



2014年4月

報道関係各位

**植物の受精・花粉管の伸長メカニズムの解明：
カルシウムイオンにより制御された活性酸素の生成の重要性を発見
～食糧・環境・エネルギー問題解決の一助となる作物の収量を高める技術開発に向けた一歩～**

東京理科大学

東京理科大学 理工学部 応用生物科学科（本学 総合研究機構 RNA 科学総合研究センター、イメージングフロンティア研究部門 併任）・朽津 和幸(くちつ かずゆき)教授、元本学助教(現 農業生物資源研究所)・賀屋 秀隆(かや ひでたか)博士、ならびに、奈良先端科学技術大学院大学、名古屋大学、京都府立大学、東京大学の共同研究グループは、植物の生殖過程において、花粉管の先端部に局在する活性酸素生成酵素が、カルシウムイオンを介して活性化され、活性酸素種を積極的に生成すること、そのことが花粉管の先端成長に重要であることを発見し、植物の生殖・受精の新たな仕組みを解明しました。

*この論文は、植物科学分野において世界的に権威のある国際誌 The Plant Cell での掲載に先立ち、同誌 online 版に掲載されました。

Kaya H, Nakajima R, Iwano M, Kanaoka MM, Kimura S, Takeda S, Kawarazaki T, Senzaki E, Hamamura Y, Higashiyama T, Takayama S, Abe M, Kuchitsu K. Ca²⁺-Activated Reactive Oxygen Species Production by Arabidopsis RbohH and RbohJ Is Essential for Proper Pollen Tube Tip Growth. The Plant Cell. Epub ahead of print. (<http://www.plantcell.org/content/early/2014/03/06/tpc.113.120642>)

*本研究の一部は、文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究<研究代表者：朽津和幸>などの援助により行われました。

1. 概要

生体内で発生する活性酸素は、生活習慣病を始めとする多様なヒトの病気や、環境ストレスによる植物のさまざまな傷害の原因物質であり、それを分解・解毒する抗酸化物質に注目が集まっています。その一方で動植物は、活性酸素を積極的に生成するメカニズムを持ち、病原体に対する免疫応答や、発生過程(註1)におけるシグナル分子として重要な役割を果たしています。

被子植物の有性生殖の過程では、雌しべの柱頭で花粉は発芽し、花粉管が花柱の中を伸長し【参考資料1】、胚珠で受精が起きます。これまで、花粉管の伸長成長の過程で、活性酸素が積極的に生成されることが示唆されてきましたが、その分子レベルのメカニズムは不明でした。

今回の研究で、研究グループは、モデル植物であるシロイヌナズナの RbohH と RbohJ と呼ばれる2種のタンパク質が、伸長する花粉管の先端に局在し、カルシウムイオンの結合により活性化されて活性酸素を生成すること、この活性酸素の生成が、植物の花粉管の伸長、受精、種子の形成に重要な役割を果たすことを発見しました。

今回の発見により、植物の生殖や種子の形成における活性酸素の積極的な生成の役割とその制御のメカニズムの一端が解明されました。この成果は、植物の種子の形成、生殖、情報の処理・伝達のメカニズムの解明につながる、基礎的に重要な研究であると同時に、作物の収量を高める技術開発の基盤となる可能性も示唆しています。環境にやさしい農業への道を開き、食糧・環境・エネルギー問題の解決への第一歩となることが期待されます。一方、花粉アレルギーなど、人体に対する植物の花粉の影響に、花粉そのものが発生する活性酸素種が関与している可能性も指摘されており、こうした側面への応用も期待されます。

2. 成果とポイント

研究グループは、活性酸素を積極的に生成する酵素群を研究する過程で、2つの遺伝子 RbohH と RbohJ の発現が、花粉と花粉管で特異的に見られること【参考資料 2】、これらがコードするタンパク質はどちらも、伸長中の花粉管の先端の細胞表面(細胞膜)に局在することを見出しました。それぞれ一方の遺伝子を欠損した変異体の花粉管の伸長は、野生型株と同様でしたが、双方を欠損させた二重変異株では、花粉管の伸長および、受精と種子の形成が著しく抑制されました。また、二重変異体のめしべに、正常な花粉を受粉させた場合には、花粉管の伸長、受精、種子の形成が正常に起きましたが、正常なめしべに二重変異体の花粉を受粉させた場合には、花粉管の伸長、受精、種子の形成が著しく抑制されたことから、植物の生殖において、この2種のタンパク質は、花粉(♂)側で重要な働きを担うことがわかりました。

生きた植物を用いたバイオイメージング技術を駆使して解析した結果、伸長する花粉管で活性酸素が生成されていること、活性酸素の生成は、二重変異体では著しく抑制されていること【参考資料 3】がわかりました。当研究グループで開発された動物細胞を用いた異種発現実験系(註 1)を用いた解析の結果、この2種のタンパク質は、カルシウムイオンの結合と、リン酸化により相乗的に活性化され、活性酸素を生成することが明らかとなりました。遺伝学的解析の結果、カルシウムイオンにより制御された活性酸素の生成が、花粉管の伸長、受精、種子の形成において重要な役割を果たすことが解明されました。

3. 今後の展開

本研究により、植物の生殖における花粉管の先端成長の過程で、カルシウムイオンにより制御された活性酸素の局所的な生成の重要性が解き明かされました。植物の種子形成の基礎となる花粉管の先端成長のメカニズムの一端が分子レベルで解明されたことにより、作物の収量を高める技術開発の基盤となる可能性も示唆しています。環境にやさしい農業への道を開き、食糧・環境・エネルギー問題の解決への第一歩となることが期待されます。

活性酸素は、一般には毒性を持つ物質と考えられていますが、さまざまな生物において、時間的・空間的に厳密に制御されながら、必要な時に必要な場所で生成されることにより、両刃の剣として重要な役割を果たすことが明らかになりつつあります。活性酸素の積極的な生成の制御機構が解明されることにより、植物の環境ストレスによる傷害や病虫害に対する耐性の付与や、バイオマスの生産性向上などへの展開が期待されます。同時に、ヒトを含む動物を始めとする様々な生物における活性酸素の役割の解明にヒントを与える可能性も期待されます。

さらに、花粉アレルギーなど、ヒトに対する健康影響に、花粉そのものが発生する活性酸素種が関与する可能性も指摘されており、花粉症等の治療や予防に向けた取組への応用も期待されます。

(註 1) 朽津教授、賀屋元助教らの研究グループは、英国の研究グループと共同で、植物の根に生える根毛の形成における活性酸素の生成メカニズムを解明し、2008年に米科学誌 *Science* に発表しました。(https://www.tus.ac.jp/news/news.php?20080229091649)

【本研究内容に関するお問合せ先】

■東京理科大学 理工学部 応用生物科学科 朽津 和幸

Tel : 04-7122-9404

e-mail : kuchitsu@rs.tus.ac.jp

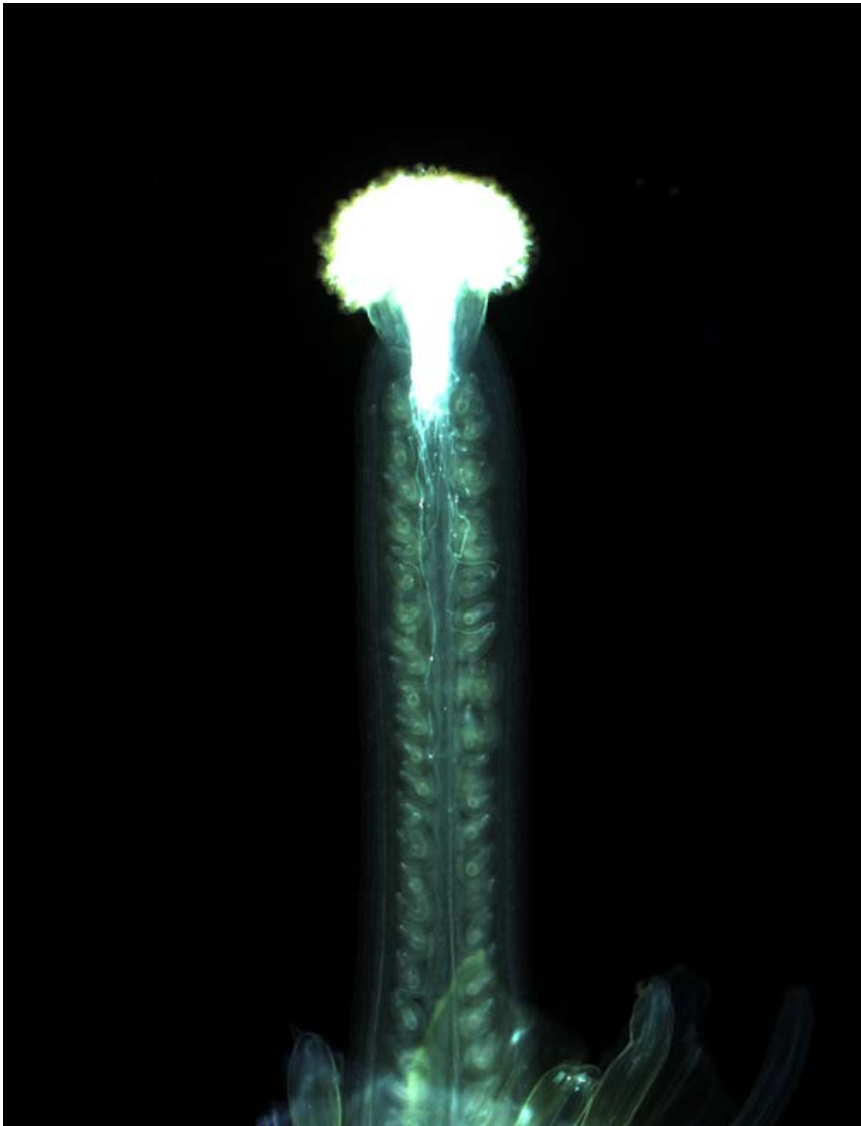
【当プレスリリースの担当事務局】

■東京理科大学 総務部 広報課

担当 : 石黒・三宅 Tel : 03-5876-1500

E-mail : koho@admin.tus.ac.jp

*資料中の画像データは広報課でご用意しております。
ご要望があれば、メールにてお送りさせていただきます。



【参考資料 1】

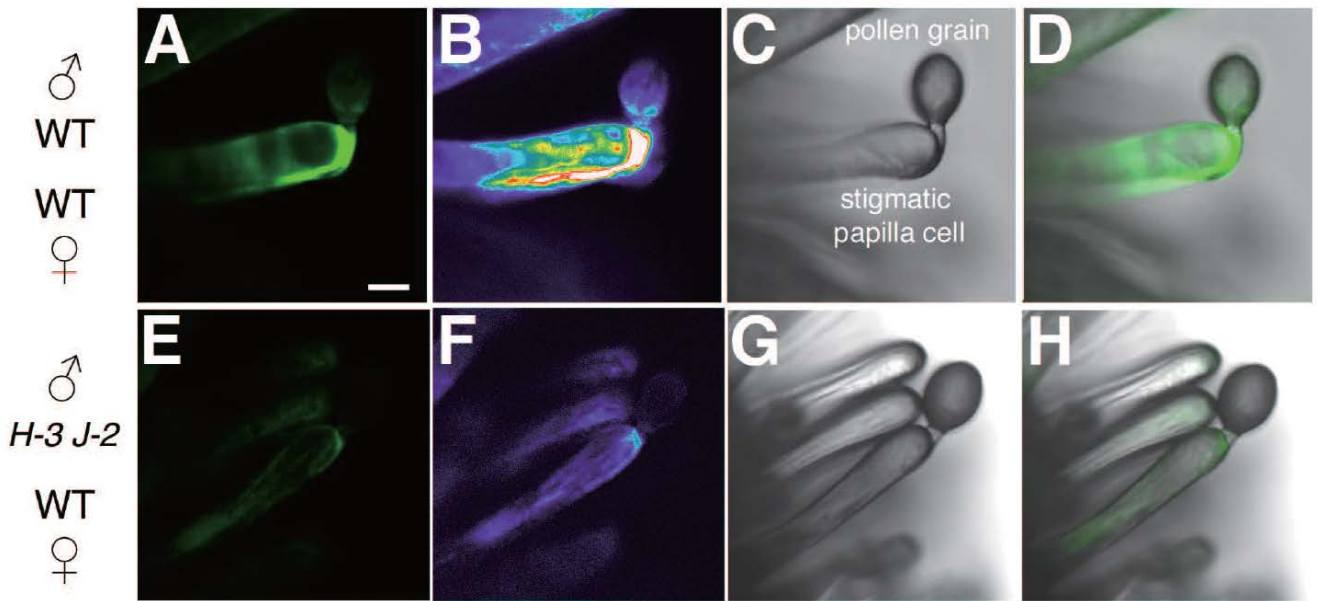
受精のために、雌しべの中を伸長するシロイヌナズナの花粉管。バイオイメージング技術を用いて、可視化している。RbohH と RbohJ を欠損した二重変異体では、花粉管の先端成長が抑制され、受精が阻害される。

【参考資料 2】



シロイヌナズナの花における *RbohH*, *RbohJ* 遺伝子の発現部位。雄しべの葯の中の花粉と、雌しべの柱頭に受粉後、受精のために先端成長する花粉管で特異的に発現していることがわかる。

【参考資料 3】



バイオイメージング技術を用いた、花粉管における活性酸素の生成の可視化。正常な植物(A-D)では先端成長する花粉管で活性酸素が生成されているが、RbohH と RbohJ を欠損した二重変異体の花粉管では、活性酸素の生成が見られない(E-H)。

*参考資料 1-3 は、下記論文から引用したものです。

Kaya H, Nakajima R, Iwano M, Kanaoka MM, Kimura S, Takeda S, Kawarazaki T, Senzaki E, Hamamura Y, Higashiyama T, Takayama S, Abe M, Kuchitsu K. Ca^{2+} -Activated Reactive Oxygen Species Production by Arabidopsis RbohH and RbohJ Is Essential for Proper Pollen Tube Tip Growth. *The Plant Cell*. Epub ahead of print.

(<http://www.plantcell.org/content/early/2014/03/06/tpc.113.120642>)