,チュウサギ,ゴイサギを対象とする。5月~9月にかけて週に3回の頻度で雛数をカウントした。この時,サギの種類,営巣した場所を記録した。営巣高はサギが繁殖,峙のために完全に利用しなくなったのを確認してから測った。測定はレーザー距離計で行い,3回測定しその平均を営巣高とした。結果は営巣高の低いサギの方が多く巣立ちする傾向になった。

## 事前参加登録者名簿

※\*<sup>1</sup>は2018年度, \*<sup>2</sup>は2019年度の助成金受賞者を示す

| 氏名<br>(* <sup>1</sup> は2018年度, * <sup>2</sup> は2019<br>年度の助成金受賞者) | 所属               | 発表<br>(末尾の#はポスター<br>賞審査対象) | 懇親会 |
|-------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------|-----|
| 1 岩佐 海杜                                                           | 石川県立大学 生物資源環境学部  | P-4 #                      |     |
| 2 大塚 俊之                                                           | 岐阜大学 流域圏科学研究センター |                            | ○   |
| 3 金森 萌乃香                                                          | 石川県立大学 生物資源環境学部  | P-10 #                     |     |
| 4 川田 秋雅                                                           | 石川県立大学 生物資源環境学部  | P-5 #                      |     |
| 5 木佐貫 博光                                                          | 三重大学大学院 生物資源学研究科 |                            |     |
| 6 斎藤 琢                                                            | 岐阜大学 流域圏科学研究センター |                            | ○   |
| 7 酒井 南帆                                                           | 名城大学 農学部         |                            |     |
| 8 佐藤 真* <sup>2</sup>                                              | 富山大学 理工学教育部      | P-15 #                     | ○   |
| 9 末永 海人                                                           | 石川県立大学 生物資源環境学部  | P-8 #                      |     |
| 10 曹 若明                                                           | 岐阜大学 連合農学研究科     |                            | ○   |
| 11 高井 紀史                                                          | 名城大学 農学部         | P-16 #                     |     |
| 12 高橋 伸行                                                          | 愛知県立松蔭高校         |                            |     |
| 13 高橋 春那                                                          | 岐阜大学 自然科学技術研究科   | P-6 #                      |     |
| 14 田口 優真                                                          | 名古屋大学 情報文化学部     |                            |     |
| 15 田島 尚                                                           | 信州大学大学院 総合理工学研究科 | P-12 #                     |     |
| 16 田路 翼                                                           | 信州大学 理学部         | P-14 #                     |     |
| 17 時田 恵一郎                                                         | 名古屋大学大学院 情報学研究科  |                            | ○   |
| 18 砥綿 夕里花                                                         | 岐阜大学 応用生物科学部     | P-3 #                      |     |
| 19 中井 貴生                                                          | 名古屋大学大学院 情報学研究科  | P-13 #                     |     |
| 20 中西 正                                                           | 鳳来寺山自然科学博物館      |                            | ○   |
| 21 西野 貴晴                                                          | 石川県立大学 生物資源環境学部  | P-9 #                      |     |
| 22 西村 祐輝                                                          | 名城大学 農学研究科       | P-18 #                     |     |
| 23 橋本 啓史                                                          | 名城大学 農学部         |                            | ○   |
| 24 平野 恭弘                                                          | 名古屋大学 環境学研究科     |                            | ○   |
| 25 服田 恵美子                                                         | 岐阜大学 応用生物科学部     |                            |     |
| 26 古郡 憲洋* <sup>1</sup>                                            | 新潟大学大学院 自然科学研究科  | P-7 #                      |     |
| 27 牧田 直樹                                                          | 信州大学 理学部         | 講演会                        |     |
| 28 丸谷 靖幸                                                          | 岐阜大学 流域圏科学研究センター |                            | ○   |
| 29 丸山 拓巳                                                          | 石川県立大学 生物資源環境学部  | P-2 #                      |     |
| 30 山口 友祐                                                          | 三重大学大学院 生物資源学研究科 | P-17 #                     | ○   |
| 31 山本 真人                                                          | 三重大学大学院 生物資源学研究科 | P-1                        |     |

| 氏名<br>(* <sup>1</sup> は2018年度, * <sup>2</sup> は2019<br>年度の助成金受賞者) | 所属              | 発表<br>(末尾の#はポスター<br>賞審査対象) | 懇親会 |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------|-----|
| 32 吉田 巖                                                           | 名古屋大学大学院 環境学研究科 | P-11 #                     |     |



2019年度日本生態学会 中部地区大会 講演要旨集

編集：日本生態学会中部地区会 事務局

(〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学 流域圏科学研究センター内)

発行：2019年11月16日(土)