

## 植物の驚異の適応能力 ～ 葉の空腹を根に伝えるホルモンを発見！ ～

名古屋大学大学院理学研究科生命理学専攻の 松林 嘉克 教授と 太田 峻友 大学院生らの研究グループは、植物の土壌中の根における窒素栄養吸収を地上部の窒素需要に応じて葉から遠距離調節するホルモンを発見しました。

根から吸収される窒素は植物の成長に最も重要な栄養素のひとつであり、葉で光合成のエネルギーを使ってアミノ酸やタンパク質へと変換されます。この過程には、窒素を消費する地上部（葉）と土壌から吸収する地下部（根）の間で、窒素の需要と供給のバランスが保たれています。すなわち、地上部が成長する時期には、窒素需要が高まるので、根から多くの窒素を吸収する必要があります。しかし、根はどのように地上部の窒素需要を知るのでしょうか。

今回、研究グループは、地上部の窒素需要が高まる（窒素不足になる）と葉で作られ、根に移行して窒素吸収を促進させるホルモンを発見しました。これを作れない植物は、地上部の窒素需要が高まる生育後期に葉が小さくなって、正常に生育できないことが明らかとなりました。この結果は、刻々と変動する栄養環境への植物の適応のしくみを理解する上で重要な手がかりとなり、今後の農業分野への応用に期待されます。

この成果は、令和2年1月31日（金）付け（日本時間19時）に英国科学誌「Nature Communications」オンライン版で発表されました。

## 【ポイント】

1. 植物の葉は、窒素欠乏を感じると根に窒素吸収を促すホルモン（新発見）を送る。
2. このホルモンを作れない植物は、葉が小さくなって正常に生育できない。
3. 効率よく窒素栄養を吸収し、最小限の肥料で生育できる作物の作出が可能に。

## 【研究の背景と内容】

窒素は植物の成長に最も重要な栄養素のひとつです。植物は根から窒素栄養分を主に硝酸イオンのかたちで吸収して成長しますが、地上部（葉や茎）の成長具合によって、その必要量、すなわち窒素需要は異なります。葉の枚数がどんどん増えて大きくなる時期には、多くの窒素を必要とします。しかし、根はどのように地上部の窒素需要を知るのでしょうか。

今回、研究グループは、地上部の窒素需要が高まる（窒素不足になる）と葉で作られ、根に移行して窒素吸収を促進させるホルモンを発見しました（図1）。この結果は、刻々と変動する栄養環境への植物の適応のしくみを理解する上で重要な手がかりとなり、今後の農業分野への応用に期待されます。

今回の研究の背景として、2017年に発表した研究において、葉から根へ移行して窒素吸収を促進させるペプチドがシロイヌナズナ植物に2個あることを報告していました。CEPDと名付けられたこの2個のペプチドは、一部の根が窒素欠乏を感じたときに根から葉へ送られるシグナルの下流で働いています。つまり、根-葉-根の経路を介して根と根のコミュニケーションに関わっています。一方で、シロイヌナズナ植物にはCEPDと構造が似たペプチドが21個あることもわかりました。私たちは、それらの機能に興味を持って解析を続けていましたが、そのうちのひとつCEPD-like 2 (CEPDL2) に強い窒素吸収促進活性があることを見出し、今回の発見へとつながりました。

CEPDL2 遺伝子は葉の葉脈の篩管（葉から根へ物質を送る管状の組織）で発現しており、葉が窒素欠乏になると急速に発現量が増加していました。また、葉で作られたCEPDL2 ペプチドは根でも検出されました

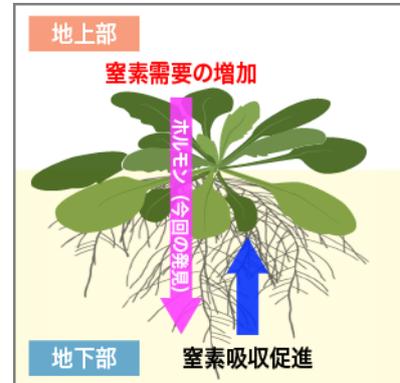


図1. 今回の発見の要点. 地上部の窒素需要が高まる(窒素不足になる)と葉で作られ、根に移行して窒素吸収を促進させるホルモンを発見した。

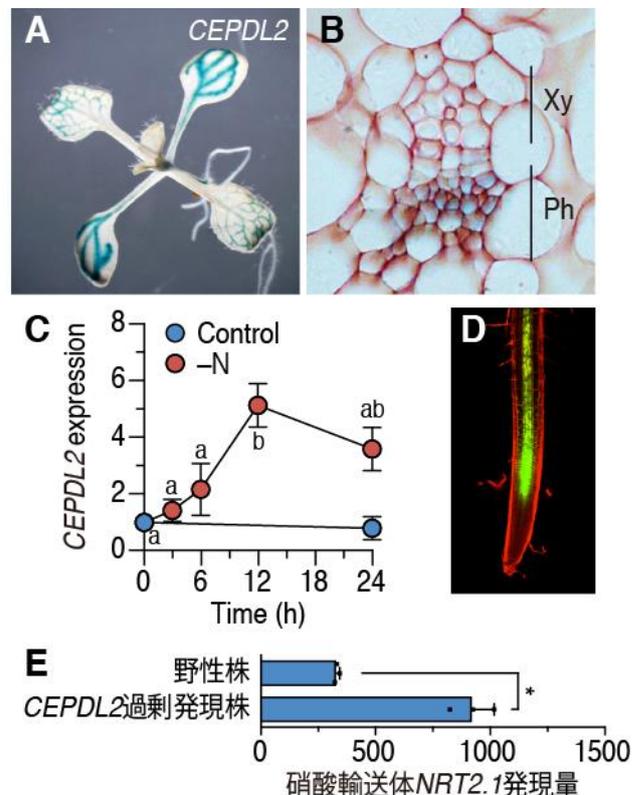


図2. (A-B) CEPDL2 遺伝子は葉の篩管で発現している。(C) CEPDL2 遺伝子は葉の窒素欠乏により速やかに発現上昇する。(D) 葉で作られた CEPDL2 は根に移行して窒素吸収を促進する。(E) CEPDL2 を根で過剰発現すると窒素吸収が促進される。

(図2)。このことは CEPDL2 が葉から根へ長距離移行して情報を伝えるホルモンであることを示しています。この CEPDL2 が、窒素を消費する地上部(葉)と土壌から吸収する地下部(根)の間で、窒素の需要と供給のバランスを保っているシグナルなのです。

CEPDL2 遺伝子を壊した植物体を作製したところ、地上部の窒素需要が高まる生育後期に葉が小さくなって、正常に生育できないことが明らかとなりました(図3)。

### 【成果の意義】

植物は動物のように動き回ることはできませんが、変動する自然環境に巧みに適応するしくみを持っています。今回のダイナミックなシグナル経路の発見は、動き回らず一見静的に見える植物における環境適応能力の驚くべき巧みさや賢さの一端を示しています。窒素は、その供給が植物の生育や収量に大きく影響します。そのため、農業の現場では、しばしば過剰な窒素肥料の



図3. CEPDL2 遺伝子を欠損させると、地上部の窒素需要が高まる生育後期に葉が小さくなって、正常に生育できない。

投与が行なわれ、環境問題や食料価格の高騰などの原因となっています。今回発見されたシグナル経路は、植物の窒素取り込み制御の根幹に関わるしくみと考えられます。このシグナル経路を強化することで、より効率よく窒素栄養を取り込み、最小限の肥料で生育できる作物の作出が可能になるかもしれません。また、根における硝酸イオンの取り込み効率の調節が、地上部から制御されているという事実は、例えば、葉にかけるだけで根での硝酸イオンの取り込みを促進するような薬剤の開発が原理的に可能であることを示しており、植物成長の化学制御にも新しい概念をもたらすものです。

### 【論文情報】

掲載誌：Nature Communications

論文タイトル：Shoot-to-root mobile CEPD-like 2 integrates shoot nitrogen status to systemically regulate nitrate uptake in *Arabidopsis*

(葉から根へ移行する CEPD-like 2 ペプチドが地上部の窒素状況を統御し根の硝酸吸収を制御する)

著者：Ryosuke Ota, Yuri Ohkubo, Yasuko Yamashita, Mari Ogawa-Ohnishi and Yoshikatsu Matsubayashi\*

太田峻友、大久保祐里、山下恭子、小川-大西真理、松林嘉克

DOI： [10.1038/s41467-020-14440-8](https://doi.org/10.1038/s41467-020-14440-8)

【研究費】本研究は、科研費による支援を受けました。

科研費種別：基盤研究 (S)

課題名：ペプチドシグナルを介した植物成長の分子機構

研究代表者：松林嘉克

課題番号：18H05274

科研費種別：新学術領域研究「植物の成長可塑性を支える環境認識と記憶の自律分散  
型統御システム」

課題名：長距離シグナリングを介した変動環境への適応機構

研究代表者：松林嘉克

課題番号：15H05957