

根圏における生物共生機能の解明 Mechanisms of Symbiosis in Rhizosphere

鈴木 和夫 (Suzuki Kazuo)

日本大学・生物資源科学部・教授



研究の概要

森林における外生菌根共生機能を解明し、その共生機能を利用したマツタケなど外生菌根菌の活用技術を確認することを目的として、森林における根圏共生系の全体像の把握、根圏微生物間の相互作用解明、外生菌根菌類群集の特性解明、根圏共生系の機能動態の解明の4つの視点から研究を行った。

研究分野／科研費の分科・細目／キーワード

農学／林学、林学・森林工学／森林生態・保護・保全、森林生物

1. 研究開始当初の背景・動機

樹木の根圏における共生系は、森林の純生産量の大半を担うとともに様々な機能を発揮することから、地球環境保全の重要なキーフaktorである。しかし、北半球の森林の主要な根圏共生系である外生菌根の解明は非常に遅れている。また、室内実験と野外における調査は行われているものの両者をつなぐ研究が欠けている。

2. 研究の目的

本研究では、以下の4つの視点から、外生菌根を軸とした根圏共生系における共生機能の解明を目指す。

- (1) 根圏共生系の全体像把握
- (2) 根圏微生物間の相互作用解明
- (3) 外生菌根菌類群集の特性解明
- (4) 根圏共生系の機能動態の解明

3. 研究の方法

- (1) 森林生態系における外生菌根菌の種組成を形態観察と分子生物学的解析により調査し、外生菌根菌の群集構造とその発達様式、根圏における生物間の相互作用、非生物学的ストレスや生物学的ストレスが共生系に与えるを明らかにする。
- (2) 新たに購入した大型ライゾトロンを用いて、樹木の大型苗木の根系を、非破壊的に継続して観察し、地下部共生系の特性を詳細に解明する。
- (3) 大型培養系や野外の成木を用いて、マツタケ外生菌根の人工合成条件を検討する。

4. 研究の主な成果

- (1) 森林形成過程にある一次遷移地では、先駆植物の成長に伴って新しい菌種が追加されて、根圏共生系の種数が増加することが明らかにされた。
- (2) 先駆宿主実生の定着時には、既に定着した菌根植物から土壤中に伸長する根外菌糸体が感染源となって菌根が形成されることが明らかにされた。また、先駆植物に共生する菌根菌がなければ、後継樹種が定着できないことが明らかにされた。
- (3) 二次遷移系列において、草原植生にも外生菌根菌が存在していること、森林の発達に伴って外生菌根菌類群集の多様化が見られるが、極相林では種組成の増加が頭打ちになることが明らかにされた。
- (4) 樹木の分類学的距離が離れるほど、共生する外生菌根菌類群集の類似度が低下することが示唆された。
- (5) DNA解析の結果、マツ科針葉樹林に発生する日本産マツタケとブナ科広葉樹林に発生する中国雲南省産のマツタケが、遺伝的に極めて近縁であることが明らかにされた。
- (6) 森林樹木と無葉緑素植物（ギンリョウソウ）を菌根菌が繋ぐ3者共生系が成立していることが明らかにされた。
- (7) マツタケのシロの成長に伴い、既存の菌根菌類群集が駆逐されるものの、シロの通過後短期間のうちに元の菌根菌類群集が復活することが明らかにされた。

[4. 研究の主な成果 (続き)]

- (8) 大型ライゾトロン内にアカマツ取り木苗を植栽し、34ヶ月間にわたって根系の動態を継続して観察することができた。また、装置内にセイヨウハコヤナギ実生苗を植栽し、根系の伸長過程を微速度撮影により経時的に記録した結果、根が昼夜を問わず一定の速度で伸長する様子が観察された。
- (9) 無菌条件下の培養系を用いたマツタケ保存菌株の遺伝資源としての評価法が確立された。本法を用いて、約50年間継代培養されているマツタケ菌株にも、菌根形成能が保持されていることが明らかにされた。
- (10) マツタケ菌の接種によりアカマツの成長量と光合成速度が増加することが確認され、アカマツ-マツタケ外生菌根が宿主の生理機能に大きな役割を果たしていることが明らかにされた。
- (11) 大型のポリカーボネート製容器中の滅菌土にアカマツ実生を移植し、マツタケの液体培養菌糸体を接種するという方法により、5ヶ月間でマツタケの外生菌根と人工シロが形成されることが明らかにされた。さらに長期間の培養によっても、アカマツが成長を続け、シロも維持されることが確認された。
- (12) 外生菌根菌フリー細根の誘導法とマツタケ菌の接種法の検討により、成木にマツタケ外生菌根を形成させる手法が確立され、約50年生のアカマツ成木に接種5週間でマツタケ外生菌根を形成させることに成功した。
- (13) 房総半島、千葉市、東京都目黒区のスタジイを優占種とする常緑広葉樹林において子実体発生調査を行った結果、都市化の傾度にしたがって、外生菌根菌の子実体発生種数・発生本数の減少、特定の外生菌根菌の増加、落葉分解菌および腐朽菌の増加といった菌類相の変化が見られることが明らかにされた。
- (14) 松枯れの被害度の異なる林分において外生菌根菌の調査を行った結果、アカマツの枯死によって菌根菌の子実体発生種数・発生本数が減少すること、生残しているアカマツの胸高断面積合計と菌根菌の種数・発生頻度の間には相関があることが明らかにされた。
- (15) 山地帯ブナ林において、衰退度の異なるブナ個体の外生菌根タイプ組成を調査した結果、衰退程度の激しい個体ほど菌根タイプ数が減少するなど、山地帯ブナ林の衰退やシカの食害が外生菌根菌相に与える影響が明らかにされた。

5. 得られた成果の世界・日本における位置づけとインパクト

本研究により、根圏の生物共生が、森林生態系の形成・発達・維持に非常に重要な役割を担っていることが初めて明確に示された。このことは、今後の森林生態系研究に非常に大きな影響を与えると考えられる。

6. 主な発表論文

(研究代表者は太字、研究分担者には下線)

- 1) Nara, K. and Hogetsu, T. (2004) Ectomycorrhizal fungi on established shrubs facilitate subsequent seedling establishment of successional plant species. *Ecology* 85: 1700-1707.
- 2) Guerin-Laguette, A., Shindo, K., Matsushita, N., **Suzuki, K.**, and Lapeyrie, F. (2004) The mycorrhizal fungus *Tricholoma matsutake* stimulates *Pinus densiflora* seedling growth in vitro. *Mycorrhiza* 14: 397-400.
- 3) Guerin-Laguette, A., Matsushita, N., Lapeyrie, F., Shindo, K., and **Suzuki, K.** (2005) Successful inoculation of mature pine with *Tricholoma matsutake*. *Mycorrhiza* 15: 301-305.
- 4) Matsushita, N., Kikuchi, K., Sasaki, Y., Guerin-Laguette, A., Lapeyrie, F., Vaario, L.-M., Intini, M., and **Suzuki, K.** (2005) Genetic relationship of *Tricholoma matsutake* and *T. nauseosum* from the northern hemisphere based on analyses of ribosomal DNA spacer regions. *Mycoscience* 46: 90-96.
- 5) Nara, K. (2006) Pioneer dwarf willow may facilitate tree succession by providing late colonizers with compatible ectomycorrhizal fungi in a primary successional volcanic desert. *New Phytologist* 171: 187-198.
- 6) Yamada, A., Maeda, K., Kobayashi, H., and Murata, H. (2006) Ectomycorrhizal symbiosis in vitro between *Tricholoma matsutake* and *Pinus densiflora* seedlings that resembles naturally occurring 'shiro'. *Mycorrhiza* 16: 111-116.
- 7) Ochimaru, T. and Fukuda, K. (2007) Change in fungal communities in evergreen broad-leaved forests across a gradient of urban to rural areas in Japan. *Canadian Journal of Forest Research*: (in press).

<http://www.fb.fr.a.u-tokyo.ac.jp/>