

植物が自ら成長を抑制するしくみを解明！ —高浸透圧ストレス下で成長抑制調節機構が始動—

❖ 概要

大阪大学大学院理学研究科博士後期課程の Archana Kumari と柿本辰男教授らは、Stanford 大学の Bergman 博士と共同で、**水の吸収が阻害される高浸透圧培地において植物が自ら成長を抑制するしくみを解明**しました。多くの動物において、その成長は遺伝情報による制約が強いですが、植物は悪環境では小さく育ちます。**悪環境では、植物は自ら成長を抑制しており、その仕組みは未解明でしたが**、今回、シロイヌナズナ^{※1}は水の吸収が阻害される環境にさらされると、葉の表皮で幹細胞アイデンティティーを与える転写制御タンパク質を分解することにより幹細胞数を減少させ、葉の最終サイズを小さくしていることが分かりました(図1)。

本研究成果は、Plant Cell Physiology 誌 12 月号に発表されました(11 月6日オンライン公開)。

❖ 研究の背景

生物は、それぞれに固有の遺伝情報に基づく基本発生プログラムともいべき制御系を使って特有の形と大きさへと成長します。**動物は環境にはあまり影響されずに固有の大きさに成長するのに対し、多くの植物は、悪環境では成長を抑制します**。植物にとって最も大きな脅威の一つは水不足で、水が得られにくい環境では、植物は特に地上部の成長を抑制します(図2)が、これは理にかなっています。**これまで、成長の仕組みは徹底的に研究されてきましたが、成長を抑制する仕組みにはあまり注目されていませんでした**。

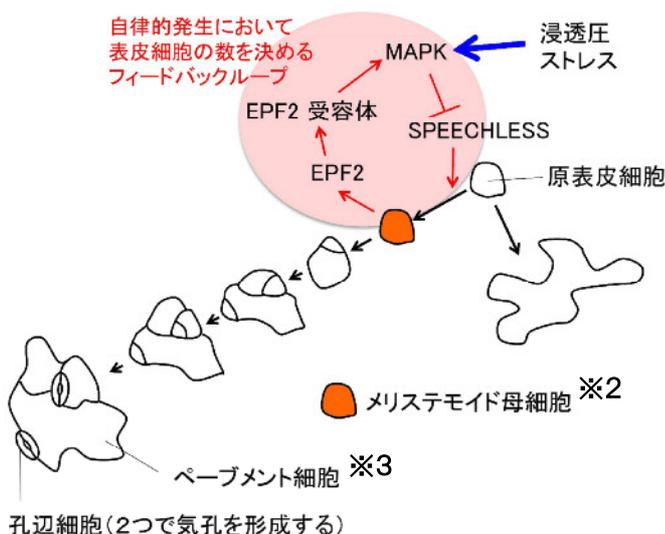


図1. 葉の幹細胞であるメリステモイドの数をフィードバック制御する自律的制御系と環境ストレスシグナルの統合。模式図の細胞パターンは、葉の発生系譜を示す。

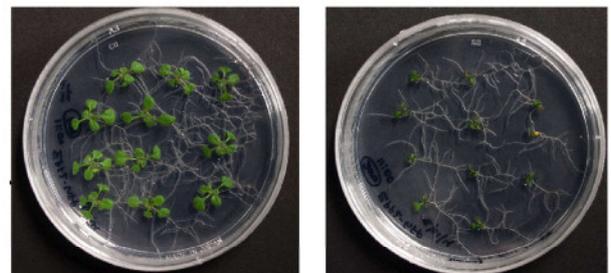


図2. 左の写真は、通常の培地で育てたシロイヌナズナ。右の写真は、高浸透圧培地で育てたシロイヌナズナ。水不足を模倣できる高浸透圧条件では、地上部の成長が抑制されている。Plant Cell Physiol. 55, 2037-2046より転載

❖ 本研究成果が社会に与える影響(本研究成果の意義)

生物がどのようにして種固有の大きさに成長するのか、という研究は多いですが、**悪環境に応じて成長を抑制する仕組みには光が当たっていませんでした。本研究はその分子機構を解明した点において大きな意義があり、この仕組みを人為的にチューニングすることにより、作物の成長を改善できる可能性が考えられます。**

❖ より詳しい説明

1. 葉の表皮細胞数を決める基本発生制御系

葉の表皮細胞数の上限を決める制御系は良くわかっています。形成初期の葉には**メリステモイド母細胞**^{*2}と呼ばれる幹細胞が存在し、これが表皮のほとんどの細胞の源となっています。メリステモイド母細胞では、**SPEECHLESS**^{*4}タンパク質が、幹細胞たらしめるために必要な遺伝子群を活性化しています。メリステモイド母細胞では分泌ペプチドである**EPF2**^{*5}が作られており、メリステモイド母細胞の数が多くなればEPF2濃度が上昇します。EPF2は**MAPK**^{*6}を活性化し、MAPKはSPEECHLESSをリン酸化してこれを分解に導きます。このフィードバック制御により、葉の表皮細胞数の上限を決めています(図1)。

2. 基本発生制御系と高浸透圧により活性化されるシグナル伝達系の統合

図3は、メリステモイド母細胞を緑色蛍光タンパク質(GFP)で標識した発生中の植物の葉です。高浸透圧にさらすとメリステモイド母細胞の数が減少する事、さらにこの減少はMAPK情報伝達系の阻害剤により緩和されることがわかります(図3A-C)。MAPK情報伝達阻害剤は高浸透圧による葉の成長も緩和します(図3D)。

また、SPEECHLESSタンパク質にGFPを融合して観察すると、高浸透圧ストレスでSPEECHLESSが減少します(図4)。SPEECHLESSに突然変異を入れてMAPKによる調節を受けなくすると、高浸透圧による成長抑制が起きません(図4C)。

つまり、植物は高浸透圧にさらされるとMAPKを介してSPEECHLESSを分解し、メリステモイド母細胞が幹細胞として維持されなくなり、最終的な細胞数を減少させるのです。

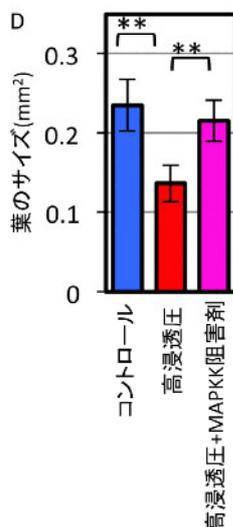
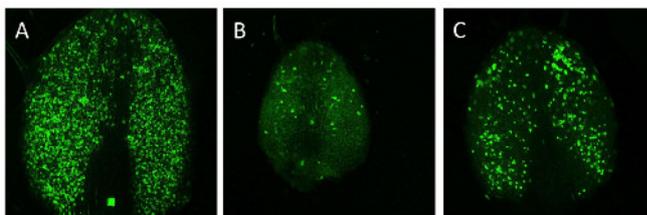


図3. シロイヌナズナは高浸透圧に
応答し、MAPKカスケードを介して幹
細胞の数を減少させる。緑の各ドット
は、葉の表皮の幹細胞であるメリ
ステモイド母細胞。

A, コントロール。B, 高浸透圧(0.2M
マンニトール)。C, 高浸透圧 + MAPK
kinase阻害剤。D, 葉原基に24時間
高浸透圧処理(±阻害剤)した後の
葉のサイズ。

Plant Cell Physiol. 55, 2037-2046より
転載

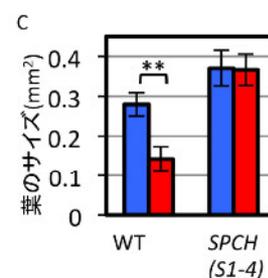
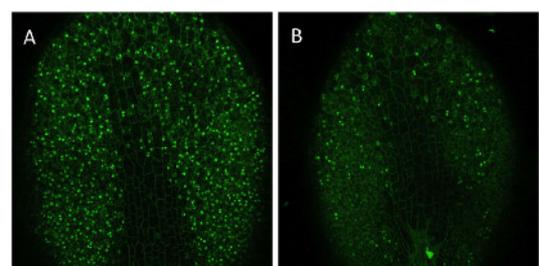


図4.シロイヌナズナは、
SPEECHLESSを分解すること
により葉の成長を抑制する。
A. 緑のドットはSPEECHLESS-
GFPが核内に存在する事を
示している。B. 高浸透圧で
SPEECHLESSの量が減少す
る。C. SPEECHLESSに変異を
導入して安定化させる[SPCH
(S1-4)]と、高浸透圧による
成長抑制が阻害される。緑
は通常条件で育てた時、赤
は24時間の高浸透圧にさら
した時の葉の大きさ。

Plant Cell Physiol. 55, 2037-2046より転載

3. まとめ

植物は、高浸透圧ストレス(水の吸収が難しくなる)に応答し、成長抑制調節機構を始動します。その際、基本となる発生制御系を調節し、幹細胞数を減らすことによりこの仕組みを実現している事が明らかとなりました。

❖ 用語説明

- ※1 シロイヌナズナ: モデル植物の一つ。アブラナ科に属する。
- ※2 メリステモイド母細胞: 葉の表皮を構成する細胞の大部分の源となる幹細胞
- ※3 ペーパーメント細胞: 気孔を形成する細胞や毛の細胞以外の表皮細胞
- ※4 SPEECHLESS: メリステモイド母細胞としてのアイデンティティーを与える制御タンパク質
- ※5 EPF2: 自律的発生制御プログラムにおいて幹細胞数を規定する分泌性の情報因子
- ※6 MAPK: タンパク質リン酸化酵素の種類で、それぞれに固有のタンパク質にリン酸基を転移して調節する。
正式名称は、Mitogen-activated protein kinase。発生の調節を行なうとともに、環境応答に関わる。

❖ 特記事項

本研究成果は、Plant Cell Physiology 誌 12月号の表紙を飾りました(図5)。

❖ 本件に関する問い合わせ先

柿本 辰男(かきもと たつお)
大阪大学大学院理学研究科 生物科学専攻 教授
〒560-0043 大阪府豊中市待兼山町 1-1
TEL: 06-6850-5421
E-mail: kakimoto@bio.sci.osaka-u.ac.jp

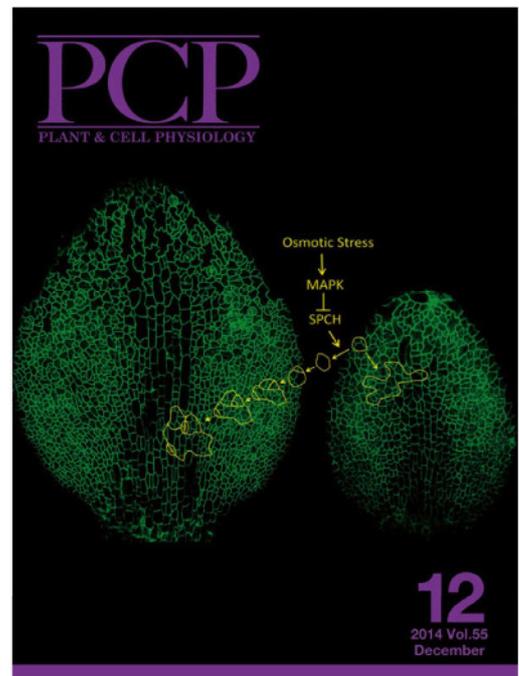


図5. Plant Cell Physiol. 55(12)表紙