

● 門脇 浩明 特定准教授 *Komei KADOWAKI (Associate Professor)*

研究課題：植物土壌フィードバックに着目した森林の温暖化に対する応答予測
(Predicting climate change impacts on forest ecosystems using plant-soil feedback theory)

専門分野：群集生態学 (Community ecology)

受入先部局：農学研究科 (Graduate School of Agriculture)

前職の機関名：京都大学 フィールド科学教育研究センター
(Field Science Education and Research Center, Kyoto University)



生物多様性はどのように生まれ、維持されているのでしょうか。そして失われたときには何が起こるのでしょうか。それらの問いの答えを見つけるべく、遺伝子から生態系まで幅広い観点で生態学を行っています。これまで研究対象としてきた生物は、細菌・原生生物・菌類・植物・動物など、多岐にわたり、フィールド実験・室内実験と理論モデルを組み合わせ、群集生態学の中心的課題である、種の共存や遷移のメカニズム、そして、生物群集の安定性と脆弱性の背後にあるメカニズムの解明を目指してきました。特に、森林生態系を舞台に、植物や動物、菌類など様々な生物がどのように相互作用し、生物群集の多様性や動態などのマクロな特徴を形作っているのかに興味があります。白眉プロジェクトでは、樹木と土壌微生物の相互作用が温暖化に伴いどのように変化し、地域の樹種の構成や分布変化に影響するかを解明することで、森林構造の未来予測に資する研究を展開します。

いかにして多様な種が共存しているのか

限りある資源をめぐって競争が生じるならば、競争に強い者が弱い者を排除するはずである。しかし、競争能力に差があっても多種多様な種が共存できているのは何故だろうか。多種共存機構を解明することは、古くから生態学の中心的課題の一つであり、様々な説明がなされてきた。その中の有力な説明の一つが、競争能力と分散能力のトレードオフである¹。この考え方によると、競争に弱い種ほど分散能力が高く、競争に強い種ほど分散能力が低いならば、共存が実現する。なぜなら、そもそも資源とは、広い空間にパッチ状に分布し、しばしば攪乱を受ける一時的な性質を有する

I am interested in the emergence, maintenance and loss of diversity at all levels of biological organization. My study organisms have ranged from bacteria, protozoans, fungi to plants and animals and in the majority of my work I have combined laboratory and/or field experiments with modeling to understand the mechanisms underlying species coexistence, succession, and the stability and fragility of natural ecological communities. Particularly, my research program has an emphasis on uncovering how plants, animals, and fungi interact with each other in forest ecosystems to shape macroscopic features such as the diversity and dynamics of ecological communities. In the Hakubi Project, I will conduct field experiments and modeling to explore how the nature of plant-soil microbe interactions can change in response to climate warming, and how such changes may translate into altered regional plant species composition and distribution.

ため、競争に強い種が未だたどり着いていない空きパッチがあり、競争に弱い種がそれを手に入れることを繰り返すことができれば、いずれパッチから排除される場合にも、その集団を空間のどこかに維持できるからである¹。これは主に空間的な環境変動の側面に焦点を当てた共存機構であるが、近年は、時間的に変動する環境での共存機構についても議論が進められている。しかし、理論の発展とは裏腹にそれらを支持する実証研究はいまだ多いとは言えない。そこにはどのような原因が考えられるだろうか。その答えの一つに、そもそも理論に限界があると考えられる。それらの理論では、同じ栄養段階にある種どうしの競争関係を想定し

ているが、実際の自然界の生物は競争だけでなく共生や寄生など様々な相互作用のつながり（ネットワーク）の中で生きている（図1）。相互作用のネットワークこそが生態系を生態系たらしめている重要な要素であるならば、それを考慮することなく多種共存機構を理解することは十分とは言えないだろう。

生物間相互作用のネットワークが鍵を握る

樹木群集の共存を例に挙げよう。樹木ではその足下の土壌に病原菌を蓄積する傾向の強い樹種もあれば、共生菌を蓄積する傾向の強い樹種もある。病原菌を蓄積する樹種の足下では、同種個体よりも相対的に病原菌の影響を受けにくい異種個体の方が生き残りやすい（負の密度依存性）、地域全体としてみると特定の種が独占的に陣地を広げることなく、多種が共存しやすくなる。一方、共生菌が蓄積する樹種の足下では、異種個体よりも相対的に共生菌の成長促進効果を楽しむ同種個体が有利となり（正の密度依存性）、同種が固まって陣地を広げることとなる²。自然界にマツ林は見られるのに、サクラ林やモミジ林は人間が植えなければ存在しないのはそのためである³。このように、樹木と土壌微生物が相互作用しながらダイナミックに変動することを「植物－土壌フィードバック（plant－soil feedback）」と呼ぶ。地下の微生物は目に見えないが、その分布や動態は近年のDNAメタバーコーディングの手法を用いれば一挙に解明できる。この手法を用いることで、土壌微生物の中でも、菌根菌と呼ばれる菌類のグループは、地下に菌糸ネットワークを張り巡らし（図2）、植物－土壌フィードバックを通じて樹木の多様性を維持したり森林の変化を促したりする重要な役割を担っている可能性が明らかになってきた²。

環境変化に備える

樹木群集の共存に限らず、昨今の技術革新を踏まえ、ありとあらゆる生物群集の仕組み（トレードオフや相互作用ネットワーク）を理解すれば、生態学のゴールが見えるように感じるかもしれない。しかし、そう簡単にはいかないのである。ある時点で解明された仕組みも、気候などの環境が変化すれば、それに伴い変化するのである。環境変化による生物群集の変化を予測することは、地球環境変動の時代を迎えた今、とみに

重要性を増している。白眉プロジェクトでは、環境変化の要素を取り入れた植物－土壌フィードバック理論に野外実験を融合させることで、生態学にとって未知の領域的問題に取り組みたい。樹木と土壌微生物の相互作用は、温暖化に伴いどのように変化するのか。その結果、地域の樹種の構成や分布の変化にどのような影響を与えるのか。これらの問いに明確な答えを示すことで、森林の未来予測に資する研究を展開したい。

参考文献

- 門脇浩明「パッチ状環境における生物多様性の維持機構」日本生態学会誌（2016）https://doi.org/10.18960/seitai.66.1_1
- 門脇浩明「植物と土壌微生物のフィードバック：その成り立ちとしくみ」門脇 浩明、立木 佑弥 編著『遺伝子・多様性・循環の科学：生態学の領域融合へ』（京都大学学術出版会、2019）
- 門脇浩明『森の未来は菌だけが知っている－森はどのように成り立ち、遷移していくのか』*academist Journal*. (2019) <https://academist-cf.com/journal/?p=9755>



図1 街路樹の足下にある「雑草」と一括りにされるような植物にも空間をめぐる競争がみられる。その植物を餌とする昆虫もいれば、花粉を運び繁殖を助ける昆虫も訪れる。これらの相互作用のネットワークの中で植物の多様性は変化している。

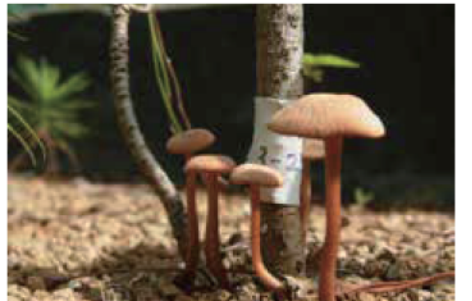


図2 地下に菌糸を張り巡らせる菌根菌のキノコ（子実体）。外生菌根菌と呼ばれるグループの菌根菌の一種「キツネタケ」が実験サイトの土壌から発生している様子。