

イネがいもち病菌を見つける「目印」の構造を解明

概要

公益財団法人岩手生物工学研究センター・藤崎恒喜主任研究員、京都大学農学研究科・寺内良平教授らのグループは、英国のJohn Innes CenterおよびThe Sainsbury Laboratoryの研究者と共同で、イネがいもち病菌を外敵として見つけるときに「目印」とするタンパク質複合体の構造を解明しました。国内で広く栽培されている「ひとめぼれ」などのイネ品種は、Piiといういもち病抵抗性タンパク質を持っています。Piiはイネいもち病菌が分泌するAVR-Piiというタンパク質を見つけ出して、いもち病菌の侵入を察知し、その感染を阻止する反応を誘導します。しかし、具体的にイネの細胞内でAVR-Piiタンパク質がどのように認識されるのか、その実態は不明でした。

イネいもち病菌がイネに感染する時に分泌するAVR-Piiタンパク質は、イネのタンパク質であるOsExo70F2/F3と結合してイネの細胞が抵抗性を発揮する為の働きを攪乱することにより、感染を手助けしていると考えられています。一方イネは、Piiタンパク質を使って、このOsExo70F2/F3とAVR-Piiとの複合体を認識することにより、いもち病菌の侵入を察知し、その感染を抑制する反応を引き起こします。本研究では、いもち病菌の感染拡大および抵抗性誘導の両方において鍵となるOsExo70F2/AVR-Pii複合体をタンパク質の構造レベルで解明しました。これにより、イネがいもち病菌を外敵として認識する際の分子構造が明らかとなり、より広範で効率的ないもち病菌抵抗性タンパク質を開発・改良する上での重要な基盤情報を得ることができました。

本成果は、2022年10月18日に国際学術誌「Proceedings of the National Academy of Sciences of USA」にオンライン掲載されました。

【発表論文】 DOI number : 10.1073/pnas.2210559119

タイトル : Binding of a blast fungus Zinc-finger fold effector to a hydrophobic pocket in the host exocyst subunit Exo70 modulates immune recognition in rice

(いもち病菌のジンクフィンガーエフェクターの宿主Exo70タンパク質への結合はイネの免疫認識調整に関与する)

著者 : Juan Carlos De la Concepcion, Koki Fujisaki, Adam R. Bentham, Neftaly Cruz Mireles, Victor Sanchez de Medina Hernandez, Motoki Shimizu, David M. Lawson, Sophien Kamoun, Ryohei Terauchi, Mark J. Banfield

掲載誌 : Proc.Natl.Acad.Sci.USA : <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2210559119>

1. 背景

いもち病は、*Magnaporthe oryzae*というカビによって、様々な穀物に大きな被害を与えている世界10大作物病害の一つで、この病気により年間約6千万人分の食料が失われています。イネにはいもち病菌の感染を制御する様々な遺伝子が存在することがわかってきており、その耐病性の仕組みを解明し、利用することが、病気に強い農作物の作出につながるため、食料安定供給に向けた取り組みの重要な課題となっています。

2. 研究成果

イネのいもち病抵抗性タンパク質であるPiiは、いもち病菌が分泌するAVR-Piiとイネのタンパク質であるOsExo70F2/F3との複合体を認識することで、いもち病菌の感染を察知し、抵抗性反応を誘導します。AVR-PiiとOsExo70F2/F3の複合体形成は、元来いもち病菌が感染する際に宿主であるイネ細胞の働きを攪乱し、いもち病菌にとって有利な環境を整えるための植物との相互作用の一端であると考えられています。そのため、このAVR-PiiとOsExo70F2/F3の複合体は、いもち病菌がイネに効率よく感染する上でも、イネがPiiを介していもち病菌の感染を制御する上でも、鍵となる複合体です。

本研究でその詳細な構造を解明した結果、AVR-PiiはExo70タンパク質の疎水性が強い領域（疎水性ポケット）に結合することが明らかとなりました（図1）。変異導入によりその結合を阻害すると、イネによるPiiを介した抵抗性誘導が認められなくなり（図2）、その相互作用がイネのいもち病制御に重要な役割を果たしていることがわかりました。このAVR-Piiはいもち病菌の分泌タンパク質の中では、ジンクフィンガーマチーフを持つユニークなグループに属し、疎水性ポケットを介したExo70との結合様式とともに、新規性の高い植物-病原菌間相互作用の詳細を示すものとなっています。

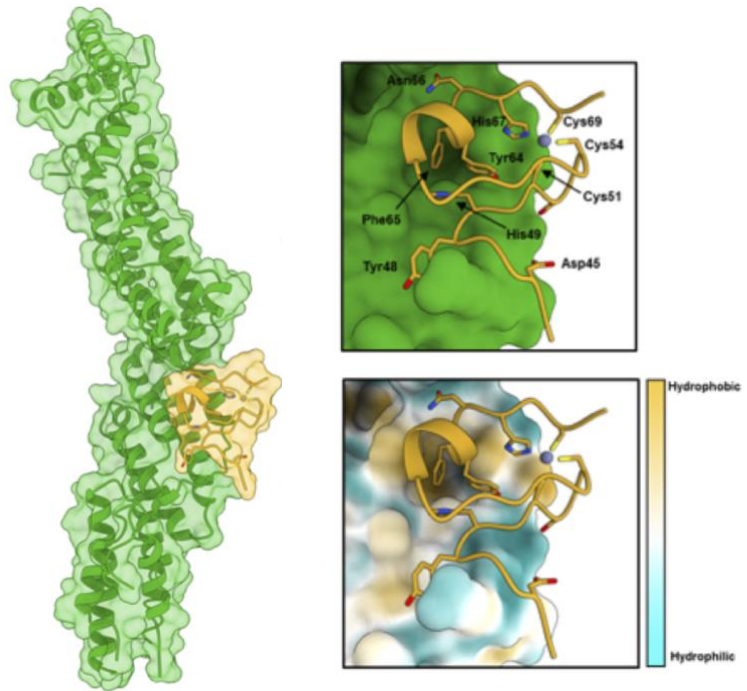


図1. 左：OsExo70F2（緑）とAVR-Pii（黄色）との複合体の立体構造。右上：OsExo70F2中央部分（緑）とAVR-Pii（ヒモトリボン）との結合部分。右下：疎水性が強い領域（疎水性ポケット）にAVR-Piiが強く結合する（黄色が疎水性／水色が親水性の強い領域）。

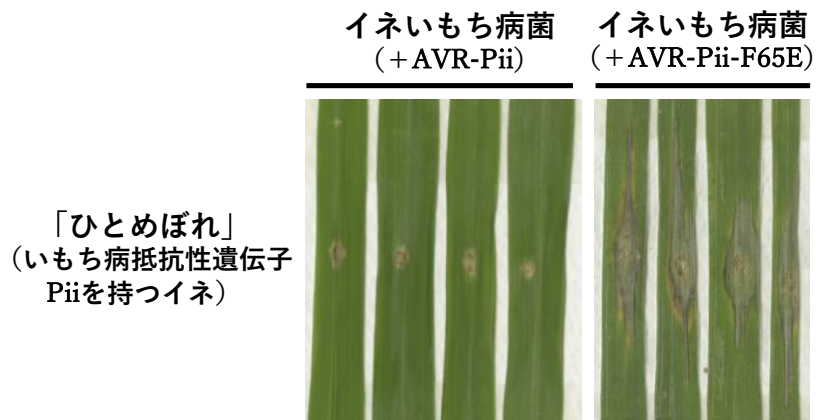


図2. イネ品種「ひとめぼれ」はいもち病抵抗性遺伝子Piiを持つため、AVR-Piiを持つイネいもち病菌に抵抗性を示し、病斑が広がらない（左）。一方で、OsExo70F2と結合できなくなったAVR-Pii変異体(AVR-Pii-F65E)を持ついもち病菌はPiiに認識されず、病斑が広がる（右）。

3. 波及効果、今後の予定

近年、様々なタンパク質の機能が構造レベルで解明されてきています。そのため植物の免疫に関わるタンパク質についても、その構造レベルでの詳細情報が、新規耐病性戦略を構築するために活用され始めています。本研究で見出された新規のタンパク質構造とその結合様式は植物抵抗性タンパク質の病原体認識機構の実態理解を広げるものであり、それを基盤情報にした抵抗性タンパク質の認識範囲の拡大や改変への道筋をつけるものとなっています。Piiのような抵抗性タンパク質はイネに限らず様々な植物が持っているため、将来的に多種の作物の耐病性強化にも資する基礎研究として、農作物の収量増加や安定供給に貢献できます。

<研究プロジェクト>

本研究は、(公財)岩手生物工学研究センター、京都大学、John Innes Center、The Sainsbury Laboratoryの共同研究により遂行されました。また、本研究は、日本学術振興会科学研究費基盤研究(S)「イネ-いもち病相互作用の分子機構の解明」15H05779、基盤研究(S)「イネNLR抵抗性遺伝子の機能と進化の解明」20H05681、等の助成を受けて実施されました。

<用語解説>

Pii:イネがいもち病菌を認識するためのタンパク質(受容体)の1つ。AVR-Piiを持ついもち病菌の感染を認識して、いもち病の感染を抑える抵抗性反応を誘導する。そのため抵抗性タンパク質とも呼ばれる。同様の基本構造を持つ抵抗性タンパク質は様々な植物に認められる。

AVR-Pii:いもち病菌が分泌するタンパク質の1つ。AVR-Piiを持ついもち病菌はイネの抵抗性タンパク質Piiに認識されるため、Piiを持つイネには感染できない。

OsExo70F2/F3:イネのExo70タンパク質ファミリーのメンバー。Exo70タンパク質は真核生物の細胞外小胞輸送(エキソサイトーシス)を制御する機能を持つ。AVR-Piiは元々はOsExo70F2/F3と結合し、植物のエキソサイトーシスを攪乱することで、いもち病菌が感染しやすい環境を作り出していたのではないかと推測されている。*Pii*遺伝子を持つイネでは、OsExo70F2/F3はイネいもち病菌のAVR-Piiと結合し、PiiによるAVR-Pii認識に介在することで、抵抗性の誘導に必須の役割を果たす。

ジンクフィンガーモチーフ:タンパク質がとる様々な構造の1つ。亜鉛との結合に必要な構造として知られている。

<研究者のコメント>

東北地方を代表するイネ品種「ひとめぼれ」が有する耐病性機構の実態解明に切り込んだ研究です。