

植物の自家不和合性および種間不和合性の分子機構

研究者所属・職名：
大学院農学生命科学研究科・教授

ふりがな たかやま せいじ

氏名：高山 誠司

主な採択課題：

- [基盤研究\(S\)「植物自家不和合性の分子機構と進化」\(2016-2020\)](#)
- [新学術領域研究\(研究領域提案型\)「初期受粉過程における種間障壁の分子基盤解明」\(2016-2020\)](#)
- [基盤研究\(A\)「アブラナ科およびナス科植物の自家不和合性の分子機構解明」\(2013-2015\)](#)

分野：植物生殖学、生物有機化学

キーワード：有性生殖、自家不和合性、種間不和合性、多様性、優劣性

課題

●なぜこの研究をおこなったのか？（研究の背景・目的）

有性生殖は生物が多様性を生み出すための重要な仕組みである。固着性の植物には、昆虫等により運ばれてくる様々な花粉の中から「同種」かつ「非自己」の花粉とのみ選択的に受精する巧妙な仕組みが存在する。「種間不和合性」並びに「自家不和合性」と呼ばれるこれらの仕組みは、多様な植物種および種内の遺伝的多様性の形成・維持において重要な役割を果たしているが、その分子機構の多くは謎にまつまされてきた(図1)。本研究は、植物の進化と繁栄を支えてきた分子基盤を理解し、地球上の生態系の在り方や農業における食糧生産の在り方を模索していく上で重要である。

●研究するにあたっての苦労や工夫（研究の手法）

自家不和合性における自他識別機構は、これを支配するS遺伝子座の実体解明が中心となった。自他識別の表現型と連鎖する因子を探索し、生物検定法や形質転換系を確立して識別因子を特定した。自己花粉排除経路の解明には、変異株の遺伝学的解析、ライブイメージング、分子生物学・生化学的解析等を利用した。タンパク質レベルでの機構解明には、X線結晶構造解析とMDシミュレーションを用いた。進化学的考察には、ゲノム解析、計算機シミュレーションを利用した。種間不和合性に関わる因子の同定には、シロイヌナズナ野生系統を用いた全ゲノム関連解析が有効であった。

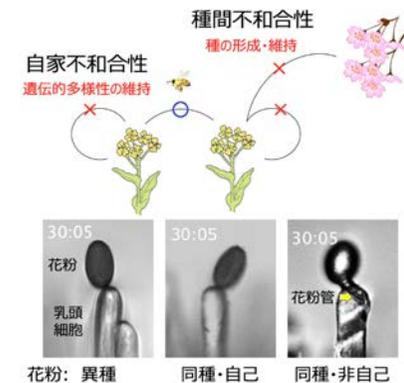


図1 植物の不和合性(上)と実際の受粉の様子(下)

植物の自家不和合性および種間不和合性の分子機構

研究成果

●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

- 自家不和合性における自他識別は、S遺伝子座のハプロタイプ(S_1, S_2, \dots, S_n) がコードする花粉因子と雌ずい因子間の特異的相互作用を介して行われるが、両因子の実体は科ごとに多様である(Nat Plants 2016)。
- アブラナ科の雌ずい因子は受容体キナーゼ (SRK)であり、花粉因子はシステインリッチペプチド(SP11)である。両者が同一Sハプロタイプ特異的に相互作用することで「自己」認識が行われ(図2)、雌ずい乳頭細胞内に Ca^{2+} 流入を伴う不和合性反応を誘起する (Nature 2010, Nat Plants 2015a, Nat Commun 2020a)。
- ナス科の雌ずい因子はRNA分解酵素(S-RNase)であり、花粉因子は多数のF-boxタンパク質(SLFs)である。S-RNaseは花粉のRNAを分解する細胞毒として機能するが、SLFsが異なるSハプロタイプのS-RNaseを分担してユビキチン化(無毒化)することで、「非自己」花粉管は伸長し受精に至る(Science 2010, Nat Plants 2015b)。
- シロイヌナズナに近縁のアブラナ科植物は、雌ずい乳頭細胞膜上の4回膜貫通型タンパク質(SPRI-1)を用いて異種花粉の発芽を積極的に阻害している(図3)(Nat Plants 2019)。
- アブラナ科植物のS遺伝子座には、Sハプロタイプ間の優劣性(顕性潜性)制御に関わる分子(Dominance modifier=低分子RNA)が進化しており、「自己」の発現調節や自家不和合性への転換において重要な役割を果たしている(Nature 2010, Nat Plants 2017, Nat Commun 2020b)。

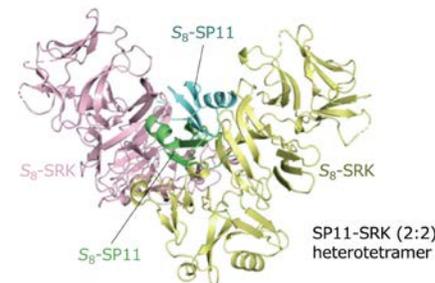


図2 SP11-SRKを介した自己認識機構

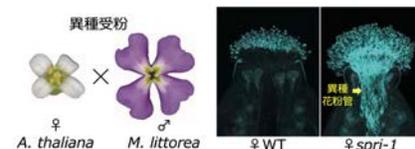


図3 *spr-i*変異に伴う種間不和合性の消失

今後の展望

●今後の展望・期待される効果

- 自家不和合性は進化のdead endと考えられてきたが、多様な機構の存在は、植物が何度も自家不和合性を欠失しては再獲得してきた経緯を示唆する(図4)。植物界における自家不和合性進化の経緯を解明していく必要がある。
- アブラナ科の雌ずい乳頭細胞は、「同種」かつ「非自己」の花粉のみを受諾する(図1下)。同種花粉には乳頭細胞に働きかけて花粉の受諾に関わる和合性経路を誘導する物質の存在も見出されてきており、不和合性経路との関係性(クロストーク)について解明していく必要がある。

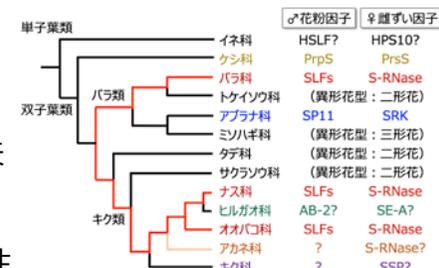


図4 自家不和合性の進化