

研究情報

Research Information

No.148 May 2023

関西支所が取り組む多彩な研究

森林総合研究所 関西支所長 鷹尾 元

関西支所長に4月に就任しました鷹尾元と申します。これまで、衛星画像を用いた広域での森林資源解析などに携わってきました。昨年度一年間は、当支所の産学官民連携推進調整監として、近畿・中国・北陸地域を中心とした地域における関係諸機関との連携・協力や研究成果の社会への発信に努めて参りました。改めまして、どうぞよろしくお願いいたします。

さて、森林には期待される様々な役割、いわゆる「森林の多面的機能」があります。その中には、木材や食料などの供給源としてまた生業として私たちの生活に直結する「物質生産」、普段はあまり森林を意識しないかもしれませんが実は誰もが恩恵を受けている「水源涵養」や「土砂災害防止・土壌保全」、「生物多様性保全」、「地球環境保全」など、そして森林を訪れて初めて体験できる「保健・レクリエーション」などの機能があります。これらの機能を将来にわたり十分に発揮するように、今、私たちは森林を上手に管理し、森林の恵みを賢く大切に利用していかなければなりません。

私たち関西支所は総勢50名、うち研究職員は28名の小さな研究所です（令和5年4月1日現在）。小さいながらも幅広く、様々な問題に取り組んでいます。ここに全てはご紹介できませんが、例えば「物質生産」では林業の低コスト化や効率化のための植栽・育林や計測・管理の技術、「土砂災害防止・土壌保全」では林業と国土保全を両

立するための山地災害リスク評価技術などの研究開発に取り組んでいます。また、「生物多様性保全」では森林に棲む様々な生物の生態や彼らが引き起こす病虫獣害の対策、「保健・レクリエーション」では来訪者と山村との協同による新たな森林の利用などについても取り組んでいます。さらに、成長や変化がゆっくりと長期にわたる森林の「物質生産」、「水源涵養」や「地球環境保全」などの機能の動態を明らかにするために、林木の成長、森林から川に流れ出る水の質と量、森林と大気の間での温室効果ガスの流れなどを、長いものでは80年以上にわたり地道に計測し続けています。

これらの研究成果は学会発表や学術論文として公表するとともに、これまで本紙上や支所公開講演会（裏表紙参照）などでご紹介してきました。また、講演や関連委員会など様々な機会に担当する研究職員が発信に努めています。

これからも、森林や林業に関する地域の喫緊の問題、新しい科学技術を現場に適用することを提案する研究、さらに森林の謎そのものの解明に取り組む基礎的な研究まで、様々な研究を推進し、その成果を発信して参ります。それらは私たち独りでできるものではなく、森林管理局や地方自治体、林業事業者や企業、市民やNPO、さらには試験研究機関や大学との幅広い連携・協力により初めて達成できるものと考えています。つきましては、引き続きご指導ご鞭撻をよろしくお願いいたします。



菌根菌糸の炭素動態を解明するための手法開発

森林環境研究グループ シェーファ ホルガ

菌根菌というのは？

植物は、実は単独で生活するものではありません。約8割の陸上植物は菌根菌という土壤菌類と共生します。森林でも草原でも畑でも、植物が生育する土であれば、菌根菌がその中に生息する確率はほぼ100%と考えてよいでしょう。菌根菌は、体が菌糸でできていて、種によってはキノコ（子実体）を作ります（根粒菌というマメ科の植物と共生する細菌とは違います）。日本で最も知られている菌根菌はアカマツと共生するマツタケでしょう。

では、植物と菌根菌はどういった共生関係を築いているのでしょうか。菌根菌は宿主植物の根に感染し、根から周りの土壤に菌糸を伸ばし、植物の生育に必要な無機栄養塩（窒素やリン）を土壤から吸収して植物に供給します。その代わりに植物は光合成によって固定した炭素の一部を糖類として菌根菌に供給します。その資源交換により、植物は生育が促進され、菌根菌は落ち葉などの有機物を分解しなくても生活できます。このように、菌根菌と植物は双方が利益を得るという相利共生と呼ばれる関係にあります。

菌根菌には、いくつかのタイプがあります。森林で最も広く分布しているタイプは外生菌根菌（ECM菌、ectomycorrhizal fungi）とアーバスキュラー菌根菌（AM菌、arbuscular mycorrhizal fungi）です。菌根菌タイプによって、形態の違いの他に、宿主の植物種が変わります。ECM菌は、マツ科やブナ科の樹木と共生し、北欧や北海道に多くある針葉樹の亜寒帯林や、落葉広葉樹の冷温帯林の中に広く分布しています。AM菌は、常緑樹を主体とした暖温帯林や熱帯林に多く、森林下層植生を形成する草本植物の多くと共生しています。

森林炭素循環における菌根菌の役割

近年、菌根菌が森林生態学分野において注目されているのですが、それはなぜでしょうか。その理由の一つは、菌根菌が森林の物質循環に影響を与えていることです。森林は地球温暖化をもたらす二

酸化炭素を吸収するため、その炭素固定能力が地球温暖化防止対策の中で重要な関心事項とされています。場所によって、菌根菌は森林が吸収する炭素の2割も吸収して菌糸などの生産と維持に利用することがあり、森林の炭素固定能力をより正確に評価するには、菌根菌の動態を考慮しないといけないことが明らかになってきています。

しかし、菌根菌の炭素動態を調べた従来研究のほとんどは、ECM菌が占めている森林で行われたものであるのに対して、AM菌が占めている暖温帯林・熱帯林における研究は少なく、菌根菌の炭素動態はあまり理解されていません。日本の森林は、人工林（ヒノキやスギ）でも、天然林（タブノキやリョウブなど）でも、AM菌との共生樹種が広く分布し、菌根菌タイプが物質循環に与える影響を調べるには最適であるため、これからその研究を大きく進める必要があると考えられます。

手法開発の必要性

私自身は、大学院生の時、東アジアの暖温帯林・熱帯林をはじめ、AM菌が占める森林における菌根菌の炭素動態について、森林生態学分野において大きな知識ギャップがあることに気がきました。そして、欧州で用いられてきたフィールド観察の手法やモデリング手法を詳しく調べ、関西のヒノキ人工林を対象に、菌根菌の菌糸生産の季節変動や菌糸分解率を明らかにしました。その時、メッシュバッグという細かいナイロン・メッシュでできた砂を入れた袋を菌根菌糸の採取に使いました。メッシュバッグを1月間から1年間森林の土壤上層に埋設し、埋設期間の間に袋に入り込んできた菌糸の量から菌根菌の菌糸生産量を推定しました。

しかし、菌根菌糸は1日や1週間でも急速に生産・分解することがあります。例えば、AM菌の根外菌糸は5～7日間で枯死し、分解し始めたことが報告されています。その急速な動態を観測するため、月1回よりも測定頻度の高い新たな手法が不可欠であると考え、現在その開発を進めています。具体的には、土壤に埋設したカメラで土壤断面を定期的に撮影する装置を作製しました。その装置では、数日程度の間隔で撮影した土壤断面の画像に写る菌糸量の変化から菌根菌糸の生産・分解動態をより正確に推定できます。以下、その手法開発の成果を紹介します。

手法開発の成果

土壌断面を撮影する装置はすでに根の生産観測に広く使用されています。主に改造したフラットベッド・スキャナーまたはカメラを使う撮影装置が活用されています。菌糸の生産観測にもそういった撮影装置が使われてきましたが、下記のような3つの問題があります。(1) 撮影装置が金属の精密部品などでできていて高価なため、多数購入が難しく、装置を設置する調査地が数か所に限られます。(2) 解像度を最高の設定にしても画像のピクセル幅が5 μm より小さくならないため、直径5 μm 以下の細い菌糸がきれいに写らず、見逃されます。(3) 森林土壌内の菌根菌糸の長さが根の長さの10～100倍であるため、土壌断面の画像を手動で分析するため作業時間も10倍以上長くなり、疲労関係のヒューマン・エラーが多くなります。以下、各問題を解決した方法を説明します。

まず、(1) 撮影装置が高価である問題を解決するため、撮影装置の作製に必要なパーツのほとんどを市販の3Dプリンターで自作できるように設計しました(図1)。パソコンで設計した3次元モデルに応じて、高い精度でプラスチック材料からパーツを3Dプリンターで作製しました。そうすると、これまでの装置の作製に不可欠であった金属加工などの特殊技術や高価な加工ツールは必要なくなり、装置一台の作製コストを数十万円から数万円に減らすことができました。装置は安価で作製しやすいため、台数を増やし、多くの調査地に設置できることを期待しています。

続いて、(2) 細い菌糸が見逃されてしまう問題は、撮影に倍率600倍の顕微鏡カメラを用いてピクセル幅を5 μm から0.7 μm にまで小さくすることで解決できました。しかし、その分写真一枚に写る範囲が0.85×0.64 mmととても狭くなってしまい、土壌断面全体を撮影するには、カメラの位置をモーターで変えながら数百枚の写真を撮る必要が生じてしまいました。そのため、隣接する写真のピクセルの値を比較して自動的に合成するソフトウェアを開発し、多数の写真から土壌断面全体の画像を合成できるようにしました(図2)。さらに、顕微鏡カメラの被写界深度(焦点が合っているカメラ・レンズからの距離範囲)が小さかった(0.025 mm)ため、撮像深度を0～1 mmの範囲で自動変更できる機能を実装した。この機能は、ソフトウェアを用いて搭載しました。

最後に、(3) 土壌断面画像の肉眼での判読に時間が非常にかかる問題を解決するため、人工知能(AI)を活用した自動画像分析手法の開発を進めています。画像分析用のAIは、土壌断面画像における根の生産量の定量化にはすでに使用されていますが、菌糸の識別には、これまでの画像の解像度が不十分であったこともあり、成功していませんでした。現在、AI分析手法による分析結果の正確性を向上させるための、画像の色やコントラストを自動調整するプログラムの開発を終えて、画像分析を試みているところです。

これらの開発が、菌根菌糸の炭素動態を定量化するための手法の大幅な進歩をもたらすとともに、森林炭素循環の変動を評価・予測するために重要である土壌内バイオマスの観測手法の高度化に貢献することを期待しています。今後の課題は、新たな撮影装置を用いて、様々な森林における菌根菌の炭素動態を解明し、比較することだと考えています。



図1 開発した撮像装置

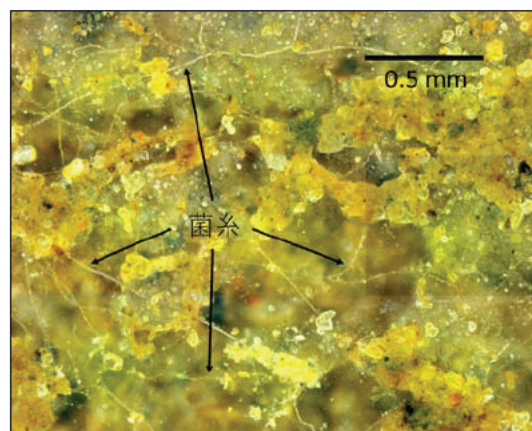


図2 合成した土壌断面の写真

— 溪流に生息する生き物 その1 —

生息環境—層流と乱流・粘性 と慣性

生物多様性研究グループ長 吉村 真由美

川の水は自在に変化しながら流れています。その流れ方は、大きく層流と乱流の2つに分けられます。砂だけで覆われた河床、平らな岩盤、密に茂った水草など、表面が平らな部分の上を流れる場合、そこには層流が生じています。層流は一般的に遅く、様々な流速で同じ方向に流れています。一方、河床の状態が様でなく、様々な大きさの石があったり、小さな段差があったりする場所の上を流れる場合、乱流が生じています。乱流は速くて不規則です。水を攪拌することになるため、水質が均質化するだけでなく、溶けている酸素の濃度も高くなる傾向にあります。

水の流れには粘性と慣性という特性も関係しています。層流と乱流では、これらの特性の現れ方が異なり、そこに生息する生き物に与える影響も異なってきます。河床近くの流れの遅い層流では、粘性が強くなります。そのため、生き物にとっては動きにくい流れの中にいる環境になります。一方、流れの速い乱流では、慣性が強くなります。そのため、生き物にとっては動きやすい流れの中を流れる環境となります。

ヒラタカゲロウなどの河床近くに生息する生き物は、多くの場合、河床の上に出る厚さ数十

μm の藻類の層を含む層流を生息場所として利用し、体の大部分をその中に入りこませています。しかし、この層流の層はかなり薄いので、体に入りこませたとしても、背面等が層流からはみ出た状態になっています。これはみ出た部分は、かなり複雑な水の流れを受けることになります。よって、これらの生き物は、この薄い層の中でじっとして、背面等に受ける水の流れに一生懸命耐えることになります（図1 (a)）。

魚のような体の大きな生き物は、水中を自由に移動できます。そのため、これらの生き物は慣性力が粘性力よりも勝るような水環境でも生息できるのです。ただし、そういった環境では、流されないようにするために、多くのエネルギーが必要となります（図1 (b)）。

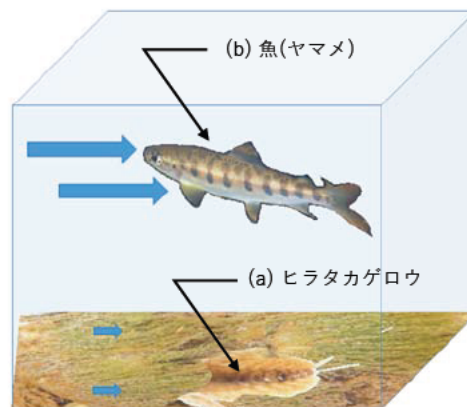


図1 川の流れの中の生き物

(a) 河床近くに生息する生き物は、流れの中で耐えている。
(b) 魚のような体の大きな生き物は、水中を自由に動き回ることができる。

お知らせ

森林総合研究所関西支所 令和5年度公開講演会

広葉樹活用のすすめ—広葉樹林を「お宝」として活かすために—

日時：令和5年7月12日(水) 開場 12:30 講演 13:30～16:30

場所：龍谷大学響都ホール校会館（JR 京都駅八条口前アバンティ9階）

入場は無料です。みなさまのご参加を心よりお待ちしております。

申し込み方法等の詳細につきましては、ホームページ、チラシ、ポスター等をご確認ください。

巻頭帯写真について：ヤマフジ（構内にて撮影）

本誌を含む関西支所刊行物は
こちらからご覧になれます。



リサイクル適性(A)
この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。

R60
この印刷物は再生紙を使用しています。

VEGETABLE
OIL INK

研究情報 第148号

令和5年5月31日発行

国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林総合研究所関西支所

京都市伏見区桃山町永井久太郎 68 番地

〒612-0855 Tel. 075(611)1201 (代表)

E-mail: contact_fsm@ml.affrc.go.jp

ホームページ <https://www.ffpri.affrc.go.jp/fsm/>