

キウイフルーツにおける性別獲得の進化過程を解明

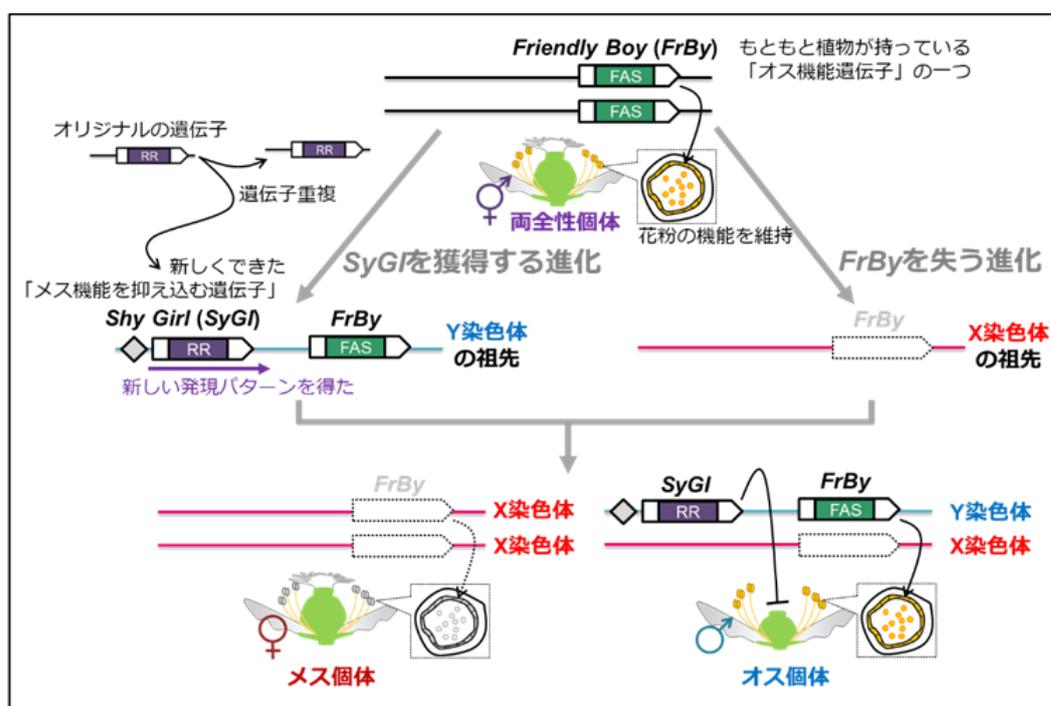
—性別決定遺伝子 *Friendly Boy* と *Shy Girl* 成立の道すじ—

概要

京都大学大学院農学研究科 田尾龍太郎 教授、赤木剛士 同助教・JST さきがけ研究員（研究当時、現：岡山大学環境生命科学研究科准教授）、片岡郁雄 香川大学農学部教授らの研究グループは、立命館大学グローバル・イノベーション研究機構、ニュージーランド Plant & Food Research、カリフォルニア大学デービス校と共同研究を行い、キウイフルーツの性別決定においてオス機能の制御を担う性別決定遺伝子「*Friendly Boy*」を発見しました。さらに、既に発見していたメス機能の制御を担う「*Shy Girl*」遺伝子とあわせて、キウイフルーツの性別決定に関わる2種類の遺伝子の成立過程を明らかにし、40年以上前から提唱されていた植物における性別獲得の進化理論を証明しました。また、人為的に両性花を着花するキウイフルーツを作出することにも成功しました。

本研究の成果は今後、キウイフルーツの性表現を人為的に制御する技術の開発へと発展し、キウイフルーツの性別に起因する栽培・育種上の問題の解決に貢献することが期待できます。

本研究成果は、2019年8月6日に、国際学術誌「Nature Plants」のオンライン版に掲載されました。



第1図：キウイフルーツにおける性別獲得の進化

Friendly Boy 遺伝子を失ったものが X 染色体になり、*Shy Girl* 遺伝子を新しく獲得したものが Y 染色体になって、X-Y 染色体の組み合わせで性別が決まります。

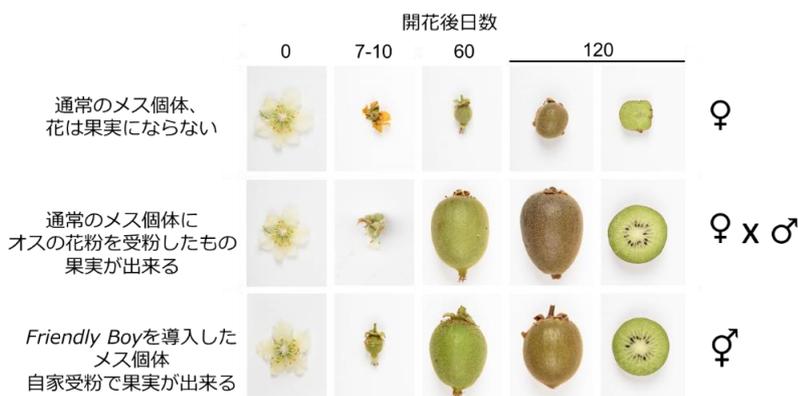
1. 背景

「性別」に基づく有性生殖は生物が種内の多様性を維持するために進化させてきた最も重要な仕組みの一つです。動物では、これまでいくつもの種で性別決定を担う遺伝子と性別を決める仕組みが解明され、その進化の過程も明らかにされてきました。一方、植物では、性別についての研究が始まって100年以上が経っているにも関わらず、性別を決定する遺伝子が発見されたのは、ごく最近のことであり、それもわずかな種のみにおいてであることから、その成立過程は未だに多くの謎に包まれています。植物において性別を決める仕組みは、種ごとに独立している（異なっている）と考えられており、これは一種の収斂進化（注1）であると考えられています。しかし、いかにして植物が種ごとに異なった性別決定の仕組みを作り上げたのか、そのメカニズムも含めて、全く分かっていませんでした。さらに、いくつかの植物種は人類の生存に必要な「作物」ですが、その性別（性表現）は栽培や新しい品種を作る育種の上で考慮すべき重要な特徴であり、人為的な性別制御の技術開発が望まれています。

2. 研究手法・成果

今回の私たちの研究では、キウイフルーツにおいてオスの機能（器官）の維持を担う遺伝子を発見しました。これまでに私たちはメス機能の制御を担う「*Shy Girl*」と名付けた遺伝子を発見しており（http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research_results/2018/180406_2.html）、これと対をなすオス器官を維持する遺伝子を「*Friendly Boy*」と名付けました。*Friendly Boy* 遺伝子は、ファシクリン（Fasciclin）と呼ばれるタンパク質をコードし、本来は両全花（注2）を着生する植物が共通して持っていた遺伝子です。

今回の研究により、この *Friendly Boy* 遺伝子がキウイフルーツを含むマタタビ属でのみ壊れることによって、マタタビ属に特異なメスを作る仕組み（オス器官が壊れる＝メスになる）が生じたことが明らかになりました。一方、メス化を抑制する遺伝子である *Shy Girl* 遺伝子は、マタタビ属においてのみ生じた遺伝子の重複によって生まれた「マタタビ属に特異な新しい機能をもつ遺伝子」であると考えられています。本研究において、*Friendly Boy* 遺伝子との比較によって、改めて *Shy Girl* 遺伝子の進化成立パターンが示されました。植物種間で機能が共通したオス器官を維持する遺伝子がX染色体上で失われ、メス化を抑制する遺伝子が新しくY染色体上に成立するという、二つの性別決定遺伝子の成立過程（第1図）は、1978年に提唱された「植物の性別獲得における二因子理論（注3）」を証明するものであり、同時に、「いかにして植物が種ごとに異なった性別決定の仕組みを作り上げたのか？」という問いに対しての1つの答えを示すものでした。さらに、今回の研究で、*Friendly Boy* 遺伝子の機能を明らかにするために、本来はメスであったキウイフルーツに *Friendly Boy* 遺伝子を導入したところ、両性花をつける個体（両全性）が作出されました（第2図）。この結果は *Friendly Boy* 遺伝子がオス化に関わる遺伝子であることを示しています。



第2図：*Friendly Boy* 遺伝子の導入による両性花キウイフルーツの作出

Friendly Boy 遺伝子を導入したメス個体では、オスの花粉が無くても自家受粉をして果実を作ることができます。

3. 波及効果、今後の予定

キウイフルーツは、受粉のための花粉の安定的な確保や、育種における交雑組み合わせの制限など、性別に由来する問題が非常に多い作物です。今回の研究により、キウイフルーツでの両性花の作出が可能になったため、人為的に性表現を改変し、安定的な栽培やこれまで不可能だった組み合わせの交雑育種が可能になります。また、今回の研究成果により、キウイフルーツを通して、植物の性別獲得における進化の道筋と、植物がいかに多様な方法で性別を手に入れることができるかという自由度の一片が実証されました。

4. 研究プロジェクトについて

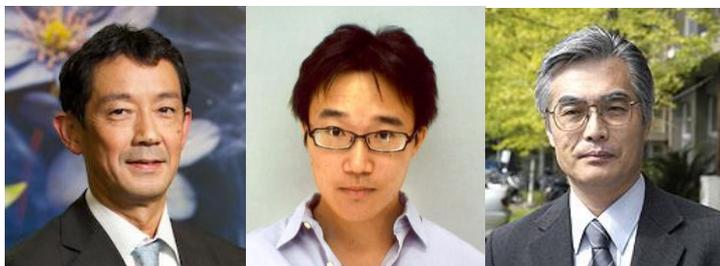
本研究は、科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業 さきがけ「フィールドにおける植物の生命現象の制御に向けた次世代基盤技術の創出における研究課題「カキ属をモデルとした環境応答性の性表現多様化機構の解明（JPMJPR15Q1）」、新学術領域「植物新種誕生の原理」における「植物における性表現の揺らぎを成立させる進化機構（19H04862）」の支援を受けて実施しました。

<用語解説>

- (注1) **収斂進化**：遠い類縁関係の生物間で、独立した要因によって、似通った姿あるいは似通った器官を持つようになる進化のことを指す。
- (注2) **両全花**：雄ずい（雄しべ）と雌ずい（雌しべ）の両者を1つの花に持つこと。
- (注3) **二因子理論**：イギリスの進化学者 Deborah Charlesworth と Brian Charlesworth 夫妻によって1978年に提案された植物における性別の進化理論。オス器官（雄しべ）を維持する因子の変異（不全）が起こってメス個体ができ、その因子と隣り合う形でメス器官（雌しべ）を抑制する因子が新規に成立することでオス個体が出来るという理論。

<研究者のコメント>

今回の研究成功の一つの鍵は、香川大学と香川県で長年にわたって保存・育成されていたキウイフルーツの交雑集団や品種・系統を利用したことにありました。開花・結実まで長い年月を要し、個体サイズが大きく遺伝資源の保存も困難で、研究材料としては扱いにくい木本性植物である果樹の研究を地道に続けることが、植物科学における画期的な発見につながり、また実用的に応用できる成果を生み出したことを、果樹園芸学分野の研究者として非常に喜ばしく感じています。



(左より：田尾教授、赤木准教授、片岡教授)

<論文タイトルと著者>

タイトル：Two Y-encoded genes determine sex in kiwifruit

著者：Takashi Akagi, Sarah M. Pilkington, Erika Varkonyi-Gasic, Isabelle M. Henry, Shigeo S. Sugano, Minori Sonoda, Alana Firl, Mark A. McNeilage, Mikaela J. Douglas, Tianchi Wang, Ria Rebstock, Charlotte Voogd, Paul Datson, Andrew C. Allan, Kenji Beppu, Ikuo Kataoka, Ryutaro Tao

掲載誌： *Nature Plants* DOI：10.1038/s41477-019-0489-6

<お問い合わせ先>

赤木 剛士（あかぎ・たかし）

岡山大学大学院環境生命科学研究科 准教授（研究当時は京都大学大学院農学研究科 助教）

TEL：086-251-8337

E-mail：takashia@okayama-u.ac.jp