

配布先: 文部科学記者会、科学記者会、名古屋教育記者会、大学・交通記者クラブ

報道の解禁日(日本時間)

(テレビ、ラジオ、インターネット) : 2026年3月17日(火) 午前4時

(新聞) : 2026年3月17日(火) 付朝刊

2026年3月16日

報道機関 各位

イネの成長ホルモンを“貯める”しくみを発見 ～代謝調整経路を究明、環境変動に強い作物の品種開発に寄与～

【本研究のポイント】

- ・イネにおいて、植物ホルモン「オーキシン^{注1)}」の新しい代謝分岐経路を発見。
- ・配糖体酵素「IAAspGT^{注2)}」への自然変異がイネの成長やバイオマス配分に影響する。
- ・作物の環境応答性や生産性改良への応用が期待される。

【研究概要】

名古屋大学大学院生命農学研究科の榊原 均 教授、同大学生物機能開発利用研究センターの芦苺 基行 教授、永井 啓祐 准教授、保浦 徳昇 特任准教授(研究当時)、同大学農学国際教育研究センターの犬飼 義明 教授らの研究グループは、理化学研究所 環境資源科学研究センター(CSRS)の小嶋 美紀子 技師、農業・食品産業技術総合研究機構の矢野 昌裕 シニアエグゼクティブリサーチャー、福岡 修一 主席研究員、松原 一樹 上級研究員、岡山理科大学の林 謙一郎 教授、国立遺伝学研究所の佐藤 豊 教授らとの共同研究で、イネにおいて植物ホルモン「オーキシン」の新しい代謝調節経路を発見しました。

植物の成長を調節するホルモン「オーキシン」は、根系の発達や穂の形成など、作物の収量にも深く関わります。本研究では、イネの中でオーキシンを代謝的に“貯留”する新しいしくみを発見しました。オーキシンは通常、アミノ酸と結合した後に酸化反応により不可逆的に不活性化されますが、今回見つかった酵素(IAAspGT)はアミノ酸結合体に糖を付加することで、再利用可能な形で貯留するはたらきを持つことが明らかになりました。この酵素のはたらきは、イネのジャポニカ型品種とインディカ型品種^{注3)}の間で大きく異なり、根系の発達や穂への同化産物配分に影響することが確認されました。環境条件に応じて成長を柔軟に調整するこのしくみは、肥料利用効率の高い作物や、環境変動に強い品種の開発につながると期待されます。

本研究成果は、2026年3月17日午前4時(日本時間)付で米科学アカデミー紀要「Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America」オンライン版に掲載されます。

【研究背景と内容】

植物は発芽した場から移動することができないため、光や温度、水分、養分などの環境変化に応じて、自らの成長や器官形成を柔軟に調節する能力を進化させてきました。その調節機構において中心的な役割を担うのが、成長ホルモン「オーキシン(インドール酢酸、IAA)」です。オーキシンは、根の伸長や側根の形成、茎や葉の成長、さらには穂や種子の発達に至るまで、植物のほぼすべての成長過程に関与しています。特に、日本を含むアジア地域の主要穀物であるイネにおいては、根系の発達や穂の形態は収量や養分利用効率に直結するため、オーキシンの量がどのように制御されているかを理解することは、基礎研究だけでなく農業応用の観点からも極めて重要です。

植物体内のオーキシン濃度は、生合成、細胞間輸送、不活性化など複数の過程によって精密に調節されています。これまで、オーキシンがアミノ酸と結合した後に酸化酵素(DAO)によって不可逆的に酸化される経路が、主要な不活性化経路として知られてきました(図1)。しかし、その中間段階であるオーキシン-アミノ酸結合体がどのような運命をたどるのかについては十分に解明されていませんでした。

本研究では、ジャポニカ型イネ品種であるコシヒカリとインディカ型イネ品種であるIR64を元に作製した染色体断片置換系統群(CSSL)^{注4)}の大規模なホルモン定量分析を行いました。その結果を基に、オーキシン-アミノ酸結合体に糖を付加する酵素を同定し、「IAAspGT (IAA-Asp-N-グルコシルトランスフェラーゼ)」と命名しました。この酵素は、オーキシンがアスパラギン酸やグルタミン酸と結合した中間代謝物に糖を付加することで、酸化分解とは異なる代謝経路へと振り分けるはたらきを持つことが明らかになりました。つまり、酸化分解へと向かう代謝流れの一部を、別の安定な代謝プール^{注5)}へと導く新たな調節経路が存在することを示したのです(図1)。

さらに解析を進めた結果、この酵素の活性の違いはコシヒカリとIR64の間だけではなく、多くのジャポニカ型品種とインディカ型品種間でも共通して見られることが分かりました。インディカ型品種に多い高活性型の対立遺伝子^{注6)}と、ジャポニカ型品種に多い低活性型の対立遺伝子が存在し、その違いは特定のアミノ酸置換によって生じていることを明らかにしました(図2)。

インディカ型の対立遺伝子を持つ品種では、配糖化された安定な代謝プールが形成されるため、細胞内のオーキシン濃度をより安定的に保つ能力が高いことが分かりました。また、生育溶液中の栄養分が十分な条件では両者の生育差は大きくありませんでしたが、栄養分が制限された条件下では、インディカ型の対立遺伝子を持つ系統で種子根の伸長や側根形成が促進されました(図3)。さらに、この遺伝子の農学的な重要性を検証するために圃場(ほじょう)試験を行ったところ、穂と茎葉への同化産物配分に再現性のある差が見られました(図4)。

これらの結果は、オーキシンの中間代謝物を調節する分子機構が、環境条件に応じた成長の可塑性を支えている可能性を示しています。本研究は、オーキシン代謝に新たな分岐経路を見出した点で基礎植物科学に重要な知見を提供するとともに、環境変動に強く、肥料利用効率の高い作物品種の設計に向けた分子基盤を提示するものです。

【成果の意義】

本研究は、オーキシン代謝にこれまで十分理解されていなかった新たな分岐経路を見出し、成長ホルモンの作用制御の概念を拡張する成果です。オーキシン-アミノ酸結合体の*N*-グルコシル化が、環境条件に応じた成長調節に関与することを示したことで、ホルモン代謝の分岐が、成長の可塑性を支える重要な調節機能であることが明らかになりました。さらに、品種間の自然変異が根系発達や穂と茎葉の間での同化産物配分に影響することを示した点は、環境適応型作物の分子育種に向けた新たな指針を与えるものです。

本研究は、農水省『新農業展開ゲノムプロジェクト』(NVR0004)、科研費(23H00324, 25K24467, 22H04978, 25H01340)、および JST 未来社会創造事業(JPMJMI23C1)の支援を受けて行われたものです。

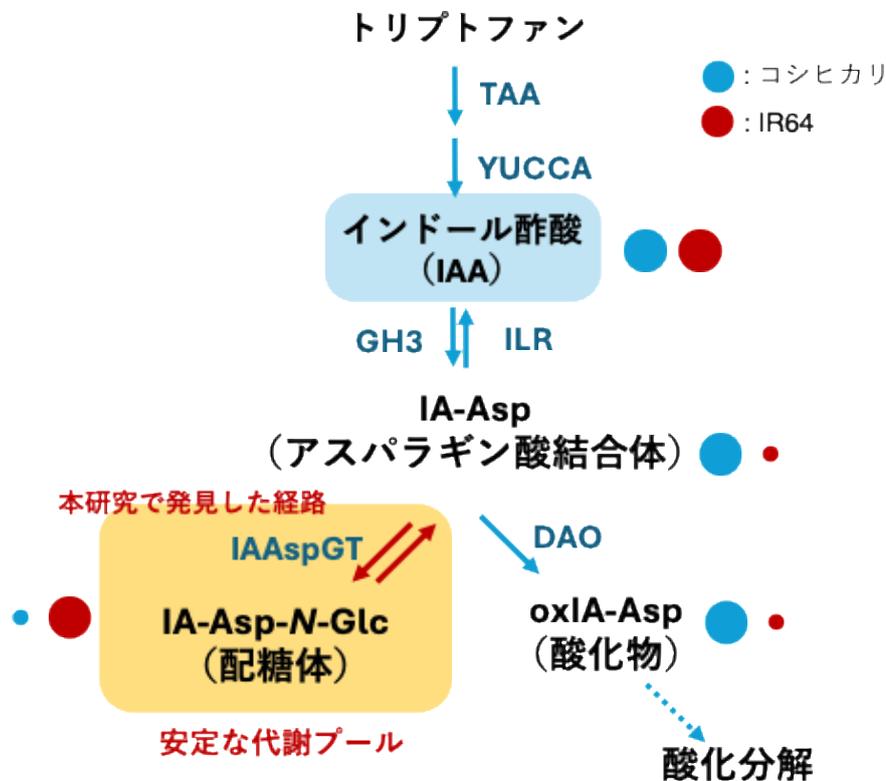


図1 オーキシン(インドール酢酸)の生合成および代謝経路

オーキシンはアミノ酸の一つであるトリプトファンから TAA と YUCCA のはたらきにより合成され、作用した後、GH3 によってアミノ酸結合体(図ではアスパラギン酸結合体)へと変換される。その後、この結合体の一部は DAO により不可逆的に酸化され、酸化分解される。今回発見した酵素 IAAspGT は、オーキシンのアミノ酸結合体に糖を付加(配糖化)することで、DAO による酸化反応を回避し、安定な代謝プールとして貯留する。この配糖体は必要に応じてオーキシンに再変換されることが考えられる。

青丸、赤丸とその大きさは、それぞれコシヒカリおよび IR64 における代謝物の相対的な濃度を示す。

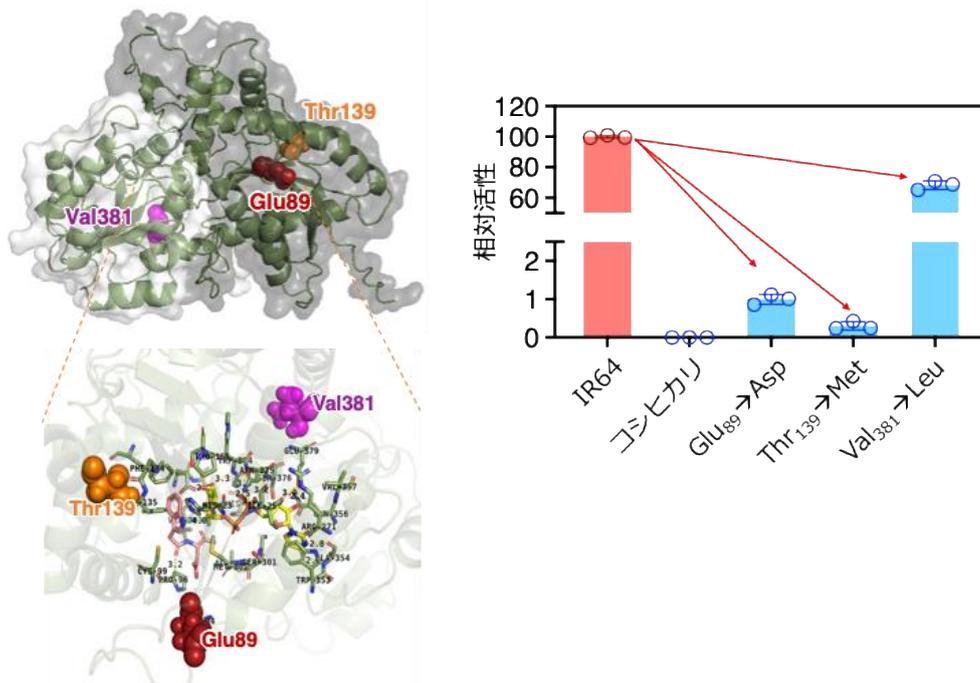


図2 IAAspGT対立遺伝子間の活性差を決定するアミノ酸残基の同定

インディカ型(IR64)とジャポニカ型(コシヒカリ)の IAAspGT 間のアミノ酸変異に着目し、IR64 型酵素の特定の残基をコシヒカリ型へ置換した変異酵素を作製して活性を比較した。その結果、89 番目のグルタミン酸残基 (Glu₈₉→Asp)、139 番目のスレオニン残基 (Thr₁₃₉→Met) の置換が、IAAspGT 活性を大きく低下させることが分かった。左パネルは AlphaFold2 により予測した IAAspGT の立体構造と、着目した3つのアミノ酸残基の位置を示す。Glu₈₉ および Thr₁₃₉ はいずれも基質結合ポケット周辺に位置している。右パネルは IR64 の IAAspGT の活性を 100 とした時の、各 IAAspGT の相対活性を示す。

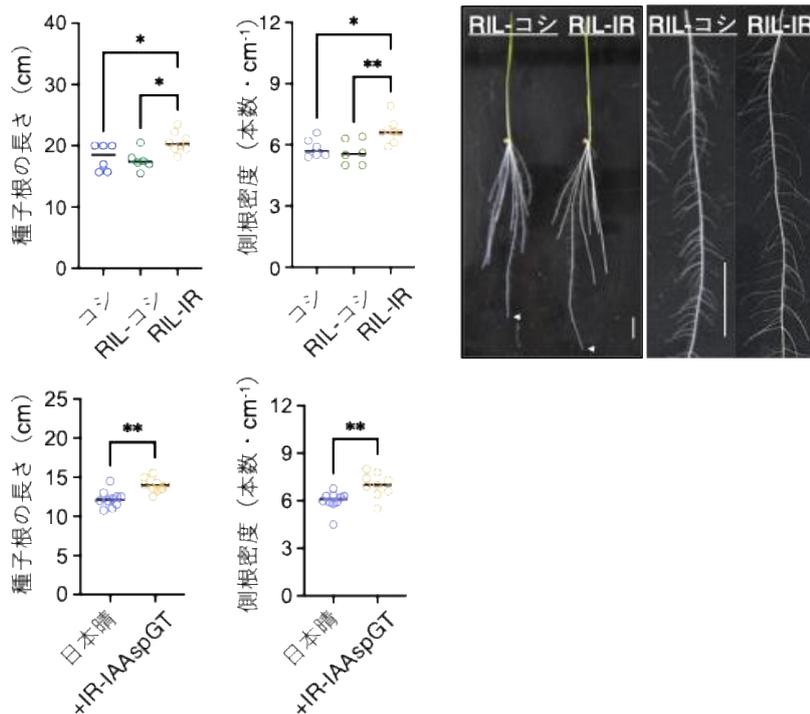


図3 *IAAspGT*対立遺伝子がイネの根の成長に及ぼす影響

栄養分を含まない水耕液でイネを生育させると、IR64型の *IAAspGT*対立遺伝子を持つ系統(RIL-IR)では、種子根長や側根密度がコシヒカリ型対立遺伝子を持つ系統(コシ、RIL-コシ)に比べ増加した。同様の変化は、コシヒカリと同じ対立遺伝子型を持つ日本晴にIR64型 *IAAspGT*遺伝子を導入した系統(+IR-*IAAspGT*)でも確認された。

写真のスケールバー:2 cm。有意差検定:Student's *t*検定 (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$)

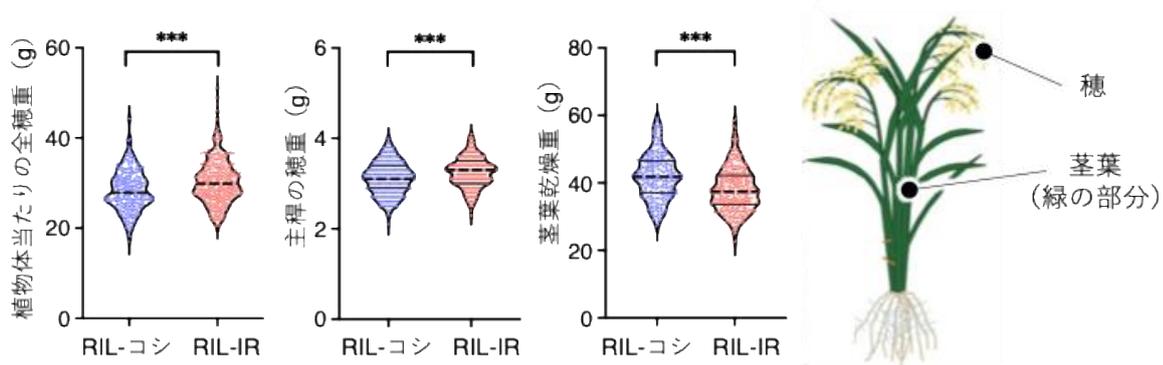


図4 *IAAspGT*対立遺伝子がイネの成長に及ぼす影響(圃場試験)

IR64型の *IAAspGT*対立遺伝子を持つ系統(RIL-IR)は、コシヒカリ型対立遺伝子を持つ系統に比べ、一株当たりの全穂重や主稈の穂重が大きかった。一方で、茎葉の乾燥重量は小さい傾向を示した。有意差検定:Student's *t*検定 (***) $P < 0.001$)

【用語説明】

注 1)オーキシン(auxin):

植物の成長を制御する主要な植物ホルモンで、代表的な物質はインドール酢酸 (IAA)。根や莖の伸長、側根の形成、花や果実の発達などに関与する。植物体内で生合成されたオーキシンは移動しながら濃度の偏りをつくり、成長の方向や器官形成を決定する。その量は生合成や不活性化、結合体形成などによって厳密に調節されている。

注 2)IAAspGT:

IA-Asp-*N*-glucosyltransferase。インドール酢酸のアスパラギン酸結合体やグルタミン酸結合体および UDP グルコースを基質にし、インドール環の窒素原子にグルコースを付加する。

注 3)ジャポニカ型品種とインディカ型品種:

イネ (*Oryza sativa*) は大きく「ジャポニカ型」と「インディカ型」に分類される。ジャポニカ型は日本を含む東アジアを中心に栽培され、粒が丸く粘り気のある食味が特徴であり、インディカ型は南アジアや東南アジアを中心に栽培され、粒が細長く粘りが少ない性質を持つ。両者は形態や生理特性だけでなく、遺伝的背景にも違いがあり、収量性や環境適応性に関わる遺伝子の多様性研究や品種改良においても利用されている。

注 4)染色体断片置換系統群(Chromosome Segment Substitution Lines, CSSLs):

2種類の系統(A, B)を親株として交配し、それを片方の親株(A)に対して戻し交配することにより、系統ごとに A の染色体の一部が B の染色体断片に置換された系統群を指す。イネではさまざまな系統の組み合わせで CSSLs が作製されており、実験系統リソースとして活用されている。

注 5)代謝プール:

細胞内に一時的に存在する特定の代謝物の蓄積。これらは生合成や分解、変換の途中段階にある分子であり、状況に応じて別の物質へと変換される。ホルモン代謝においては、活性型分子やその前駆体、結合体などが代謝プールを形成し、その量や構成の変化が生理応答に影響を与えている。

注 6)対立遺伝子:

同じ遺伝子座(染色体上の同じ位置)に存在する、わずかに配列の異なる遺伝子。個体は通常、両親からそれぞれ一つずつ対立遺伝子を受け継ぐが、対立遺伝子間の違いは、タンパク質の機能や発現量に影響し、形質の違いや品種間差の原因となる。

【論文情報】

雑誌名: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)

論文タイトル: *N*-glucosylation of indole-3-acetyl amino acids modulates auxin metabolism and growth traits in *Oryza sativa*

Press Release

著者:Anna Zenji(名古屋大学(研究当時)), Kimihiko Hata(名古屋大学(研究当時)), Shoji Segami(名古屋大学(研究当時)), Nobue Makita(理化学研究所(研究当時)), Mikiko Kojima(理化学研究所), Mika Yoshino-Kida(名古屋大学(研究当時)), Keisuke Nagai(名古屋大学), Motoyuki Ashikari(名古屋大学), Kazuki Matsubara(農業・食品産業技術総合研究機構), Masahiro Yano(農業・食品産業技術総合研究機構), Shuichi Fukuoka(農業・食品産業技術総合研究機構), Ken-ichiro Hayashi(岡山理科大学), Yutaka Sato(国立遺伝学研究所), Tokunori Hobo(名古屋大学(研究当時)), Yoshiaki Inukai(名古屋大学), Hitoshi Sakakibara(名古屋大学)

DOI: 10.1073/pnas.2527570123

URL: <https://doi.org/10.1073/pnas.2527570123>