



【本件リリース先】

文部科学記者会、科学記者会、
広島大学関係報道機関、
高知県政記者クラブ



広島大学広報室
〒739-8511 東広島市鏡山 1-3-2
TEL:082-424-6762 FAX:082-424-6040
E-mail: koho@office.hiroshima-u.ac.jp

NEWS RELEASE

令和7年6月24日

ゲノム編集で遺伝子の“スイッチ”を入れ替える！
作物改良の新たなアプローチ ～農業分野への応用に期待～

論文掲載

【本研究成果のポイント】

- ゲノム編集（※1）技術の応用により、花を咲かせる時期にだけはたらく「花成ホルモン遺伝子 *FT*（※2）」のプロモーター（※3）を、常にはたらく別のプロモーターに入れ替えることに成功しました。これにより、栽培条件に左右されずに早く咲かせることができました。
- この手法を使えば *FT* だけでなく、植物体内に外来遺伝子配列を残さずに、任意の遺伝子のはたらきを変えることができます。この手法で作成した植物は、非遺伝子組換え植物として扱えると考えられ、社会的に受容される可能性が高いことから、目的に応じた形質を作物に付与することができる新しい作物改良の方法として、農業分野への応用が期待されます。

【概要】

広島大学 大学院統合生命科学研究科 信澤 岳 助教、長島 由美 教育研究補助員と草場 信 教授、ならびに高知大学 教育研究部自然科学系農学部門 中野 道治 准教授よりなる研究グループは、ゲノム編集技術の新たな活用法として、植物内の異なる遺伝子同士のプロモーター領域（遺伝子の発現を ON/OFF するスイッチ）を“入れ替える”ことに成功しました。具体的には、モデル植物シロイヌナズナにおいて、花を咲かせる時期にだけはたらく「花成ホルモン遺伝子 *FT*」のプロモーターを別の遺伝子プロモーターと入れ替えることで、本来は *FT* の発現が誘導されない（スイッチ OFF）である条件下でも *FT* 発現を誘導（スイッチ ON）させ、栽培条件に左右されずに早期に花を咲かせることに成功しました。これは、シロイヌナズナにおいて、ゲノム編集を用いた「染色体逆位」（※4）によるプロモーター交換を行い、形質を変化させることに成功させた初めての例となります。

このような形質改変は、外来遺伝子配列が残らない「SDN-1 型」ゲノム編集（※5）に分類されるため、所定の審査を経れば非遺伝子組換え作物として利用できる可能性が高いと考えられ、今後の作物改良に向けた新しい方法論として、応用展開が期待されます。

本研究成果は英国の国際学術誌『Plant Biotechnology Journal』のオンライン版にて、2025年5月5日に掲載されました。

【論文情報】

タイトル：Promoter replacement by genome editing creates gain-of-function traits in Arabidopsis

著者：Takashi Nobusawa、 Michiharu Nakano、 Yumi Nagashima、
Makoto Kusaba

著者：信澤 岳（広島大学 大学院統合生命科学研究科、筆頭著者）

中野 道治（高知大学 教育研究部自然科学系農学部門）

長島 由美（広島大学 大学院統合生命科学研究科）

草場 信（広島大学 大学院統合生命科学研究科、責任著者）

掲載誌：Plant Biotechnology Journal

【掲載誌】 Plant Biotechnology Journal

【掲載日】 2025 年 5 月 5 日

【DOI】 [10.1111/pbi.70123](https://doi.org/10.1111/pbi.70123)

本研究は広島大学から論文掲載料の助成を受けました。

【背景】

遺伝子組換え作物(GMO)はすでに世界中で広く栽培されて農業を支えている一方、社会的な理解が十分に得難い場合もあります。特に、食用用途となるとそのハードルは一段と高くなります。

近年目覚ましい発展を遂げたゲノム編集技術は、遺伝子を元来の染色体上の位置で正確に改変できる技術として、注目を集めています。特に外来の遺伝子配列を残さない「SDN-1 型」に分類されるゲノム編集システムでは、引き起こされた変異が自然界で生じる突然変異と同じであるため、多くの国では、審査を経れば、非遺伝子組換え生物（non-GMO）としての扱いを受けており、その利用に社会的な理解を得られやすいという利点があります。

ただし、従来型の SDN-1 型ゲノム編集の応用例は、遺伝子を壊すことで機能を失わせる「引き算型」がほとんどであり、遺伝子のはたらきを壊すことができても、遺伝子のはたらきを高めることは困難とされてきました。そのような背景から、新たな形質を非遺伝子組換え（non-GMO）として与えるためには、従来にはない「足し算型」の新しいゲノム編集技術の開発が求められていました。

【研究成果】

本研究では、CRISPR/Cas9 系（※6）を用いたゲノム編集によって、植物内の 2 つの遺伝子間の染色体領域を反転（染色体逆位）させることで、両遺伝子のプロモーター（発現スイッチ）を入れ替えることに成功しました。具体的には、モデル植物シロイヌナズナを用いて、花成ホルモン遺伝子 *FT* と常に発現がオンである「*HTA3* 遺伝子」を対象とし、染色体上の約 3.6 Mbp（メガベースペア）（※7）の領域を反転させました。

その結果、*FT* 遺伝子が *HTA3* 遺伝子の発現スイッチの影響を受けるようになり、通常は *FT* 遺伝子が発現しない短い日長条件下においても遺伝子発現がオンになり、早期に咲く植物系統が得られました。実際に、ある短日条件下では通常 60～70 日かかる開花が 30 日以内に早まり、大幅な開花促進が確認されました。また、この性質は、野生型との交雑により外来遺伝子配列（CRISPR/Cas9 配列など）を除去した後も安定して遺伝しました。

この手法は、望むような遺伝子発現様式を示す遺伝子とプロモーターを交換することで、標的とした遺伝子の発現を自在に改変する技術と言えます。さらに、外来遺伝子配列を含まないことから、SDN-1 型ゲノム編集に分類されると考えられ、新たな形質を non-GMO（非遺伝子組換え生物）として付与する手法として利用できる可能性があります。

得られた性質は 6 世代以上に渡って安定に継承されており、目的部分以外に大きな変異がないことに加えて、植物の成長や生殖には悪影響を与えないことが確認できま

した。将来的には、同様の手法を用いることでバイオマスの増大、病害抵抗性や栄養価の向上といった農業上有用な形質を有する作物を非遺伝子組換え生物として作出できる可能性が考えられます。

【今後の展開】

本研究では、本手法をモデル植物シロイヌナズナで初めて成功させましたが、イネでも類似した例がひとつ報告されています。今後はさらに様々な作物においてもこの手法が適用できることが示されるとともに、実際に世の中で利用される品種が開発されることが期待されます。また、本研究は、「逆位」（同じ染色体内で一部の領域が反転する現象）を利用したプロモーター交換の例になりますが、さらなる応用範囲の拡大のためには、「相互転座」（異なる染色体同士が一部を交換する現象）を活用したプロモーター交換の実用化により、利用可能なプロモーター候補の幅を広げることが求められます。

また、標的とする遺伝子にエンハンサー（遺伝子の働きを高める配列）のみを付与する手法の確立や遺伝子重複法の開発なども重要な課題となります。

【参考資料】

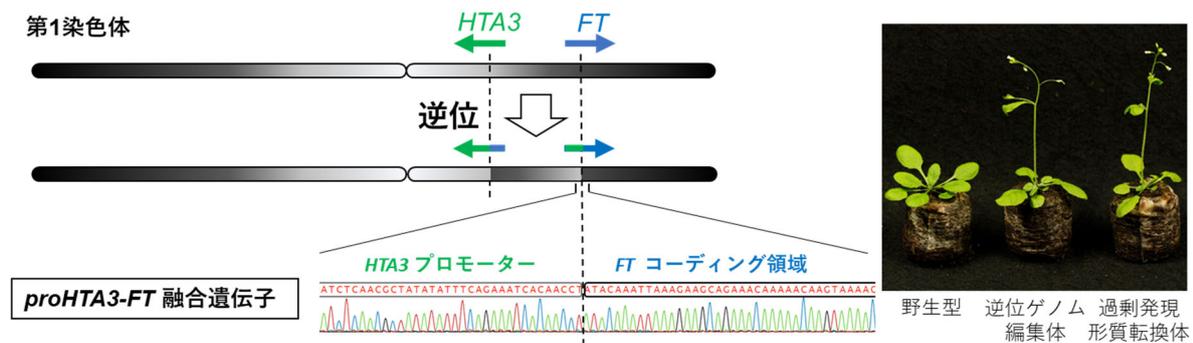


図. 逆位により標的遺伝子の発現を改変した例。シロイヌナズナ第1染色体上の花成ホルモン遺伝子 *FT* と恒常的発現遺伝子 *HTA3* のプロモーターが交換されるようにCRISRR/Cas9により逆位を誘発したところ、*FT* の発現が上昇し *FT* の過剰発現形質転換体と同程度以上に開花が早まった。



図.シロイヌナズナの花

【用語説明】

※1 ゲノム編集

生物の持つ遺伝情報（ゲノム）の特定の場所を狙って精密に書き換える技術です。自然界で生じている突然変異と同じ種類の変化を人為的に引き起こすことができます。

※2 花成ホルモン遺伝子 *FT*

植物が花を咲かせるタイミングを決定する中心的な遺伝子の一つです。葉で *FT* タンパク質が作られて地上部の成長点に運ばれると、植物は花を作るフェーズ（生殖成長）へと切り替わります。

※3 プロモーター

遺伝子がいつ・どこで・どのくらいはたらくかを制御する「スイッチ」のような役割をもつゲノム上の DNA 配列です。

※4 染色体逆位

染色体中の一部が反対向きに染色体に組み込まれる現象で、自然界でもしばしば見受けられる変異です。逆位した繋ぎ目近傍の遺伝子を中心に、遺伝子のはたらきが影響を受ける可能性があります。

※5 SDN-1 型ゲノム編集

ゲノム編集では Site-Directed Nuclease（部位特異的ヌクレアーゼ）という DNA のハサミとなる酵素を使って、特定の場所に傷（切れ目）を入れます。通常は細胞自身の修復機能により傷は完全に戻りますが、ときどき生じる修復エラーを利用してゲノムを書き換える方法です。SDN-1、-2、-3 に分類されますが、SDN-1 型は外来遺伝子配列が導入されず、自然界で起こる突然変異と同じ種類の変異が含まれるカテゴリです。

※6 CRISPR/Cas9

高精度かつ扱いやすいことから現在、最も広く使われるゲノム編集法です。複数箇所の DNA 切断にも向いています。

※7 Mbp（メガベースペア）

DNA の長さを表す単位で、100 万個の塩基対（DNA を構成する分子のペア）が並んだ長さを指します。

【お問い合わせ先】

〈研究に関すること〉

広島大学 大学院統合生命科学研究科 教授 草場 信

広島大学 大学院統合生命科学研究科 助教 信澤 岳

Tel : 082-424-7490

E-mail : akusaba@hiroshima-u.ac.jp

高知大学 教育研究部自然科学系農学部門 准教授 中野 道治

TEL : 088-844-5124

E-mail : minakano@kochi-u.ac.jp

〈広報・報道に関すること〉

広島大学 広報室

TEL : 082-424-6762

E-mail : koho@office.hiroshima-u.ac.jp

高知大学 広報・校友課 広報係

TEL : 088-844-8643

E-mail : kh13@kochi-u.ac.jp

発信枚数：A4版 4枚（本票含む）