

植物の根の成長に必要なペプチドホルモンの受容体を発見 —根張りのよい品種の作出に期待—

名古屋大学大学院理学研究科（研究科長：松本 邦弘）生命理学専攻の松林 嘉克（まつば やし よしかず）教授と篠原 秀文（しのはら ひでふみ）助教らの研究グループは、植物の根の成長に必要なペプチドホルモンである RGF（root meristem growth factor）の受容体を発見し、その役割を明らかにしました。

植物の根の先端には、図 1 のように幹細胞領域、細胞分裂領域、細胞伸長領域があり、それぞれがバランス良く機能することで、すらりとした根が形成されます。本研究グループは、このような正常な根のかたちづくりは、根の幹細胞領域で生産されるペプチドホルモン RGF が担っていることを 2010 年に見出していました。RGF は幹細胞領域でつくられ、細胞の隙間を拡散して濃度勾配をつくります（図 1 左）。この濃度勾配に応じて根の形成を支配する転写因子タンパク質である PLT が発現して（図 1 右）、根が成長していきます。

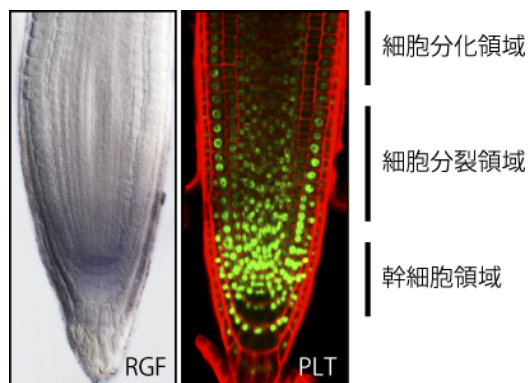


図 1 根の先端の形成パターンと RGF および PLT の分布

RGF を作りだせない植物では、根の細胞分裂領域が縮小して、根が短くなってしまいます。

細胞から分泌されるペプチドホルモンである RGF は、細胞膜を直接通り抜けることができないため、細胞同士の情報の受け渡しには、細胞膜上に存在する受容体に認識されることが必要であると考えられていましたが、これまで RGF を直接認識する受容体は明らかになっておらず、RGF を介した根のかたちづくりに関する情報伝達のしくみは不明でした。

今回、松林教授らは、ペプチドホルモン RGF を直接認識、結合する受容体を 3 つ発見しました。この 3 つの受容体を失った植物では、根の細胞分裂領域が縮小し、根が短くなりました。また RGF を根に与えても感受性を示さず、細胞分裂領域の回復はみられませんでした。この発見は、根の正常な成長を司る情報伝達の一端を解明したものであり、また RGF を介した情報伝達をコントロールすることで、根張りのよい植物の作出への応用が期待できるものです。

この成果は、平成 28 年 3 月 21 日（月）（日本時間 22 日）に米国科学アカデミー紀要で発表されました。

【研究の背景と内容】

2010 年に本研究グループは、根の先端で生産されるペプチドホルモン RGF (root meristem growth factor) を発見し、RGF が根の幹細胞領域や細胞分裂領域の活性を制御することによって、根の正常なかたちづくりに重要であることを報告しました。

RGF の生産場所である根端の幹細胞領域の細胞から分泌された RGF ペプチドは、細胞同士の隙間（細胞間隙）を通過して、根端から基部側（地上部側）に拡散しながら濃度勾配をつかって存在しており、根のかたちづくりに必要な情報を運んでいると考えられています（図 1 左）。このとき根の中では、根の正常なかたちづくりの鍵因子として知られている転写因子 PLT (PLETHORA) タンパク質が、RGF ペプチドと同じように濃度勾配をつかって存在しています（図 1 右）。この PLT タンパク質の濃度勾配は、根の先端の各領域の性質を決定しており、PLT タンパク質の多いところは幹細胞領域、中くらいのところは細胞分裂領域、少なくなるところは細胞伸長領域の性質をもつようになります。RGF が生産されないと、幹細胞領域と細胞分裂領域が縮小し、根が短くなります。

RGF 自体は細胞膜を直接通り抜けることができないため、RGF のもつ情報の受け渡しには、細胞膜上に存在する受容体に認識されることが必要であると考えられました（図 2）。しかし現在まで RGF を直接認識する受容体は明らかになっておらず、RGF を介した根のかたちづくりに関する情報伝達のしくみはわかっていませんでした。

そこで RGF を認識する受容体分子を見つけ出すことを試みました。本研究グループでは、ペプチドホルモンの受容体として機能する分子がいくつか含まれる受容体キナーゼファミリーを中心として、約 90 種類の受容体に対して「受容体発現ライブラリー」を作製しました。この受容体発現ライブラリーをつかった網羅的な結合実験を行なった結果、3 つの受容体が RGF を直接結合することがわかりました。3 つの受容体はどれも根の先端で発現しており、この 3 つの受容体を欠損させた植物体は、根の幹細胞領域と細胞分裂領域が縮小し、根が短くなりました（図 3）。また

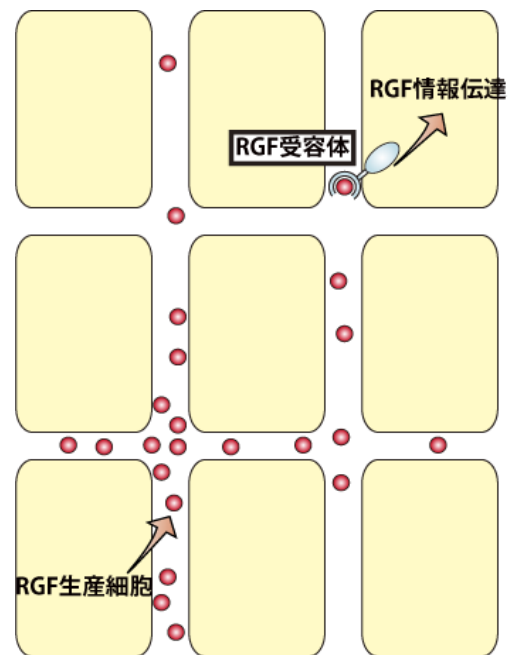


図 2 ホルモンは細胞間を移行して離れた細胞の受容体に認識される

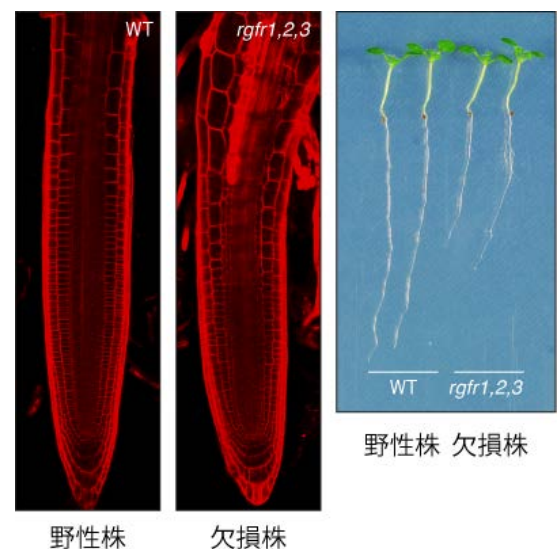


図 3 受容体欠損株の根の形成パターンと長さ

RGF の外的な投与にも感受性を示さず，細胞分裂領域の回復はみられませんでした。これらの結果から 3 つの受容体が根の先端で RGF の情報を受け取っていることが示されました。また 3 つの受容体を欠損させた植物の根では，正常な根にみられるような PLT タンパク質の濃度勾配が失われていました（図 4）。以上の結果より，ペプチドホルモン RGF は，3 つの受容体（RGFR1, RGFR2 および RGFR3 と命名）に直接結合し，認識されることで，転写因子 PLT タンパク質の発現を調節していることを示し，根の先端の各領域の性質を決定する根のかたちづくりを調節していることが明らかにしました。

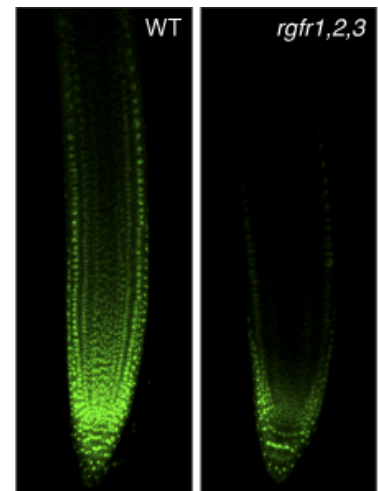


図 4 受容体欠損株における PLT の分布

【成果の意義】

今回のペプチドホルモンの受容体の発見は，根の正常なかたちづくりのしくみという，植物の成長における根源的な現象の解明の一端を担うものです。RGF は多くの植物が共通してもっているペプチドホルモんで，受容体を介した情報伝達の経路も，それぞれの植物に共通していることが考えられます。農業上重要な植物（例えば穀物など）の RGF 情報伝達経路を人為的に調節することで，通常よりも根が強く，長く，根張りのよい作物をつくりだすことができ，高収量化や貧栄養土壌での栽培化などが可能になるかもしれません。

根の成長を促進する物質として RGF ペプチドを直接圃場に散布することは，RGF 作製のコストを考えると現実的ではありませんが，今回発見した受容体をはじめとした RGF 情報伝達経路を活性化するような物質がみつければ，与えるだけで根張りが増え，作物の増産に寄与できるような薬剤の開発にもつながる可能性があります。

【論文名】

Identification of three LRR-RKs involved in perception of root meristem growth factor in *Arabidopsis*

Hidefumi Shinohara, Ayaka Mori, Naoko Yasue, Kumiko Sumida and Yoshikatsu Matsubayashi*

Proc. Natl. Acad. Sci. USA 電子版 (doi: 10.1073/pnas.1522639113)