

平成 28 年 8 月 23 日
国立大学法人 千葉大学
国立研究開発法人 理化学研究所

紫外線から植物を守る 有害な紫外線から植物を守る物質と生合成遺伝子を発見

千葉大学大学院薬学研究院 齊藤和季 教授（理化学研究所 環境資源科学研究センター副センター長 兼任）、高山廣光 教授、中林亮 大学院医学薬学府博士課程大学院生（現・理化学研究所研究員）らは、ドイツ、マックス・プランク植物分子生理学研究所^{*1} A. ファーニー グループリダー、峠隆之 プロジェクトリーダーとの共同研究により、有害な紫外線から植物の花を守る作用のある新規のフラボノイド類² をモデル植物シロイヌナズナから単離同定いたしました。さらに、このフラボノイドを生合成するために必要な遺伝子を同定し、このフラボノイドと生合成遺伝子は、強い紫外線が当たる地域に生息する自然変異体にだけ見いだされることを明らかにしました。この生合成遺伝子と似た配列の遺伝子は他のアブラナ科植物ゲノムにも見いだされ、アブラナ科植物の紫外線に対する適応進化について詳細な研究が期待されます。このように異なる自然変異体に特徴的に紫外線ストレスと相関して蓄積される防御機能を有するフラボノイド類とその生合成遺伝子が解明されたのは初めての例です。

本成果は、英国の科学雑誌 *Nature Communications* に 2016 年 8 月 22 日付（英国時間）で掲載されました。

背景・目的

植物には様々な機能を有する多様な成分が含まれています。これらの成分は、糖やアミノ酸などの一次代謝産物と二次代謝産物に分けられます。二次代謝産物は、外敵からの防御作用や色素としてなど植物自身に様々な機能を有し、しばしば人間の代謝にも影響を与えます。特に、フラボノイドやカロテノイドは健康増進の作用を有しますが、これはこれらの二次代謝産物が有する抗酸化作用や抗炎症作用によるものです。

植物二次代謝産物の中でも、ベンゼン環のような芳香環構造を有する成分は有害な紫外線から植物を守る作用があります。植物は太陽光による光合成によって生きていますが、同時に降りそそぐ紫外線は植物細胞に傷害を与えます。紫外線照射によって細胞中の DNA やタンパク質は変異を受けたり構造が壊れてしまいます。とりわけ植物の生殖器官である花は、植物や作物の生産性や収量に直接関係するので紫外線に対して感受性の高い器官です。このような進化上の永続的な選択圧から植物は防御成分を作る機能を発達させているのではないかと考えられていました。



そこで、ドイツ、マックス・プランク植物分子生理学研究所の A. ファーニー博士、峠隆之博士を中心とする研究チームは、植物科学研究で用いられるモデル植物であるシロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana*)³ を用いてこの問題に取り組みました。

成果

研究チームが 64 種類のシロイヌナズナの自然変異体（エコタイプまたはアクセション）⁴ の花に含まれる 68 個の二次代謝産物を網羅的に分析したところ、31 種類の自然変異体にだけ蓄積する 18 個の新規成分の存在が確認されました。これらの新規成分は千葉大学・理化学研究所の研究チームによって化学構造が解析され、フェニルアシルフラボノイドというフラボノイドのサブグループに属する二次代謝産物であると同定されました。これらの新規フラボノイドは、今まで知られていたフラボノイドよりも有効に紫外線を遮る機能を有することが確かめられ、日本語の「遮る（さえぎる）」の古形「遮る（さいぎる）」という言葉から 'saiginol（サイギノール）' と命名されました。

次に、研究チームは、このフラボノイドを蓄積しているシロイヌナズナの自然変異体 (G24) と、蓄積していない自然変異体 (Col-0) のゲノム情報からサイギノールの生合成に必須な FPT2 遺伝子を同定しました。さらに、シロイヌナズナの生息地域の異なる 64 種類の自然変異体について、サイギノールの蓄積と FPT2 遺伝子の存在を調べたところ、サイギノールを蓄積する 31 種類の自然変異体にだけ正常な FPT2 遺伝子が存在していることを明らかにしました。

これらのサイギノールを蓄積する自然変異体としない自然変異体の地域分布を調べて見ると、強い紫外線があたる地域に生息する自然変異体ではサイギノールを蓄積するが、紫外線照射の弱い地域の自然変異体の中には生産性がなくなっているものがあることが示されました。このように、有害な紫外線照射の強さがサイギノール生産性の進化に影響している可能性が示されました。

今回の研究ではサイギノールの生合成に必須な FPT2 遺伝子は、シロイヌナズナの遺伝子だけについて機能を実験的に同定しましたが、似た配列の遺伝子は他のアブラナ科植物ゲノムにも見つかりました。この遺伝子とサイギノール類はアブラナ科植物のなかで有害な紫外線に対して適応進化してきた事が示唆され、紫外線に対する防御機能の進化について詳細な研究が期待されます。

<用語の解説>

注 1 マックス・プランク植物分子生理学研究所は、ドイツを代表する国立学術研究機関であるマックス・プランク学術振興協会に属し、ベルリン郊外のポツダム・ゴルム地区に位置して 360 人の所員を擁する世界で最も有名な植物科学に関する研究所の一つです。

<http://www.mpimp-golm.mpg.de/>

注 2 フラボノイドは植物が生産する二次代謝産物であるポリフェノール的一种で、フラボン、フラボノール、アントシアニン、カテキン、イソフラボンなどの総称です。近年、抗酸化作用や抗炎症作用が注目されています。

注 3 シロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana*) はユーラシア大陸から北アフリカ原産のアブラナ科の一年生草本で、植物科学のモデル植物として用いられます。ゲノムサイズが比較的小さい (1.3 億塩基対でヒトゲノムの約 1/24 の大きさ) ので、2000 年 12 月に高等植物として最初に全ゲノム配列が決定されました。植物分子生物学研究のための研究リソースがよく整備されており、基礎植物科学研究を進める材料として頻りに用いられます。

注 4 植物の自然変異体で、それぞれの地域の環境によって分化し、遺伝的に固定した型をエコタイプとよび、それらを公的機関などに登録したものがアクセションです。同じアクセションの植物を使うことにより、異なる研究機関でも再現性の高い研究が可能になります。

発表論文の詳細

雑誌名 : Nature Communications (doi: 10.1038/NCOMMS12399)

論文タイトル: Characterization of a recently evolved flavonolphenylacyltransferase gene provides signatures of natural light selection in Brassicaceae

著者 : Takayuki Tohge¹, Regina Wendenburg¹, Hirofumi Ishihara¹, Ryo Nakabayashi², Mutsumi Watanabe¹, Ronan Sulpice¹, Rainer Hoefgen¹, Hiromitsu Takayama², Kazuki Saito^{2,3}, Mark Stitt¹, Alisdair R. Fernie^{1,4*}

所属 : ¹Max-Planck-Institute of Molecular Plant Physiology, Potsdam-Golm, Germany; ²Graduate School of Pharmaceutical Sciences, Chiba University, Chiba, Japan; ³RIKEN Center for Sustainable Resource Science, Yokohama, Japan; ⁴Center of Plant System Biology and Biotechnology, Plovdiv, Bulgaria. *Corresponding author.

本研究の一部は、千葉大学戦略的重点研究強化プログラム「ファイトケミカル植物分子科学」、理化学研究所環境資源科学研究センター（旧：植物科学研究センター）のプロジェクトとして行われました。

問合わせ先

(研究内容について)

齊藤和季

千葉大学 大学院薬学研究院 遺伝子資源応用

Tel/FAX : 043-226-2931

E-mail : ksaito@faculty.chiba-u.jp

研究室 HP : <http://www.p.chiba-u.jp/lab/identshi/index.html>

理化学研究所 環境資源科学研究センター

Tel/FAX : 045-503-9488

E-mail : kazuki.saito@riken.jp

研究室 HP : <http://www.csr.s.riken.jp/jp/labs/mrg/index.html>

(研究内容以外について)

千葉大学 企画総務部 渉外企画課 広報室

TEL : 043-290-2232 FAX : 043-284-2550

E-mail : bag2018@office.chiba-u.jp

理化学研究所 広報室 報道担当

TEL : 048-467-9272 FAX : 048-462-4715

E-mail : ex-press@riken.jp