



東北大学



大阪府立大学  
OSAKA PREFECTURE UNIVERSITY

2014年 1月 10日

報道機関各位

東北大学大学院生命科学研究科  
大阪府立大学大学院生命環境科学研究科

## 植物の枝分かれ制御ホルモン「ストリゴラクトン」が植物でどのように作られるかを解明

### 〈研究成果の要点〉

- ・カーラクトンがストリゴラクトンの前駆物質であることを証明
- ・植物体内から内生カーラクトンを検出・同定することに成功
- ・農作物やバイオマスなどの増収研究への貢献が期待される

### 概要

東北大学大学院生命科学研究科の瀬戸義哉助教と山口信次郎教授は大阪府立大学大学院生命環境科学研究科の秋山康紀准教授との共同研究で、植物の枝分かれ制御ホルモン「ストリゴラクトン」の生合成における真の中間物質がカーラクトンであることを突き止めました。この成果により、ストリゴラクトンによる植物の枝分かれ制御機構をさらに詳しく調べることが可能になります。また、枝分かれは最終的に花や種子の数と質に影響を与えることから、農作物やバイオマスなどの増収研究に貢献することが期待されます。

植物ホルモン<sup>\*1</sup>の一種である「ストリゴラクトン」は、栄養に応答して植物の枝分かれを調節するために働く重要な化合物です。それだけでなく、ストリゴラクトンは植物の根から分泌され、菌根菌<sup>\*2</sup>など他の生物とのコミュニケーションにおいても重要な役割を担っています。ストリゴラクトンは今から約40年以上前に見つかった化合物ですが、植物体内でどのようにストリゴラクトンが作られるのか、その詳細な生合成経路は、最近までほとんど明らかになっていませんでした。2012年にドイツの研究グループは、ストリゴラクトンの生合成に関与することが明らかとなっていたタンパク質の機能解析を行い、ストリゴラクトンの推定生合成中間物質として「カーラクトン」を発見しました。しかし、ストリゴラクトンが本当にカーラクトンを経由して作られるのか、ということに関する直接的な証明はなされていませんでした。

山口教授らは、化学合成によって調製した安定同位体<sup>\*3</sup>標識カーラクトンを用い、カーラクトンがイネの植物体内でストリゴラクトンに変換されることを証明しました。また高感度質量分析計<sup>\*4</sup>を利用し、植物体内から内生カーラクトンを検出・同定することに成功しました。

本研究成果は、米国科学アカデミー紀要 (*PNAS*) に掲載されるに先立ち、オンライン版が近日掲載されます。

## 研究の背景

ストリゴラクトンは今から40年以上前に見つかった化合物ですが、最近になるまでその生合成経路についてはほとんど明らかになっていませんでした。その中で、ストリゴラクトンを作ることの出来ない突然変異体を用いた解析から、2種類のカロテノイド酸化開裂酵素 (carotenoid cleavage dioxygenase: CCD) <sup>※5</sup>であるCCD7、CCD8がストリゴラクトンの生合成に関与することが明らかとなっていました。また、イネの*dwarf27*という突然変異体の原因遺伝子がコードするタンパク質であるD27も、ストリゴラクトンの生合成に関与することが報告されていました (図1)。2012年にドイツの研究グループはこれら3つのタンパク質の機能解析を行いました。その結果、試験管内でカロテノイドの1種である $\beta$ -caroteneをこれら3つの酵素と作用させることで、ストリゴラクトンと良く似た化学構造を持つ化合物が合成されることを発見し、この化合物をカーラクトンと名付けました (図2A) (Alder et al, 2012, *Science*)。カーラクトンはストリゴラクトンと同じようなホルモン作用を有していたことから、カーラクトンがストリゴラクトンの生合成における中間物質であることが予想されました (図1)。しかし一方で、カーラクトンが本当にストリゴラクトンの生合成中間体なのか、ということについての直接的な証明はなされていませんでした。

## 研究手法と成果

カーラクトンはストリゴラクトンの生合成中間体であると予想されていたものの、その直接的な証明はなされていませんでした (図2A)。特に、カーラクトンがストリゴラクトンの前駆物質となり得るのか否か、また植物が体内で本当にカーラクトンを作っているのかどうか、という2つの点が未解明の状態でした。これら2つの点を明らかにするために、本研究グループは、まずカーラクトンの安定同位体標識化合物を化学合成によって調製しました。次に、この安定同位体標識カーラクトンをイネに投与し、植物体内でストリゴラクトンに変換されるかどうかを調べました (図2B)。その結果、安定同位体標識されたストリゴラクトンが生産されることを発見し、カーラクトンがストリゴラクトンの前駆物質であるということを証明しました。続いて、カーラクトンが実際に植物における内生物質として存在するかを調べました (図2C)。カーラクトンは非常に不安定な物質ですが、研究グループは高感度質量分析計を利用することにより、イネとシロイヌナズナから内生カーラクトンの検出と同定に成功しました。

以上の結果から、試験管内でなされた実験により見出されたカーラクトンが、植物の内生物質として存在し、実際にストリゴラクトンに変換されるということを明らかにしました。

## 今後の期待

植物の枝分かれは、最終的な花や種子の数を決める重要な因子です。したがって、枝分かれを制御することは、作物の生産性や栽培作業の効率化に深くつながることが期待でき、ひいては農作物やバイオマスなどの増収研究にも貢献することが期待されます。今回の研究では、ストリゴラクトンが植物の中でどのように生合成されるのかを明らかにすることが出来ました。生合成経路の詳細が解明されれば、それをターゲットにした薬剤を見出すことにより、人為的に枝分かれを調節する技術を開発することも可能になります。また、ストリゴラクトンはホルモンとしての作用だけでなく、根寄生雑草ストライガ<sup>※6</sup>などの発芽を誘導する、という植物にとって不利な生理作用も有することが知られています。寄生雑草防除の一つの有効な手段は、宿主となる植物において、寄生雑草種子の発芽

を誘引するストリゴラク톤の生産を抑えるということが挙げられます。ストリゴラク톤の生合成経路が解明されることは、こういった寄生雑草に対する防除策を開発する上でも重要なことだと考えています。

## 用語説明

※1 **植物ホルモン**：植物の成長を制御する化学物質の総称。一般的に植物ホルモンは、植物でごくわずかししか作られない。これまでに、オーキシシン、ジベレリン、サイトカイニン、エチレン、ジャスモン酸、アブシジン酸、ブラシノステロイド、ストリゴラク톤、サリチル酸、CLEペプチドなどが発見されている。

※2 **菌根菌**：菌根を作って植物と共生する菌類のこと。土壌中の糸状菌が、植物の根の表面または内部に着生したものを菌根という。菌根菌は、植物に着生後、土壌中に菌糸を張り巡らし、主にリン酸や窒素を吸収して宿主植物に供給する。代わりにエネルギー源として、植物が光合成により生産した糖などの炭素化合物を得る。そのため、植物は菌根菌と共生することにより、栄養分の乏しい土地での育ちが改善される。

※3 **同位体**：同位体とは、同じ原子番号を持つ元素の原子において、原子核の中性子が異なる核種の関係、あるいは核種である。同位体には放射性物質の放射性同位体と、そうではない安定同位体の2種類が存在する。

※4 **質量分析計**：試料をイオン化し、化合物の質量電荷比（質量を電荷数で割った値）を求める分析装置。既知物質の同定や定量に利用される。高感度な検出が可能であるため、ホルモンのような生体中の微量物質の分析に有用な方法である。

※5 **カロテノイド酸化開裂酵素 (carotenoid cleavage dioxygenase: CCD)**：カロテノイドは炭素数40のテルペノイドの1種で、植物では色素体（葉緑体）中で生成される。トマトのリコペンやニンジンに多く含まれるβ-カロテンはカロテノイドの1種である。2重結合を多く含むため抗酸化作用が強く、動物では食餌から吸収されてビタミンAとなる。カロテノイド酸化開裂酵素 (CCD) は、カロテノイドの特定の二重結合を酸化的に開裂してアルデヒドまたはケトンを生成する酵素である。高等植物のCCDにはいくつかのグループがあり、大きく分類すると、揮発性香気成分の合成に関わるCCD1、植物ホルモンの1つアブシジン酸の生合成にかかわる9-cis-エポキシカロテノイド開裂酵素 (NCED)、今回報告した枝分かれ抑制ホルモン (ストリゴラク톤) の生合成に関わるCCD7とCCD8などがある。

※6 **根寄生雑草ストライガ**：別名「ウィッチウィード」（魔女草）とも呼ばれる根寄生性雑草。植物から分泌されるストリゴラク톤を認識して発芽して、近くの植物の根に寄生し、宿主植物から栄養を吸収する。ストリゴラク톤がなければ発芽できず、種子の状態でも何年も休眠したまま生存し続ける。ストライガに寄生された植物は著しく生育が抑制される。特にアフリカでは、ソルガムやトウモロコシなどの農作物における被害が大きく、ストライガの撃退は食糧生産上、重要な課題となっている。ストライガは主に単子葉植物に寄生するが、双子葉植物に対する寄生雑草としてはオロバンキ（ヤセウツボ）が知られている。

## 論文情報

Yoshiya Seto, Aika Sado, Kei Asami, Atsushi Hanada, Mikihisa Umehara, Kohki Akiyama, and Shinjiro Yamaguchi, "Carlactone is an endogenous biosynthetic precursor for strigolactones" *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*. In press

(お問い合わせ先)

東北大学大学院生命科学研究科

担当：教授 山口 信次郎

電話番号：022-217-6197

Eメール：shinjiro@m.tohoku.ac.jp

大阪府立大学大学院生命環境科学研究科

担当：准教授 秋山 康紀

電話番号：072-254-9472

Eメール：akiyama@biochem.osakafu-u.ac.jp

## 参考図

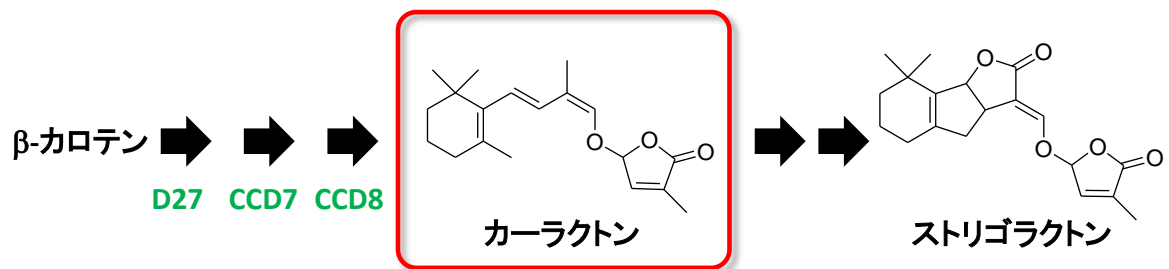


図 1、ストリゴラク톤の推定生合成経路。ストリゴラク톤は $\beta$ -カロテンを出発物質として生合成される。カーラク톤はストリゴラク톤生合成の中間体候補物質として見つかったが、真の中間物質であるか否かは不明であった。

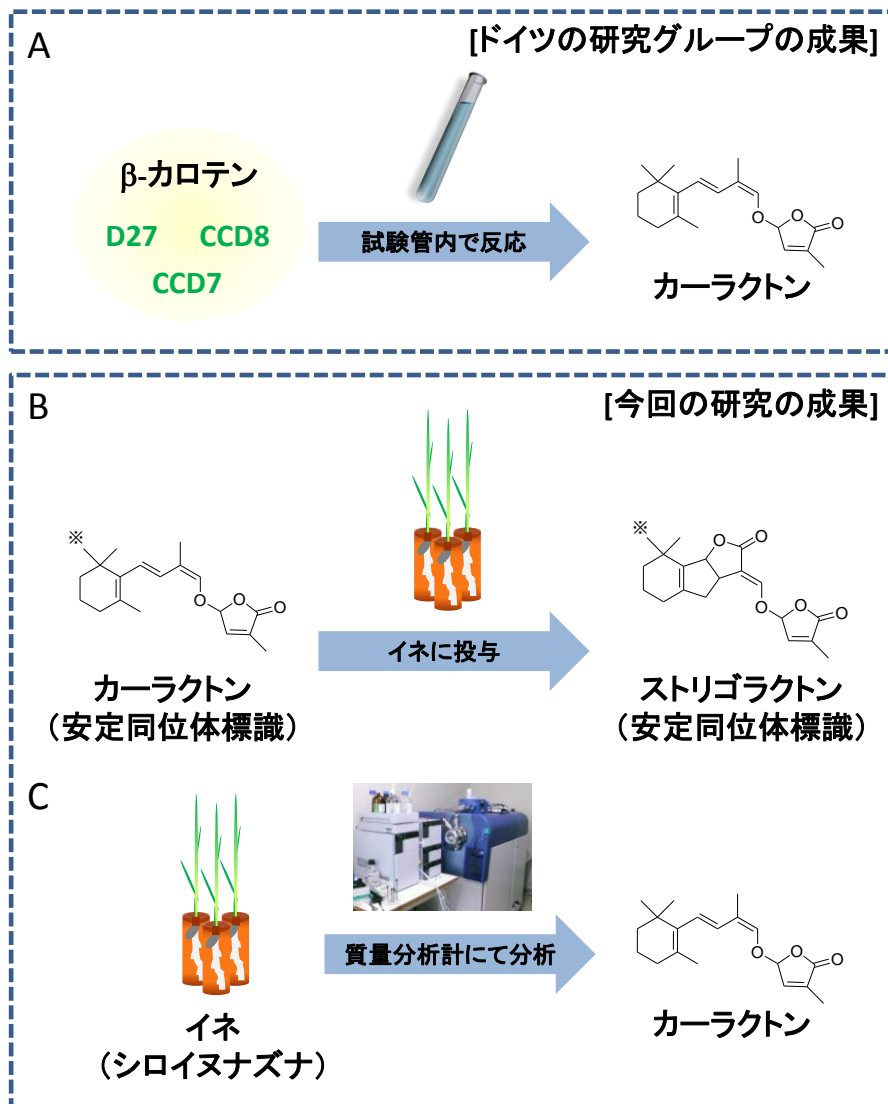


図2、ドイツの研究グループによる成果と今回の研究によって得られた成果。

A: ドイツのグループの成果。

試験管内において、β-カロテンとストリゴラクトン生合成に関与する3つの酵素を反応させることで、カーラクトンが合成された。

B、C: 今回の研究によって得られた成果。

B: 安定同位体で標識したカーラクトンをイネに投与すると、カーラクトンがイネ植物体内でストリゴラクトンに変換された。※は安定同位体の位置を示す。

C: イネやシロイヌナズナの植物体から、質量分析計を用いた分析を行うことにより、カーラクトンが内生の物質として存在することを証明した。