

平成 22 年 5 月 21 日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19405026

研究課題名（和文）アジアの荒廃地で森林再生に不可欠な菌根菌を探る

研究課題名（英文）Ectomycorrhizal fungi on degraded land in Asia: key players in successful reforestation

研究代表者

奈良 一秀（NARA KAZUHIDE）

東京大学・アジア生物資源環境研究センター・助教

研究者番号：60270899

研究成果の概要（和文）：外生菌根菌は樹木に土壤養分を供給する共生微生物で、宿主樹木の成長や定着に決定的な役割を果たす。本研究では、インドネシアの熱帯フタバガキ林の火災跡地、および中国東北部のアルカリ塩類土壌地域において、最新の分子生物学的手法に基づく菌種同定法を利用し、樹木の定着初期に共生する外生菌根菌群集の特徴を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Ectomycorrhizal fungi symbiotically colonize tree roots and facilitate hosts' nutrient acquisition, playing critical roles in growth and establishment of host trees. In fire-affected dipterocarp forests in Indonesia and saline-alkaline deserts in northeastern China, we have characterized ectomycorrhizal fungal communities during early stages of natural tree establishment using molecular identification techniques.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2008 年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2009 年度	1,900,000	570,000	2,470,000
年度			
年度			
総計	6,200,000	1,860,000	8,060,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：林学・森林工学

キーワード：森林再生、共生微生物、菌根菌、荒廃地

## 1. 研究開始当初の背景

（1）外生菌根菌は樹木の細根に共生する菌類で、多くのキノコ類が含まれる。外生菌根菌は土壤中のリンや窒素を効率的に吸収し、宿主樹木に供給する働きを持つ。また、菌種によってその機能は大きく異なることから、共生する菌根菌の種組成などは樹木の成長や定着を決定する重要な要因となる。特に、荒廃地においては、宿主樹木とともに外生菌

根菌の感染源も消滅していることが多く、その後の樹木の新規定着を妨げる最大の要因ともなることが分かっている。

（2）日本や欧米では、荒廃地にいち早く侵入し、樹木の定着を促進する菌種やその特徴などが明らかにされている。こうした知見は、荒廃地の再生に活用できる重要な知見である。しかし、荒廃地問題が深刻な現実問題と

なっているアジア地域においては、どのような菌根菌がどの程度生息しているのかといった基本的な知見が存在しない。

## 2. 研究の目的

以下の2つの調査地域において、荒廃地に最初に侵入する外生菌根菌の種組成や出現頻度などの特徴を明らかにすることを目的とする。

- (1) インドネシア・東カリマンタン州のフタバガキ林とその火災跡地
- (2) 中華人民共和国・黒竜江省のアルカリ塩類土地域

## 3. 研究の方法

(1) 各調査地においてランダムに土壤サンプルを採集し、その中に含まれている菌根を回収する。その菌根から DNA を抽出し、rDNA の ITS 領域のシーケンスを行うことで菌種を同定した。

(2) 多様性指数や推定種数、菌種構成などによって外生菌根菌群集の特徴を解析した。また、得られたシーケンスデータに基づく系統解析によって、それぞれの菌根菌の生物地理学的な起源を推定した。

## 4. 研究成果

(1) 火災の被害を受けていない熱帯フタバガキ林では、ベニタケ科 (Russulaceae) とイボタケ科 (Thelephoraceae) の菌根菌が菌種数や出現頻度で優占していた (図 1 a)。菌根菌の種の多様性は単位面積当たりで比較すると温帯林よりも低く、菌根菌は動・植物 (熱帯が多様性の中心) とは異なる多様性分布を持つことが明らかとなった (図 2)。

(2) 火災の被害を受けたフタバガキ林では、宿主樹木となるフタバガキ科やブナ科の樹木はほとんど消失してしまっており、外生菌根菌の種数 (図 2) や出現率 (図 3) も著しく低下していることが明らかとなった。また、火災跡地で萌芽更新が見られるフタバガキ樹木の細根で菌根形成率が低かったことから、土壤中の感染源が低下しているものと推定された。

(3) 火災跡地では、無被害林では見られなかったニセシヨウロ属 (*Scleroderma*) やキツネタケ属 (*Laccaria*) が出現するなど、菌種組成は火災によって大きく変化していた。

(4) 熱帯フタバガキ林で見られた菌根菌を分子系統解析したところ、多くの菌種は Gondwana 起源であることが示唆された。

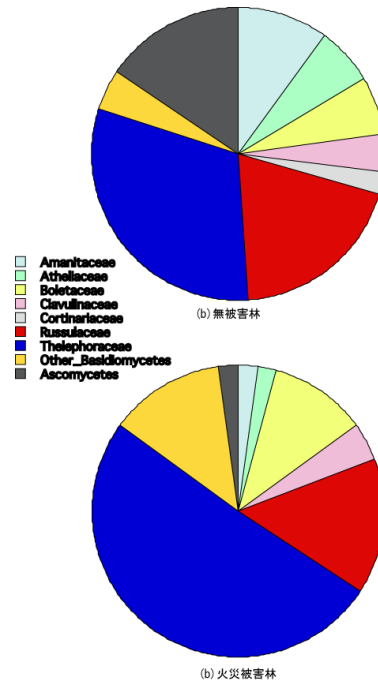


図 1 熱帯フタバガキ林とその火災跡地の菌根菌組成 (主要グループの相対出現頻度比)

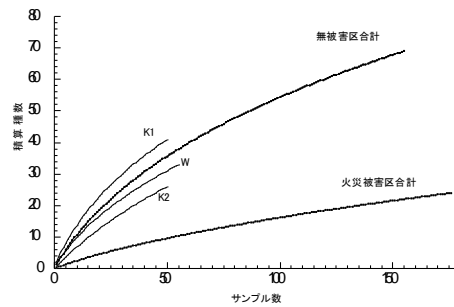


図 2 フタバガキ林と火災被害地の菌根菌種数  
通常の温帯林では、ほぼ同数のサンプルで 200 種を超える菌種が検出されることが多い

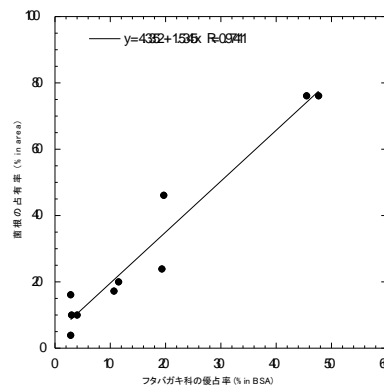


図 3 フタバガキ樹木の優占度と菌根占有率  
優占度は胸高断面面積合計に占める比率、占有率は全土壌サンプル中の菌根を含むサンプルの比率

(5) 中国アルカリ塩類土壤に自然に定着したモンゴルヤナギに共生する菌根菌は非常に少なく、他ではあまり見られない子囊菌の一種である *Geopora* sp. が優占していることが明らかとなった。

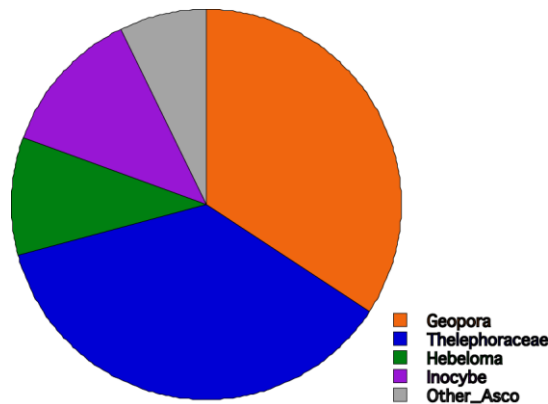


図4 中国アルカリ塩類土壤地域の外生菌根菌組成

(6) アルカリ塩類土壤地域で見られた *Geopora* の DNA 情報をもとに分子系統解析を行ったところ、近縁の菌種は世界各地のアルカリ土壤地域でも検出されていることが明らかとなった。菌根菌の多くは酸性土壤を好むが、一部の菌種はアルカリ塩類土壤に適応して進化していることが示唆された。

(7) 本研究によって明らかにされた菌根菌群集は、研究が進んだ北半球温帯域で一般的に知られるものとは大きく異なる。つまり、荒廃地の再生に外生菌根菌を利用しようとした場合も、これまでの知見が適応できないことを意味している。今後も、アジアの荒廃地の菌根菌群集を広範囲にわたって調べ、普遍的な法則を見つけることが重要になるものと考えられる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

- ① Tedersoo, L., Nara, K. (2010) General latitudinal gradient of biodiversity is reversed in ectomycorrhizal fungi. *New Phytologist* 185: 351-354.
- ② Tanaka, M., Nara, K. (2009) Phylogenetic diversity of non-nodulating *Rhizobium* associated with pine ectomycorrhizae. *FEMS Microbiology Ecology* 69: 329-343.
- ③ Ishida, T.A., Nara, K., Ma, S., Takano, T., Liu, S. (2009) Ectomycorrhizal fungal community in alkaline-saline soil in northeastern China. *Mycorrhiza* 19:

329-335.

- ④ Nara, K. (2009) Spores of ectomycorrhizal fungi: ecological strategies for germination and dormancy. *New Phytologist* 181: 245-248.
- ⑤ Ishida, T.A., Nara, K., Tanaka, M., Kinoshita, A., Hogetsu, T. (2008) Germination and infectivity of ectomycorrhizal fungal spores in relation to ecological traits during primary succession. *New Phytologist* 180: 491-500.
- ⑥ 宝月岱造・練春蘭・成松真樹・奈良一秀 (2008) 地面の下のマツタケ生態学. *森林科学* 53: 33-34.
- ⑦ Ishida, T. A., Nara, K., Hogetsu, T. (2007) Host effects on ectomycorrhizal fungal communities: insight from eight host species in mixed conifer-broadleaf forests. *New Phytologist* 174: 430-440.
- ⑧ He, X.H. Nara, K. (2007) Element biofortification: can mycorrhizas potentially offer a more effective and sustainable pathway to curb human malnutrition? *Trends in Plant Science* 12: 331-333.
- ⑨ 奈良一秀 (2007) 生態系を見る新たな視点: 菌根菌. *理科教室* 50: 30-37.

[学会発表] (計 16 件)

- ① 田中恵・奈良一秀 (2010) 菌根圏バクテリアの群集構造: 非培養法と培養法の比較. 日本森林学会 第 121 回大会 (つくば大学, 4.3)
- ② 村田政徳・木下晃彦・田中元気・奈良一秀 (2010) トガサワラ林の外生菌根菌群集. 日本森林学会 第 121 回大会 (つくば大学, 4.3)
- ③ 蘇玉・奈良一秀・陳亜華・練春蘭 (2010) 外生菌根菌の菌糸成長に対する重金属の影響 第 121 回大会 (つくば大学, 4.3)
- ④ 黄建, 宗昆, 彭克儉, 薛生国, 陳亜華, 奈良一秀, 練春蘭 (2010) 中国湖南省の重金属鉱山荒廃地における菌根菌群集. 日本森林学会 第 121 回大会 (つくば大学, 4.3)
- ⑤ Chen, Y., Nara, K., Lian, C.L. (2010) Effect of ectomycorrhizal fungi on copper tolerance of pine seedlings. 日本森林学会 第 121 回大会 (つくば大学, 4.3)
- ⑥ Zong, K., Huang, J., Chen, Y., Nara, K., Shen, Z., Lian, C.L. (2010) Effect of ectomycorrhizal colonization on seedling survivals of *Pinus densiflora* and *Quercus* spp. in copper mine tailings. 日本森林学会 第 121 回大会 (つくば大学, 4.3)
- ⑦ Nara, K. (2009) Biogeography of ectomycorrhizal fungi found in a dipterocarp forest in Indonesia. *Asian*

Mycological Congress, Taiwan, invited speech. 2009.11.16

- ⑧ 奈良一秀 (2009) 土壤中に広がる菌根菌ネットワークの多様性と機能. 日本植物学会 第 73 回大会 (山形大学, 9.20) 招待講演
- ⑨ 奈良一秀 (2009) 熱帯フタバガキ林における菌根菌の多様性と火災の影響. 日本森林学会 第 120 回大会 (京都大学) 招待講演
- ⑩ Nara, K. (2008) Host effects on ectomycorrhizal fungal communities. 21<sup>st</sup> New Phytologist Symposium "The ecology of ectomycorrhizal fungi", Montpellier, France, invited speech.
- ⑪ 奈良一秀・木下晃彦・石田孝英・田中恵・Suciatmih・Simbolon Herwint (2008) 熱帯フタバガキ林における外生菌根菌の多様性. 日本森林学会第 119 回大会 (東京農工大学)
- ⑫ 丸山永・呉炳云・奈良一秀・松下範久・宝月岱造 (2008) 富士山火山荒原における外生菌根菌ハマニセシヨウロのジェネット変動. 日本森林学会第 119 回大会 (東京農工大学)
- ⑬ 奈良一秀 (2007) 菌根菌が木を育て森を作る! 日本森林学会第 118 回大会 (九州大学) 招待講演
- ⑭ 石田孝英・奈良一秀・寶月岱造 (2007) 一次遷移過程で優占する外生菌根菌の孢子発芽率と菌根形成能. 日本森林学会第 118 回大会 (九州大学)
- ⑮ 田中恵・奈良一秀 (2007) 土壌と菌根菌の違いが根圏バクテリア群集に及ぼす影響. 日本森林学会第 118 回大会 (九州大学)
- ⑯ 田中恵・奈良一秀 (2008) 野外における菌根圏バクテリアの群集構造: 樹種および菌種の影響. 日本森林学会第 119 回大会 (東京農工大学)

[図書] (計 3 件)

- ① He, X.H., Critchley, C., Nara, K., Southworth, D., Bledsoe, C.S. (2009) N-15 enrichment methods to quantify two-way nitrogen transfer between plants linked by mycorrhizal networks. In: Symbiotic Fungi: Principles and Practice (2nd edition), Ajit Varma and Amit Kharkwal, eds. Springer, Germany, pp. 285-291.
- ② Nara, K. (2008) Community development patterns and ecological functions of ectomycorrhizal fungi: implication from primary succession. In Mycorrhiza (3rd edition), Ajit Varma ed. Springer, Germany, pp. 581-599.
- ③ 奈良一秀 (2008) 菌根菌による植生遷移

促進機構. In: 攪乱と遷移の自然史. 重定・露崎 編. 北海道大学出版会. pp. 95-111.

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

[その他]

- ① 2008 年 2 月 18 日 NHK 高校講座 生物 資料提供・番組作成協力
- ② 国立科学博物館特別展「菌類の不思議展」研究成果の展示 (国立科学博物館 H20.10.11~H21.1.12)
- ③ 科学技術振興機構『科学と人間生活 たのしく学べる! 実用実験動画集』のコンテンツ「植物と共生する菌根菌」資料提供・作成協力 (平成 20 年度事業、<http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0170c/start.html>)
- ④ 2009 年 4 月 18 日、19 日 新聞各紙 (産経新聞/日本経済新聞/東京新聞/北海道新聞/河北新報/東奥日報/秋田魁新報/山形新聞/岩手日報/福島民報/下野新聞/茨城新聞/神奈川新聞/山梨日日新聞/信濃毎日新聞/中日新聞/静岡新聞/岐阜新聞/北日本新聞/京都新聞/神戸新聞/山陽新聞/中国新聞/日本海新聞/山陰中央新報/四国新聞/愛媛新聞/徳島新聞/高知新聞/西日本新聞/大分合同新聞/宮崎日日新聞/長崎新聞/佐賀新聞/熊本日新聞/共同通信/大阪日日新聞/Yahoo! ニュース/nifty ニュース/excite ニュース/go ニュース/biglobe ニュース/デイリースポーツなど) 研究成果紹介
- ⑤ 2009.4.21 フジテレビ「目覚ましテレビ」研究成果紹介・出演・資料提供
- ⑥ 2009.4.22 テレビ神奈川「ニュースハーバー」研究成果紹介・資料提供

ホームページ等

<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/symbio/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

奈良 一秀 (NARA KAZUhide)

東京大学・アジア生物資源環境研究センター・助教

研究者番号: 60270899

(2) 研究分担者

練 春蘭 (LIAN CHUNLAN)

東京大学・アジア生物資源環境研究センター・准教授

研究者番号: 40376695

(3) 連携研究者 なし