

微生物界の「キーパーソン」を農業に役立てる

植物の生育にとって有益な微生物叢(微生物の集まり)を構築するにはどうすればいいのか。京大大学生態学センターの東樹宏准教授は、他の共生微生物を植物体へと呼び寄せたり、生態系の中でつなぎ役となって微生物叢全体の形成を制御する微生物が存在する可能性を見だし、「コア共生微生物」と命名した。このコア共生微生物を植物の種子や苗に接種して植物の生育の促進に役立てようとしている。

微生物集団のつなぎ役を作物生産に利用する

一般的に農業で有用な微生物を探す場合、ある種を植物に接種した時の生長促進効果だけを見る。それは1対1の相互関係だけだ。だが、農地には無数の微生物が存在し、その相互作用を通じて植物の生長や生存が影響を受けている。「微生物叢を俯瞰することで集団としての性質が見えてくるのではないかと考えました。複雑なところから考えていくという、通常とは逆のアプローチを取ったのです」と京大大学生態学センターの東樹宏准教授は語る。

こうしたアプローチを可能にしたのが、大量のDNA配列を短時間で解読できる次世代シーケンサーの登場と、DNA配列の一部をDNA配列データベースで照合し、種名を特定するDNAバーコーディング技術だ。これにより、「内生菌」と総称されるこれまであまり注目されてこなかった細菌(バクテリア類)

や真菌(きのこ・かび類)が無数に存在し、宿主植物と複雑な関係を結んでいることが明らかになってきた。

「雑草1つとっても葉や根に数百から数千種類もの微生物がいます。土の中なら細菌と真菌がそれぞれ数万種類はいるはずですから、言ってみれば超複雑系です。実験室のようなある程度制御された環境で得られた成果も、応用する際には不安定で複雑に変動する世界に出さないとけません。環境が絶えず変化し続ける「出口」から見て、どういった技術が必要なのかを見極めないと、農業で使える技術にはなりにくいのです」。

そこで提唱する概念が「コア共生微生物」だ。無数の微生物が作るネットワーク構造を独自の技術で解析したところ、他の種と密につながる中核的な微生物が存在していた。しかもその中には、周囲の微生物を呼び寄せたり、病害虫を遠ざけたりして、植物の健全な生育を助ける微生物叢を取りまとめる



とうじゅ ひろかず
東樹 宏和
 京大大学生態学センター 准教授
 2007年 九州大学大学院理学研究科博士課程修了。博士(理学)。京都大学白眉センター特定助教、スタンフォード大学客員研究員などを経て、17年より現職。11~14年 内閣府最先端次世代研究開発支援プログラム(NEXT)研究者。16年よりさきかけ研究者。

「コア共生微生物」と名付けた。これらの微生物を利用すれば、植物にとって有益な微生物叢を人為的に構築できるのではないかと考えている。

8080系統の真菌を順位付け

一部の真菌が植物の生長を促進したり、病害を抑えたりすることはすでに知られている。その一例が、作物の根に寄生し植物の生長を抑制するネコブセンチュウを抑制する微生物だ。東樹さんは、畑からネコブセンチュウの被害を受けて葉が落ちたダイズと、健康なダイズを採取し、それぞれの根と周辺の土に存在する微生物を調べた。すると、細菌の構成はほぼ同じだったが、真菌の構成には違いが見えた。被害を受けた根には、ネコブセンチュウを殺す多様な真菌が集まっていたのだ。中には菌糸で「くくりわな」を作り、そのわなで捉えたネコブセンチュウを食べる真菌もいた。東樹さん



んはこの結果から、ネコブセンチュウを捕食する真菌のように有益な微生物が土壌中、特に根の周辺にたくさん生息していれば、感染を未然に防げるのではと考えている。

有益な微生物が集まる微生物叢を作り出すべく、まずは農業で利用価値の高い微生物を選抜した。北海道から沖縄にかけて植物150種類を採集し、共生する8080種もの真菌の系統を検出し、順位を付けた。順位付けの基準としたのは「共生できる植物種の多さ」と「地理的分布範囲の広さ」。この2つを満たせば、応用の幅が広がると考えた。上位に名前が挙がったのはケートチリウム目や極限環境でよく見つかるビョウタケ目に属する内生真菌だった。

ただし、これらの真菌が持つ微生物叢への制御能力や植物の生長への貢献度は解明できていない。今後は微生物叢の中での役割を明らかにし、利用価値の高い微生物を絞り込むつもりだ。基本的なデータは集まってきており、近いうちに有望な微生物を培養し、実際に植物に共生させて効果を検証するという。

微生物の共生は早い者勝ちの世界

植物に共生させる際に鍵となるのは「先住者効果」だ。そもそも無数にいる微生物のうち、力の強い種が植物と共生できるわけではない。決定的に大事なのは、いかに植物体に先に入れるか、である。つまり早い者勝ちだ。東樹さんはその

働きと利用価値についてこう説明する。

「先に入った微生物は菌糸や抗生物質で後から入ってくる微生物をブロックするんです。種としての強さではなく先に入ったものがある利点になるのであれば、人間が順番だけを調整して、有用なコア共生微生物が先に植物に入れるようにすればいい。入れる順番は情報学で設計できます。種子や苗に接種できれば肥料をまく手間も省け、低コストで提供可能な技術を開発できます」。

多様性によるリスク分散

内生真菌に特に注目しているのには理由がある。1つは培養が簡単だからだ。役に立つ菌を見つけても培養できなければ実用化は難しい。見つけたらすぐに使える点に着目した。もう1つは真菌が先住者効果をより発揮できると考えているからだ。「真菌は菌糸という形態を取ることによって、構造物を作って相手を排除できるのです。また、細菌よりもゲノムが大きく、さまざまな嫌がらせをできる遺伝子を持っていると予想されます。このため、細菌よりも植物に定着しやすいと考えたのです」。

実用化の際には、異なる微生物で構成されるコア共生微生物を複数セット作り、それぞれを摂取した植物の苗を農地に導入する。複数セットを用いる目的はリスクの分散だ。微生物叢の多様性を構築することで、病害虫や気候の

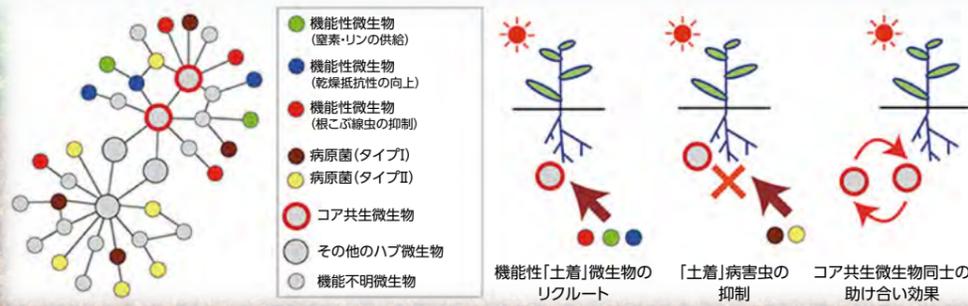
変化への防衛力を強固にする。異なる微生物叢を用意し、全滅を避けようという考えだ。

似たような方法は、イネの品種「コシヒカリ」でも用いられている。いもち病に抵抗性を持つ複数の系統を1つの田に植える「マルチライン」だ。

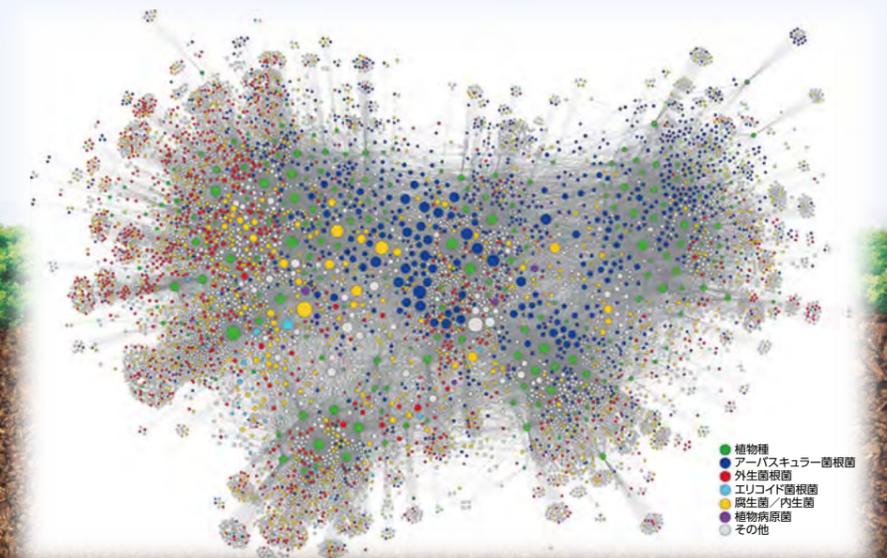
ただ、この方法では時間と費用がかかる品種開発が必要になる。一方、コア共生微生物を活用した方法なら「既存の栽培体系や技術に乗せればいだけ」と東樹さん。

昆虫と植物との関係を通して進化について研究してきた東樹さんから見ると、今の農地に見られる生態系は危うく映る。肥料の投与により不自然な物質循環が生じる上、イネならイネ、ムギならムギと単一の作物を栽培する方向で進んできたからだ。しかも、ほとんどが同じ品種かその近縁品種である。病気がはやったり、気候が大きく変化したりといった際に、作物が全滅してしまってもおかしくない。単一の作物だけを育てるなど、進化学的には破たんすることが目に見えている栽培法を変えていくためには、新しいアプローチが必要だ。

「生態学は生態系を俯瞰し、環境問題などに警鐘を鳴らしてきました。しかし、生態系を理解するだけでなく、活用できればと考えています。地球環境を保全しつつ、食料生産など人間の生活も営める、そんな持続可能な生態系を地球上で実現したいですね」。



■ 図1 コア共生微生物の利用に向けた戦略
 微生物叢のリーダー的存在として、周囲にいる役に立つ微生物を呼び寄せたり、病害虫を遠ざけたりして、植物の健全な生育を助ける微生物叢を取りまとめる。



■ 図2 北海道から沖縄にかけての日本列島に生息する真菌8080系統と、その宿主植物種で構成されるネットワーク。各生物種を表す円が大きいほど、共生できる植物の種類が多く、幅広い地域の環境に適応している。