

草津白根山の標高別植物群集内における菌根性植物とその菌根タイプの分布について

阿部 淳一（筑波大学農林学系）

はじめに

陸上高等植物の 6~7 割は菌根を形成し、菌根菌との共生（symbiosis）によって栄養養分の収支に役に立っていることが実験的に証明されている。菌根や菌根菌の存在が熱帯多雨林、砂漠、南極などの様々な陸上植物の生態系で確認され、厳しい生育環境条件の生態系において菌根菌は植物の進出に貢献していると考えられている。菌根は形態学的に外生菌根（または外菌根）、内生菌根、両方の形態を持つ内外生菌根（本調査では観察されていないため、詳しい説明は省略する）と大きく類別し、内生菌根はさらに菌根菌の種類または菌根を形成する植物により細分している。すなわち、ここで用いる菌根タイプは、外生菌根、アーバスキュラー（arbuscular）菌根（VA 菌根）、ツツジ科（植物）菌根、ラン科（植物）菌根である。日本の火山に生息する植物の菌根性について Asai（1934）が初めて阿蘇山で調査し、17 種のうちイタドリ 1 種以外は菌根性であり、さらに、火山付近の火山灰に菌根菌の存在を証明した。しかし、当時、Asai は菌根を内生または外生菌根のみ識別し、詳しい菌根および菌根菌に関する研究がまだ報告されていない時代のため、内生菌根を細かく類別しておらず、Asai の調査を再検討する必要があると考えた。本研究の目的は草津白根山の火山植生の遷移における菌根の働きを明らかにするため、標高別の菌根タイプの分布および各菌根タイプと非菌根性植物の割合を調査することである。また、白根レストハウスから湯釜展望台までの歩道の存在が菌根性植物の分布に与える影響について調べている。

調査方法

1. 植生調査：本調査は標高差およそ 51 m で植生の変化が観察される草津白根山の湯釜の東南斜面で行われた。白根レストハウスから湯釜展望台までの歩道（山道）の標高 2015 m（C）、2035 m（B）、2051 m（A）の東側にそれぞれ歩道のそばとさらに歩道からおおよそ 10 m（B'、C'）ないし 50 m（A'）に各

調査区を設けた（図 1）。このような調査区とは対照的に白根レストハウスから芳ヶ平方面の自然歩道から入ったところに調査区 D（標高 1993 m；N 36° 38' 08'', E 138° 32' 23''）を設置した（図 1）。調査区 A、A'、B、B'、C、C'、D の平均勾配はそれぞれ 23°、19°、16°、23°、9°、7°、7°であった。各調査区に 1 m×1 m の枠内の植生と被度を 5 カ所で調査した。調査は 2000 年 7 月 29 日、30 日、9 月 24 日に行い、各区は 1 回調査した。

2. 菌根調査：調査区で採取した根はよく流水で洗浄し、Phillips and Hayman（1970）の方法を用いて染色した。アーバスキュラー菌根特有の皮相組織の樹枝状体（arbuscule；写真 9）と嚢状体（vesicle；写真 10）の有無・形状を光学顕微鏡 400 倍で観察した。外生菌根は薄い横断切片を作製し、外生菌根特有の表皮細胞の Hartig Net の有無を光学顕微鏡で確認した。本調査で観察していない植物は以前著者がほかで採取した植物で菌根タイプをすでに確認した、または文献（Maeda, 1954; Harley and Harley, 1987; Smith and Read, 1997）上、菌根タイプが明らかな植物である。種子植物の学名は大井・北川（1992）、シダ植物のは中池（1992）、科名の順は八杉ら（1996）に従った。本調査区ではコケや地衣類も生息していたが、本結果には加えていない。苔類では菌根（菌仮根）の報告が特に多いが、本調査区に多い蘚類のスギコケ科の 1 種は菌根を形成していなかった。

植生調査について

標高が高い 2051 m の A と A'ではイタドリが優占し、イタドリやコメススキがパッチ状に点在し（写真 1）、植生がない空間が多く、標高が低い 1993 m の D ではイタドリが減少し、樹木が増え、点在し、その下にガンコウランが広い群落を成し、他の植物の群落と連結している（表 1）。調査した草津白根山の東南斜面は白根山の西斜面や本白根山の植生より標高が低い位置（約 2060m）で植生限界を迎えていることが特徴である。従って、東南斜面の生育環境が厳しいため、植生遷移が他よりは遅れていると思われる。

生育に好適な環境がコメススキでは 2015 m と 2035 m の間で、イタドリでは標高 2035 m と 2051 m の間であると考えられる（表 1）。また、ヒメスゲの

被度は 2035 m でピークを達し、1993 m ~ 2035 m の各調査区で常に出現している（表 1）。多くのヒメスゲでは穂を形成していないため、ヒメスゲ以外のスゲ属も混在している可能性もある。

歩道に近い B と C では植物相が豊富であり、特にキク科とコメススキの進出が著しい。これは歩道の存在によって人為的に散布された種子が多く、従来、高山植物ではないオオバコやシロツメクサの進出を促している（表 1）。さらに、歩道の設置によって地表面の浸食や崩落を抑制するため、高山植物のキク科が多く定着していると考えられる。また、C と C' の植物相を比較すると C ではキク科の種類が多く（6 種）、C' ではツツジ目の種類が多く（4 種）分布している（表 1）。このことから、歩道による影響によって生育が遅いツツジ目の出現が抑制されていると推測する。B' では傾斜角度（23°）が急であるため、多様な植物の分布が妨げられていると思われるので、B と B' の比較はしない。以上のように観光目的に設置されている歩道がどのように植生に影響しているかは正確に把握するためには、更なる調査が必要である。

菌根調査について

植物 16 科 29 種の分布が確認され、そのうち 25 種が菌根を形成する植物である。菌根タイプではアーバスキュラー菌根が 17 種で優占し、ほぼ草本すべてに形成している（表 2、写真 9 ~ 12）。また、外生とツツジ科菌根が木本に多く確認されている（写真 13）。ガンコウランもツツジ科菌根を形成する。ホソバノキソチドリはラン科植物特有のラン科菌根を形成し、*Platanthera* 属植物では菌根から *Rhizoctonia* 属菌、*Sebacina vermifera* や *Leptodontidium orchidicola* の分離が成功していることが報告されている（Rasmussen, 1995）。ダケカンバ、ヤナギ科、ナナカマドでは外生とアーバスキュラー菌根が形成することが知られているが、環境または樹齢によってどちらかの菌根が形成することが多いと考えられている。たとえば、河川岸に生息するヤナギ類はアーバスキュラー菌根が多く、高山性のヤナギ類には外生菌根が多い。また、*Sorbus* 属や *Eucalyptus* 属では苗木の時はアーバスキュラー菌根を形成し、その後、外生菌根も形成し、さらに成長すると完全に外生菌根になる例も知られている（Harley and Harley, 1987）。非菌根性植物種が多いタデ科イタドリとカヤツリグサ科ヒメスゲには

本調査においても菌根の形成は確認できなかった (Harley and Harley, 1987)。

本調査では 86% の植物が菌根性であり、特に歩道付近の B と C には菌根性の植物が多く、菌根性植物の割合が高いことが明らかになった (表 3)。つまり、植物の多様性が高いと当然、菌根性植物の割合も高くなる。さらに、菌根菌にとって感染可能な植物が増加すると、菌根菌の散布体量 (接種源量) が増加し、植物の生長や定着に貢献することが推測される。

本調査区にはハイマツが生息していないため、標高 2051 m の菌根性植物はコメススキのみである。この標高にはアーバスキュラー菌根菌 *Glomus* 属がコメススキに感染していることを確認した (写真 9~10)。標高 2035 m ではアーバスキュラー菌根菌の種類が増え、ヒロハコメススキには *G. tenuis* (写真 11~12)、イワオトギリには *Acaulospora* 属菌の感染が認められた。また、標高 2035 m ではツツジ科菌根菌の子嚢菌類、外生菌根菌の担子菌類、ラン科菌根菌の *Rhizoctonia* も分布し、土壤微生物相が多様になっている。

Read (1984) は、土壌性や気候を考慮した上、標高が高くなると菌根タイプがアーバスキュラー菌根性植物→外生菌根性植物→ツツジ科菌根性植物に優占種が移行すると提唱している。しかし、本調査区では標高が高くなると菌根タイプが外生菌根性植物とツツジ科菌根性植物→アーバスキュラー菌根性植物→非菌根性植物に移行している。従って、本調査した草津白根山の植生遷移が Read のモデルとは逆転しているが、当然、火山環境の特異性が影響しているため、容易に比較することはできない。今後は、火山環境における宿主植物 (例、コメススキ) に対する菌根菌の貢献度の有無について研究を深める必要があると考える。

引用文献

- Asai, T. 1934. Über das Vorkommen und die Bedeutung der Wurzelpilze in den Landpflanzen. Japanese Journal of Botany 7: 107-150.
- Harley, J. L. and Harley, E. L. 1987. A check-list of mycorrhiza in the British flora. New Phytologist (Supplement) 150: 1-102.
- Maeda, M. 1954. The meaning of mycorrhiza in regard to systematic botany.

Kumamoto Journal of Science, B, 3: 57-84.

中池敏之 . 1992 . 新日本植物誌シダ篇 . 至文堂、東京、868 p .

大井次三郎 . 1992 . 新日本植物誌顕花篇 . 至文堂、東京、1716 p .

Phillips, J. M. and Hayman, D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society 55: 158-160.

Rasmussen, H. N. 1995. *Terrestrial orchids from seed to mycotrophic plant*. Cambridge University Press, Cambridge, 444 p.

Read, D. J. 1984. The structure and function of the vegetative mycelium of mycorrhizal roots. In: *The Ecology and Physiology of the Fungal Mycelium* (eds D. H. Jennings and A. D. M. Rayner). Cambridge University Press, Cambridge, pp.215-240.

Smith, S. E. and Read, D. J. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis* (2nd ed.). Academic Press, London, 605 p.

八杉龍一・小関治男・古谷雅樹・日高敏隆 . 1996 . 生物学事典 (第 4 版) . 岩波書店、東京、2027 p .