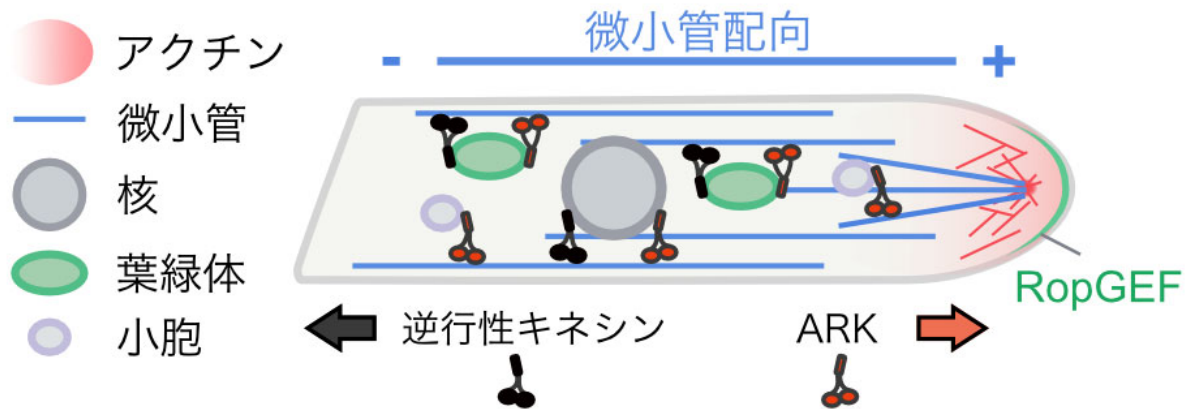




植物の分子トランスポーターの同定 ～細胞内で物質を輸送する保存された仕組みの発見～

【本研究のポイント】

- ・植物で独自に進化した分子モータータンパク質「ARK」は、細胞内で多様な積荷を輸送するトランスポーター^{注1)}だった。
- ・「ARK」による輸送が植物細胞の正常な成長に重要だった。
- ・細胞内輸送の基本原理は動物と植物で共通だった。

【研究概要】

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学大学院理学研究科の吉田 真理 博士後期課程学生と五島 剛太 教授は、モデル陸上植物であるヒメツリガネゴケを用いた研究により、細胞内で多様な積荷を輸送する分子モーターを発見しました。

本研究により、進化的に保存された細胞内輸送メカニズムの解明が期待されます。

本研究成果は、2023 年 5 月 5 日付イギリスの科学雑誌「Nature Plants」に掲載されました。

【研究背景と内容】

細胞内の物質や構造体が正常に機能を果たすためには、特定の場所へと能動的に輸送されることが重要です。この細胞内輸送は、主に細胞骨格^{注2)}とその上を歩行するモータータンパク質によって駆動されます。動物細胞において、微小管^{注3)}細胞骨格と、微小管上での歩行能力が高い分子モーターである I 型あるいは III 型のキネシン^{注4)}が輸送を担う主要な因子として知られています。一方、植物はこれらのキネシンを持たないため、どのようなメカニズムがその欠失を埋め合わせているのかは長年の謎でした。

今回の研究では、ヒメツリガネゴケを用いて遺伝学的解析とライブ細胞観察を行いました。その結果、植物で独自に進化したキネシン「ARK」が欠損した変異体では、複数のオルガネラ（細胞核、葉緑体、ミトコンドリアなど）の細胞内での配置や動きに異常が生じていることがわかりました[図 1]。つまり、ARK は多様な積荷を輸送する主要なトランスポーターであることを発見しました。さらに、ARK 変異体では細胞の形態や成長に異常が生じていたため、植物細胞の極性成長に関わる分子「RopGEF」を蛍光タンパク質で標識し観察したところ、細胞先端への集積が失われていました[図 2]。以上の結果より、ARK による輸送が、オルガネラの配置に加え、植物細胞の極性確立や成長を制御していることがわかりました[図 3]。

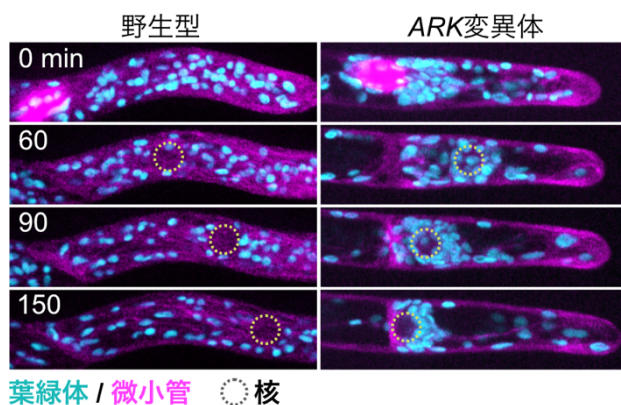


図 1.核と葉緑体の、細胞内での分布の比較。野生型では、細胞分裂(0min)以降、核は中央へ配置され、葉緑体は細胞全体に均等に分布する。一方で ARK 変異体では、微小管のマイナス端が向く細胞基部側(画像左方向)への異常な動きを見せた。

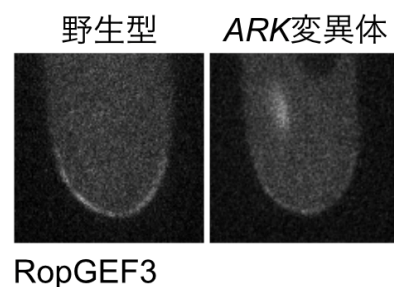


図 2.蛍光タンパク質で標識された RopGEF3 の細胞先端局在が ARK 変異体では減少した。

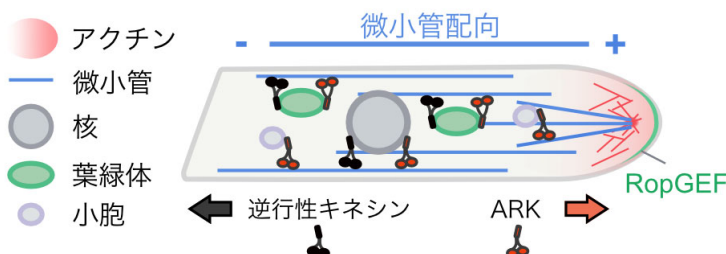


図 3.ヒメツリガネゴケ細胞内における細胞内輸送のモデル図。本研究結果から、ARK は複数のオルガネラを微小管プラス端方向へと輸送することが強く示唆された。これにより、核や葉緑体をマイナス端方向へ輸送することが知られている逆行性キネシンと ARK との間で綱引きに似た引っ張り合いが生じ、それによりオルガネラの動きと配置が制御されていると考えられる。

【成果の意義】

本研究により、特定のキネシンが複数の積荷を長距離輸送するメカニズムが植物にも存在することがわかりました。また、動物や菌類で広く保存されている微小管依存的輸送による細胞極性の制御機構が、植物においても見られ、より一般的なモデルであることが示されました。一方で、植物が ARK という独特なキネシンを用いる理由は不明です。今後の研究により、植物が独自の機能を獲得した進化的軌跡の理解が期待されます。

なお、本研究は日本学術振興会科学研究費助成事業の支援のもとで行われました。

【用語説明】

注1)トランスポーター:

物質の輸送を担うタンパク質のこと。細胞膜を介した輸送体または物質を運ぶモータータンパク質(注4)が該当する。今回は後者を指す。

注2)細胞骨格:

タンパク質の重合により形成される繊維状の構造。重合、脱重合を繰り返すことで動的な性質も示す。代表的なものにアクチン繊維と微小管がある。

注3)微小管:

チューブリンというタンパク質が重合してできた繊維。方向性があり、活発に重合と脱重合を示す側をプラス端、反対側をマイナス端と呼ぶ。

注4)キネシン:

微小管上を歩行するモータータンパク質。「ARK」を含むほとんどのキネシンはプラス端へ向かって進む。

【論文情報】

雑誌名: Nature Plants

論文タイトル: Armadillo repeat-containing kinesin represents the versatile plus-end-directed transporter in *Physcomitrella*

著者: Mari W. Yoshida, Maya Hakoziaki, Gohta Goshima

DOI: 10.1038/s41477-023-01397-x

URL: <https://www.nature.com/articles/s41477-023-01397-x>