



図5 ランの根の横断面（模式図）と野生ランの一種ネジバナの根の細胞内に見られる菌糸コイル

菌根菌の菌糸は、根の皮層細胞内でコイル状の菌糸構造をつくる。

表1 いろいろな菌根——菌と植物の組み合わせ

菌根	植物	菌	宿主特異性
アーバスキュラー菌根	コケ シダ 裸子植物 被子植物	グロムス菌門 ケカビ門アツ ギケカビ科	無～低 陸上植物の種の 70～80%
外生菌根	被子植物（ブナ目 などの木本）	担子菌門 子囊菌門	有 種子植物種の3%
ラン菌根	ラン科	担子菌門 子囊菌門	有
エリコイド菌根 （ツツジ型菌根）	ツツジ科	子囊菌門 担子菌門	有
アープトイド菌根	ツツジ科などの一部 （イチゴノキなど）	子囊菌門 担子菌門	有
モノトロポイド菌根	ツツジ科無葉緑植 物（ギンリョウソ ウなど）	担子菌門	有

（ツツジ科植物の菌根の詳細な分類は第3章参照）

ているのである。そのため「菌従属栄養植物」という言葉が使われる。光合成をやめた無葉緑植物には、モノトロポイド菌根以外の形態の菌根を形成し、菌から炭素化合物を獲得している種類もある。それらについては、第4章で詳しく述べられる。また外生菌根に似ているけれど少し変わったハルシメジ型菌根について、その発見の経緯がコラム「キノコの下の菌糸をたどって新発見」で述べられる。

ラン菌根（あるいはラン型菌根）は、ラン科の植物に、ある種の担子菌や子嚢菌が共生して形成されるきわめて特殊な菌根である。この菌根菌は、ランの根の皮層細胞の中に侵入し、細胞の中でとぐるを巻いたようなコイル状菌糸を形成する（図5）。ラン菌根の特徴は、ランの種子の発芽段階にある。ランの種子はきわめて小さく、種子の中ほとんど栄養分を貯蔵していない。そのため、この種子が発芽する時、菌根菌が共生し、周辺環境から吸収した養分を発芽種子へ供給することによって発芽後の生育を支える。このことを共生発芽と言う。共生発芽時の菌とランの栄養物質のやりとりを最新の顕微鏡技術で明らかにした研究が第8章で紹介される。

それぞれの菌根の特徴については、表1にまとめた。

養分の授受を通じた共生

菌根菌と植物は相互に認識し、植物が菌根菌という異種の生物を自分の根組織に受け入れることによつて、これまで述べてきたような菌根という特殊な構造が形成される。それにしても、どうしてそのよ

ンは、木材腐朽菌に寄生しているに違いないと考えた。

そこで根茎をもつサイハイランの共生菌を調べてみたところ、思った通り木材腐朽菌のナヨタケ科であった。そして安定同位体分析から、根茎をもつサイハイランは立派な葉をもつにもかかわらず、大部分の炭素を菌に依存していることがわかった。さらに前節で紹介した¹⁴C濃度を調べたところ、サイハイランは緑葉をもつにもかかわらず、根茎をもつ個体はサンプリング時期より数十年前に固定された炭素を利用しており、モイワランと同様、ナヨタケ科の菌糸を通じ朽ち木から炭素を得ていることがわかった(図10)。つまりサイハイランやモイワランでは、リゾクトニアから木材腐朽菌へのシフトが、外生菌根菌へのシフト同様に、菌従属栄養性の進化に重要な役割を果たしていたのだ。^{*12}言葉にすると簡単に聞こえるが、根茎のあるサイハイランがなかなか入手できないことも相まって、検証を開始してから、実際に論文が出るまでは十数年の歳月を要した。しかし、手間はかかったものの、菌従属栄養性の進化と木材腐朽菌へのパートナーシフトを考える上でミッシングリンクを埋める発見ができたことを非常にうれしく思っている(図12)。

なおリゾクトニアもリター(落ち葉や落枝)などを分解する腐朽菌としての側面が強いと言われており、同じ腐朽菌から別のグループの腐朽菌へのシフトが、菌従属栄養性の進化の際になぜ必要となるのかはまだ未解明だ。しかしリゾクトニアの分解能力はあまり高くはないため、高い腐朽能力をもつナヨタケ科やナヨタケ属のような木材腐朽菌にパートナーを変えることは、より巨大な炭素プール(朽ち木)へのアクセスを可能にする点で、菌従属栄養性の進化に有利に働いたと考えられる。さらに興味深いこ

た筆者の研究について紹介する。

ランの共生発芽

ラン科植物の菌根の特徴の一つは、菌根菌（担子菌門あるいは子囊菌門）の多くが土壤中で有機物を分解して生きている腐生菌であり、中には植物への病原性をもつものもあることである。^{*2} また、それらの中には分離培養が容易なものもある。以下の研究では、ラン科植物としてネジバナを、共生菌としてセラトバシディウム (*Ceratobasidium*) 属菌を用いている（分離した当時は、**生越明による分類体系による二核リゾクトニア属の菌糸融合群から同定した**）^{*3}。

まず、ランの菌根がどのように発達するのか、ライフサイクルを説明する。^{*2} すべてのラン科植物は、「ダストシード（ほこり種子）」と呼ばれる胚と種皮のみからなる非常に小さな種子を作る（図2②・口絵10）。種子は、発芽すると胚が分裂生長するプロトコームという組織を経て、葉と根を形成し、実生となる。自然界での胚の生長には、共生菌の感染とそれに続く菌からの養分供給が必要である。プロトコーム期の生長は、炭素を含むすべての養分が菌から供給されるため、養分授受の面から見ると、両者の関係は片利共生と言える。すなわち、宿主植物であるランは利益を得るが、共生菌側には利益がない。しかし、ほんとうに共生菌に利益がないかどうかはまだよくわかっていない。

プロトコームが葉と根を発達させ、その後共生菌が根に感染して菌根となり、緑色の葉を形成する地