



配布先：文部科学記者会、科学記者会、名古屋教育記者会

2024年5月8日

報道機関 各位

植物免疫の活性化に関わるタンパク質分解酵素を発見 ～植物が病原細菌を認識するしくみの理解に貢献～

【本研究のポイント】

- ・植物は、病原細菌のべん毛を構成する主要タンパク質をタンパク質分解酵素によって断片化し、生じたペプチド断片を、細菌の存在を示すシグナル分子として認識して免疫反応を開始する。
- ・本研究では、植物が細胞外に分泌し、べん毛タンパク質であるフラジエリンから免疫を誘導するペプチド領域を切り出すタンパク質分解酵素を発見した。
- ・本研究成果は、病気に強い植物の作出につながると期待される。

【研究概要】

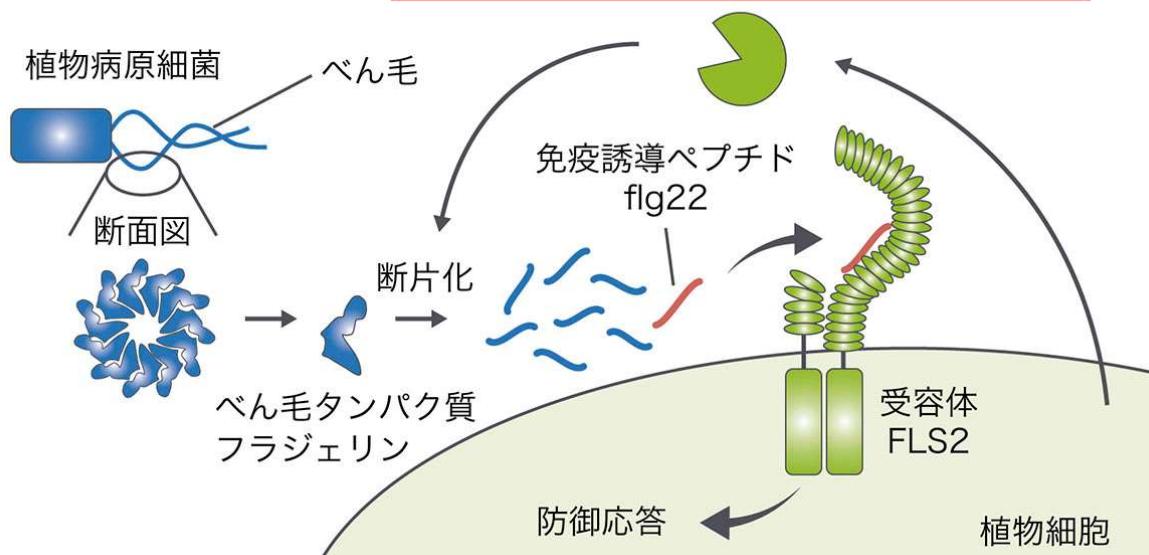
名古屋大学大学院理学研究科の松井 彩 研究員と松林 嘉克 教授らの研究グループは、同大学 ITbM 分子構造センターおよび同大学遺伝子実験施設との共同研究で、細菌のべん毛を構成する主要タンパク質であるフラジエリンから植物免疫^{注1)}を誘導するペプチド断片を切り出すタンパク質分解酵素(プロテアーゼ)を発見しました。

植物は、フラジエリンをプロテアーゼによって断片化し、生じたペプチド断片を、細菌の存在を示すシグナル分子として認識して免疫反応を開始します。しかし、フラジエリンを断片化し、免疫誘導ペプチドを切り出す植物の酵素はこれまで分かっていませんでした。

本研究では、フラジエリンが植物の酵素によってどのように断片化されるかを明らかにし、さらに、植物のプロテアーゼ SBT5.2 と SBT1.7 が、フラジエリンを断片化して免疫誘導ペプチドを切り出すことを発見しました。これらの結果は、植物が病原細菌を認識するしくみ理解する上で重要な手掛かりとなり、病気に強い植物の作出などの農業的応用につながることも期待されます。

本研究成果は、2024年5月4日付イギリス科学雑誌「Nature Communications」オンライン版に掲載されました。

植物プロテアーゼ SBT5.2 および SBT1.7 が免疫誘導ペプチド flg22 の切り出しに関わる



【研究背景と内容】

植物は、病原細菌が移動する上で重要な器官であるべん毛を構成するタンパク質であるフラジエリンを認識して免疫応答を誘導します。このとき、フラジエリンはタンパク質全体が認識されるわけではなく、その中の一部分のペプチドが認識されることで、免疫が誘導されます。この免疫誘導ペプチドは、植物のプロテアーゼによってフラジエリンが断片化されることで生じると考えられてきましたが、実際にフラジエリンがどのように断片化されるのか、また植物に多数存在するプロテアーゼのうちどれがフラジエリンの断片化に関わるのかについては分かっていませんでした(図 1)。

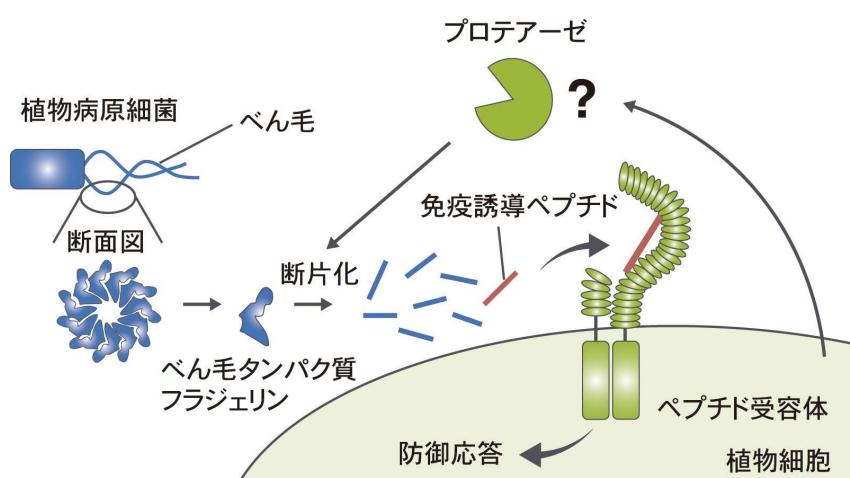


図 1. 植物によるべん毛タンパク質フラジエリンを介した病原細菌の認識

植物は細菌のべん毛を構成するタンパク質のフラジエリンをプロテアーゼで断片化し、生じた免疫誘導ペプチドを細胞膜上の受容体で認識することで、病原細菌に対する防御応答を活性化させる。

Press Release

本研究では、まず、植物が分泌するプロテアーゼを多数含む植物培養液でフラジエリンを処理し、生じたペプチド断片の構造を解析することにより、植物のプロテアーゼによりフラジエリンがどのように断片化されるかを調べました。その結果、免疫誘導ペプチドとして知られている *flg22* という 22 個のアミノ酸からなるペプチド領域が、植物の酵素によってかなり優先的に切り出されてくることが明らかになりました。そこで、*flg22* を切り出す活性に応じて蛍光を発する基質を用いて、プロテアーゼを含む植物培養液から *flg22* の切り出しを担う植物酵素を探査しました。酵素活性を維持したまま培養液を分画し、基質を添加して各画分の酵素活性を測定することで、酵素活性が強い画分を効率的に見つけ出すことができました(図 2)。

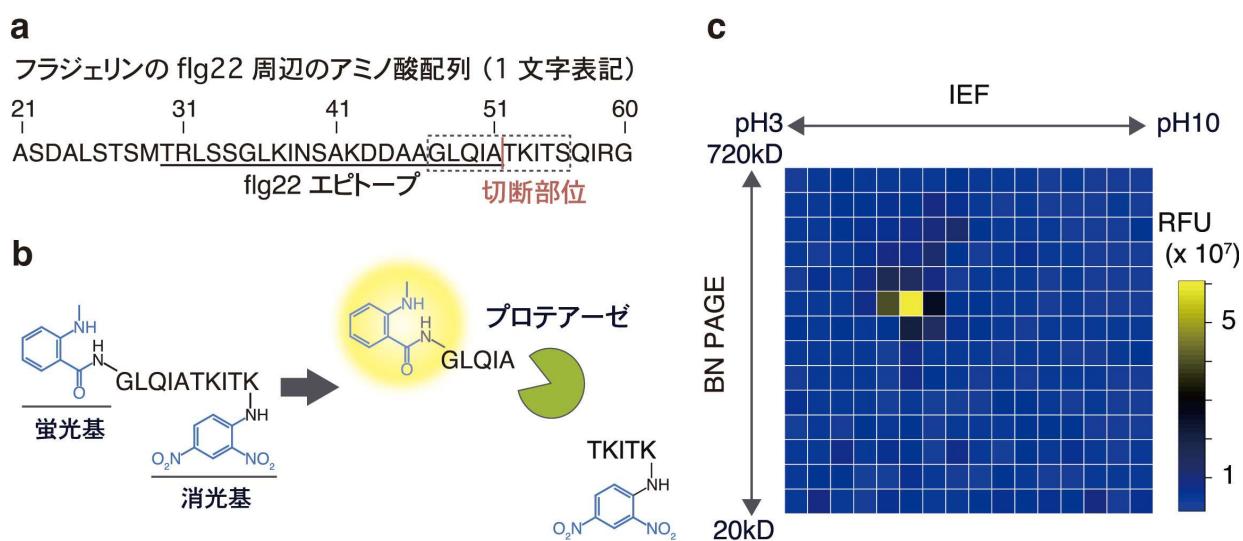


図 2. 酵素活性に応じて蛍光を発する基質を用いたプロテアーゼの探索

a. flg22 を切り出すプロテアーゼ活性を検出するための基質として利用した配列。 b. flg22 を切り出すプロテアーゼ活性に応じて蛍光を発する基質。酵素がないときには、消光基によって蛍光が消光されている。酵素が存在し蛍光基をもつ断片と消光基をもつ断片に分かれると蛍光を発する。c. 酵素活性に応じて蛍光を発する基質を用いたゲル内タンパク質分解アッセイ。個々の正方形は、培養液を分画した各画分を表し、黄色く塗られた画分ほど活性が強い。224 個に分けた中から、一度に活性の強い画分を特定することができた。

活性の強い画分に含まれる植物のタンパク質を調べると、プロテアーゼ SBT5.2 と SBT1.7 が特に多く含まれていました。そこで、SBT5.2 と SBT1.7 の酵素活性について解析を行ったところ、SBT5.2 と SBT1.7 が確かにフラジエリンを切断し、flg22 を切り出す活性を有することが確かめられました。また SBT5.2 と SBT1.7 をコードする遺伝子をともに破壊した植物では、flg22 を切り出す活性が著しく低下し、フラジエリン存在下での防御応答の誘導が遅れることが分かりました。これらのことから、SBT5.2 と SBT1.7 が、細菌のべん毛タンパク質であるフラジエリンを断片化して、免疫誘導ペプチド flg22 を切り出すことにより、植物による病原細菌の認識とそれに続く免疫の誘導に関わっていることが明らかになりました。

【成果の意義】

植物は、病原体のもつ分子を手がかりに病原体の存在を認識し、免疫応答を誘導します。これは、広範な病原体に対する抵抗性を植物に与え、常に多種多様な病原体にさらされている植物が感染を免れ、健康に生育するための重要なしくみです。細菌のベん毛タンパク質フラジエリンから切り出されるペプチドにより誘導される免疫は、植物が病原体を認識して免疫を誘導するしくみの一例として盛んに研究されてきました。

本研究により、その過程の最も初期に起こると予想されていながら、長年にわたってブラックボックスであった、フラジエリンから免疫誘導ペプチドが切り出される過程の一端が明らかになりました。この発見をもとに、植物が病原細菌を認識するしくみの理解が進むことで、作物の耐病性向上などへの応用が期待できます。

本研究は、令和 5 年度から始まった科研費・基盤研究(S)(課題番号 23H05477)、令和 2 年度から始まった学術変革研究(A)(課題番号 20H05907)および令和 4 年度から始まった名古屋大学融合フロンティアフェローシップ事業(課題番号 JPMJFS2120)の支援のもとで行われたものです。

【用語説明】

注 1) 植物免疫:

植物は、病原体に固有の分子を植物細胞表面に存在する受容体によって認識すると、気孔の閉鎖、細胞壁の強化、抗菌物質の生成などの一連の防御応答を誘導して病原体から身を守る。ベん毛タンパク質フラジエリンのように病原体の生存に必須、かつ様々な病原体において高度に保存された部位を、植物は病原体固有の分子として認識することが多い。

【論文情報】

雑誌名:Nature Communications

論文タイトル: *Arabidopsis SBT5.2 and SBT1.7 subtilases mediate C-terminal cleavage of flg22 epitope from bacterial flagellin*

著者: Sayaka Matsui, Saki Noda, Keiko Kuwata, Mika Nomoto, Yasuomi Tada, Hidefumi Shinohara and Yoshikatsu Matsubayashi

DOI:10.1038/s41467-024-48108-4

URL: <https://www.nature.com/articles/s41467-024-48108-4>



MAKE NEW STANDARDS.
東海国立大学機構

東海国立大学機構は、岐阜大学と名古屋大学を運営する国立大学法人です。

国際的な競争力向上と地域創生への貢献を両輪とした発展を目指します。



東海国立大学機構 HP <https://www.thers.ac.jp/>