

令和3年7月7日

報道機関 各位

東北大学大学院生命科学研究科 / 宮城県仙台第一高等学校
東北大学探求型「科学者の卵養成講座」 / 順天大学園芸学科(韓国)
株式会社トーホク / 大阪教育大学

ハマダイコンの遺伝的多様性が維持される仕組みを解明 自然界で自家不和合性遺伝子が維持される仕組みと個体間の交雑動態

【発表のポイント】

- ・ 植物には他殖性を担保するために自家不和合性という仕組みがある。
- ・ 屋久島に自生しているハマダイコンの自家不和合性遺伝子には島内集団間で異なる遺伝子分布が見られ、近隣の個体間で他家受粉していることを解明。
- ・ アブラナ科野菜の品種改良の効率化への応用が期待される。

【概要】

植物の生殖過程には、自己・非自己の花粉を認識することで子孫を残すべき花粉を選別する「自家不和合性*1」という仕組みがあります。自家不和合性遺伝子(S 対立遺伝子*2)に関する実験室レベルでの解析は行われてきましたが、自然集団内における、 S 対立遺伝子の個体ごとの空間的な遺伝構造は不明でした。

東北大学大学院生命科学研究科の福島和紀大学院生、渡辺正夫教授らの研究グループは、宮城県仙台第一高等学校、屋久島環境文化研修センター、順天大学、株式会社トーホク、東京大学、三重大学、大阪教育大学との共同研究を行い、大規模なダイコン栽培がなされていない屋久島に着目し、屋久島の海浜部に自生しているハマダイコン集団における S 対立遺伝子を3世代にわたって調査解析しました。その結果、島内の異なる集団間では S 対立遺伝子の分布、多様性が異なっていました。また、植物体に着生した種子の S 対立遺伝子の解析から、集団内においても、比較的近い個体間で交雑が起き、集団間で共有している S 対立遺伝子数が少ないことから、屋久島のハマダイコン集団では S 対立遺伝子の多様性が維持されていることを明らかにしました。

本研究成果は、2021年6月18日、「Genes & Genetic Systems」誌のオンライン速報版で公開されました。

【研究の背景】

自ら動いて移動することができない植物は、様々な環境に適応するために、生殖過程において遺伝的多様性を維持することが重要です。そのためには、自身の花粉で子孫を残す「自殖」ではなく、同種他個体の花粉と子孫を残す「他殖」が必要であり、それを促進するための遺伝的機構として、「自家不和合性」というシステムを構築してきました。これは、自己花粉を排除し非自己花粉で受粉・受精するという遺伝的システムで、様々な植物種が有しています。

アブラナ科植物には、ダイコン、キャベツ、ハクサイのような多くの野菜が含まれ、これらの野菜は自家不和合性を示します。これまでの実験室内での研究から自家不和合性を制御する分子メカニズムが解明されつつあります。しかしながら、自然に自生した集団内で、自家不和合性遺伝子がどの様に分布し、多様性を示すのか、また、訪花昆虫を通じて交雑される花粉はどの個体から来るのかということは不明でした。

【研究の成果】

本研究グループは従来の研究において、アブラナ科植物の自家不和合性の分子メカニズムの解明を行ってきました。自家不和合性を制御する遺伝子には、花粉因子をコードする *SP11* と雌しべ側因子である *SRK* が存在し、同じ *S* 対立遺伝子由来の *SP11* と *SRK* が雌しべの先端で相互作用したとき、不和合性反応が起きることを明らかにしてきました(図 1)。一方で、日本の海浜部に自生しているハマダイコンのような自然集団において、自家不和合性遺伝子がどの様に分布し、その多様性が維持されているのかは、不明でした。

自然集団における自家不和合性遺伝子の多様性を理解するためには、ハマダイコンと容易に交雑できる栽培ダイコンがほとんど見られない場所を選定することが重要です。世界遺産にも登録されている鹿児島県の屋久島では大規模なダイコン栽培がなされていないことに着目し、調査対象としました。島内で 7 つの異なるハマダイコン自生集団を見出し、その中の 5 つの集団を対象として *S* 対立遺伝子の分布について自家不和合性を制御する雌しべ側因子である *SRK* 遺伝子の塩基配列を元に、推測しました。

それぞれの集団では特有の *S* 対立遺伝子が分布しており、また、花粉を媒介するミツバチの行動パターンを考慮すると、それぞれの集団内で一定数の *S* 対立遺伝子が保持されていることが推測されました。また、地理的に近い集団間からは共通した *S* 対立遺伝子が見出されたことから、何らかの形で集団間に遺伝子の交流があると考えられました。

特定の個体に着目し、そこに着生した種子が有する *S* 対立遺伝子を解析することによって、花粉として運ばれた *S* 対立遺伝子が何であったかを推定したところ、比較的近い個体同士での交雑が起こっていることが推察されました。従来の解析では見出されていなかった新規な *S* 対立遺伝子が屋久島で見出され、また、集団間で共有している *S* 対立遺伝子数が少ないことから、屋久島のハマダイコンの集団では、*S* 対

立遺伝子の多様性が維持されていると考えられました。

将来への展望として、ダイコンなどのアブラナ科作物は、自家不和合性形質を利用した一代雑種育種法*³が用いられており、訪花昆虫を用いて雑種種子生産が行われています。こうした実験室レベルでの解析を超えて自然界での *S* 対立遺伝子の振る舞いを理解することにより、アブラナ科野菜の品種改良の効率を高めるための基礎研究が飛躍的に発展することが期待できます。

ハマダイコンは日本をはじめとする東アジアの海岸部に自生しており、そうした異なる地域での *S* 対立遺伝子の分布からどの様にして、ハマダイコンがこうした地域に広がったのかを理解できることが期待されます。さらには、栽培ダイコンとハマダイコンが交雑できることから、栽培ダイコンとハマダイコンでの *S* 対立遺伝子の分布の比較からその起源を理解することにもつながると考えられます。

なお、本研究は宮城県仙台第一高等学校の鹿股とほこさん(研究当時は高校1,2年生)が東北大学で実施している探求型「科学者の卵養成講座」*⁴の受講生として参画し、共筆頭著者として論文発表したものです。

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、科学技術振興機構グローバルサイエンスキャンパス事業、科学技術振興機構さきがけ、韓国基礎科学研究プログラムの支援を受けて行われました。

【図】

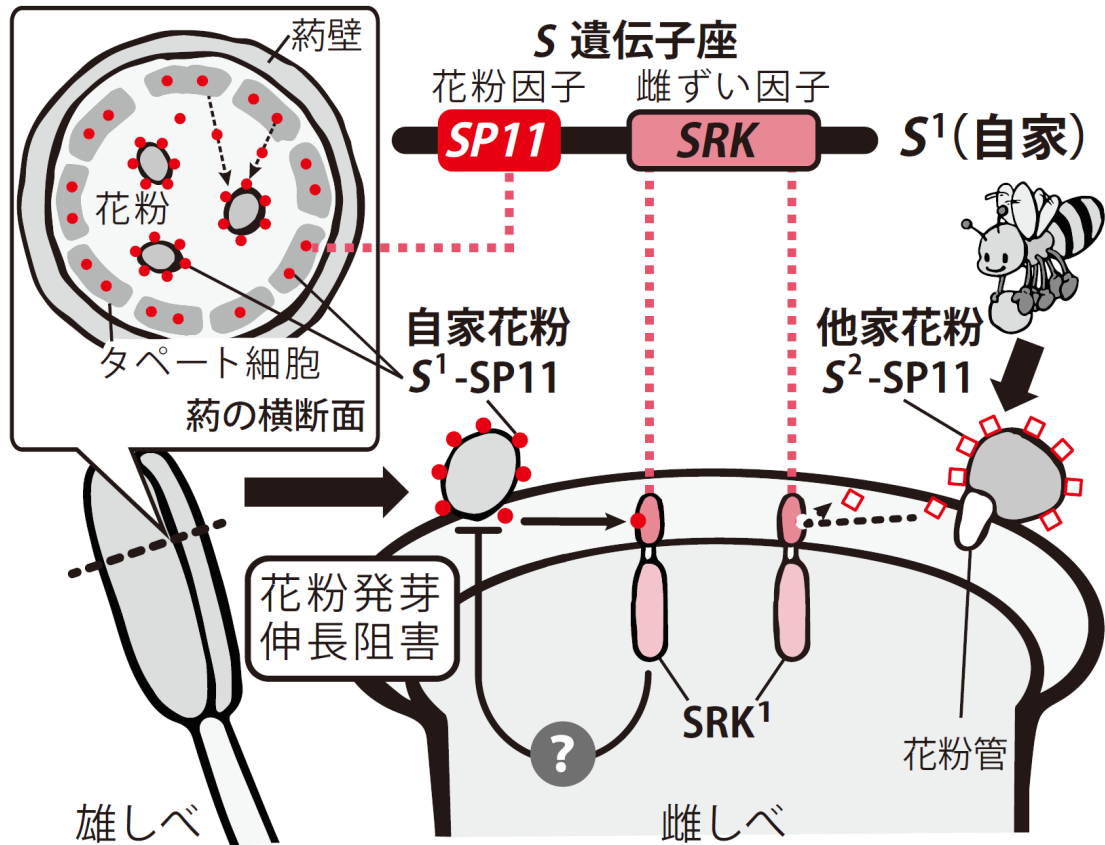


図 1. アブラナ科植物における自家不和合性の分子メカニズム

花粉側因子 S^1 -SP11(赤丸)は花粉表面に付着しており、その花粉がミツバチなどにより自己(S^1)の雌しべの先端(柱頭)に運ばれたとき、柱頭上には S^1 -SP11 と特異的に結合できる SRK^1 が存在し、鍵と鍵穴のように結合することで、自己花粉(自家花粉)であるという情報を細胞内に伝達し、結果として自己花粉は受精できない。一方、非自己花粉(他花粉)の場合、 S^1 -SP11 とは異なる S^2 -SP11 が付着した花粉が運ばれると、自己花粉とは異なり、 SRK^1 とは結合できず、結果として非自己花粉は花粉管が伸長し、受精に至る。(「改訂 遺伝単」渡辺正夫執筆部分より一部改訂)

A



B



C

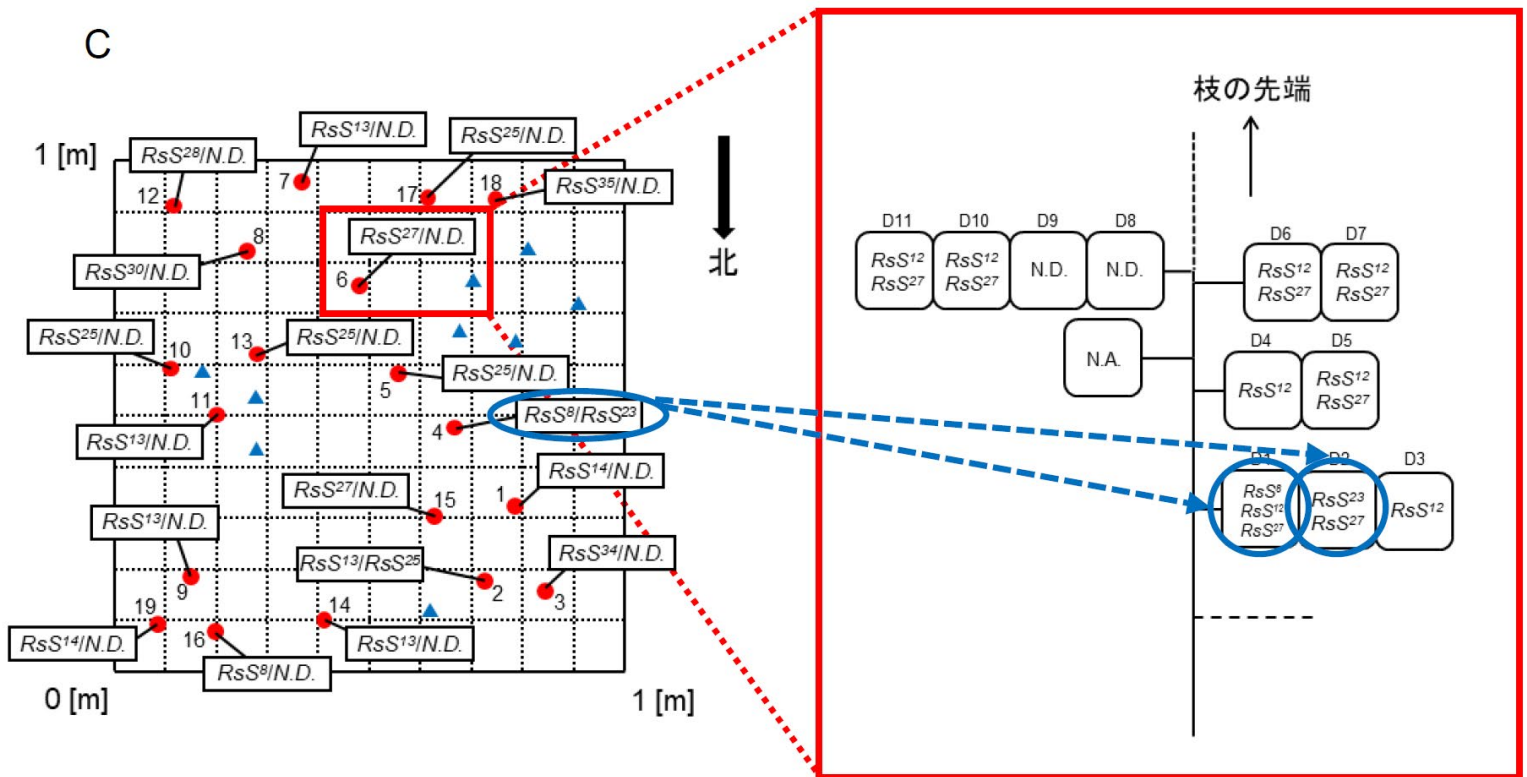


図 2. 屋久島に自生しているハマダイコン(A)と、その花(B)。田代海岸における 1m² の区画内に見出した開花個体が保持している S 対立遺伝子の分布と、その区画内の 6 番の個体に着生した各種子が有していた S 対立遺伝子(C)。

【用語説明】

*¹ 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、受精には至らない現象。アブラナ科植物では、自己認識を司る因子が♀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(SRK)・リガンドタンパク質(SP11)から構成されている。SRK と SP11 は個体ごとに遺伝子配列が異なる多型性を有しており、♀側因子(SRK)と♂側因子(SP11)が同一個体あるいは、同一 S 対立遺伝子由来であった場合には、SRK と SP11 は互いに結合することで、めしべ細胞内に自己花粉拒絶のシグナルを伝えることができる。逆に異なる場合には、これらが結合できないために、受粉・受精が正常に行われ、次世代である種子を作ることができる。

*² S 対立遺伝子：多くの遺伝子は優性(A)と劣性(a)という 2 組の対立遺伝子がある。一方、自家不和合性を制御する S 遺伝子の場合、3 つ以上の複数の対立遺伝子(S^1 , S^2 , S^3 , ..., S^n)が存在し、対立遺伝子の番号が異なる組合せでは和合性となり、同じ場合は不和合性を示す。現在では自家不和合性を self-incompatibility と記す。1900 年代の初め頃には、self-sterility とも呼ばれていたことから、sterility の頭文字を取って、 S 遺伝子と呼ばれ、incompatibility(不和合性)と sterility(不稔性)は異なる概念であるが、現在でもこの表記が使われている。

*³ 一代雑種育種法：雑種第一代は両親の形質を併せ持ち、揃いがよいということから様々な作物で導入されている育種法。例えば、片親に耐病性を持たせ、もう片親にストレス耐性を持たせると、その雑種(F_1)では、両方の性質を示す。自家不和合性を利用したアブラナ科野菜の育種の場合、両親に異なる S 対立遺伝子を持たせ(例えば、 S^1 と S^2)、訪花昆虫により交雑を行わせると、自家受精が起こらず、いずれの個体からも S^1S^2 という雑種種子を容易に得ることができる。

*⁴ 探求型「科学者の卵養成講座」：平成 21 年度から科学技術振興機構の補助を受け、「科学者の卵養成講座」として、科学が好きな高校生に大学生レベルの講義、研究を行ってもらい、科学に対する興味、知識を深めていく取り組み。今年度で 13 年目の取り組みであり、東北地区の高校には、本活動は広く認知され、体験、経験を通じて科学への興味を醸成する仕組みとして評価されている。

【論文題目】

題目: Spatiogenetic characterization of *S* receptor kinase (*SRK*) alleles in naturalized populations of *Raphanus sativus* L. var. *raphanistroides* on Yakushima island
(屋久島のハマダイコン集団を用いた *SRK* の空間的遺伝構造解析)

著者: Kazuki Fukushima, Toko Kanomata, Aoi Kon, Hiromi Masuko-Suzuki, Kana Ito, Sadayoshi Ogata, Yoshinobu Takada, Yukihiro Komatsubara, Tsuyoshi Nakamura, Takumi Watanabe, Saori Koizumi, Hitoshi Sanuki, Jong-In Park, Satoshi Niikura, Keita Suwabe, Sota Fujii, Kohji Murase, Seiji Takayama, Go Suzuki, and Masao Watanabe

筆頭著者情報: 福島和紀、東北大学大学院生命科学研究科

雑誌: Journal: Genes & Genetic Systems

DOI: <https://doi.org/10.1266/ggs.20-00066>

【問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学大学院生命科学研究科

担当 教授 渡辺 正夫 (わたなべ まさお)

電話番号: 022-217-5681

Eメール: nabe@ige.tohoku.ac.jp

(報道に関すること)

東北大学大学院生命科学研究科広報室

担当 高橋 さやか (たかはし さやか)

電話番号: 022-217-6193

Eメール: lifsci-pr@grp.tohoku.ac.jp