

解禁時間（テレビ、ラジオ、インターネット）：平成30年12月11日（火）19時  
（新聞）：平成30年12月12日（水）付朝刊

平成 30 年 1 2 月 1 0 日

報道関係者各位

国立大学法人 奈良先端科学技術大学院大学  
国立研究開発法人 科学技術振興機構（JST）

## 花がめしべづくりを開始するための DNA の折りたたみ構造変化を解明 ～食糧増産や安定供給に期待～

### 【概要】

奈良先端科学技術大学院大学（学長：横矢直和）先端科学技術研究科 バイオサイエンス領域の伊藤寿朗教授、山口暢俊助教（兼任：JST 戦略的創造研究推進事業さきがけ研究者）、立命館大学 立命館グローバル・イノベーション研究機構・菅野茂夫助教（兼任：JST 戦略的創造研究推進事業さきがけ研究者）、東北大学大学院 生命科学研究科の西谷和彦教授、名古屋大学大学院 生命農学研究科の榊原均教授らの共同研究グループは、花の中心部にあり、受粉して果実や種子になる「めしべ<sup>\*1</sup>」が形成されるときに、その形成に関わる遺伝子を働かせるスイッチ（遺伝子発現）がオンになる詳細な仕組みを世界に先駆けて明らかにしました。この成果により、人工的にめしべの大きさや数などが調節できるようになれば、環境に応じた食糧の増産や安定供給などが期待できます。

めしべをつくるためには、遺伝子発現のスイッチをオンにする複数の転写因子（タンパク質）<sup>\*2</sup>が働くことはわかっていました。このスイッチが入っていない状態では、遺伝子の本体である長い DNA <sup>\*3</sup>はタンパク質であるヒストン<sup>\*4</sup>に巻きつき、クロマチン<sup>\*5</sup>と呼ばれる DNA が折りたたまれて閉じた構造を作ります。このため、転写因子は目標の DNA にたどり着けず、めしべがつくれません。遺伝子発現のスイッチをオンにするためには、その構造をほどこき、開いていく必要があります。しかしながら、「それらの転写因子がどのような順序や方法でクロマチンに働きかけ、その構造と遺伝子の発現を変化させていくのか？」について詳しい仕組みについては謎でした。

伊藤教授らの共同研究グループは、モデル植物のシロイヌナズナ<sup>\*6</sup>を使って実験を重ねた結果、最初の段階で転写因子（パイオニア転写因子）が、クロマチンの構造を変化させる因子（クロマチンリモデリング因子）と共に働いて、複雑な構造をほどこくことを見いだしました。次いで別の転写因子がめしべ形成の DNA に直接結合して発現させるという、2つの転写因子が連係する順序や仕組みを突き止めました。このような仕組みはこれまでは動物でのみ報告されており、今回、植物にも同様の仕組みが存在し、めしべをつくるために必要であると解明したことは、植物の進化や生き残り戦略を知る上でも重要です。本研究の成果は平成 30 年 12 月 11 日付けで Nature Communications（オンラインジャーナル）に掲載されます（プレス解禁日時：日本時間 平成 30 年 12 月 11 日（火）午後 7 時）。

### 【ご連絡事項】

(1)本件につきましては、奈良先端科学技術大学院大学から奈良県文化教育記者クラブをメインとし、学研都市記者クラブ、大阪科学・大学記者クラブに科学技術振興機構から文部科学記者会及び科学記者会に同時にご連絡しております。

(2)取材希望がございましたら、恐れ入りますが下記までご連絡願います。

(3)プレスリリースに関する問合せ先

奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 バイオサイエンス領域

花発生分子遺伝学研究室 伊藤 寿朗

TEL : 0743-72-5500 携帯番号 : 080-7825-5396 FAX 0743-72-5502

E-mail : itot@bs.naist.jp

## 1. 背景

植物は生殖器官であるめしべをつくらせて、次の世代の子孫を残します。めしべをつくるためには、遺伝子発現のスイッチをオンにする転写因子が働きます。この転写因子は遺伝子発現のオン、オフを切り替えて、形づくりを進めます。遺伝子発現のスイッチが入っていないオフの状態では、長い DNA はタンパク質であるヒストンに巻きついて、クロマチンと呼ばれる DNA が折りたたまれた構造を作っています。遺伝子発現のスイッチをオンにするためには、その構造をほどこき、開いていく必要があります。これまでにめしべをつくるために関わる転写因子が複数わかっていましたが、それらの転写因子がどのような順序や方法でクロマチンに働きかけて、その構造と遺伝子の発現を変化させていくのかについて、詳しい仕組みは未解明でした。

## 2. 研究手法と成果

はじめに本研究グループは、モデル植物であるシロイヌナズナを用い、めしべをつくる機能がある転写因子 AGAMOUS (AG タンパク質)<sup>※7</sup> と CRABS CLAW (CRC タンパク質)<sup>※8</sup> に注目しました。AG タンパク質が作用しない *ag* 突然変異体では、めしべはできなくなることがわかっていたからです。また、CRC タンパク質が働かなくなった *crc* 突然変異体でも、正常なめしべはできないことが報告されていました。そこで、2つの突然変異体を用いて、遺伝子の発現を網羅的に解析したところ、AG タンパク質と CRC タンパク質のそれぞれが複数の遺伝子の発現を同じように調節することを発見しました。それらで調節される遺伝子の中に、植物ホルモン<sup>※9</sup> の1つであるオーキシシン<sup>※10</sup> を合成する働き

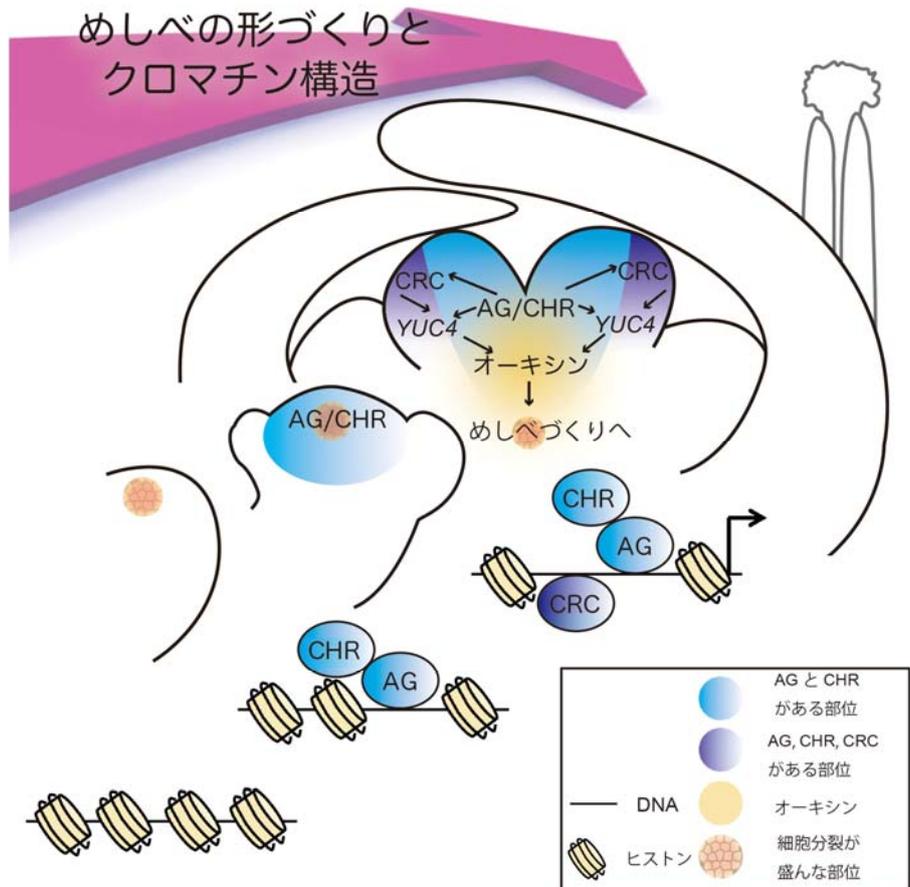


図1. めしべの形づくりとクロマチン構造

めしべの形づくりが進むにつれて、転写因子の働きによって *YUC4* 遺伝子のクロマチンの構造が開く。するとめしべがつくられる。

がある *YUCCA4*(*YUCA*)<sup>※11</sup> 遺伝子が含まれていました。

オーキシンは形づくりを実行する機能があるため、AG タンパク質と CRC タンパク質の *YUCA* 遺伝子への発現の調節について調べたところ、AG タンパク質と CRC タンパク質がつかれない *ag* と *crc* 突然変異体では *YUCA* 遺伝子の発現量は減少することがわかりました。逆に、AG タンパク質や CRC タンパク質の活性を強くした場合には、*YUCA* 遺伝子の発現量は増加しました。また、AG タンパク質、CRC タンパク質のどちらも *YUCA* 遺伝子に直接結合することも発見しました。この結果から、AG タンパク質と CRC タンパク質はどちらも *YUCA* 遺伝子に結合して発現のスイッチを入れることを明らかにしました。

しかし、AG タンパク質と CRC タンパク質はどちらも *YUCA* 遺伝子に結合していたものの、両者の結合部位は少しずれていました。また AG タンパク質と CRC タンパク質の蓄積部位も完全には一致しませんでした。そのため、AG タンパク質と CRC タンパク質は1つの複合体を形成して同時に *YUCA* 遺伝子の同じ位置付近に結合するのではなく、結合する順序があるのではないかと予想しました。AG タンパク質はクロマチンの構造を変化させる働きがあるクロマチンリモデリング因子 CHROMATIN-REMODELING PROTEIN 11 (CHR11)やCHR17と複合体をつくるというこれまでの報告に注目して調べたところ、さらに CHR タンパク質<sup>※12</sup>も、AG タンパク質や CRC タンパク質と同じように *YUCA* 遺伝子に直接結合して、発現のスイッチを入れるように作用することを発見しました。CHR タンパク質は動植物を問わず存在するタンパク質であることが知られており、動物の相同タンパク質(同じ祖先遺伝子に基づく類似したタンパク質)ではDNAに巻きついているヒストンを移動させ、クロマチンの構造を開くように働きます。そこで本研究グループは、クロマチンの構造を解析する実験手法「FAIRE」<sup>※13</sup>

を用いて、AG タンパク質と CHR タンパク質が *YUCA* 遺伝子を含むクロマチンの構造をほどくことを明らかにしました。さらに、AG、CHR、CRCそれぞれのタンパク質がクロマチンに作用する順番を調べたところ、AG タンパク質と CHR タンパク質の複合体がはじめにクロマチンに作用してそのDNAの構造を開き、CRC タンパク質をDNAにアクセス可能にする順序を明確にすることに成功しました(図1)。

このようなクロマチン構造の変化によって、めしべができる部位で *YUCA* 遺伝子が発現を開始します。そのあと、オーキシンの合成、幹細胞の分裂停止、細胞壁<sup>※14</sup>の構築が行われ、めしべの形づくりが実行されていきます(図2)。

### 3. 波及効果

パイオニアとなる転写因子がクロマチンリモデリング因子と共に働いてクロマチンの構造を変え、次の転写因子が機能できるようにする仕組みは動物では見つかっていましたが、今回、本研究グループは植物にも同様の仕組みが存在し、めしべをつくるために必要であることを世界に先駆けて発見し

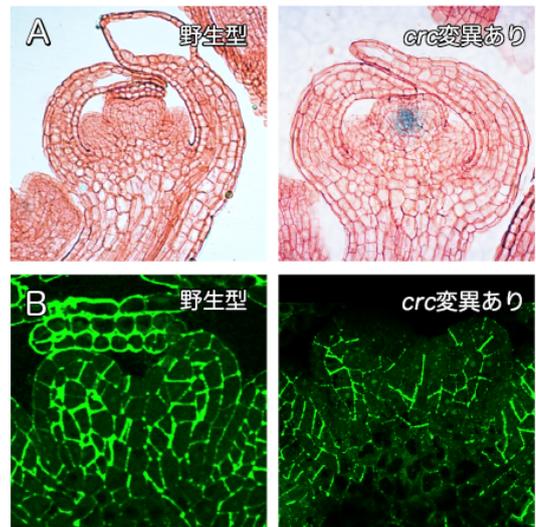


図2. 野生型と *crc* 変異を持つめしべ原基での細胞分裂と細胞壁の様子  
分裂停止が起こっている野生型と分裂停止が起こっていない *crc* 変異体を用いて、細胞分裂と細胞壁の観察を行った。(A) 細胞分裂を観察した写真。分裂活性が高い部分が青くなっている。Aの実験結果から、*crc* 変異体では細胞分裂が盛んな様子がわかる。(B) 細胞壁を観察した写真。細胞を取り囲む細胞壁が緑色になっている。Bの実験結果から、*crc* 変異体では細胞壁の構築が適切に行われていない様子がわかる。

※13

※14

ました。また、複数の転写因子の働きを変化させることで、めしべからつくられる果実や種子の大きさや数など様々な要因を最適に人為調節できる可能性があり、食糧増産や安定供給が期待されます。

#### 4. 研究プロジェクトについて

本研究は日本学術振興会 (JSPS) 科学研究費補助金、科学技術振興機構 (JST) 戦略的創造研究推進事業個人型研究 (さきがけ) の支援を受けて行われました。

#### 5. 掲載論文

タイトル: Chromatin-mediated feed-forward auxin biosynthesis in floral meristem determinacy

著者: Nobutoshi Yamaguchi<sup>a,b</sup>, Jiangbo Huang<sup>c</sup>, Yoshitaka Tatsumi<sup>a</sup>, Masato Abe<sup>a</sup>, Shigeo S. Sugano<sup>b,d</sup>, Mikiko Kojima<sup>e</sup>, Yumiko Takebayashi<sup>e</sup>, Takatoshi Kiba<sup>f</sup>, Ryusuke Yokoyama<sup>g</sup>, Kazuhiko Nishitani<sup>g</sup>, Hitoshi Sakakibara<sup>e, f</sup>, and Toshiro Ito<sup>a,\*</sup>

所属: a. 奈良先端科学技術大学院大学, b. 科学技術振興機構 (JST) さきがけ, c. シンガポール国立大学, d. 立命館大学, e. 理化学研究所, f. 名古屋大学, g. 東北大学

掲載誌: Nature Communications

DOI: 10.1038/s41467-018-07763-0

#### 6. 用語解説

※1 めしべ: 被子植物の花にある雌性の生殖器官。受粉して実や種子になる。

※2 転写因子: 遺伝子の発現のオン、オフを切り替えるタンパク質。DNA 上の特定の塩基配列に結合し、遺伝子の発現量を調節する。

※3 DNA: 細胞の核内で長い鎖状の 2 重らせん構造を形成し、生物の遺伝情報を保持している物質。

※4 ヒストン: 長い DNA を折りたたんで核内に収納するタンパク質。

※5 クロマチン: DNA をヒストンに巻きコンパクトに核内に収納する構造。遺伝子発現制御においても重要な役割を持っている。

※6 シロイヌナズナ: 遺伝子の解析を行うのに適したアブラナ科の 1 年草。

※7 AG タンパク質: 花の器官分化などに関わり、MADS ボックスと呼ばれる DNA 結合領域を持つ転写因子。

※8 CRC タンパク質: めしべの形成や、花の幹細胞の増殖抑制などに関わり、コードする遺伝子に YABBY ドメイン領域を持つ転写因子。

※9 植物ホルモン: 植物の体内で作られ、成長を調節する低分子量有機化合物。

※10 オーキシン: 器官の形成を促進する働きがある低分子量有機化合物。

※11 *IUC4* 遺伝子: オーキシンを合成する酵素をコードする遺伝子。

※12 CHR タンパク質: DNA に巻きついているヒストンを移動させ、クロマチンの構造を開くように働くクロマチンリモデリング因子。

※13 FAIRE: クロマチンの構造を調べる実験手法。増幅した DNA の量が多い場合には、クロマチンが開いていることを意味する。

※14 細胞壁: 細胞膜の外側に位置する構造。細胞の改築、補強、防御など多くの役割を果たす。

【お問い合わせ先】

<研究に関すること>

伊藤 寿朗 (イトウ トシロウ)

奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 バイオサイエンス領域  
花発生分子遺伝学研究室

TEL 0743-72-5500 携帯番号 080-7825-5396 FAX 0743-72-5502 E-mail [itot@bs.naist.jp](mailto:itot@bs.naist.jp)

研究室紹介ホームページ: <http://bsw3.naist.jp/courses/courses112.html>

研究室ホームページ: <http://bsw3.naist.jp/ito/>

<本研究についてコメントできる方>

龍谷大学 農学部 教授 岡田清孝博士

〒520-2194 大津市瀬田大江町横谷 1 番 5

電話 077-599-5625(研究室)、077-599-5601(事務室)、FAX 077-599-5608 (事務室)

E-mail: [kiyo@agr.ryukoku.ac.jp](mailto:kiyo@agr.ryukoku.ac.jp)

東京大学大学院 理学系研究科 生物科学専攻 教授 平野博之博士

〒113-8657 東京都文京区本郷 7-3-1

E-mail: [hyhirano@bs.s.u-tokyo.ac.jp](mailto:hyhirano@bs.s.u-tokyo.ac.jp)

<JST事業に関すること>

川口 哲 (カワグチ テツ)

科学技術振興機構 戦略研究推進部

TEL 03-3512-3525 FAX 03-3222-2064

E-mail [presto@jst.go.jp](mailto:presto@jst.go.jp)

<報道担当>

奈良先端科学技術大学院大学 企画総務課 広報渉外係

TEL 0743-72-5026 FAX 0743-72-5011

E-mail [s-kikaku@ad.naist.jp](mailto:s-kikaku@ad.naist.jp)

科学技術振興機構 広報課

TEL 03-5214-8404 FAX 03-5214-8432

E-mail [jstkoho@jst.go.jp](mailto:jstkoho@jst.go.jp)