東北大学 TOHOKU UNIVERSITY　NIPS 生理学研究所　Institute of SCIENCE TOKYO　TUAT 国立大学法人 東京農工大学 Tokyo University of Agriculture and Technology

Press Release

2026 年 9 月 3 日

報道機関　各位

国立大学法人東北大学
大学共同利用機関法人自然科学研究機構生理学研究所
国立大学法人東京科学大学
国立大学法人東京農工大学

葉柄の伸長を介して植物の競争力を高める鍵分子を発見
—謎だった K^+チャネルの機能を解明—

【発表のポイント】
- 植物の K^+チャネル（注 1）AKT5 の輸送活性の検出に初めて成功しました。
- AKT5 は植物の葉柄（注 2）を伸長させる機能をもつことが分かりました。
- 農作物を高密度で効率的に栽培する技術への手がかりになります。

【概要】

植物の三大栄養素の 1 つであるカリウム（K）は、K^+チャネルを介して植物体内に吸収・循環されます。モデル植物シロイヌナズナには 9 種類の K^+チャネルが存在しますが、そのうちの 1 つ AKT5 はその遺伝子の存在がわかってからの 30 年間、輸送活性と生理的機能は不明のままとなっていました。

東北大学大学院工学研究科 魚住信之教授、村岡勇樹助教らのグループは同大学大学院生命科学研究科、生理学研究所、東京科学大学、東京農工大学などとの国際共同研究により、AKT5 が特定の酵素による活性化を受けて K^+輸送活性を発揮することを発見しました（図 1）。また、クライオ電子顕微鏡（注 3）により AKT5 の分子構造を決定し、活性化のメカニズムを明らかにしました（図 2）。さらに、AKT5 は植物の葉柄に集中して存在していました。AKT5 を欠損させた植物は、葉柄が短くなり、密植条件で成長が低下しました（図 3）。AKT5 は高密度環境の植物の生存競争力を高める鍵分子と考えられます。今後、AKT5 の活性制御メカニズムのさらなる解明により、農作物の生産性を維持しつつ高密度栽培を可能にする技術開発への貢献が期待されます。

本成果は、2026 年 9 月 3 日午前 3 時（日本時間）に科学誌 Science Advancesに掲載されました。

本研究は、東北大学大学院工学研究科の村岡勇樹助教、小林俊介大学院生、真砂歩大学院生、Ellen Tanudjaja 特任助教、寺島照太大学院生、清水川晴人大学院生、山梨太郎大学院生（現石川県立大学助教）、齋藤俊也学術研究員、宮本敦史技術補佐員、加藤恵技術職員、佐藤奏音特任助教（現京都大学助教）、辻井雅助教、石丸泰寛准教授（現東京大学准教授）、魚住信之教授が主体となり、ワーヘニンゲン大学（オランダ）の Lisa Oskam 博士研究員、Ronald Pierik 教授、生理学研究所の立山充博准教授、久保義弘教授、東北大学大学院生命科学研究科の田中良和教授、横山武司助教（現北海道大学准教授）、井島寛基大学院生、田中深雪技術補佐員、東京科学大学生命理工学院生命理工学系の古田忠臣助教、東京農工大学の高瀬緋奈乃大学院生、同大学大学院農学研究院生物システム科学部門の梅澤泰史教授、セビリア大学（スペイン）の Francisco J. Quintero 教授、CSIC（スペイン）の Francisco Rubio 教授、ミュンスター大学（ドイツ）の Jörg Kudla 教授、沖縄工業高等専門学校の伊東昌章教授との共同研究で行われました。

【詳細な説明】

研究の背景

カリウム（K）は、窒素（N）・リン（P）と並んで植物の三大栄養素の１つであり、植物の多様な生理現象（細胞の伸長、光合成、浸透圧の調節など）に必須の物質です。植物はK^+チャネルという分子を介して、土からのK^+の吸収や体内のK^+の循環を行っています。モデル植物シロイヌナズナには合計 9 種類の主要な K^+チャネルが存在しており、1990 年代から世界中で精力的に研究が行われてきました。しかし、そのうちの 1 つ AKT5 と呼ばれる K^+チャネルホモログ（注4）は、そもそもK^+を輸送することができるのか、植物内でどのような機能をもつのかが分かっておらず、30 年以上の謎として残されていました。

今回の取り組み

本研究グループは、AKT5 の K^+輸送活性の検出を動物細胞発現系で試みました。当初は活性を検出できませんでしたが、リン酸化酵素を導入することで、AKT5 の K^+輸送活性を初めて検出することに成功し、AKT5 は細胞内に K^+を取り込む性質をもつことが分かりました（図 1）。AKT5 の特定のアミノ酸にリン酸基（注5）が結合することで、AKT5 が活性化することが証明されました。

AKT5 の活性化メカニズムの理解を深めるために、クライオ電子顕微鏡を使って AKT5 の分子構造を解析しました。その結果、AKT5 は機能活性を示す既知の K^+チャネルと非常によく似た構造をとることが分かりました。さらに、403 番目のアスパラギン酸をアラニンに置換すると、分子構造が大きく変化し、リン酸化を受けなくても K^+輸送活性を示すようになりました。したがって、

AKT5 は通常時は不活性構造をとっていますが、リン酸化に伴って 403 番目のアスパラギン酸周辺の構造が変化して、K^+を輸送する構造にかわることが示されました（図 2）。

植物において AKT5 は、葉と茎をつなぐ細長い柄「葉柄」に発現しており、AKT5 の欠損株では葉柄が短くなることが確認されました（図 3A）。葉柄は、葉を適切な位置に保つことで日光の捕捉効率を高めることから、植物が密植した状況では重要になります。AKT5 の欠損株を密植させると、通常の植物に比べて成長が妨げられ、サイズが小さくなることが分かりました（図 3B）。以上により、AKT5 は葉柄の細胞に K^+を取り込むことで細胞浸透圧の上昇による細胞伸長を促進し、葉柄を伸ばす役割を担うことが示唆されました。

<u>今後の展開</u>

AKT5 は、高密度栽培における植物の競争力を高める鍵となる分子です。AKT5 の植物内での機能をより深く理解するとともに、その活性を自在に制御できるようになれば、農作物の生産性を下げることなく高密度栽培が可能になると考えられます。世界的な人口増加や農耕地不足といった食料安全保障上の課題解決に向けて、本成果が重要な手がかりとなることが期待されます。

また、セロリや小松菜などの野菜では、葉柄が重要な可食部となります。これらの植物の AKT5 活性を調節することで、可食部の大きさや食感をニーズに合わせて自在に改良できる可能性も秘めています。

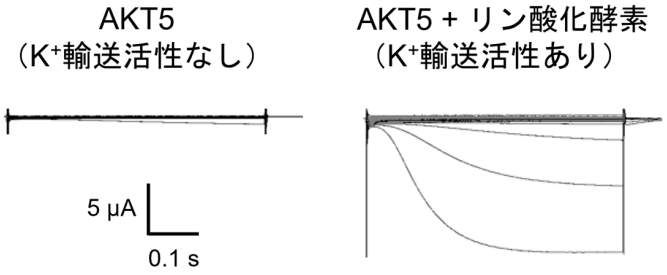

図 1. リン酸化酵素によって生じる AKT5 の K^+電流
K^+は電気を帯びているため、細胞内に輸送されると電流として観測される。

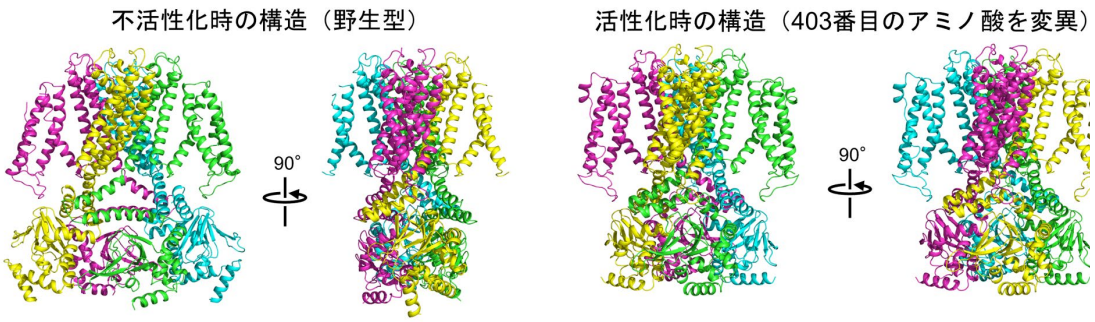

図 2. AKT5 の分子構造（四量体）

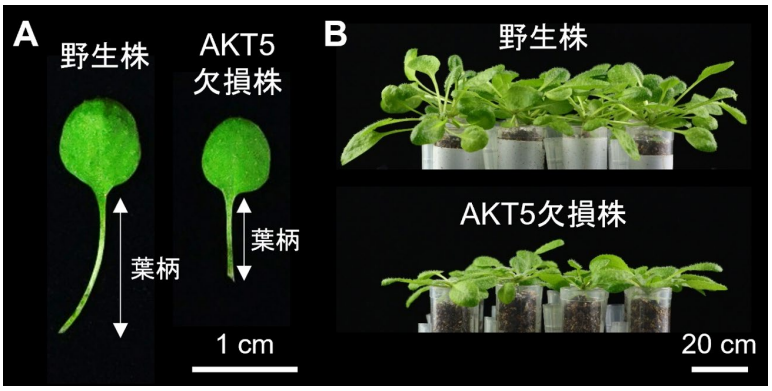

図 3. 野生株と AKT5 欠損株の葉柄（A）と密植環境での成長（B）。

【謝辞】

本研究は、JSPS 科研費（JP21KK0268、JP22K19121、JP23K13862、JP24K23201、JP24K08709、JP24H00295、JP24H02253、JP24H00495、JP25K18168）、オランダ科学研究機構（Vici 865.17.002）、日本医療研究開発機構（AMED）創薬等先端技術支援基盤プラットフォーム事業（BINDS）（JP22ama121038、サポート番号 6480）の支援を受けました。また、東北大学 2026 年度オープンアクセス推進のための APC 支援事業の支援を受けました。

【用語説明】

注1. K^+チャネル：カリウムイオン（K^+）の生体膜の通過を担うタンパク質。K^+の細胞吸収・排出を行う。

注2. 葉柄：葉と茎をつなぐ細長い柄の部分。ほうれん草や小松菜などの野菜では、葉を支えている根元の細長い部分（茎のように見える部分）がこれにあたる。葉柄が伸びることで、葉が高い位置に持ち上げられ、より多くの日光を受けることができる。

注3.　クライオ電子顕微鏡：タンパク質などの微小な分子の立体構造を原子レベルで観察できる最先端の装置。試料を超低温（約マイナス 180℃）で急速に凍結し、電子線を当てることで分子の「かたち」を直接観察することができる。2017 年にノーベル化学賞の対象となった技術であり、近年は新薬開発などにも活用されている。

注4.　ホモログ：異なる生物種間または同一生物内で、共通の祖先から進化した、構造や機能が似ているタンパク質や遺伝子。

注5.　リン酸基：リンと酸素からなる化学的な部品（-PO_4^{2-}）。タンパク質にリン酸基が結合する「リン酸化」という反応は、タンパク質のスイッチをオン・オフするような役割を果たす。リン酸化によってタンパク質の形が変わり、機能が活性化または抑制されることがある。

【論文情報】

タイトル：AKT5 is a *bona fide* potassium channel and controls petiole growth in Arabidopsis

著者：Yuki Muraoka, Shunsuke Kobayashi, Lisa Oskam, Michihiro Tateyama, Ayumu Masago, Yoshikazu Tanaka, Takeshi Yokoyama, Tadaomi Furuta, Hinano Takase, Ellen Tanudjaja, Shota Terashima, Haruto Shimizukawa, Taro Yamanashi, Shunya Saito, Hiroki Ijima, Miyuki Tanaka, Atsushi Miyamoto, Megumi Kato, Kanane Sato, Masaru Tsujii, Taishi Umezawa, Francisco J. Quintero, Francisco Rubio, Jörg Kudla, Masaaki Ito, Yoshihiro Kubo, Yasuhiro Ishimaru, Ronald Pierik, and Nobuyuki Uozumi*

*責任著者：東北大学 大学院工学研究科 バイオ工学専攻　魚住信之

掲載誌：Science Advances（オープンアクセス）

DOI：10.1126/sciadv.aeh7630

URL：https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aeh7630

【問い合わせ先】
（研究に関すること）
東北大学 大学院工学研究科 バイオ工学専攻
教授　魚住信之
TEL: 022-795-7280　Email: uozumi@tohoku.ac.jp

自然科学研究機構 生理学研究所 神経機能素子研究部門
准教授　立山充博
TEL: 0564-55-7832　Email: tateyama@nips.ac.jp

東京科学大学 生命理工学院
助教　古田忠臣
TEL: 045-924-5776　Email: furuta@bio.titech.ac.jp

東京農工大学 大学院農学研究院生物システム科学部門
教授　梅澤泰史
TEL: 042-388-7364　Email: taishi@cc.tuat.ac.jp

（報道に関すること）
東北大学 大学院工学研究科 情報広報室
担当　沼澤みどり
TEL: 022-795-5898　Email: eng-pr@grp.tohoku.ac.jp

自然科学研究機構 生理学研究所 研究力強化戦略室
TEL: 0564-55-7722　Email: pub-adm@nips.ac.jp

東京科学大学 総務企画部 広報課
TEL: 03-5734-2975　Email: media@adm.isct.ac.jp

東京農工大学 総務課広報室
TEL: 042-367-5930　Email: koho2@cc.tuat.ac.jp