

# イノベ 見て歩き

連載：第19回

社会実装につながる研究開発現場を紹介する「イノベ見て歩き」。第19回は、植物と土壌中の菌類との共生関係である菌根共生に着目し、植物の二次代謝物質を利用した菌根菌の感染を促進できる農業資材を世界で初めて開発した鳥取大学農学部生命環境農学科の上中弘典准教授に話を聞いた。同資材は、2025年1月に販売を開始している。

## 植物の代謝物質を用いた農業資材開発 菌類との共生に着目、減肥料・収量増へ

上中 弘典

Kaminaka Hironori

鳥取大学 農学部 生命環境農学科 准教授  
2022年～23年 A-STEP研究代表者

### AM菌がリン・窒素を供給 養分欠乏時のホルモン察知

鳥取空港に程近い鳥取大学キャンパス内にある農学部生命環境農学科の上中弘典准教授の研究室を訪れると、LED照明の下でさまざまな植物が栽培されていた。陸上植物種の7割以上は、根の内部で菌根菌と呼ばれる菌類の一種である「アーバスキュラー菌根菌(AM菌)」と共生関係を結んでいる。AM菌は、宿主の植物が光合成で作った糖や脂肪酸などをもらう見返りに、根の生育範囲の外に存在するリンなどの無機栄養素を提供する。このAM菌との共生により、植物は養分の乏しい土壌でも生育できるのだ。

以前より、植物がAM菌の菌糸の分

岐を促進する物質を根から分泌して共生を促進していることは知られていたが、その物質が何かは不明だった。しかし、2005年に大阪府立大学(現・大阪公立大学)の秋山康紀教授が「ストリゴラクトン」というホルモンであることを特定。土壌中の養分が欠乏すると、植物がこのホルモンを根から放出し、それを察知したAM菌が菌糸を分岐させて共生を成立させることを発見したのだ。

その後の研究で、土壌から養分を豊富に得られる場合は、宿主植物は光合成産物をAM菌に奪われないように、ジベレリンなどのホルモンを介してストリゴラクトンの生合成を抑え、AM菌との共生を抑制していることも判明した。これ以降、AM菌共生の研究は、人間の生活に欠かせな

いイネやマメ科の植物を対象に発展している。上中さんは、こういった植物とAM菌との共生を分子レベルで研究しているのだ。

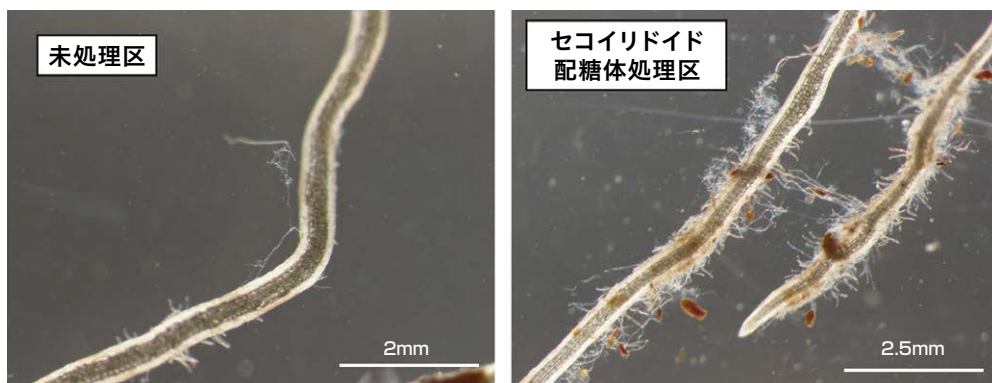
### トルコギキョウを対象に選ぶ 苦味成分を容易・大量に抽出

研究を進める中で、上中さんはリンドウ科のトルコギキョウに注目した。「林床など日照量が少ない場所で育つ植物は十分に光合成できないので、菌根菌からの栄養供給に依存して生きているものもいます。そうした植物は『菌従属栄養植物』と呼ばれています。AM菌と共生できる菌従属栄養植物では、共生するAM菌の菌糸形態が特殊であることから、共生のメカニズムも通常とは異なるのでは

ないかと考えました」と振り返る。この仮説を基に、根の細胞内でAM菌が特殊な菌糸の形態を示すリンドウ科植物の中から、実験に使いやすいトルコギキョウを対象に選んで研究をスタートした。

2017年のある日、学生の富永貴哉さん(現・奈良先端科学技術大学院大学博士研究員)が、ジベレリン処理をしたトルコギキョウの根を観察すると、

図1 苦味成分の菌根菌感染促進効果



苦味成分である「セコイリドイド配糖体」のトルコギキョウへの処理による菌根菌感染促進効果。未処理区(左)に比べ、セコイリドイド配糖体処理区(右)では菌糸が盛んに分岐して増加しているのがわかる。

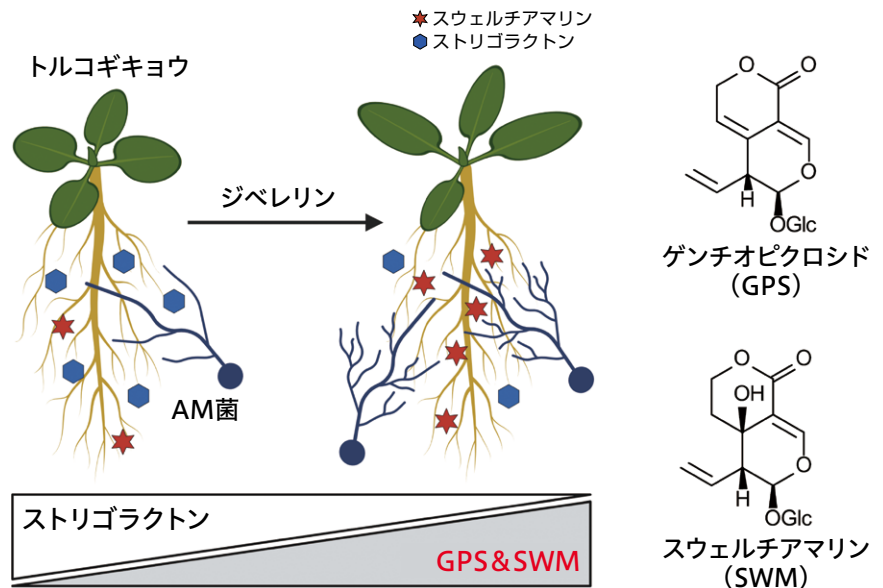
本来ならストリゴラクトンの生合成が阻害されてAM菌が定着しにくくなるはずが、菌糸が盛んに分岐して菌が増殖するとともに、根への感染も促進されていた(図1)。解析すると、ジベレリン処理によりAM菌の感染率が約6倍に上昇しており、ストリゴラクトンとは異なる物質がAM菌の活性化を促していると考えられた。

さらに実験を進めると、リンドウ科特有の二次代謝物質で苦味成分でもあるセコイリド配糖体「ゲンチオピクロシド」と「スウェルチアマリン」が増えていることが判明(図2)。遺伝子の発現量を調べるトランスクリプトーム解析でも、両物質の生成に関わる遺伝子の発現量が増加することを確認した。これらの苦味成分は外部から侵入する病原菌を防ぐ抗菌物質として機能するが、なぜかAM菌はその作用を受けず、AM菌の菌糸分岐の促進能はストリゴラクトンと同程度かそれ以上となっていたのだ。

これについて、上中さんはAM菌が宿主植物との共生を続けるうちに抗菌作用を回避する能力を獲得したのではないかと考えている。その後、苦味成分によるAM菌との共生の促進効果を活用して、肥料を減らしつつ作物の収量を増やす応用研究を開始した。「すでに、作物にAM菌を感染させる菌根菌資材はありますが、高価な上に接種効果が不安定なことが難点でした。リンドウ科植物の苦味成分は容易かつ大量に抽出できるので『菌根菌感染促進資材』を安価に作り出すことができるのではないかと着想しました」と語る。

上中さんは、ネギ属のチャイブなどを使ってゲンチオピクロシドによるAM菌感染促進効果を実証し、特許を出願。その上で、肥料や農業資材などの輸入製造販売を手がけるハイポネックスジャパン(大阪市)に商品化を目指した共同研究を打診した。過去に同社と共同研究をしていた経緯もあり、上中さんが研究代表者となって2022年にJSTのA-STEPのトライアウトに応募し、採択された。

図2 AM菌の菌糸分岐促進機構



一般的に、植物は根からストリゴラクトンを放出し、AM菌の菌糸分岐を促して共生を成立させる。上中さんは、ジベレリンを用いてストリゴラクトンの生合成を阻害したトルコギキョウの根では、ゲンチオピクロシドとスウェルチアマリンの生合成が活性化され、AM菌の菌糸分岐を促進することを明らかにした。

### 10万倍希釈でも効果を発揮 精製せずに低コストで製品化

トライアウト開始後は、まず苦味成分の効率的な抽出の検討に取り掛かった。市販されている漢方薬を原料に選び、熱水やアルコールで抽出。そして、チャイブやトマトなどを使ってAM菌の感染効果を検証したところ、10万倍希釈でも十分な効果を発揮した。同時に、作物の生育を妨げないかも検討したが、きわめて濃度が低いために問題は起きなかった。

最も重要なのは低コスト化を図ることだったと上中さんは語る。これには、有効成分を精製しないで生薬抽出液のまま製品化することで対応した。一連の成果を手し、ハイポネックスジャパンは2024年10月に千葉市の幕張メッセで開催された「農業WEEK 2024」にて製品を発表し、25年1月に菌根菌感染促進資材「マイコエナジー」(図3)を発

売した。現在も、上中さんは同社と共同研究を継続している。

上中さんらはこれらの研究に加え、鳥取県の農業振興に貢献すべく、白ネギの栽培農家と共同で減肥につながる技術開発を行っている。さらに、菌根菌との共生に関しては、ラン科植物にまで視野を広げて基礎研究を進めている。肥料価格の高騰もあり、多くの人手が取りやすいコストで製造可能な菌根菌感染促進資材は、既存の菌根菌資材との併用も可能であり、減肥につながる新たな農業資材として注目されるだろう。

(TEXT: 森部信次、PHOTO: 石原秀樹)

図3 生薬抽出液とマイコエナジー



生薬抽出液(左)をベースとし、2025年2月に菌根菌感染促進資材「マイコエナジー」を発売開始した。