

# 審査の結果の要旨

氏名 賈 舒征

本論文は4章からなり、第1章では植物の光環境適応に関する既存知見のレビューと本研究の目的が述べられている。光合成によって生きている植物にとって光は最も重要な環境要素であるが、森林の林床は上層木によって太陽光が遮られるため光合成には不適な環境である。しかし、多くの植物がこのような環境に適応して生息しているため、林床植物は森林の生物多様性において重要な構成要素となっている。暗い環境に適応するためにはいくつかの異なる機構が知られている。1つは、暗い環境でも効率的に光合成が行えるように葉の形質を変化させることである（陰葉化）。もう一つは、根に共生する菌類から炭水化物を獲得することである（菌従属栄養）。一部の植物では、光合成も行うが菌からも炭水化物を獲得するものが知られている。このような植物は混合栄養植物と呼ばれる。とくにイチヤクソウ類には独立栄養、菌従属栄養、そして混合栄養の種が存在しているが、これら植物の生理生態には未だ不明な点が多い。そこで本研究では富士山の亜高山帯林において、3つの調査区を設け、同所的に存在するイチヤクソウ類3種（コイチヤクソウ、コバノイチヤクソウ、ベニバナイチヤクソウ）を対象にして研究目的が述べられている。

第2章では対象のイチヤクソウ類3種と周辺樹木の菌根菌群集が調べられている。菌種と樹種の同定にはDNA解析が用いられている。解析の結果、コイチヤクソウの根は周辺樹木にはほとんど見られない子囊菌類が優占して感染していた。その結果、コイチヤクソウと周辺樹木との菌根ネットワークはほとんど観察されなかった。一方、コバノイチヤクソウとベニバナイチヤクソウの根には周辺樹木に多く見られる担子菌類が共生していた。その結果、周辺樹木との菌根ネットワークも数多く確認されたが、その形成頻度はベニバナイチヤクソウの方がはるかに高かった。このような菌根ネットワークが定量的に比較された研究はこれまでになく、新規性の高い知見が得られている。

第3章では、対象植物3種の生息する光環境と葉の形態、光合成特性、菌従属栄養性の関係が調べられている。葉の形態については単位葉面積重量 (LMA) や単位面積窒素量 ( $N_{area}$ ) などが、光合成特性は最大光合成速度などが調べられている。また、菌従属栄養性の評価には炭素の自然安定同位体比を用いた解析が行われている。これは、菌根菌は独立栄養植物に対して炭素と窒素の安定同位体比 ( $\delta^{13}C$ ,  $\delta^{15}N$ ) がいずれも高いことから、混合栄養植物において菌への依存度が高い植物ほどこれらの値が高くなることを利用した解析である。安定同位体の解析には、イチヤクソウ類のほかに、周辺植物、菌類の子実体（きのこ）も用いられている。解析の結果、コイチヤクソウでは明るいとところほど LMA や  $N_{area}$ 、最大光合成速度が大きくなるなど、独立栄養植物に典型的な葉の光馴化が見られた。一方、コバノイチヤクソウやベニバナイチヤクソウでは、そのような葉の形質による光環境適応はほとんど確認されなかった。安定同位体の解析では、コイチ

ヤクソウでは明るい環境ほど  $\delta^{13}\text{C}$  が高くなる一般的な独立栄養植物の傾向が見られた。一方、コバノイチヤクソウでは正反対の相関が見られ、暗い環境ほど  $\delta^{13}\text{C}$  が高くなっており、菌への依存度が增大していることが示唆された。ベニバナイチヤクソウは光環境との明確な相関は見られなかったものの、他の2種よりも  $\delta^{13}\text{C}$  が平均的に高く、菌への依存度が高いことが推定された。以上のような知見は、光環境と混合栄養植物の環境適応について国際的にも独創的な成果である。

第5章では自身の研究成果を受けた建設的なディスカッションが行われている。本研究の成果から近縁なイチヤクソウ類3種においても、光環境の適応には明確な違いが明らかにされた。コイチヤクソウは周辺樹木との菌根ネットワークは少なく、ほぼ独立栄養であると考えられ、葉の形質を変化させることによって暗い環境に適応していた。一方、コバノイチヤクソウでは葉の形質による適応は見られず、暗い環境では菌への依存度を増大させることにより適応していることが示された。ベニバナイチヤクソウは周辺樹木との菌根ネットワークが最も多く、光環境によらず高い菌への依存度を示しており、混合栄養から完全菌従属栄養への進化の途上にあるものと考えられる。これらの研究成果は、対象植物だけでなく希少種の多い林床植物全般の保全にも重要な示唆をあたえるものである。

なお、本論文第2章は中野隆志、服部正平、奈良一秀との共同研究、第3章は中野隆志、奈良一秀との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実施されたものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。

以上 1972 字