



配布先: 文部科学記者会、科学記者会、名古屋教育記者会、奈良県文化教育記者クラブ、学研都市記者クラブ、大阪科学・大学記者クラブ

報道の解禁日(日本時間)

(テレビ,ラジオ,インターネット): 2026年1月31日(土) 午前1時

(新聞): 2026年1月31日(土) 付朝刊

2026年1月29日

報道機関 各位

植物の道管の形を精密に制御する新機構を解明

～植物の環境応答能力強化へ新たな道～

【本研究のポイント】

- ・細胞壁^{注1)}の構造は、植物細胞の機能や植物の生育に重要である。
- ・道管は細胞壁を一定の間隔で形成することで、水輸送に適した構造をつくる。
- ・免疫応答タンパク質 ACIP1 が細胞壁の間隔を調節することを明らかにした。
- ・本研究成果は、細胞壁形成の新たな制御機構を示し、細胞壁形成と植物の環境適応との潜在的な連関を見出した。

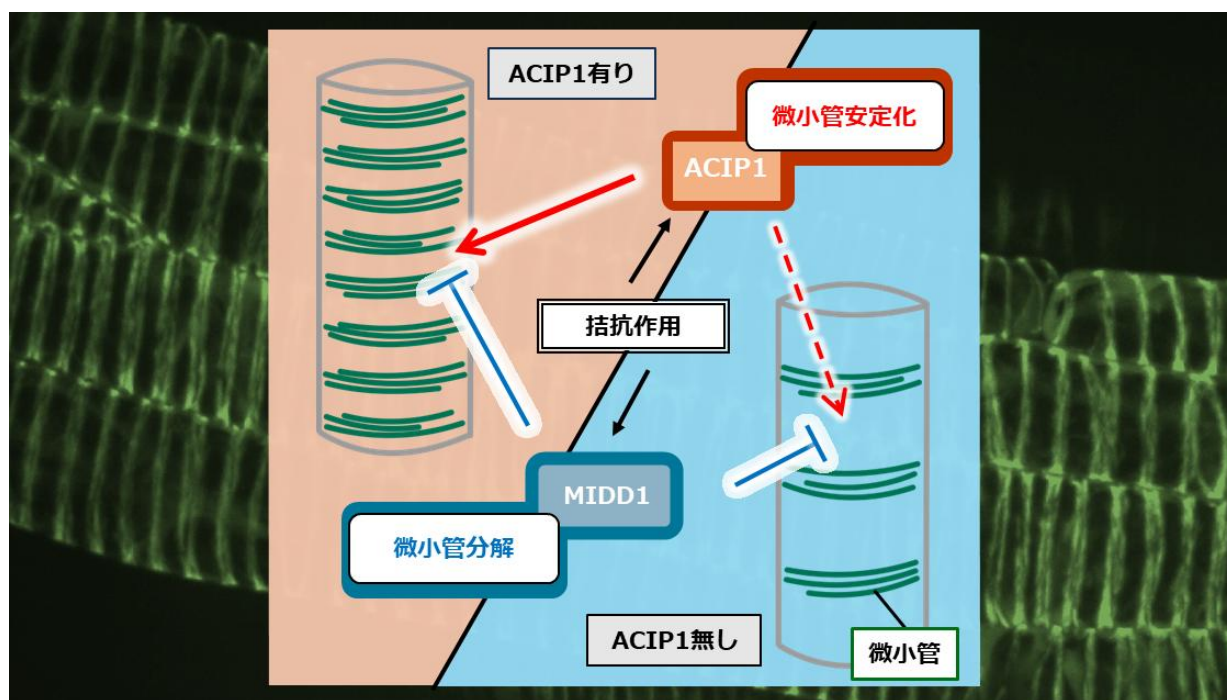
【研究概要】

名古屋大学大学院理学研究科の三宅 陽穂 博士前期課程学生、杉山 友希 YLC 特任助教、佐々木 武馬 助教、小田 祥久 教授の研究グループは、奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科の出村 拓 教授との共同研究により、植物が道管の形を精密に制御する新たなメカニズムを明らかにしました。

植物細胞は細胞壁^{注1)}で覆われており、この細胞壁を適切に作ることが植物の生育に必須です。植物の道管は、細胞壁を一定の間隔をあけて形成することで、水を安定して輸送する機能的な構造になります。研究グループは、シロイヌナズナの免疫応答タンパク質 ACIP1 に着目し解析を行いました。その結果、ACIP1 が、細胞壁形成の足場としてはたらく微小管^{注2)}に結合し、微小管を安定化することにより、道管の細胞壁が形成される間隔を調節していることが分かりました。さらに、この作用は微小管を分解するタンパク質 MIDD1 とは逆方向にはたらく、両者が拮抗的に機能していることが明らかになりました。植物は微小管の分解と安定化のバランスをとることで、道管の構造を精密に調節していることが示されました。

本研究は微小管を介した道管の構造制御について新たなメカニズムを明らかにするとともに、道管の構造制御と免疫応答との潜在的な連関を見出しました。また、ACIP1 遺伝子は、道管以外でも植物体の多くの組織で発現していることから、道管に限らず植物のさまざまな組織の細胞壁形成に関わっていると考えられます。ACIP1の機能を人為的に制御することにより、植物の通水性や免疫応答性を最適化し、環境適応能力の高い植物を作り出す技術につながると期待されます。

本研究成果は 2026 年 1 月 31 日午前 1 時(日本時間)付米国科学誌「Current Biology」で公開されます。



【研究背景と内容】

植物細胞はセルロースを主成分とした細胞壁を細胞表面に形成しています。この細胞壁は植物細胞の成長や、形態の維持、体内の水輸送路の確保など、広範な現象の役割を担い、細胞壁形成の適切な制御は植物の発生と生存に不可欠です。細胞壁は細胞の表面で均一ではなく、適切な位置・方向で形成されるように精密に制御されています。細胞膜の直下に並ぶ微小管はセルロースを合成する酵素の進行方向を制限することにより、細胞壁を形成する場所を決定しています。

植物の道管を構成する細胞は、微小管の束を一定の間隔で配置させ、二次細胞壁と呼ばれる丈夫で疎水的な細胞壁の形成を誘導することにより、水の輸送に適した構造を作り出します。二次細胞壁を形成した後、道管を構成する細胞はプログラム細胞死により細胞内容物を消化し、管状要素あるいは道管要素と呼ばれる、水を輸送するための中空の管になります(図1)。

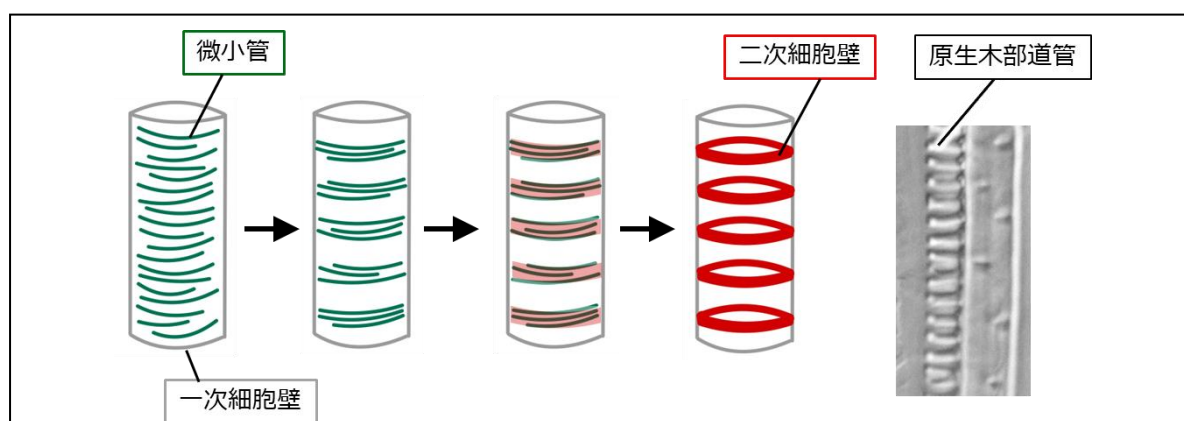


図1 管状要素の分化過程における微小管の変化と二次細胞壁の形成。イラストは原生木部における管状要素の分化過程を示す。右の写真は透明化したシロイヌナズナの根の微分干渉顕微鏡像。

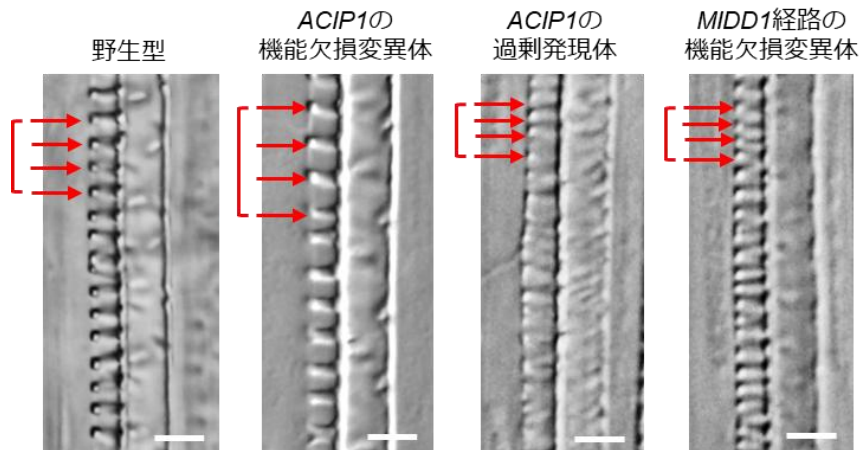


図2 *ACIP1* 機能欠損変異体の観察から *ACIP1* が道管の細胞壁の間隔を制御することが分かった。画像はシロイヌナズナの根の道管。矢印は道管に形成された二次細胞壁のうち4本を示す。野生型に比べて *ACIP1* の機能欠損変異体は二次細胞壁の間隔が広く、*ACIP1* の過剰発現体と *MIDD1* 経路の機能欠損変異体は狭くなっていた。スケールバーは 10 μm を示す。

研究グループはこれまでに、*MIDD1* が微小管を局所的に脱重合することにより微小管の束の間隔を広げていることを明らかにしていました。今回、研究グループはシロイヌナズナの道管で発現する遺伝子ファミリーを網羅的に探索し、*ACIP1*ファミリーに着目しました。*ACIP1*ファミリーは7つの遺伝子から構成され、3遺伝子が道管で特異的に、他の4遺伝子は根全体で発現します。*ACIP1*は後者に属す遺伝子であり、病原菌のエフェクタータンパク質^{注3)}および微小管と相互作用することが報告されていましたが、*ACIP1*を含む *ACIP1*ファミリー遺伝子群の詳細な機能は不明でした。そこで、これらの遺伝子の機能欠損変異体を解析したところ、*ACIP1*遺伝子と *ACIP-L4*遺伝子が道管の細胞壁の間隔を狭くするはたらきをもつことが分かりました。このはたらきは *MIDD1*とは逆方向の作用であり、*ACIP1* が *MIDD1* のはたらきに対して拮抗的に作用していました(図2)。

生化学的な実験により、*ACIP1* は直接微小管に結合して細胞内で微小管の伸長と分解を抑制することで、微小管を安定化していることが分かりました。細胞が道管に分化する過程では、*ACIP1* が分化初期に微小管に局在し、分化が進むにつれて微小管から離れていきました。これらの観察結果から、

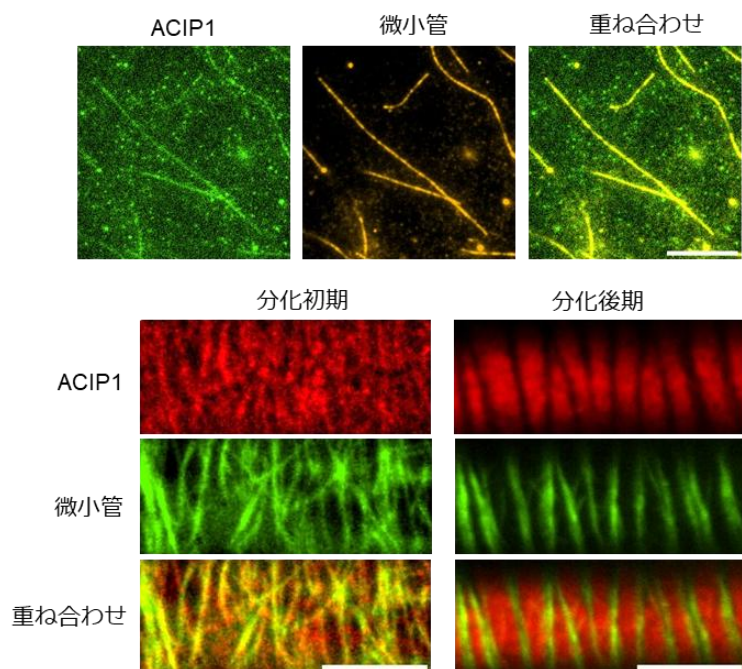
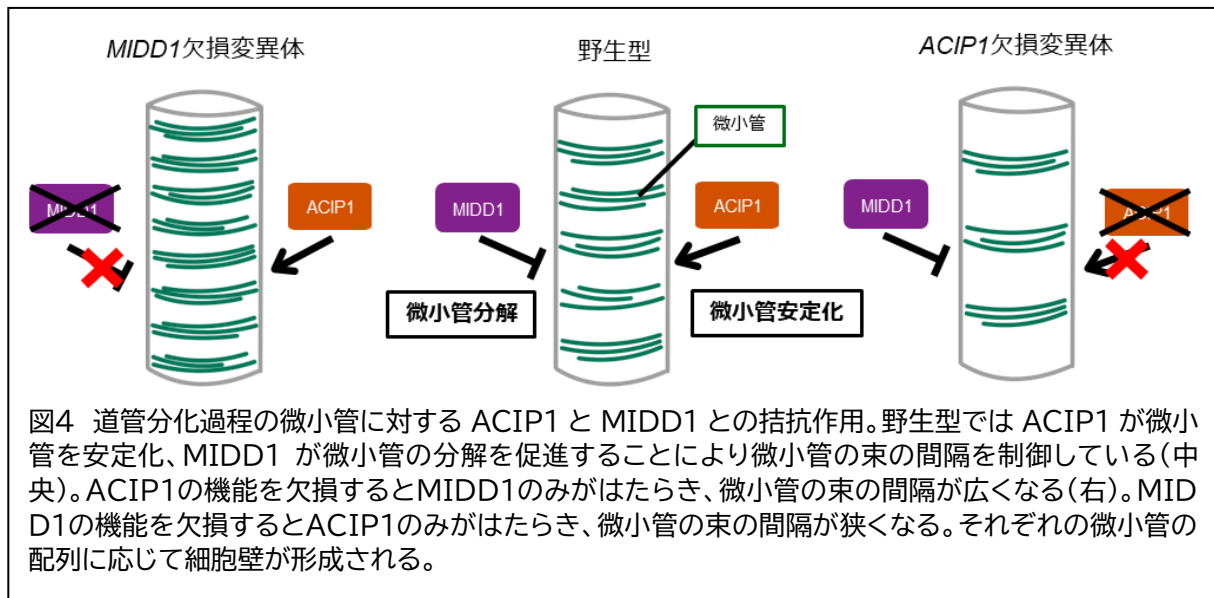


図3 細胞外で合成した微小管に *ACIP1* タンパク質が結合した(上)。*ACIP1* は道管分化過程初期には微小管に、後期には微小管から離れて局在した。スケールバーは 10 μm を示す。

ACIP1 は微小管が束化する前の段階で微小管に作用し、微小管が束を作る間隔を調節していると考えられました(図3)。

これらの結果から、ACIP1 は微小管を安定化することで、微小管を脱重合するMIDD1 経路に対して拮抗的にはたらくことが分かりました。つまり、植物は微小管の分解と安定のバランスにより道管の構造を調節していたのです(図4)。



【成果の意義】

植物細胞の中で細胞壁を作る位置を制御する仕組みは未解明の点が多く残されています。本研究は微小管を安定化するタンパク質と分解するタンパク質が拮抗的にはたらくことで、細胞壁の間隔を調節するという新たなメカニズムを解明しました。微小管を共通してもつ真核生物では、微小管の挙動を拮抗的に制御するモジュールがいくつも報告されています。植物はこのような拮抗モジュールを進化の過程で得た植物独自のタンパク質を使って実現していたのです。

道管の構造は植物の水利用効率や乾燥ストレス耐性に寄与していると考えられています。また、ACIP1 は免疫応答性を持ち、病原菌のエフェクタータンパク質と相互作用することが報告されています。本研究の成果は、道管の新たな構造調節機構を見出したのみならず、免疫応答に応じて細胞壁構造が動的に再編成される可能性を示唆するものです。今後、ACIP1 およびそのファミリー遺伝子の機能解析を進めることで、道管構造、通水性、乾燥ストレス耐性、免疫応答がどのように連携して制御されているのかが明らかになると期待されます。本研究で得られた知見は、作物の環境適応能力を強化する新たな技術開発につながることを期待されます。

本研究は、文部科学省の科学研究費補助金『25H02364』、日本学術振興会の科学研究費補助金『24K02042』、『23K18126』、『24H00056』、『24K18140』、『23K05801』の支援を受けて行われました。

【用語説明】

注 1)細胞壁:

植物の細胞膜の外側に形成され、植物細胞の形態や機能を決定づける構造。主にセルロース、ヘミセルロース、ペクチンから成る。道管の二次細胞壁にはこれらに加えてリグニンが沈着することで疎水的で強固な細胞壁になる。

注 2)微小管:

チューブリンと呼ばれるタンパク質が重合することで作られる直径 24 ナノメートルのチューブ状構造。細胞分裂や細胞内輸送など多様な機能を担う。植物細胞では細胞表層に並び、細胞壁の主成分であるセルロースの合成を導いている。

注 3)エフェクタータンパク質:

病原体が植物細胞に感染しようとする際に、植物細胞の免疫システムを阻害・操作して感染を有利に進めるために植物細胞の内部に送り込むタンパク質の総称。

【論文情報】

雑誌名:Current Biology

論文タイトル:The immunity-associated protein ACIP1 counteracts MIDD1 to coordinate xylem cell wall patterning

著者:三宅 陽穂(名古屋大学)、杉山 友希(名古屋大学)、佐々木 武馬(名古屋大学)、出村 拓(奈良先端科学技術大学院大学)、小田 祥久(名古屋大学)

DOI: 10.1016/j.cub.2026.01.003

URL: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2026.01.003>