

分野: 自然科学系 キーワード: 気孔、道管、ペプチド、受容体、幹細胞

植物の気孔と道管の数を調節するペプチド分子を発見！

—最適な水輸送機能を形作る仕組みの解明へ—

【研究成果のポイント】

- ◆ 一つのペプチド性細胞間シグナル分子^{※1}CLE9/10 が、植物の水の通り道である道管と気孔の数を、別の受容体^{※2}を介して調節していることを発見

❖ 概要

大阪大学大学院理学研究科のチェン ピンピン助教、柿本辰男教授らの研究グループは、清華大学(中国)のチャイ ジジエ教授らの研究グループ、熊本大学の澤進一郎教授らのグループとの共同研究により、モデル植物シロイヌナズナを用いてペプチド性細胞間シグナル分子 CLE9/10(以降、CLE9/10)の機能を解明しました。

植物の道管と気孔は共に水の通り道です。今回、CLE9/10 が受容体 HSL1^{※3}・共受容体 SERK^{※4} 複合体に結合して気孔数を制御すると共に、受容体 BAM^{※5} に結合して道管数を調節していることを明らかにしました(図1)。CLE9/10 は別々の受容体を介してこれらの数を制御することにより、最適な水輸送機能を持つ植物の形を作っていると考えられます。

本研究成果は、2018年12月5日(英国時間)に英国科学誌「Nature Plants」にオンライン公開されました。

❖ 研究の背景

植物は、根から葉までつながる道管と、葉の表皮にある気孔という小さな穴を使って水分を調節しており、発生過程における道管と気孔の数の制御は重要な役割を担っています。根端には将来道管になる前駆細胞があり、各前駆細胞が根の長軸と直角な方向に細胞分裂することによって道管の細胞列を作り出し、最終的には細胞が中空になると共に、細胞列を作る細胞間が貫通することで道管が作られます。道管前駆細胞の数は、道管前駆細胞の縦方向の細胞分裂によって増やされますが、その制御機構は良くわかっていませんでした。

葉の表皮には幹細胞であるメリステムイド母細胞(MMC)^{※6}が存在します。MMC は全ての気孔孔辺細胞と多くの一般の表皮細胞の源となっています。MMC の幹細胞としてのアイデンティティーを決めている転写調節因子は SPCH^{※7}です。これまでに、ペプチド性細胞間シグナル分子 EPF2 が MMC 数の制御に働いていることは柿本教授らのグループにより明らかにされていましたが、MMC 数はさらに別の細胞間シグナル分子にも制御されているだろうと考えられていました。

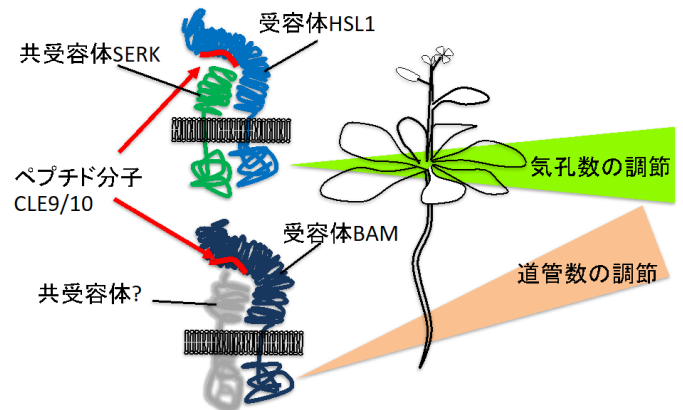


図1. 一つのペプチド性細胞間シグナル分子 CLE9/10 が、活性化する受容体によって違った発生過程を制御する。

Press Release

❖ 研究の成果

植物の発生は植物ホルモンと多くのペプチド性細胞間シグナル分子によって制御されています。ペプチド性細胞間シグナル分子のうち、CLE グループのペプチド(CLE ペプチド^{※8})はシロイヌナズナには 32 種類存在します。発表者らは、CLE9/10(CLE9 遺伝子と CLE10 遺伝子によって同一の CLE9/10 がコードされる)と呼ばれる 13 アミノ酸からなるペプチドが、気孔と、気孔以外の表皮細胞の数を制御していることを見出しました。CLE9/10 がどのような受容体にとって認識されているのかを知るために多くの候補遺伝子の破壊株の CLE9/10 への応答性を調べ、細胞膜に存在する受容体キナーゼ^{※9}HSL1 がその受容体であることを見出しました。HSL1 が CLE9/10 を認識すると、SERK と呼ばれる共受容体を呼び込んで細胞内に情報を伝え、その結果、葉の幹細胞である MMC のアイデンティティーを支配する転写調節因子 SPCH を消失させ、気孔幹細胞の数を抑制することが明らかになりました。

CLE9 遺伝子は道管前駆細胞でも発現しています。MMC においては CLE9/10 は HSL1 によって受容されていますが、道管前駆細胞においては CLE9/10 は別の受容体キナーゼである BAM により認識されて道管前駆細胞数を制御していることがわかりました。

❖ 本研究成果が社会に与える影響（本研究成果の意義）

植物は多くのペプチド性細胞間シグナル分子候補と受容体キナーゼを持っています。これらは必ずしも1対1対応ではなく、1つのペプチドが違った受容体を介して違った機能を発揮する例を示したものです。ここでは、一つのペプチドが、水の通り道である道管と気孔数を、別の受容体を介して調節していることを示したものです。さらに、受容体 BAM には複数のペプチドが作用することを本研究グループや他の研究者が見出しており、多くのリガンドと受容体が複雑な相互作用関係を持っていることがわかります。

❖ 特記事項

本研究成果は、2018年12月5日(英国時間)に英国科学誌「Nature Plants」にオンライン公開されました。

タイトル: “The CLE9/10 secretory peptide regulates stomatal and vascular development through distinct receptors”

著者名: Pingping Qian^{1*}, Wen Song^{2,3,4*}, Toshiya Yokoo¹, Ayako Minobe¹, Guodong Wang^{1,5}, Takashi Ishida⁶, Shinichiro Sawa⁶, Jijie Chai^{2,3,4#}, Tatsuo Kakimoto^{1#}

*equal contribution #責任著者

1. 大阪大学、2. 清華大学(中国)、3. Max Plank 研究所(ドイツ)、4. ケルン大学(ドイツ)、5. 陝西大学(中国)、6. 熊本大学

なお、本研究は科学研究費補助金基盤研究 (B) ((25291060)(柿本))、新学術領域研究(25113006、18H04837 (柿本))および Ministry of Science and Technology of China (2015CB910200 (Chai))の支援により行われました。

❖ 用語説明

※1 細胞間シグナル分子

細胞間の情報伝達を担う分子のこと。

※2 受容体

情報伝達など関わる分子を受容するタンパク質を一般に受容体という。ここでは、受容体キナーゼ^{※9}のこと。

※3 受容体 HSL1

植物は不要になった花びらなどを脱離させますが、脱離を促すペプチド情報を受け取る受容体として HAESA があります。HAESA に似た受容体として HSL1 (HAESA-like1 の略)が知られていましたが、本研究まではその機能がわかっていませんでした。

Press Release

※4 共受容体 SERK

植物の受容体の多くは、情報分子を受け取ると、共受容体と相互作用することで細胞内に情報を伝えます。SERK に分類される共受容体は、植物ホルモンの一種であるブラシノステロイドの受容体や病原体を認識する受容体など、様々な受容体と相互作用して細胞内に情報を伝えます。

※5 受容体 BAM

シロイヌナズナは BAM に分類される3つの受容体と、これらに良く似た受容体 CLV1 を持っています。これらの受容体は茎頂に存在する幹細胞群の数を決めるなどの役割が知られていましたが、本研究では道管の数も調節していることが分かりました。

※6 メリステモイド母細胞(MMC)

葉原基の原表皮細胞の一部が転写因子 SPCH の作用で MMC(メリステモイド母細胞)になります。MMC は不等分裂をして三角形のメリステモイドとその姉妹細胞となります。メリステモイドも姉妹細胞も SPCH が十分に働いていると MMC の機能を持ち、再び不等分裂をしてメリステモイドとその姉妹細胞となることができます。最終的にはメリステモイドは孔辺細胞母細胞となった後に等分裂をして気孔孔辺細胞となり、メリステモイド以外の細胞は一般的な表皮細胞となります。最終的な気孔と表皮細胞の数は、MMC の数と MMC として維持される期間に依存します。

※7 SPCH

SPCH は気孔細胞系譜の幹細胞のアイデンティティを与える重要な転写調節因子です。植物は細胞外の情報をもとに SPCH の量を調節し、これによって気孔やそれ以外の表皮細胞の数を調節していることが知られています。

※8 CLE ペプチド

植物の分泌性ペプチド。CLAVATA/EMBRYO SURROUNDING REGION の略。最初に報告されたペプチドは茎頂分裂組織の細胞増殖の負の調節因子 CLAVATA3 です。

※9 受容体キナーゼ

細胞外にシグナル分子認識ドメイン、細胞内にリン酸化酵素(キナーゼ)ドメインを持ちます。植物には非常にたくさん受容体キナーゼが存在し、細胞間のコミュニケーションや、病原体の認識などを行っています。

❖ 本件に関する問い合わせ先

<研究に関すること>

大阪大学 大学院理学研究科

教授 柿本 辰男(かきもと たつお)

TEL:06-6850-5421

E-mail: kakimoto@bio.sci.osaka-u.ac.jp

<広報・報道に関すること>

大阪大学 理学研究科 庶務係

TEL:06-6850-5280 FAX: 06-6850-5288

E-mail:ri-syomu@office.osaka-u.ac.jp

【研究者のコメント】

植物も動物と同様、発生の制御のために、細胞同士はペプチドを含む数多くのシグナル分子を用いてコミュニケーションしています。今後の研究の発展により、その全貌が次第に明らかになると考えています。