



2026年6月9日
国立大学法人千葉大学
国立大学法人神戸大学

菌糸ネットワークを介した植物間の炭素移動を栽培実験で実証 —菌類を介した「植物間のエネルギー分配」の解明へ—

千葉大学大学院教育学研究院の大和政秀教授と神戸大学大学院理学研究科の末次健司教授の共同研究グループは、リンドウ科のコケリンドウがアーバスキュラー菌根（AM）菌^{注1}を介して他の植物から炭素化合物を獲得していることを、新たに開発した栽培実験系によって解明しました。本研究により解明された植物と菌類の関係は、植物の成長戦略や植物多様性の成立を理解するうえで、新たな視点をもたらすと期待されます。本研究成果は2026年5月28日付で、国際学術誌 *Mycorrhiza* にオンライン掲載されました。

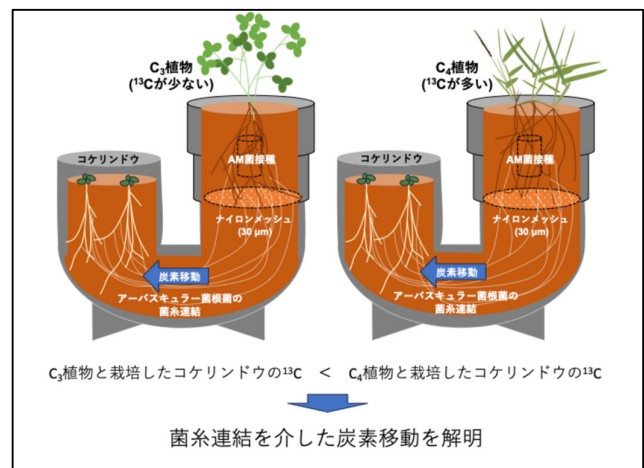
（論文はこちら：[10.1007/s00572-026-01271-6](https://doi.org/10.1007/s00572-026-01271-6)）

■研究の背景

植物の多くは、菌根菌と呼ばれる菌類と共生し、光合成産物である炭素化合物を菌根菌に与え、その代わりに土壤中の養分を受け取る相利共生の関係を築いています。一方、主に担子菌類^{注2}と共生するラン科やツツジ科の一部には、光合成能力を失い、菌根菌から炭素化合物を受け取って生活する（部分的）菌従属栄養植物^{注3}が知られています。これらの植物では、共生菌である担子菌類が光合成植物よりも炭素同位体¹³Cを多く含む傾向があるため、野外で採取した植物の炭素同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ 値）^{注4}を調べることで、菌類からの炭素獲得を推定できます。しかし、多くの植物と共生するアーバスキュラー菌根（AM）菌は、担子菌類ほど¹³Cに富むわけではありません。そのため、AM菌と共生する（部分的）菌従属栄養植物については、野外で採取した植物の $\delta^{13}\text{C}$ 値だけでは、菌類からの炭素獲得を明らかにすることが困難でした。そこで本研究では、 C_4 植物^{注5}が C_3 植物^{注6}よりも¹³Cを多く含むことによる $\delta^{13}\text{C}$ 値の違いを「標識」として利用し、栽培試験によって菌糸を介した植物間の炭素移動を検証しました。

■研究成果のポイント

本研究では、U字型のポットを作製し、30 μm （マイクロメートル）の非常に網目の細かいナイロンメッシュを用いて、 C_3 植物または C_4 植物を栽培する区画と、コケリンドウを育てる区画を分けました（図）。このメッシュはAM菌の菌糸を通しますが、植物の根は通さないため、根同士の直接的な接触を防ぐことができます。また、U字型の構造により、 C_4 植物の根の呼吸によって生じた¹³Cに富む二酸化炭素が、コケリンドウの $\delta^{13}\text{C}$ 値に与える影響を低減しました。栽培する C_3 植物および C_4 植物にAM菌を接種し、コケリンドウを栽培したところ、 C_4 植物とともに栽培した個体において、 C_3 植物とともに栽培した個体よりも有意に高い $\delta^{13}\text{C}$ 値が得られました。また、 C_4 植物とともに栽培した個体では、 $\delta^{13}\text{C}$ 値が高い個体、すなわち炭素化合物を多く受け取った個体ほど成長が促進されました。この結果は菌根菌を介して炭素化合物が植物間を移動し、この従属栄養性がコケリンドウの成長に寄与したことを示しています。



図：菌糸連結を介した炭素移動を実証する U字型ポット栽培

■今後の展望

本研究で開発した U 字型ポットを用いた栽培実験系により、今後、さまざまな植物種で、AM 菌を介した植物間の炭素移動の有無を検証できるようになります。AM 菌を介した炭素移動が多様な植物で確認されれば、地下の菌糸ネットワークは単なる養分吸収の経路ではなく、植物間で炭素化合物が移動する「エネルギー分配」の場としても機能している可能性があります。このような植物と菌類の関係は、植物の成長戦略、生態的ニッチ、さらには植物多様性の成立を理解するうえで、新たな視点をもたらすと期待されます。

■用語解説

注1) アーバスキュラー菌根 (AM) 菌：グロムス亜門の菌類で、多くの植物と共生し、根の皮層細胞に樹枝状体をつくる。土壤中の窒素やリン酸を植物に供給し、光合成産物である炭素化合物を受け取る。本研究においては *Dominikia* sp. を利用して検証を行った。

注2) 担子菌類：菌糸が集まって傘状の子実体を形成し、傘の裏面などに担子器を生じ、担子胞子をつくる菌類。マツタケ、シイタケなどが、担子菌類として知られる。

注3) (部分的) 菌従属栄養植物：共生菌類に炭素源を依存する植物を菌従属栄養植物という。光合成を行う緑色植物が菌類からも炭素を得る場合、部分的菌従属栄養植物という。

注4) 炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$): 重さの異なる炭素の割合が、標準物質と比べてどの程度高いか、または低いかを千分率 (‰: パーミル) で表した値。「 δ (デルタ) 値」として表記される。

注5) C_4 植物：光合成の際に、二酸化炭素を C_4 回路において C_4 化合物 (オキサロ酢酸) に取り込む植物。トウモロコシ、サトウキビ、ススキなどが C_4 植物として知られる。本研究においてはギニアグラスを利用して検証を行った。

注6) C_3 植物：光合成の際に、二酸化炭素をカルビン・ベンソン回路において C_3 化合物 (3-ホスホグリセリン酸) に取り込む植物。ほとんどの植物は C_3 植物である。本研究においてはアルファルファを利用して検証を行った。

■論文情報

タイトル：Partial mycoheterotrophy in the arbuscular mycorrhizal *Gentiana squarrosa* (Gentianaceae) demonstrated by coculture assays using C_3 and C_4 plants

著者：Masahide Yamato, Moe Sasuga, Keito Shimabukuro, Ryota Kusakabe, Kenji Suetsugu

雑誌名：Mycorrhiza

DOI：[10.1007/s00572-026-01271-6](https://doi.org/10.1007/s00572-026-01271-6)

■研究プロジェクトについて

本研究は、JSPS 科研費 (25K09767) の支援によって実施されました。