

イノベ 見て歩き

連載：第16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16回は、動物と植物の性質を併せ持つ「細胞性粘菌」が産生する線虫忌避物質を用いた植物保護資材の開発に企業と共に取り組み、低農薬化の実現を目指す上智大学理工学部の齊藤玉緒教授を訪ねた。

細胞性粘菌由来の植物保護資材を開発 線虫を忌避させ、低農薬化の実現へ

齊藤 玉緒

Saito Tamao

上智大学 理工学部 物質生命理工学科 教授
2020～24年 A-STEP研究責任者

先行研究は論文1本のみ ネコブセンチュウで実験

JR中央線の四ツ谷駅近くという都心にありながら、緑豊かな上智大学四谷キャンパス。同大学理工学部の齊藤玉緒教授は2009年に着任し、翌年、細胞性粘菌と線虫の関係についての研究をスタートさせた。「細胞性粘菌」とは地表近くにいる土壤微生物で、アメーバのような単細胞でありながら、餌であるバクテリアが周囲になくなると集合してキノコのような多細胞生物としてふるまうという生存戦略をとる珍しい生物だ。齊藤さんは大学時代に細胞性粘菌に出会い「単細胞から多細胞への進化の過程を知ることができるのではないかと興味を引かれ、研究を続けてきた。

大学院修了時以降は、ヒトゲノム

計画から始まったモデル生物のゲノム解読計画で、細胞性粘菌のゲノム解析に携わった。その結果、細胞性粘菌の全ゲノム中62パーセントがたんぱく質の設計図となるコーディング領域であり、その領域の中に「ポリケタイド合成酵素」が非常に多いという特徴があることがわかった。ポリケタイドは2次代謝産物だ。たんぱく質や炭水化物のような生物の生命活動に必須な1次代謝産物と異なり、2次代謝産物は自然界の生存競争を生き抜くために機能している物質で、各生物にそれぞれ固有のものがある。これらの機能を生かした物質が医薬品や医薬品の原料などに役立てられている。加えて、他の生物とのコミュニケーションを取るための物質もあると考えられている。

「細胞性粘菌はポリケタイド合成

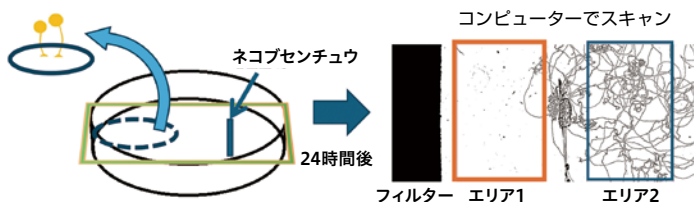
酵素で何をしているのか考えた末、生き残るために他の微生物とコミュニケーションをとっているのではないかと考え始めました」と齊藤さん。同時に、細胞性粘菌のいる土壌には必ず線虫がいることに気がついた。齊藤さんは両者には何らかの関係があるに違いないと考え、研究を開始した。先行研究は海外の研究者が1996年に発表した論文1本のみ。シャーレの中央に線虫を置き、その片側に粘菌アメーバと餌を置いたときの線虫の動きを調べたものだった。何も置かない場合、線虫はシャーレ内を自由に動き回り、餌だけ置くと餌に向かう。しかし、餌を置かない状態で粘菌アメーバだけを置くと、線虫は反対側に遠ざかっていったという。

この論文を基に、齊藤さんが植物

図1 細胞性粘菌と線虫の関係

細胞性粘菌とネコブセンチュウの化学生態学

細胞性粘菌とネコブセンチュウは
化学物質を介したコミュニケー
ションを取っている。



シャーレ上に粘菌本体がいる時だけでなく、粘菌を付着させたろ紙ごと除去した場合でも、エリア1と2の間にはネコブセンチュウは粘菌のいた場所を忌避するようにエリア2の方向に動いた。

図2 ネコブセンチュウの被害



ネコブセンチュウが寄生して根がぶできたトマト(左)とニガウリ(右)。このような状態になると、栄養がうまく吸収できなくなり収量が低下したり、植物が弱って枯死したりする。青枯病など土壌病害を併発することもある。

寄生性のネコブセンチュウで同じ実験を行ったところ、線虫は粘菌の子実体を避けるように動いた。さらに、シャーレ内でろ紙に細胞性粘菌を生やし、ろ紙ごと粘菌を除去してから線虫を置いた場合でも、やはり線虫はその場所を避けた(図1)。つまり、粘菌が分泌する化学物質にも線虫の忌避効果があることが示唆されたのだ。線虫を遠ざけることが粘菌の生存に有利に働いていると考えた齊藤さんは、これを農業に役立てられるのではないかとひらめいた。

新技術説明会から共同研究へ 大量生産と成分特定がカギに

実験で用いたネコブセンチュウは多くの作物に寄生して「根こぶ」を形成する線虫で、農作物に深刻な被害をもたらしている(図2)。一般には作付け前の土壌に農薬を散布して線虫を駆除するが、地下深くにいた線虫が生き残ってしまうことも多い。作付け中に農薬は使えないので、生き残った線虫に寄生されると打つ手が無いのが現状だ。「粘菌由来の植物保護資材ができれば、線虫から農作物を守れるのではないか」。そう考えた齊藤さんは2014年、上智大学研究推進センターのサポートを受け、特許を出願した。

同センターからの勧めで、齊藤さんは2014年にJSTの新技術説明会に参加した。すると、研究に興味を示した企業数社から接触があった。その一つが植物原料の線虫防除剤を開発していたパネフリ工業(京都府長岡京市)だ。研究の方向性が似ていて線虫防除についての知見も豊富で信頼できると感じたことから、齊藤さんは同社と共同研究に取り組むことを決めた。「今まで基礎研究を中心に行ってきたこともあり、初めは自分の研究が社会実装につながる実感があまりありませんでした。このような貴重な機会を得られてとても嬉しかったです」。

共同研究では、齊藤さんは忌避物質

の特定とメカニズムの解明、忌避物質の大量生産技術の開発を担う一方で、パネフリ工業は実用化のための大量生産と実圃場における線虫防除効果の検証を担当。2015年にはJSTのマッチングプランナープログラムに、17年にはA-STEP産学共同フェーズ(シーズ育成型FS)に採択された。研究開始当初は、スケール感の違いなど戸惑うことも多かったという。

それまで齊藤さんが実験室で扱っていた忌避物質は10~20ミリリットル程度だったが、企業側から提供を求められたのは、その数十倍のスケールだった。実用化のためには、大量生産システムの確立と忌避成分の特定が必須と見定めた齊藤さんはパネフリ工業と相談し、シーズ育成型FSの終了後、A-STEPの機能検証フェーズに戻り、この二つの課題をクリアした上で産学共同(本格的)に進んだ。

低コストでの代謝産物製造に道 実圃場で土壌の健全化も目指す

大量生産システムの実現にあたっては、試行錯誤の連続だった。細胞性粘菌はタンク培養には不向きだと考えられていたが、攪拌速度や温度などのさまざまな条件を調整することで克服し、培養スケールの飛躍的な拡大に成功。また、粘菌の忌避活性が見られる水溶性の成分を全て解析し、類似化合物も含め、約150の化合物について線虫忌避効果を検証した。効果の見られた14種類を特定後、9種類を選んで混合したところ、粘菌抽出液と比較して

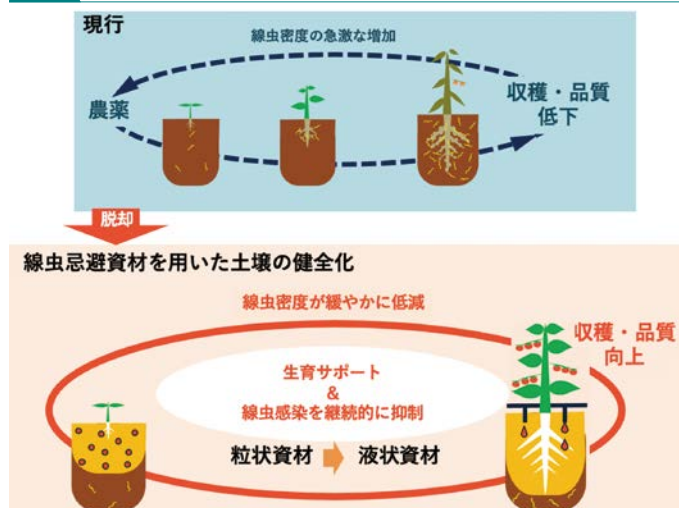
100分の1程度の量で、ほぼ同等の活性を示したという。これにより、特定した忌避成分を混合することで以前に比べ低コストでの製造につながる可能性も見えてきた。

実用化の次の段階は、実圃場での効果検証だ。実験室とは異なり、他の微生物や天候の影響が避けられず、検証の難易度も上がる。現状では、実圃場ではまだ十分な結果は得られていないが、今後、メカニズムの解析と並行して検証を進めていく。「研究を進める中で、この忌避物質には、植物の成長促進効果もあることがわかってきました。実用化が実現すれば、化学農薬の使用量削減だけでなく、土壌の健全化にもつなげていけると考えています」と齊藤さんは今後の展望を語る(図3)。

農林水産省は、イノベーションによって食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立の実現を目指し、2022年に「みどりの食料システム戦略」を策定した。この戦略では、50年までに化学農薬の使用量を50パーセント低減する目標を掲げている。齊藤さんとパネフリ工業が研究開発を進める粘菌の性質を生かしたこの線虫忌避資材は、生産者に負担をかけずに目標実現に向かうための、有効な策の一つとなるに違いない。

(TEXT: 桜井裕子、PHOTO: 石原秀樹)

図3 線虫忌避資材によって期待される農業の変化



齊藤さんらが開発を進める線虫忌避資材を用いることで、化学農薬の使用量を減少させ、土壌の健全化を進めることが可能になる。