国立大学法人
大阪教育大学
〒582-8582 柏原市旭ヶ丘4-698-1
http://osaka-kyoiku.ac.jp/

PRESS RELEASE

報道各位　　2017 年 6 月 27 日

植物が交配相手を選り好みする!?

―離れた地域のアブラナ同士の新しい不和合現象を解明―

アブラナ科植物 *Brassica rapa*

大阪教育大学を含む、東北大学を中心とした研究グループは、離れた地域の同種アブラナ同士で受粉・受精が妨げられる仕組みを世界で初めて明らかにしました。

植物は、同種の花粉がめしべに受粉すると花粉管を伸ばし受精に至ります。一方でアブラナ科植物は、同種の花粉のなかでも自己の花粉を拒絶する「自家不和合性」という仕組みをもっています。同研究グループは、日本とトルコ由来の同種アブラナ科植物の間で、自己だけでなく他者の花粉を拒絶する新しい仕組みを発見しました。本研究では、自己の花粉の認識を司る遺伝子セットがコピーされて２つに増え（＝遺伝子重複）、そのコピーがさらに変異することで、同種でありながら日本のアブラナがトルコのアブラナの花粉を拒絶するという現象を生み出していることを明らかにし、植物が「遺伝子重複」を駆使して交配相手を取捨選択している可能性を示しました。同一種とされている集団間に潜在的な生殖障壁が存在するという事実は、新たな種の誕生との関連性を含めて興味深い発見と言えます。また、本研究によって明らかになった遺伝子セットは、アブラナ科の野菜（白菜やカブなど）の品種改良に応用できる可能性があります。

研究の詳細は別添資料をご参照ください。

本研究成果は英国時間 2017 年 6 月 26 日（日本時間 27 日）に英科学誌 Nature の姉妹誌「Nature Plants（ネイチャー・プランツ）」（電子版）に掲載されます。

【研究に関するお問い合わせ先】
大阪教育大学理数情報講座教授　　鈴木　剛
E-mail：gsuzuki@cc.osaka-kyoiku.ac.jp

解禁日：平成２９年６月２７日　０時００分

平成29年6月23日

国立大学法人　東北大学大学院生命科学研究科
国立大学法人　大阪教育大学
国立大学法人　奈良先端科学技術大学院大学
国立大学法人　東京大学大学院農学生命科学研究科
国立大学法人　三重大学
スイス連邦　チューリッヒ大学
公立大学法人　横浜市立大学木原生物学研究所
大韓民国　忠南大学校

離れた地域の植物間の生殖を妨げる新しい仕組みを解明
～「遺伝子重複」が新たな他者認識システムを生み出す～

【発表のポイント】

- 植物の種の存続には、適切な交雑相手との子孫を残すことが必要であり、植物は適切な交雑相手を選別するための様々な仕組みを発展させてきた。
- 遠く離れた地域の同じ種の植物に由来する花粉を認識して拒絶する仕組みを新規に解明した。
- 自己認識遺伝子の重複によって新しい他者認識を生み出す点が興味深い。
- アブラナ科野菜（白菜、カブ、小松菜など）の採種をより採種効率の良い品種に改良するような応用が期待される。

【概要】

東北大学大学院生命科学研究科の渡辺正夫教授、高田美信技術専門職員、大阪教育大学の鈴木剛教授らの研究グループは、奈良先端科学技術大学院大学、東京大学、三重大学、チューリッヒ大学（スイス）、横浜市立大学、忠南大学（韓国）との共同研究で、同じ種であるにもかかわらず、日本とトルコという離れた地域由来のアブラナ同士に生じる不和合現象（受粉・受精を妨げる反応）を支配するめしべ♀側と花粉♂側の認識遺伝子セットを明らかにしました。他者を認識して受粉・受精を防ぐこの仕組みは、自己花粉の認識に関わる遺伝子セットの「遺伝子重複*1」と「相互の機能喪失」によって生じたと考えられました。これらの成果は、植物の交雑を人工的に制御する分野に新しい知見を与え、アブラナ科野菜の品種改良への応用が期待できます。

本成果は、英国時間 2017 年 6 月 26 日(日本時間 27 日)英科学誌 Nature の姉妹誌「Nature Plants」(電子版)に掲載されます。本研究は文部科学省科学研究費補助金、日本学術振興会科学研究費、植物科学最先端研究拠点ネットワークの支援を受けて行われました。

【詳細な説明】

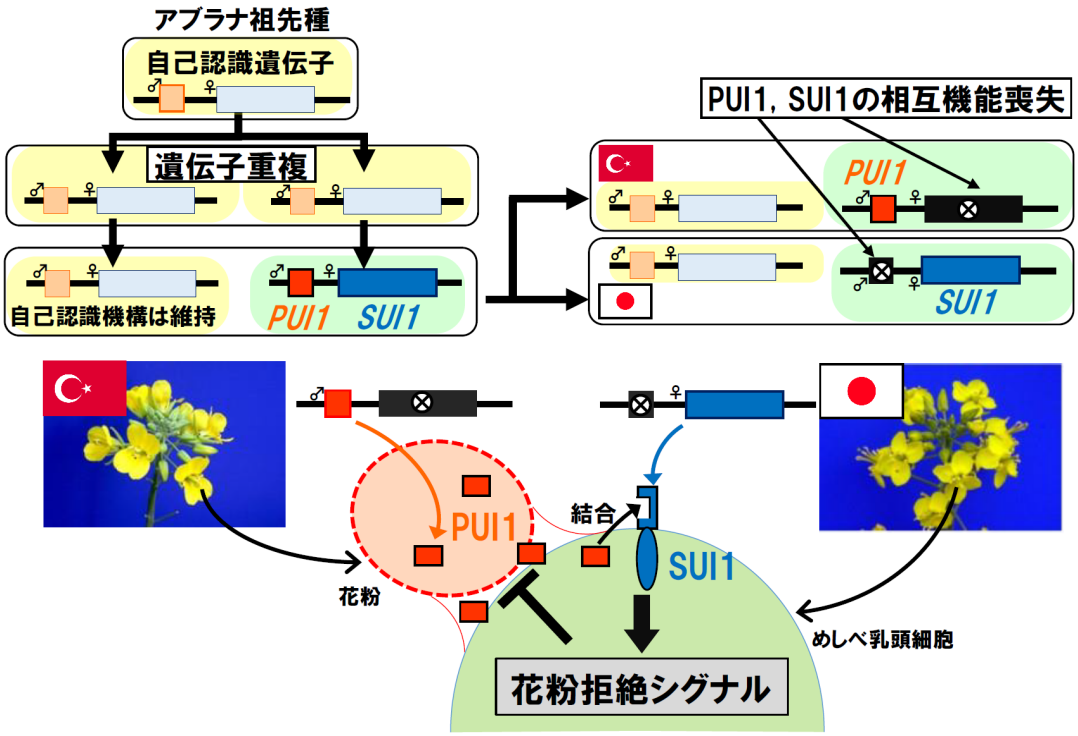
自ら動いて生殖することのできない植物にとって、適切な交雑相手との子孫を残すことは種の存続にかかわるため、多くの植物は交雑相手を選別するための様々な仕組みを発展させてきました。なかでも自家不和合性*2は、めしべが自分の花粉を積極的に排除する現象で、ダーウィンの時代から注目されてきました。一方で、めしべ上に無作為に運び込まれる花粉のなかから、近縁他種の花粉を積極的に排除する種間不和合性*3 という仕組みも存在し、種の維持に関わる重要な現象として捉えられてきました。植物の種間不和合性では、一方向性のもの(一側性不和合性*4)がよく知られています。

研究グループはこれまでの研究で、同じアブラナ科植物(*Brassica rapa*)種内において、トルコに自生する集団との間に一側性不和合性現象を示す栽培種を見つけ、遺伝学的解析を行ってきました。本研究では、この他者の花粉を拒絶する現象の原因遺伝子の探索を行い、めしべ♀側遺伝子 *SUI1**5(エスユーアイ 1)と花粉♂側遺伝子 *PUI1**6 (ピーユーアイ 1)を発見し、これらが他者認識を担っていることを、形質転換実験やバイオアッセイ実験によって証明しました。*PUI1* がコードするリガンドタンパク質が、*SUI1* がコードする受容体型キナーゼの受容体部分と鍵と鍵穴のように結合することで、自家不和合性の時と同様な不和合現象を引き起こしていると考えられます。さらに興味深いことに、*SUI1* と *PUI1* 両遺伝子は自家不和合性の自己認識を制御するめしべ♀側遺伝子と花粉♂側遺伝子がセットで「遺伝子重複」を起こした結果として生じたと考えられ、トルコ集団で調べた植物体では *SUI1* が変異して機能喪失しており、逆に日本の自生集団を調べたところ、*PUI1* が機能喪失としていることが明らかになりました。このことから、自己認識遺伝子の「遺伝子重複」の後、相互に機能喪失することにより、トルコと日本という離れた地域の同種植物体間で一側性不和合性が潜在的に維持されてきた、という進化仮説が提唱できます(図)。

本研究成果により、植物の他者認識の仕組みとして、自己認識遺伝子の重複を発端とする事例が新たに 1 つ明らかになりました。植物が集団内の多様性を増やしつつも、自らの種のアイデンティティーは維持するという、一見相反する目標を達成するために、認識遺伝子セットだけを変化させることで同じ花粉拒絶機構を併用するように進化させてきたと言えます。また、現在は同一種として扱われているトルコと日本の集団間に潜在的な生殖障壁が存在しているという事実は、地理的隔離から新たな種が誕生する過程への関連性を含めて興味深い発見です。

将来への展望としては、SUI1 と PUI1 が引き起こす花粉拒絶機構を応用することで、アブラナ科野菜の採種をさらに効率化できることが期待できます。自家不和合性を利用した野菜の採種現場においては、不和合性の強度が重大な問題となる事例があります。自家不和合性を利用した野菜の採種現場において、不和合性の強度に問題がある親植物体を用いた場合、種子の品質（純度）が落ちます。従って、親植物体に対して、有用な形質（美味しさ、病気に対する強さ、育てやすさ等）に加えて、安定な自家不和合性を付与する育種が重要です。本研究で見出した新たな遺伝子セットによる不和合性機構を利用することで、より安定な不和合性を持つ植物を生み出せる可能性があります。

本研究は文部科学省科学研究費補助金、日本学術振興会科学研究費、植物科学最先端研究拠点ネットワークの支援を受けて行われました。



図．本研究で明らかになった種内一側性不和合性の進化・分子モデル

アブラナ祖先種において起こった自家不和合性の自己認識遺伝子の遺伝子重複により、*SUI1* 遺伝子と *PUI1* 遺伝子が生み出され（図左上）、その後、トルコでは *SUI1* 遺伝子が、日本系統では *PUI1* 遺伝子が相互に機能を喪失したと考えられる（図右上）。自己認識遺伝子の多型性により、トルコと日本の間では本来交雑可能なはずだが、機能的な PUI1 と SUI1 が出会う組合せでは不和合となる。一側性不和合性を引き起こす仕組みのモデルとしては、トルコ由来花粉に付着している PUI1 が、受粉時に日本由来めしべの乳頭細胞上の受容体 SUI1 と結合し、そのシグナルが伝達されて花粉拒絶に至ると考えられる(図下)。

【用語説明】

＊1 遺伝子重複:

1つの遺伝子がコピーされて2つの遺伝子になる現象。コピーされる領域は1つの遺伝子とは限らず、複数またはゲノム全体が重複することもある。生物の進化に関する大きな要因として、遺伝子重複が重要な役割を持つことが知られている。

＊2 自家不和合性:

近親の交雑を続けることによる個体の弱体化を防ぎ、集団の均一化を避けるための機構。雌雄が正常であるにもかかわらず、自己の花粉を認識・拒絶することで、受精には至らない。アブラナ科の植物では、自己認識をつかさどる因子が♀側・♂側ともに明らかになっており、それぞれ、受容体型キナーゼ・リガンドタンパク質からなる。これらは、個体ごとに構造の異なる多型性を持っており、♀側因子と♂側因子が同一個体由来であった場合には、互いに結合することで、めしべ細胞内に花粉拒絶のシグナルを伝えることがわかっている。逆に♀側因子と♂側因子が異なる場合には、これらが結合できないために、受粉・受精が正常に行われ、種子を作ることができる。

＊3 種間不和合性:

生物の種を分ける機構の 1 つであり、ここでは極近縁な植物種間の受粉時に起こる花粉拒絶による生殖障壁を主に指す。

＊4 一側性不和合性:

交雑時の両親をAとBとした時、Aを♀親、Bを♂親にした場合には、子孫を残すことができるが、Bを♀親、Aを♂親にした逆交雑では子孫を残せない現象。植物においては種間交雑時のみならず、種内間交雑時にもまれに見られることが知られている。

＊5 SUI1:

アブラナ種内一側性不和合性のめしべ側原因タンパク質。めしべ先端の細胞(乳頭細胞)の細胞膜上に存在し、花粉由来の PUI1 を受容し、自家不和合性と同様の花粉拒絶シグナルを伝えると考えられる。

＊6 PUI1:

アブラナ種内一側性不和合性の花粉側原因タンパク質。花粉表面に付着した小型のタンパク質で、SUI1 と結合すると考えられる。

＊7 リガンドタンパク質:

特定の受容体(レセプター)に特異的に結合する物質を称してリガンドと呼ぶ。ここ

では、めしべ側 SUI1 タンパク質の受容体に対して、花粉側 PUI1 タンパク質はリガンドとして機能していると考えられる。

＊ 8 受容体型キナーゼ:
キナーゼ部位を持つ受容体タンパク質で、キナーゼ部位は他のタンパク質をリン酸化することで情報を伝達する。SUI1 のような膜一回貫通型の種類では、細胞外に突き出た受容体部位と細胞内にキナーゼ部位を持つ構造をしている。リガンドタンパク質と受容体部位は「鍵と鍵穴」の関係になっており、適切な組合せの時、細胞外の情報が細胞内に伝達される。植物では様々な環境に応答するため、受容体型キナーゼが重要な役割を果たしている。

【論文題目】

題 目 : Duplicated pollen-pistil recognition loci control intraspecific unilateral incompatibility in *Brassica rapa*

著 者 : Yoshinobu Takada, Kohji Murase, Hiroko Shimosato-Asano, Takahiro Sato, Honoka Nakanishi, Keita Suwabe, Kentaro K. Shimizu, Yong Pyo Lim, Seiji Takayama, Go Suzuki, and Masao Watanabe

雑誌:Nature Plants (7 月号)
Volume Page:Volume 3, Article Number 17096
DOI:10.1038/nplants.2017.96

【問い合わせ先】

大阪教育大学理数情報講座　教授　　鈴木　剛　（すずきごう）
電話: 072-978-3660　E メール: gsuzuki@cc.osaka-kyoiku.ac.jp
東北大学大学院生命科学研究科　教授　渡辺　正夫　（わたなべまさお）
電話: 022-217-5681　E メール: nabe@ige.tohoku.ac.jp