遺伝子発現なしに細胞が伸長する。生物学の定石を覆す能力を新発見。

元村 一基

Motomura Kazuki | 総合科学技術研究機構 助教
研究テーマ：花粉の細胞機能と、それを利用した細胞間移行性RNAの研究
専門分野：RNA植物生殖工学、細胞生物学 、植物分子・生理科学、応用分子細胞生物学

まず研究テーマを教えてください。

元村：細胞と細胞の間の情報伝達、細胞間コミュニケーションに関心を持っており、とりわけ植物の花粉の機能やポテンシャルに着目し研究しています。動植物の組織は数多くの細胞から成り立っていますが、花粉は一つの細胞の中に二つの精細胞を内包するだけで、たった2種類の細胞で構成されたシンプルな構造をしています。他の組織を混入させることなく大量に単離できるので、分子の細胞間移行を追うのに理想的なツールです。

最近では、シロイヌナズナという植物を使って、世界で初めて細胞質内に「核」を持たない花粉管の作出に成功するとともに、それまでの生物学の定石を覆す花粉管の能力を発見しました。

どのような研究か詳しく教えてください。

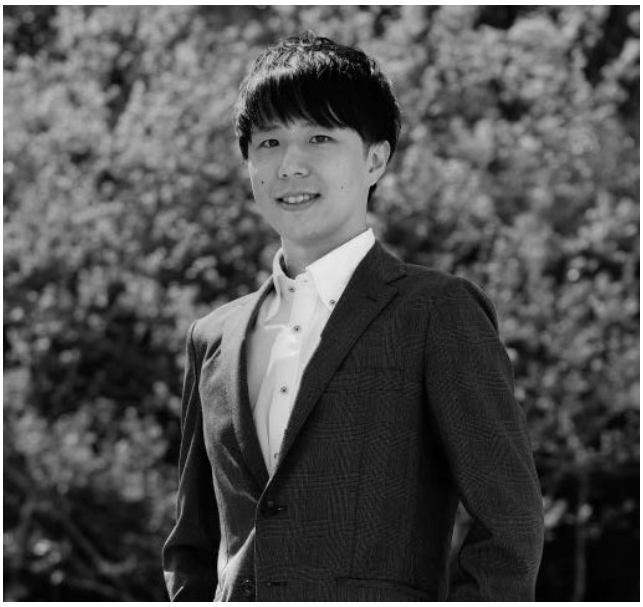
元村：成長や形態形成など動植物のさまざまな生命現象は、細胞内の細胞核の中にある遺伝子の発現が司っていると考えられています。私が注目する植物の受精プロセスでは、雄しべから外に出た花粉が雌しべの先端に付着（受粉）すると、そこから細長い花粉管が伸び、雌しべの奥深くで方向を変えて胚珠に到達。そこで精細胞を胚珠内に放出することで受精が行われます。この花粉管が胚珠へと伸びる動きも、当然花粉管内の遺伝子の発現が変動することによって制御されていると考えられていましたが、これまで誰もそれを確かめることはできませんでした。その理由は、検証に必要な細胞核を持たない花粉管を作出できないことにありました。

花粉管には、花粉管細胞の核である「栄養核」と、花粉管中に内包される精細胞の核である2個の「精核」、合計3つの細胞核が含まれています。これらの細胞核がどのように花粉管の伸長を制御しているのかを調べるには、それぞれの細胞核を欠損させて花粉管の挙動を観察する必要があります。しかし花粉管から細胞核を人工的に除去しようとすると花粉管が破裂してしまい、核のない花粉管を作ることはできません。私たちの研究グループは実は偶然からまったく異なるアプローチで細胞核を除く方法を見つけ出しました。

どのように花粉管から細胞核を取り除いたのですか。

元村：当初私たちは別の研究目的で精細胞に細胞壁成分が乏しいことに着目し、その理由を探るため細胞壁の構成成分であるカロースを過剰に合成する変異型酵素を精細胞で発現させ、機能解析を試みました。すると過剰に作られたカロースが精細胞を取り囲むように蓄積して隔壁を作り、精細胞の動きを阻害。精細胞が移行せずに花粉管基部付近に留まることを発見したのです。そこで考えついたのが、これを利用すれば、花粉管から栄養核と精核をすべて取り除くことができるのではないかということです。すでに栄養核の輸送を阻害する変異体の存在は明らかにされているので、この*wit1/wit2*変異体を使い、先の要領で精細胞の輸送阻害を誘導した結果、3つの細胞核すべてを花粉管基部に残し、先端側に核を持たない花粉管を作出することに成功しました。

さらに私たちはこの現象を用いて花粉管伸長における細胞核の機能の検証を試みました。作出した花粉管は受粉後、1-2時間で花粉管内に細胞壁の隔壁が作られて3つの細胞核は閉じ込められます。花粉管の先端から完全に分断されるため、細胞核内の遺伝子発現産物は移行できません。ところがそれにもかかわらず、この花粉管は野生の花粉管と遜色なく伸長を続け、胚珠の位置を正確に認識してその中に進入できました。これにより、花粉管は細胞核がなくても胚珠を目指す潜在能力を持っていること、すなわち新規の遺伝子発現なしに細胞が伸長するという驚くべき能力を持っていることを明らかにしました。



今後の研究の展望をお聞かせください。

元村：現在、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）の「さきがけ」事業に採択され、新たな研究に着手しています。先に述べたように、カロースを過剰に合成すると、精細胞周辺にカロースが異常に蓄積され、遺伝子（mRNA）の精細胞への移行が阻害されることを確かめています。これを利用し、細胞間をRNA分子が移行するメカニズムの解明を目指しています。動植物の生命現象には細胞間を移行するRNAが関与していることは分かってきていますが、植物組織中でそうした細胞間移行を制御するタンパク質はいまだ見つかっていません。私たちはシロイヌナズナの花粉を使い、精細胞への遺伝子の移行を阻害する現象を利用して精細胞移行性RNA分子と、移行制御に関わっているタンパク質を探索しようとしています。

それが明らかになれば、植物の遺伝子改変技術の向上にも役立てることができます。現在、新しい遺伝子改変技術として、ゲノム編集の研究が盛んに進められていますが、いまだその効率は極めて低く、適用できる植物種も限られています。細胞間移行RNAの制御機構が分かれば、精細胞を利用して遺伝子改変の効率を高めることが可能になります。いずれは農作物を含む多くの植物に適応できる高効率な遺伝子改変技術の創出に生かし、遺伝子組み換えに頼らない有用な作物の産出に貢献したいと考えています。

＊今回インタビューしている研究についての論文は、英国Natureグループが発行するオンライン科学誌「Nature Communications」にて2021年4月22日に公開されています。
論文掲載URL：www.nature.com/articles/s41467-021-22661-8