

はじめに——今なぜ菌根菌なのか?——

植物は根で土壌から養分を吸収すると言われます。

しかし今日では、植物の根と共生する菌根菌という微生物が養分の吸収に重要な役割を果たしていることが知られるようになってきました。

菌根菌は、糸状菌（カビ）の一種に分類される微生物です。例えばこうじ菌（コウジカビ）をはじめとする糸状菌の多くは、自分で有機物を分解してエネルギーを得ることができますが、菌根菌はそれができません。代わりに、生きた植物と共生して植物に養分を供給し、植物からは光合成産物をもらうという、「持ちつ持たれつ」の生き方をしています。そしてこの菌根菌が地中に張り巡らせた菌糸ネットワークは、植物にとっての「第2の根」として、とくにリン酸をはじめとする養分の吸収に関わるほか、土壌団粒を形成するなど、土中環境を整えるうえで重要な役割を果たしていることが知られています。近年では、菌根菌そのものについての研究も進み、多くの植物と共生するアーバスキュラー菌根菌（AM菌）だけでなく、ツツジ科の植物と共生するエリコイド菌根菌、さらにはラン科植物と共生するラン型菌根菌なども知られ、その利用に向けた研究も進んできました。

農業の分野でも、菌根菌のはたらきを活かす試みは進められてきました。とくにリン酸などの吸収促進、病害耐性や干ばつ耐性の向上、土壌の団粒構造の発達などの面から注目され、資材の開発など進められました。しかし、そもそも肥料過多の環境や耕耘が繰り返される土壌でははたらきにくいことや、とくに慣行栽培では増収などの目に見える効果を直ちにみたらすものでもないことから、菌根菌を活かす農業は、今日まで広く普及するには至っていません。それに対して近年、気候変動や資材価格の高騰などにより、これまでの農業のあり方が大きく問い直され、その中でより自然の力を活かす「持続的な農業」のあり方が模索された結果、再び注目を集めています。自然栽培をはじめとする無投入・低投入型の農業で自律的な養分吸収を支えるほか、不耕起とカバークロップを組み合わせた「耕さない農業」では、健全な土壌環境を形づくるといった菌根菌のはたらきが、改めて関心を集めています。

農文協では2026年1月、『みんなの有機農業技術大事典』の刊行（2025年3月）を記念したオンライン連続講座「いま注目の菌根菌とその仲間たち（全3回）」の第1回目として、「これまでなかった菌根菌の世界」と題するセミナーを開催しました。多くの方にご参加いただき、活発な質疑応答が交わされました。この本はそのときの報告と質疑応答をもとにした前編と、当日答えられなかった質問をベースに新たに書き下ろした後編で構成しています。

前編は、「これまでなかった菌根菌の世界」です。小八重善裕さん（酪農学園大学）からは、菌根菌の生き方、植物との共生の歴史、地球環境の成り立ち、地中の養分の循環に果たす菌糸

ネットワークのはたらき、菌根菌を活かした農業の考え方などについて、千徳毅さん（㈱アライヘルメット自然科学室）からは、顕微鏡や試薬を用いた菌根菌の観察法や、菌根菌を活かした栽培のポイントについて解説いただいたあと、当日の質疑応答をもとに菌根菌の世界を掘り下げます。

後編は、「菌根菌をもっと知る」です。前編を受ける形で、菌根菌という生きもの、菌根菌がよるこぶ農地の環境、菌根菌を活かす栽培といったテーマについて、小八重善裕さんに掘り下げて解説していただく内容となっています。

菌根菌は、植物が陸上に進出した太古の昔から植物と共生し、自然環境を形作ってきました。そんな菌根菌の目線で、持続的な農業、さらには持続的な社会について考えるきっかけに、本書をご覧くださいできれば幸いです。

2026年9月

農山漁村文化協会編集局

目次

口絵
i

はじめに——なぜ菌根菌なのか？—— 1

前編 ここまでわかった菌根菌の世界

第1講 驚きの菌根菌の生態とはたらき…… 11

小八重善裕（酪農学園大学教授）

土の中に広がる菌糸ネットワーク／養分を吸い、有機物を蓄え、土壌をつくる／太古の植物は根ではなく、菌根から養分を得ていた／コケと共生する菌根菌／水平方向に生きる植物の戦略／二

第2講

アーバスキュラー菌根菌の観察法と活用法……35

千徳毅 (株アライヘルメット自然科学研究室研究員)

酸化炭素を吸収して今の環境をつくり上げた／生きものがシェアしてきた肥料Ⅱ「生きものの肥料」／「生きものの肥料」は土壌分析でわからない！／菌根菌には多くの種類がいる／リン酸が欲しい時はリン酸を運ぶ菌根菌をはたらかせる／多様な植物を生やすことから／菌根菌はその時々で一番元気な植物を応援する／菌根菌も「適地適作」でいろんな植物を育てようとする／これからは自然のしくみを活かす農業へ／施肥は菌根任せでよい／これからは育種も重要になる

観察方法は三つ／観察方法1 根の感染率の測定／観察方法2 胞子の観察／いろんな場所で胞子を作る／観察方法3 菌糸ネットワークの測定／菌根菌は土壌の団粒化も促す／肥料が少なく、緑肥や雑草がある畑で菌糸が発達／不耕起の畑でも菌糸が発達／菌根菌は作物より雑草を応援することも／夏は作物が負けないよう草刈りが不可欠／耕作放棄地には多様な菌根菌／菌根菌が共生しやすい植物、しにくい植物／アブラナ科でも菌根菌が入る可能性がある／固定種や在来種は菌根菌と相性がいい？／環境負荷の少ない農業に向けて

質疑応答から……57

- 田んぼだった畑で菌根菌を増やすには？／● そもそも菌根菌を活かした農業はできるの？／● 植物と相性のいい菌根、悪い菌根はあるの？／● 菌根菌を人間が制御することはできるの？／

●菌根菌からチツソは供給されるの？／●チツソを葉面散布すると菌根菌の活動はどうなる？／
 ●菌糸が発達する環境とは？／●市販の菌根菌資材を使う場合の注意点は？／●菌糸ネットワー
 クができるのにかかる時間は？／●耕作放棄地を畑にする場合は不耕起がいい？／●壊れた菌糸
 ネットワークの再生能力は？／●冬に土が凍結しても菌根菌は生きられるの？／●不耕起栽培で
 菌根菌を増やせば一年中作物を栽培できるの？／●菌根菌を活かすといっても、夏の草刈りは大
 変です……／●森林の生態系と菌根菌の世界の類似性／●菌根菌を活かす農業と「菌ちゃん農法」
 はどう違う？／●チツソ・リン酸・カリのことはあまり考えなくてよい？／●有機物を大量に投入
 して作物はよくできているが、気を付けることは？／●植物ごとの住み分けは？／●「生きもの
 肥料」について詳しく知りたい／●菌根菌は土壌の種類を選ぶの？／●「育種が重要」というこ
 との意味は？／●菌根菌は水田稲作に利用できるの？／●田んぼの中干しで菌根菌は増えるの？

後編

菌根菌をもっと知る

小八重善裕（酪農学園大学教授）

補講 1

菌根菌という生きもの……95

菌根菌はカビの仲間／内生菌根菌と外生菌根菌／過度な期待はできないが……／ツツジ科と共生
 する菌根菌／菌根菌に頼らないアブラナ科植物の生き方／樹木と共生する外生菌根菌／生きた植
 物がいないと生きられない／根つこの外では生きられない／生態系の大動脈を作り出す／進化の
 過程で非菌根性の植物も登場／栽培作物には菌根菌に頼らないものが多い／菌根菌を活かす農業
 の時代が来ている！

補講 2

菌根菌がよろこぶ畑……………112

菌根菌はどこにもいるが、向き不向きあり／菌根菌が好む土壌環境（水分・空気量・土質・養分・pH・不耕起）／自然栽培では肥料なしで養分が増える／慣行栽培では肥料の投入が欠かせない／センチュウやミミズとの関わり／土壌団粒を作る／菌糸ネットワークや不耕起自体に病虫害抑制効果はない／収量は低くても低コストの経営ができる／草を生やす重要性とその戦略／化学肥料や有機肥料の影響／農業の影響は未解明／農業資材は特性を理解して使う／菌根菌の状態は見た目ではわからない／果樹園にも菌根菌

コラム 水田稲作に菌根菌は利用できるか？

138

補講 3

菌根菌を活かす栽培……………140

畑に菌根菌を増やすには？／堆肥とは相性が悪い／連作VS輪作／菌根菌は太陽熱処理に弱いが……／農業でも不耕起が最善ではあるが……／完全放牧の家畜糞尿は菌根菌を阻害しない／菌根菌資材は効果や費用を見極めて

コラム 「菌ちゃん農法」をどう見るか？

152

もっと知るための文献案内

155

著者紹介

159

前編

ここまでわかった

菌根菌の世界

小八重善裕（酪農学園大学教授）

千徳 毅（株）アライヘルメット自然科学研究室研究員）

菌根菌は植物の根ここに共生し、植物が養分を吸収するのに重要な役割を果たす微生物で、植生回復など環境保全のほか、農業に活かす取り組みが進められています。前編では、2026年1月に開催したセミナー「ここまでわかった菌根菌の世界」の講演内容と、当日の質疑応答をもとに、菌根菌がつくりだすネットワークや菌根菌の胞子の姿、4億7000万年前にさかのぼる菌根菌と植物の共生の歴史と地球環境の成り立ち、地中の養水分の循環に果たす菌糸ネットワークのはたらき、菌根菌を活かす栽培の考え方について、小八重善裕さん（酪農学園大学）と千徳毅さん（㈱アライヘルメット自然科学室）に解説いただきます。

第1講

驚きの菌根菌の生態とはたらき

小八重善裕（酪農学園大学教授）



土の中に広がる菌糸ネットワーク

皆さん、こんにちは。会場の皆さんもネットで参加の皆さんも、よろしくお願ひします。酪農学園大学の小八重と申します。今日はこのような場をいただき、ありがとうございます。

さっそくですが、「菌根」について、基本的なところからご説明したいと思います。

菌根菌とか菌根とかいう名前は、最近でこそ、よく聞かれるようになりました。ご存じのように、この菌根とは、菌根菌という菌と、その菌が共生している植物の根がこの両者を指しています。一般的には、「植物は根で養分を吸収する」と言われています。ですが最近では、その植物の根っこに菌がついていて、その菌と根がこのハイブリッドで養分を吸収していると認識されるようになって

てきました。

菌根菌にはいくつか種類がありますが、今日取り上げる菌根菌は、アーバスキュラー菌根菌（AM菌^{（注）}）という種類です。この菌根菌は大部分の植物と共生している、最も代表的な菌根菌です。

ご存じの方も多いと思いますが、土壌の養分を吸収することが、最も代表的な菌根のはたらきです。写真1は、まさにその菌根の写真です。根っこを土から掘り起こして洗ってしまおうと、普通は軟らかい菌根菌の菌糸が全部剥がれてしまいます。菌根菌を観察する時には、やさしく丁寧に扱って根から土を落とします。

写真1の中で、やや赤みを帯びて太く見えるものが植物の根っこです。その根っこの周囲にまわりついている金色の細いものは、菌根菌の菌糸の中の油を特殊な方法で染めたものです。顕微鏡を使うと、このように根っこや土を網目状に結ぶように菌糸がたくさん広がっている様子を見ることができます。

（注）かつては、菌が形成する嚢状体（vesicle）と樹枝状体（arbuscule）からVA菌根菌と呼ばれていたが、嚢状体をつくらない仲間も知られるようになり、現在では、樹枝状体と菌根（mycorrhiza）か

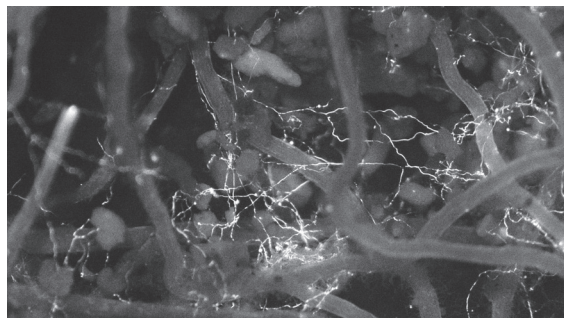


写真1 菌根菌の菌糸

らAM菌と呼ばれることが多い。

養分を吸い、有機物を蓄え、土壌をつくる

この菌根菌がつくりあげる網目状の菌糸のことを、私たちは「菌糸ネットワーク」と呼んでいます。このはたらきとしては、次のような点が挙げられます。

第一に、養分の吸収です。植物が育っている土壌では、ほとんどの場合、この菌糸のネットワークがいろんな植物をつないで土の中にメッシュ状に広がっています。そういう土壌では、菌根菌の菌糸が土壌から養分を上手に摂ってくれて、その養分を植物たちに与えています。

この菌根菌は、じつは土壌の有機物を直接使うことができません。例えば落ち葉や堆肥、あるいは植物の残渣などの有機物をいくら土壌の中に入れたり、すき込んだりしても、菌根菌自体はそれを食べて増えるということができません。植物から養分（光合成産物）をもらうことで、菌根菌は生活しています。測り方にも異なりますが、植物は1〜2割程度の光合成産物を菌根菌自体に与えているという実験結果もあります。

第二に、有機物の涵養です。菌根菌の菌糸が広がると、土壌の中に細胞壁や油などの有機物が広がります。また菌根菌から分泌された有機物や老化した菌糸が他の微生物のエサとなり、微生物のからだとして、有機物が土壌に蓄えられ、少しずつ供給されていくはたらきがあります。

第三に、菌根菌と植物を通して土壤中の養分が循環するということがあります。植物の太い根だけでは、土壌の養分を十分に循環しきれません。細い菌糸は土壌の隅々に行きわたり、土壌の養分をくまなく循環させます。

第四に、そのように養分と有機物が循環することで、植物の光合成を軸にして生態系が回るようになります。菌糸ネットワークには、それを調節する機能もあるということになります。

そして第五に、土壌をつくるはたらきがあります。この菌糸が土の中に発達することでいわゆる「団粒構造」の形成を助けます(写真2)。団粒構造ができる結果、土がフワフワとして、水はけや風通しがよくなります。

このように、菌根菌は非常に多面的なはたらきを持っています。

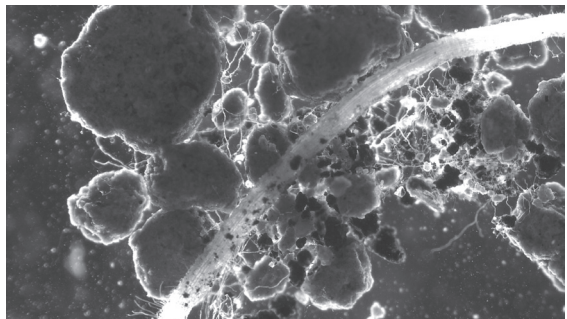


写真2 土壌団粒の形成を助ける菌糸

根の伸長を助け、他の微生物に有機物を供給する菌根菌は、土壌団粒をまとめ上げる作用も強い

太古の植物は根ではなく、菌根から養分を得ていた

菌根菌について考える際、植物の共生がどういうふうに進達してきたのかを理解することは、じつはとても大切なことです。ここでは、その成り立ちについてご紹介します（図1）。

皆さんは、植物はもともと水（海）の中にいて、そこから陸地が上がってきたという話は、どこかで聞かれたことがあると思います。けれども、その植物が何者だったのかは、ご存じない方が多いかも知れません。

その植物というのは、今のゼニゴケという植物の祖先でした（写真3）。ゼニゴケの祖先が最初に陸上上がったのが、およそ4億7000万年前だったと言われています。まだ陸地に自然がほとんどなかった大昔の話です。

その後、地殻変動などがあって土壤が隆起して山ができました。そこに風が吹くと雲ができて、陸地に雨が降ります。そうすると川ができて水の通り道ができ、そこに植物が少しずつ生活する領域を広げていきました。

また、陸地で育つ植物はいずれ枯れますが、植物が枯れると有機物が蓄積し、それを食べる微生物が増えます。そうすると、さらに大型の微生物が増えて、それで今度はもっと大きな動物が出てきます。さらに、植物は水や光を求めて進化し、もっと大型の木が発達してきたわけです。その結果として、現在私たちが生きている生態系が作り上げられてきたと理解されています。

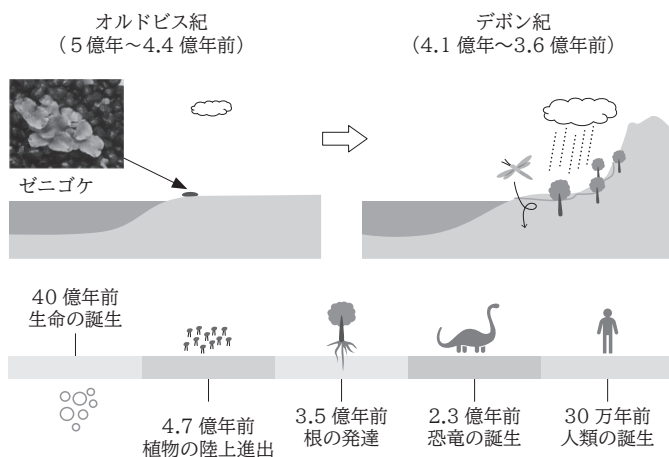


図 1 菌根菌と植物の共生の歴史

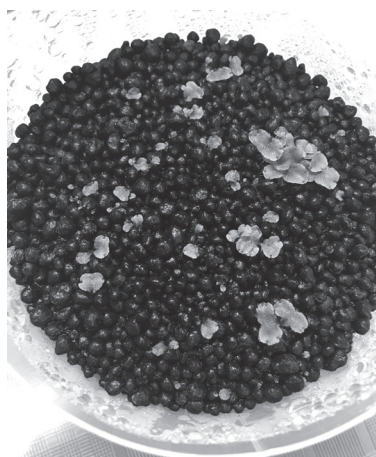


写真 3 ゼニゴケ
(実験室で培養したもの)

さて、4億7000万年前にコケが陸地に上がったとされるわけですが、このコケは根っこを持っています^(注)。根っこがないのにどうやって養分を吸ったのかという疑問が生じます。「植物は根っこで養分を吸収する」とされるわけですが、コケには根っこがないにもかかわらず、過酷な条件で増えてきたわけです。じつはこの時にコケは菌根菌と出会い、菌根菌と共生して土壌中の養分を吸ったと言われているのです。

つまり、この菌根菌をもとに今の自然がつくられたと考えられます。植物が土壌から養分を吸収する基本設計は、もともとは根っこで吸収するのではなく、菌根菌から養分を吸収するものであったということが、とても重要なポイントです。

今の植物は、ほとんどのものが菌根菌と共生して菌根を作ります。それは、植物が土壌から養分を吸収する基本設計が菌根にあるからだと理解してもらってよいと思います。

(注) 植物が根を持つようになったのは、3億5000万年前ごろとされている。

コケと共生する菌根菌

写真4は、実験室で育てたコケの無性芽と呼ばれるものです。大きさは数mmに満たない、言わばコケの赤ちゃんです。コケはこの無性芽を大量に作って、地面の表面にばーっと水平方向にばらまくわけです。