Press Release

国立大学法人東北大学
国立大学法人九州大学
国立大学法人岡山大学
国立大学法人東京大学大学院新領域創成科学研究科
大学共同利用機関法人自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター
理化学研究所
国立大学法人静岡大学

# 植物の乾燥耐性を向上させる化合物の開発

【発表のポイント】

- 植物に乾燥耐性を与える化合物を同定しました。
- 気孔の $K^+$チャネルを阻害する分子標的化合物を同定しました。
- 気孔応答メカニズムを知るための分子ツールとして利用できます。

【概要】

植物の葉にある気孔は、ガス交換や蒸散を担う一方、乾燥時には閉鎖して水分の損失を防ぐ性質を持ちます。気候変動対策として、農作物に乾燥耐性を付与する植物調節剤（バイオスティミュラント）の開発が求められています。

東北大学、九州大学、ミラノ大学（イタリア）、新潟薬科大学、アストロバイオロジーセンター、名古屋大学、理化学研究所、熊本大学、静岡大学、岡山大学、CSIC（スペイン）、ミュンスター大学（ドイツ）の共同研究グループは、気孔の開口を促すカリウムイオン（$K^+$）チャネルの阻害剤 NS5806 を同定し、さらにその類縁化合物 UA49 の合成にも成功しました。NS5806/UA49 を植物に噴霧すると気孔の開口抑制（閉鎖誘導）が起こり、乾燥耐性が付与されることが実証されました。さらに本化合物を用いた解析から、$K^+$チャネルが環境応答に重要な Ca シグナル（注 1）の生成に関与している可能性が示唆されました。本成果は、持続可能な農産物生産に貢献することが期待されます。

本研究成果は、2026 年 7 月 27 日（英国標準時）に科学誌 Nature Communications に掲載されました。

なお本研究は、東北大学大学院工学研究科の佐藤奏音特任助教（現京都大学助教）、鈴木喬太大学院生（当時）、齋藤俊也学術研究員、筧太心大学院生（当時）、加藤恵技術職員、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、九州大学大学院農学研究院の有澤美枝子教授、矢﨑雅菜大学院生（当時）、河合靖貴助教（当時）、ミラノ大学（イタリア）の Costa Alex 教授、Grenzi Matteo 研究員、Luoni Laura 研究員、新潟薬科大学の山口利男教授、井坂修久助教、アストロバイオロジーセンターの河野優特任研究員、名古屋大学の木下俊則教授、林優紀助教、理化学研究所環境資源科学研究センターの関原明チームディレクター、バシル・クーラム客員研究員（現ラホール経営科学大学准教授）、アズィズ・ファルハン国際プログラム・アソシエイト、熊本大学の檜垣匠教授（現東京大学教授）、上村明日香大学院生、静岡大学の轟泰司教授、竹内純准教授、岡山大学学術研究院環境生命自然科学学域の村田芳行教授、宗正晋太郎准教授、Yin Huifei 大学院生（当時）、CSIC（スペイン）の Rubio Francisco 教授、ミュンスター大学（ドイツ）の Kudla Jörg 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**

近年、世界的な気候変動に伴う水不足は、農作物の不作を引き起こす深刻な問題となっており、農業分野では作物に乾燥耐性を付与する技術の開発が求められています。植物は乾燥ストレスを感知すると、体内で植物ホルモンの一種であるアブシシン酸（ABA）を合成します。この ABA の働きによって、葉の表面にある気孔が閉じ、水分の蒸散（損失）が抑えられることが知られています。そのため、農業利用に向けて ABA やその類縁化合物を活用する研究が進められてきました。しかし、ABA は気孔にとどまらず、植物全身で応答反応を起こします。その結果、ABA が持つ別の作用である「種子の休眠」や「生長阻害」も同時に誘導されてしまいます。

**今回の取り組み**

気孔は二つの孔辺細胞で構成されています。孔辺細胞が膨張すると気孔が開口し、収縮すると閉鎖します。葉に多数存在する気孔は、$CO_2$ と $O_2$ のガス交換（肺の役割）や、根における養分吸収、体内循環を担う蒸散流の形成（心臓の役割）を行う重要な組織です。研究モデル植物であるシロイヌナズナの孔辺細胞膜には、細胞内に $K^+$ を流入させることにより、気孔開口を誘導するカリウムイオンチャネル（注 2）KAT1 が存在します。研究グループは、KAT1 の機能を抑制する化合物を探索するために、電気生理学的手法（注 3）を用いて化合物スクリーニングを行って化合物 NS5806 を単離しました。さらに官能基を変換した UA49 を新たに合成しました。葉の表皮片を用いた細胞レベルの解析では、これら化合物の投与による気孔閉鎖の誘導が確認されました。さらに、植物の葉

にスプレー散布した個体レベルの実験においても、乾燥耐性を示しました（図1）。また、ABA の投与で課題となる気孔以外の組織への副作用（発芽の遅延や根の伸長抑制など）が生じないことも確認しており（図 2）、この点は農業利用において有効な成果です。

今回見いだされた阻害剤（NS5806 および UA49）は、こうした実用性に加えて、細胞内の情報伝達メカニズムを解き明かすための研究ツールとしても非常に有用です。気孔開閉に関与する遺伝子変異株を用いて NS5806/UA49 の作用の解析を行ったところ、ABA とは異なる細胞応答が生じました。また、細胞内情報伝達において重要な役割を果たすカルシウムイオン（$Ca^{2+}$）の濃度変化を $Ca^{2+}$センサータンパク質（注 4）によって可視化した結果、NS5806/UA49 処理に伴う孔辺細胞内の $Ca^{2+}$濃度上昇が確認されました。さらに、KAT1 が発現していない植物ではこの濃度上昇は観測されませんでした（図 3）。これらの結果は、細胞内におけるカルシウムシグナルの形成に $K^+$チャネルが関わることを示唆しており、これまでに報告のない「$K^+$チャネルが情報伝達にかかわる」可能性を示しています。

**今後の展開**

本研究で単離された化合物 NS5806/UA49 は植物に乾燥耐性をもたらし、ABA と比べて副作用の少ない点でも有効な特長を持っているため、穀類や野菜などの農作物の生産向上につながるバイオスティミュラントへの応用が期待されます。また今回、植物の環境適応におけるカルシウムシグナルの生成と $K^+$チャネルの活性調節の密接な連携が示唆されました。これらの化合物を活用することで、気孔運動の分子メカニズムの全貌解明に近づくことが期待されます。

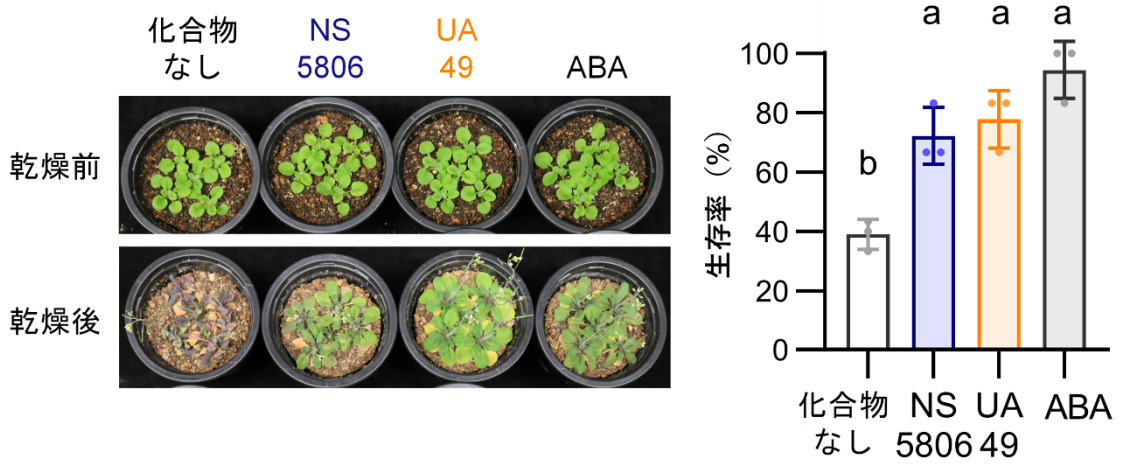


図 1. NS5806/UA49 による植物への乾燥耐性付与
NS5806 または UA49 を植物に噴霧後、水やりを停止し、再給水後の回復状況を評価した。

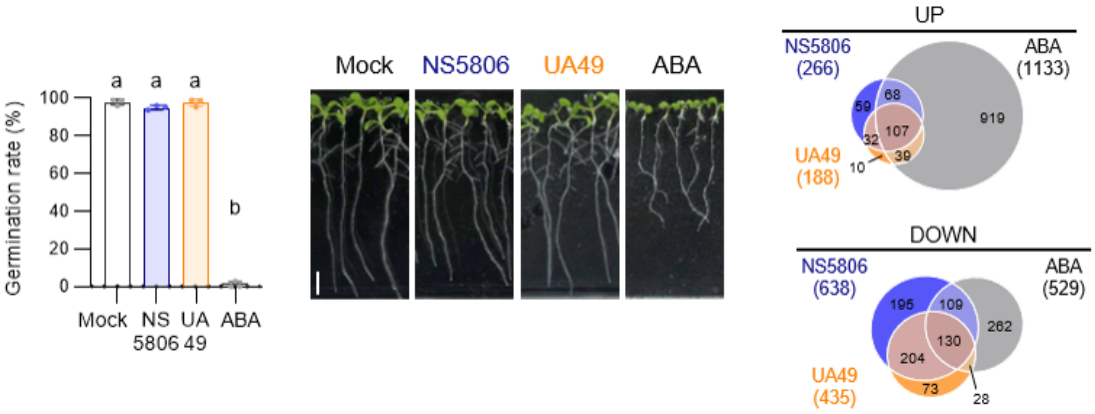


図 2. NS5806/UA49 と植物ホルモンの ABA の副作用の比較

（左・中）NS5806/UA49 は無添加（Mock）と同等の発芽率（Germination rate）と根の伸張を示し影響はないことが示された。一方、ABA はどちらも低下した。（右）NS5806/UA49 添加により発現誘導する（UP）遺伝子数は ABA と比べて少なく、影響が比較的小さいことが示された。一方、発現量が低下した遺伝子数（DOWN）は NS5806/UA49 と ABA で大きな差はなかった。

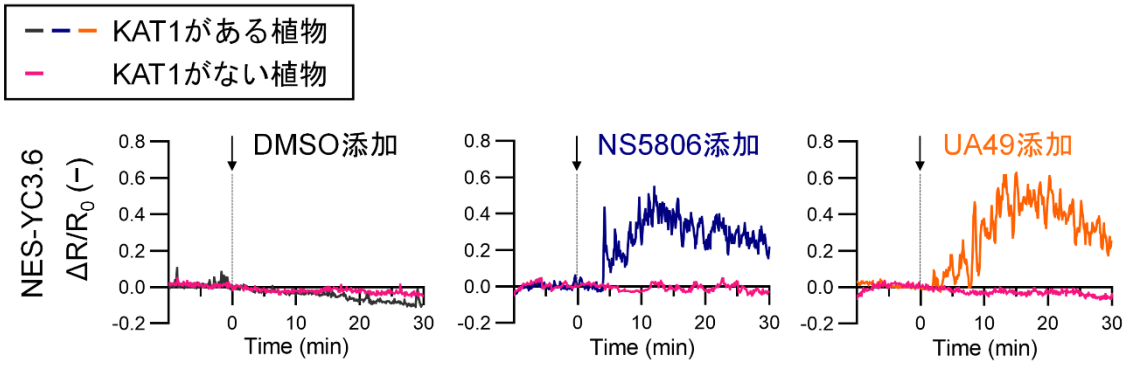


図 3. NS5806/UA49 による孔辺細胞質の $Ca^{2+}$濃度上昇

縦軸は孔辺細胞の細胞質における $Ca^{2+}$濃度の上昇（相対変化）を示す。NS5806/UA49 による細胞質への $Ca^{2+}$流入は、KAT1 が正常に機能している孔辺細胞においてのみ観察された。

【謝辞】

本研究は、JSPS 科研費（JP24H00295、JP24H00495、JP24H02253、JP21H05266、JP22K19121、JP24K08709、JP24K17825、JP23KJ0101）、JST ムーンショット型研究開発事業（JPMJMS2033）、GteX（JPMJGX23B0）、ASPIRE（JPMJAP24A3）、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.　Ca シグナル：細胞が外部からの刺激（環境の変化や薬剤など）を受けた際に、細胞内のカルシウムイオン（$Ca^{2+}$）濃度を変化させることで、「状況が変わった」という情報を細胞内へ伝える仕組みのこと。

注2.　イオンチャネル：生体膜のトンネルのようにイオンの透過を担うタンパク質。今回登場する KAT1 はカリウムイオンを透過する。

注3.　電気生理学的手法：生体膜のイオン移動を電流値として測定する手法。

注4.　$Ca^{2+}$センサータンパク質：$Ca^{2+}$と結合すると蛍光を発するように人工的に設計されたタンパク質。対象の細胞内に発現させることで、細胞内の$Ca^{2+}$濃度のリアルタイムな変化（シグナル）を観察（可視化）することができる。

【論文情報】

タイトル：Synthetic ion channel inhibitors enhance plant drought tolerance
著者：Kanane Sato, Kyota Suzuki, Shunya Saito, Taishin Kakei, Megumi Kato, Masana Yazaki, Yasutaka Kawai, Mieko Arisawa, Nobuhisa Isaka, Toshio Yamaguchi, Matteo Grenzi, Laura Luoni, Masaru Kono, Yuki Hayashi, Toshinori Kinoshita, Farhan Aziz, Khurram Bashir, Motoaki Seki, Asuka Kamimura, Takumi Higaki, Jun Takeuchi, Yasushi Todoroki, Huifei Yin, Francisco Rubio, Jörg Kudla, Shintaro Munemasa, Yoshiyuki Murata, Masaru Tsujii, Yasuhiro Ishimaru, Alex Costa & 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　教授　魚住信之
掲載誌：Nature Communications
DOI：10.1038/s41467-026-75894-w
URL：https://www.nature.com/articles/s41467-026-75894-w

【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

（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

九州大学 広報課
TEL: 092-802-2130　Email: koho@jimu.kyushu-u.ac.jp

自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター　広報担当
TEL: 0422-34-4066　Email: abc-pub@abc-nins.jp

理化学研究所　広報部　報道担当
TEL: 050-3495-0247　Email: ex-press@ml.riken.jp

静岡大学 総務部 広報・基金課 広報係
TEL: 054-238-5179　Email: koho_all@adb.shizuoka.ac.jp