

PRESS RELEASE

岡山大学記者クラブ

文部科学記者会

科学記者会

御中

令和2年2月21日

岡山大学

かずさDNA研究所

報道解禁：令和2年2月29日（土）午前7時（新聞は29日夕刊より）

「柿」の全ゲノム解読 ～ 植物における「性の進化」のヒント

◆発表のポイント

- ・ 柿の野生種であるマメガキの全ゲノム配列を解読しました。
- ・ 柿の進化に特異な全ゲノム倍化（注1）によって性決定遺伝子が新しく成立するメカニズムを明らかにしました。
- ・ 種特異的なゲノム倍化が、植物における性の進化の原動力である可能性を示しました。

日本人にとってなじみ深い「柿」ですが、近年は科学的観点からも大きく注目を集めています。100年以上も謎に包まれていた「植物の性別」を決定する遺伝子が世界で最初に発見されたのは柿（カキ属）であり、作物の栽培・育種にとっても非常に重要な「性」の研究におけるパイオニア的な存在となっています。岡山大学大学院環境生命科学研究科（農）赤木剛士准教授は、このたび、カリフォルニア大学デービス校、かずさDNA研究所、京都大学の共同研究者とともに柿の野生種の一つであるマメガキの全ゲノム配列を解読しました。さらに、赤木准教授らの研究によって既に見つかったカキ属の性決定遺伝子「*OGI*」（注2）や「*MeGI*」（注2）が、カキ属の進化に特異な「全ゲノム倍化」から生まれたものであり、本来は性に関与していなかった遺伝子が新しく性決定遺伝子に変化する進化のメカニズムを明らかにしました。これは、本来は両性花を着花する植物が、どのように性別を手に入れたのかを紐解く手掛かりになるものです。また、本研究で解読された柿の全ゲノム情報によって、「甘柿と渋柿の違い」や「干し柿・生食柿の適性」といった、私たちにも身近な柿の性質にもゲノム情報からアプローチできるようになると期待されます。本研究成果は、日本時間2月29日（土）午前7時（米国カリフォルニア時間：2月28日（金）午後2時）、米国の科学雑誌「*PLOS Genetics*」に掲載されます。

私たちの研究チームでは柿やキウイフルーツなどを使って、作物における「性決定」の仕組みや、他にも果実や花の品質に関わる様々な研究を行っています。もし、みなさんの身の回りに「興味深い花、気になる実をつける」柿やキウイフルーツがあればぜひ教えてください。もちろん、カンキツ・モモ・ブドウ・トマトなど、それ以外の園芸作物も大歓迎です。



赤木准教授

PRESS RELEASE

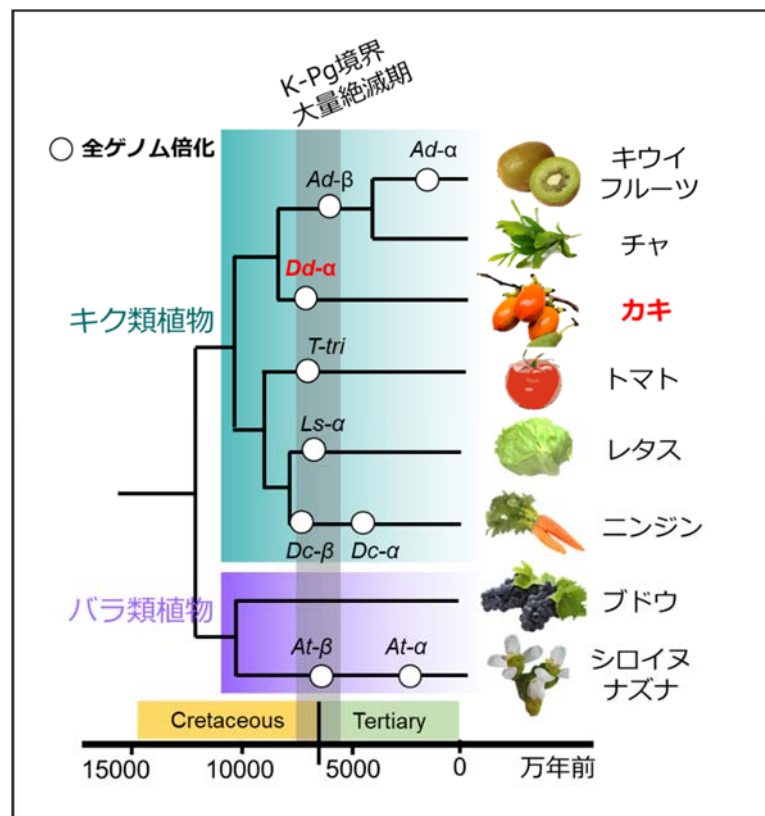
■発表内容

<現状>

柿は、今やアジアを中心に世界的に消費される日本を代表する果樹作物の一つです。しかし、その遺伝学的基盤は全くと言って良いほど整備されておらず、遺伝子情報やゲノム情報などのデータベースはありませんでした。一方、柿は「大量のタンニン（渋み物質）を蓄積する果実（いわゆる渋柿）」を初めとして、実用的にも科学的にも価値の高い多くの特徴があります。その一つとして、柿を含むカキ属は、植物では初めてとなる「性別の決定遺伝子」が発見された属であり、100年以上続いている植物の性に関する研究において注目を集める研究材料でもありました。「性別」に由来する有性生殖は動植物を問わず、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。植物の性別決定遺伝子が発見されたのは近年のことであり、その進化過程は未だに多くの謎に包まれています。植物は種ごとに異なった性別決定の仕組みを作り上げており、「なぜ、そんなに多様な性決定を系統独立的に成立させることができたのか？」という根本的な問いに答える知見すら得られていませんでした。

<研究成果の内容>

私たちの研究では、このたび、柿（栽培ガキ *Diospyros kaki*）の二倍体野生種であるマメガキ（*Diospyros lotus*）の全ゲノム情報を解読しました。この全ゲノム情報から、カキ属植物が進化の中で経験した「全ゲノム倍化」の痕跡を発見することができ、この *Dd-α* と名付けたゲノム倍化がカキ属またはカキノキ科植物に特異なものであることを解明しました（第1図）。興味深いことに、この *Dd-α* が起こった時期は他の植物種でも同様の系統特異的なゲノム倍化が起こった時期と一致しており、これは K-Pg 境界（注3）と呼ばれる、いわゆる「生物の最終大量絶滅期」と一致していました（第1図）。ゲノム倍化は一般に、遺伝子セットが増えることによって遺伝子の機能分化や新機能獲得が起こることが知られており、天体衝突による気候変動が引き起こした

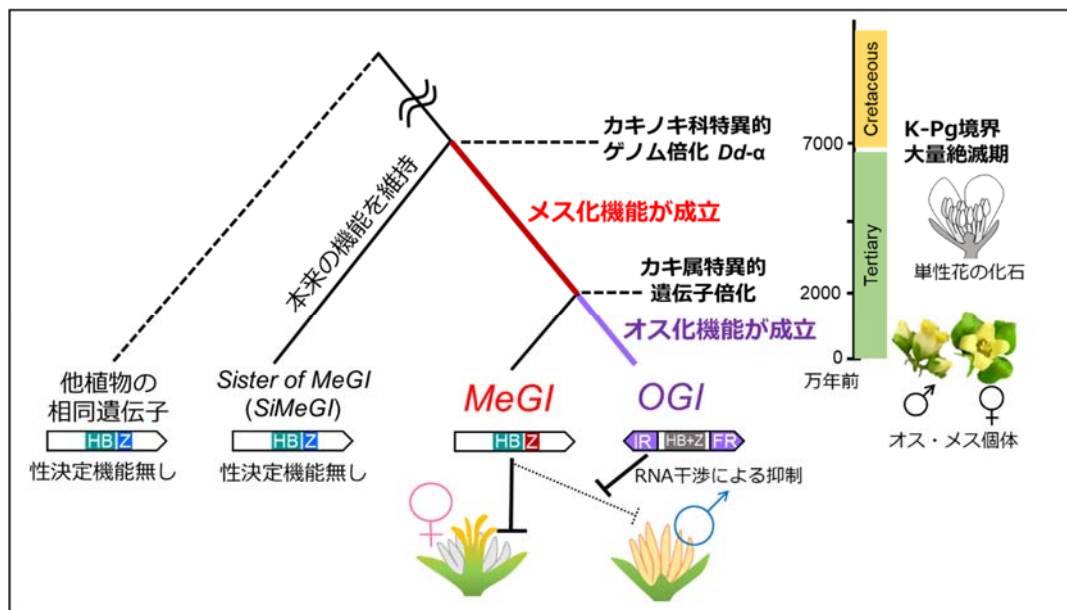


第1図：柿と様々な植物における進化過程での全ゲノム倍化
全ゲノム倍化を○で表示。多くの種（または属）で系統特異的な全ゲノム倍化が生じており、多くは6000-7000万年前のK-Pg境界と呼ばれる「大量絶滅期」に起こっている。

と考えられているこの大量絶滅において、自ら移動することが出来ない植物では、ゲノム倍化によって「新しい特徴・性質」を手に入れたもののみが生存した可能性が考えられます。

PRESS RELEASE

カキノキ科に特異なゲノム倍化である *Dd-a* によって新機能を獲得した遺伝子群を同定するため、*Dd-a* に由来する遺伝子重複後に適応進化したと考えられるパターンを選抜した結果、カキ属の性決定遺伝子である *MeGI* が含まれていました。詳細な調査の結果、*MeGI* は *Dd-a* によって *Sister of MeGI* と名付けた遺伝子と分岐し、その後、正の選抜（注4）を受けて積極的な適応進化としてメス化機能を獲得したことが明らかになりました（第2図）。さらに、その後のカキ属特異的な遺伝子重複によって、現在の性染色体（Y染色体）の核であるオス化決定遺伝子「*OGI*」が成立したことが示唆されました（第2図）。これらの結果は、本来は性への関与を持たなかった遺伝子群が、カキ属特異的なゲノム倍化（や遺伝子倍化）によって、積極的に性決定機能を獲得するように進化したことを示すものでした。興味深いことに、「系統特異的なゲノム倍化が性の成立を積極的に駆動する」という進化メカニズムは、これまでに性決定遺伝子が同定されているキウイフルーツやアスパラガスにも当てはまり、植物に特徴的である「頻繁な系統特異的なゲノム倍化」という現象が、多様な性決定システムの成立に寄与している可能性が示されました。



第2図：カキノキ科/カキ属特異的なゲノム・遺伝子倍化による性決定遺伝子の成立

本来は性決定に関与しない遺伝子が、*Dd-a* による倍化によって分岐し、片方が適応進化として積極的にメス化の機能を有する *MeGI* になった。さらに、その後の遺伝子倍化によって分岐が起こり、片方がオス化機能を獲得して *OGI* となった。

<社会的な意義>

柿の全ゲノム情報が解読されたことにより、柿の品質にとって重要な形質について、遺伝学的解析・ゲノム情報からのアプローチが可能になりました。私たちの研究チームでは柿のゲノムデータベースを公開しており (<http://persimmon.kazusa.or.jp/index.html>)、どなたでも柿の全ゲノム・全遺伝子情報にアクセスできるようになっています。今後は、このゲノム情報を基盤として、柿果実の「渋み性」「形の多様性」「貯蔵性」などが紐解かれていくことが期待され、また、育種（品種改良）における遺伝子マーカーとしても利用されると思われます。

PRESS RELEASE

■論文情報

論文名 : The persimmon genome reveals clues to the evolution of a lineage-specific sex determination system in plants

掲載紙 : *PLOS Genetics*

著者 : Takashi Akagi, Kenta Shirasawa, Hideki Nagasaki, Hideki Hirakawa, Ryutarō Tao, Luca Comai, Isabelle M. Henry

DOI : <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1008566>

■研究資金

本研究は、JST 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」領域における「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)」、若手研究 (A)「カキ果実の生育・成熟機構に関する全ゲノムワイドモデルの構築」(26712005)、挑戦的萌芽研究「カキ属のゲノム倍化に伴う重要形質多様化機構の解明」(15K14654)、挑戦的研究(開拓)「作物科学研究へのパラダイムシフトを誘起するカキ属植物の研究加速化のための基盤形成」(19H05539)、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。

■補足・用語説明

(注1) 全ゲノム倍化 : 遺伝情報全体を指す「ゲノム」が2セット以上に増える現象。「倍数化」とも呼ばれる。全遺伝子が2セット以上に増えることから、遺伝子の機能分化や新機能獲得など、様々な遺伝情報の再編成が行われる。

(注2) *MeGI/OGI* : 植物で初めて同定されたカキ属植物の性決定遺伝子。*OGI* は Y 染色体上に座乗する非翻訳 small-RNA であり、*MeGI* を分解することでその作用を抑制する。*MeGI* は雄しべの生育抑制と雌しべの生育促進を担っている。

(注3) K-Pg 境界 : 中生代と新生代の境目に相当する大量絶滅期。メキシコ付近への隕石衝突による気候変動が原因で、恐竜や多くの植物が絶滅に追いやられたことが分かっている。

(注4) 正の選抜 : 特定の変異が生存に有利に作用し、優先的に選抜されて集団に固定される進化。

<お問い合わせ>

岡山大学 大学院環境生命科学研究科
准教授 赤木 剛士
(電話番号) 086-251-8337