

## Press Release

### 気孔開口の鍵因子を発見

～農作物の乾燥耐性や成長を制御する新たな技術開発に期待～

名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所（WPI-ITbM）の木下 俊則（きのした としのり）教授、理学研究科の林 真妃（はやし まき）大学院生、井上 晋一郎（いのうえ しんいちろう）助教、龍谷大学農学部の上野 宜久（うえの よしひさ）助手の研究チームは、植物の気孔が開くために必要な鍵因子を発見しました。

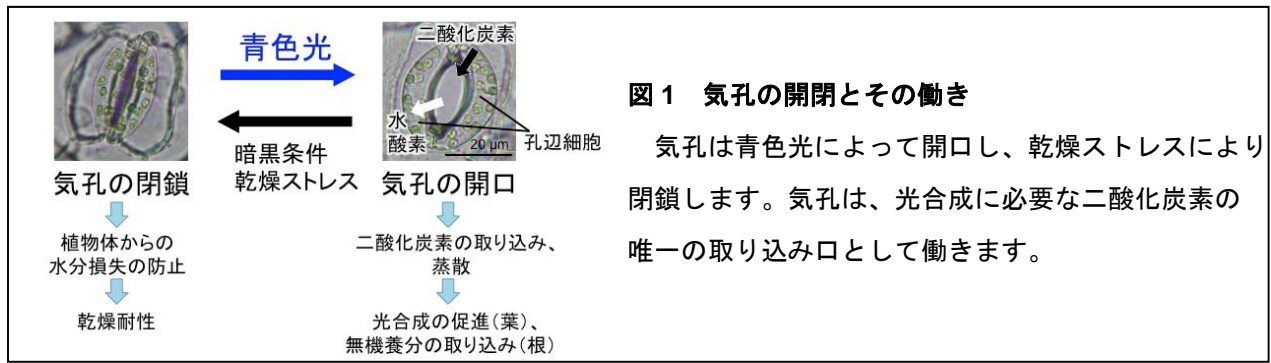
気孔は植物の表皮にある穴で、太陽光に応答して開き、光合成に必要な二酸化炭素の取り込みや、水と酸素の放出など、植物体の通気口として働いています。気孔が開くためには、気孔のエンジンとして働く細胞膜プロトンポンプが光によって駆動される必要があります。今回研究チームは、このエンジンの働きを阻害する化合物を見つけることにより、気孔が開くために必要なタンパク質としてBHPを同定しました。BHPを持たない植物の気孔では、光によりエンジンが駆動できないため、気孔が開かなくなることがわかりました。

今回の発見は、気孔が開くしくみを理解する上で重要な手がかりとなります。また、本研究により、人工的に気孔の開き具合を調節した植物の作出や、気孔を閉じさせる化合物の開発への道が拓かれ、将来的には農作物の乾燥耐性や成長を向上させる技術へと応用が期待できます。

本研究成果は、科学誌 *Scientific Reports* において2017年3月30日午後7時（日本時間）に公開されました。

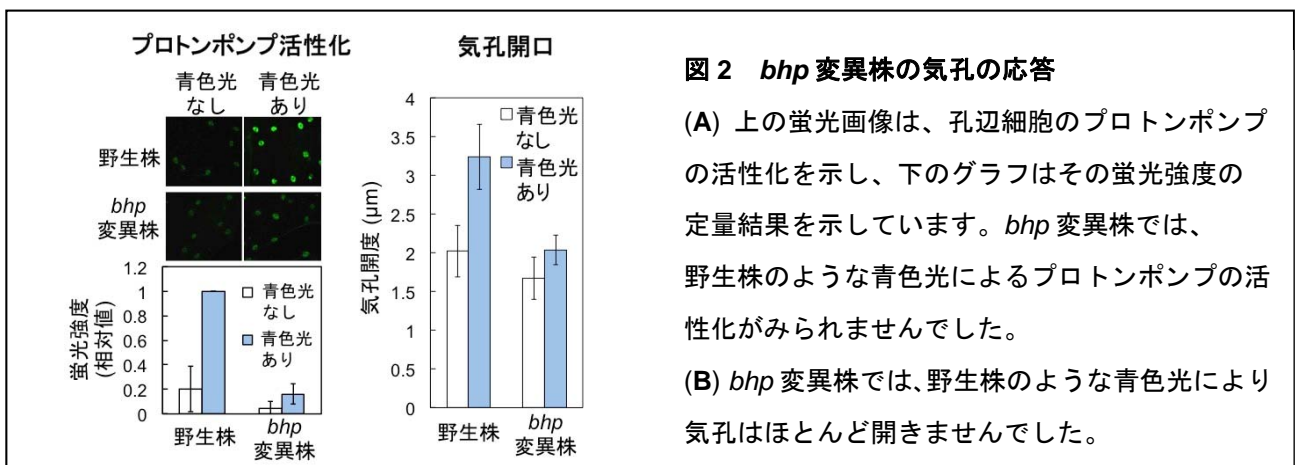
#### 【研究の背景と内容】

植物の表皮には気孔が数多く存在し、植物はこの孔（あな）を通して光合成に必要な二酸化炭素を取り込み、また蒸散や酸素の放出など、大気とのガス交換を行っています。一つの気孔は一对の孔辺細胞により構成されており、太陽光に含まれる青色光に応答して開口します。また、暗黒条件や乾燥ストレスに応答して閉鎖します（図1）。孔辺細胞に青色光が当たると、光受容体であるフォトトロピンが活性化し、細胞内でシグナル伝達を誘導します。このシグナルにより細胞膜プロトンポンプが活性化され、その後孔辺細胞内にカリウムイオンが取り込まれることで最終的に気孔が開口します。細胞膜プロトンポンプの活性化は、気孔開口の駆動力を生み出す重要な反応ですが、青色光がどのようにプロトンポンプを活性化するのか、シグナル伝達の詳細は完全には明らかになっていません。



当研究グループではこれまでに、孔辺細胞のプロトンポンプの活性化を簡便に検出する方法を確立しており、一度に多数の個体のプロトンポンプの活性状態を調べることができます。本研究ではまず、この方法を用いて、青色光によるプロトンポンプの活性化を抑制するプロテインキナーゼ<sup>注1)</sup>阻害剤を化合物ライブラリー<sup>注2)</sup>から選抜しました。プロテインキナーゼ阻害剤の標的となる生体分子(タンパク質)を、タンパク質を構成するアミノ酸配列の植物と動物の類似性から探索し、最終的に BHP<sup>注3)</sup>を候補として見いだすことができました。

BHP を欠損した *bhp* 変異株の気孔では、青色光によるプロトンポンプの活性化が見られず、正常に気孔が開口しませんでした(図2)。



さらに、これまでに明らかになっている気孔開口調節因子である BLUS1 や PP1 との結合を調べ、BHP がフォトトロピンや BLUS1 と共に細胞内で複合体を形成し、気孔開口の初期過程において重要な働きをもつことが示されました(図3)。このように本研究では、プロトンポンプの活性化を抑制する阻害剤の選抜を起点とし、気孔開口の鍵因子である BHP の同定に成功しました。

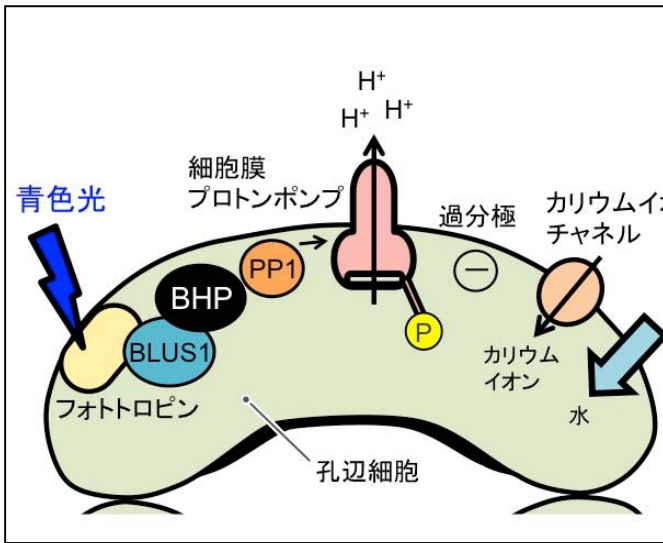


図3 青色光による気孔開口の  
分子メカニズム

青色光は、フォトトロピンに受容され、細胞膜プロトンポンプを活性化し、細胞内へのカリウムイオン取り込みを誘導します。これにより、浸透圧が上昇し、水が取り込まれ、孔辺細胞の体積が増加することで気孔が開口します。本研究では、BHPがフォトトロピンと細胞膜プロトンポンプの間をつなぐ重要なシグナル伝達因子であることを証明しました。

### 【まとめ】

青色光は、フォトトロピンに受容され、細胞膜プロトンポンプを活性化し、細胞内へのカリウムイオンの取り込みを誘導します。これにより、孔辺細胞の浸透圧が上昇し、水が取り込まれ、体積が増加することによって気孔が開口します。本研究では、BHPがフォトトロピンと細胞膜プロトンポンプの間をつなぐ重要なシグナル伝達因子であることを証明することができました。

### 【本研究の意義と今後の展開】

本研究のBHPの発見は、植物の光合成を支える気孔開口のメカニズム解明に貢献した点において、植物生理学上大きな意義があります。BHPは陸上植物に高度に保存されていることから、植物の気孔開口に普遍的に必要な可能性があります。本研究の成果は、BHPの量を調節した植物の作出や、BHP阻害剤の利用・改変などを通じ、人工的に気孔開度を制御して植物の乾燥耐性や成長を向上させる技術へと応用が可能であり、新たな農作物の開発につながることを期待できます。

### 【用語解説】

注1) プロテインキナーゼ

細胞内のタンパク質は、様々な修飾を受けることが知られているが、そのうちの一つにタンパク質を構成するセリン、スレオニン、チロシンといったアミノ酸にリン酸を付加する修飾をタンパク質のリン酸化という。プロテインキナーゼは、タンパク質のリン酸化を触媒する酵素。

## 注2) 化合物ライブラリー

化合物の構造、活性に着目し、多くの数、種類の化合物を集めた1セットのこと。今回の研究ではプロテインキナーゼ（上記）に対する阻害という活性に着目して作製したプロテインキナーゼ阻害剤ライブラリーを使用した。この化合物ライブラリーには、動物のプロテインキナーゼに対する80種の阻害剤が含まれている。

## 注3) BHP

本研究により発見した気孔開口の鍵因子 **BLUE LIGHT-DEPENDENT H<sup>+</sup>-ATPASE PHOSPHORYLATION** の略称で、これまで機能未知のプロテインキナーゼであった。遺伝子番号は、*At4g18950*。

### 【掲載雑誌、論文名、著者】

掲載雑誌： **Scientific Reports**

論文名： “A Raf-like protein kinase BHP mediates blue light-dependent stomatal opening.”

(Raf様プロテインキナーゼのBHPは青色光による気孔開口を仲介する)

著者： Maki Hayashi, Shin-ichiro Inoue, Yoshihisa Ueno, & Toshinori Kinoshita

DOI: 10.1038/srep45586

論文公開： 2017年3月30日午後7時（日本時間） / 2017年3月30日午前10時（英国GMT時間）

WPI-ITbM について (<http://www.itbm.nagoya-u.ac.jp/>)

文科省の世界トップレベル拠点プログラム(WPI)の一つとして採択された、名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所(ITbM)は、従来から名古屋大学の強みであった合成化学、動植物科学、理論科学を融合させることで研究を進めております。ITbMでは、精緻にデザインされた機能をもつ全く新しい生命機能の開発を目指しております。ITbMにおける研究は、化学者と生物学者が隣り合わせで研究し、融合研究を行うミックス・ラボという体制をとっております。このような「ミックス」をキーワードに、化学と生物学の融合領域に新たな研究分野を創出し、トランスフォーマティブ分子を通じて、社会が直面する環境問題、食料問題、医療技術の発展といった様々な議題に取り組んでおります。