

論文内容の要旨

申請者氏名 藤 雅子

植物は様々な微生物集団（微生物叢）を体内に宿しており、免疫システムを駆使して、病原菌の防除と植物に有益な共生菌との共生を両立させている。細胞ダメージシグナル（DAMPs）は、病原菌感染に特徴的なシグナルとして認識され、宿主が病原菌と非病原菌を識別し、前者に対して免疫応答を強く誘導する働きをもつ。同時に、感染抑止後の免疫応答の収束など、感染（ダメージ）レベルに応じた免疫応答の調節を可能にし、成長と生体防御のバランス調節に重要な役割を担うと考えられているが、特に植物では分子実体や分子制御機構に関して不明な点が多い。

本研究では、植物 DAMP ペプチドの一つ、Pep ペプチドのイネホモログ OsPep ファミリーが、イネにおいて免疫強化機能に加えて植物バイオマス増加（根系拡張）機能を併せ持つことを示し、その成立基盤について解明を進めた。まず、イネ変異体や *Nicotiana benthamiana* の一過的遺伝子発現系を用いて、OsPep による活性酸素種（ROS）バーストや MAPK 活性化など防御応答の誘導には受容体 OsPEPR1 が必要十分であることを示した。次に、OsPep6 投与は、OsPEPR1 を介して、防御応答のみならず根系拡張・植物成長を誘導する効果があること、及び後者の作用には、防カビ剤処理後の種子に由来して根に共生する微生物叢の存在が必要であることを示した。その際、OsPep6 は、根の共生微生物叢の群集構造を大きくシフトする機能も有することを示した。完全滅菌種子への OsPep6 投与や種子微生物叢の移植はむしろ発芽後成長を抑制することから、OsPep には微生物による成長阻害を緩和する働きがあると考えられた。しかしながら、OsPep による防御応答の誘導並びに共生微生物叢の構成シフトはリン栄養欠乏条件で顕著に増強される一方で、植物成長促進効果はリン条件にかかわらず見られることから、これらの誘導メカニズムは OsPEPR1 を共有するものの部分的に異なることが示唆された。さらに、OsPep の植物成長促進機能の発現に重要な共生細菌の探索を進めて、OsPep 及び *OsPEPR1* 依存的にイネの成長を促進する *Sphingomonas sp.* 株を同定した。ゲノム解析を行なったところ、同属の新種であり、近縁種が持つ窒素固定遺伝子は有していないことが判明した。また、同細菌株によるイネ成長促進効果は既知の菌根共生制御因子 *CCaMK* に依存することも示した。

以上の結果から、免疫活性化 Pep ペプチドの新たな機能として、根系の「成長促進機能」と「共生微生物叢の制御機能」を見出し、それらを既知の免疫強化機能と関連づけた。OsPep-OsPEPR1 を介した根系拡張機能は共生微生物に依存しており、*Sphingomonas* 属細菌がその一端を担っている可能性を示した。また、OsPep と新種細菌 *Sphingomonas sp.* の組合せは、イネ幼苗の成長促進・健康増進技術の有望シーズとしても期待され、応用的価値の高い知見を提供した。

やむを得ない事由[図書出版、学術雑誌等への掲載、特許・実用新案出願、個人情報等の保護、その他（ ）]により本要旨を非公表とする。

【※該当する事由に○印をすること】

論文審査結果の要旨

申請者氏名 藤 雅子

植物は、常に多様な微生物（微生物叢）を体内に宿しており、環境変化に応じて微生物叢の構成をシフトし、特定の菌群と共生関係を成立させることで環境適応を図っている。その際、一般的には拮抗的な関係にある、病原菌防除と共生菌寛容、あるいは免疫強化と成長促進、のバランスを調節することが鍵となると予想されるものの、その仕組みについては不明な点が多かった。

申請者は、本論文において、イネでは、免疫活性化ペプチド OsPep が受容体 OsPEPR1 を介して防御応答を誘導しながら植物（特に根系）成長の促進に働く現象を見出し、その成立基盤について研究を行った。OsPep による植物成長促進効果は完全滅菌種子では見られず微生物叢の移植で回復されることから、共生微生物に依存すること、さらには OsPep が微生物叢による植物成長への負荷を緩和する方向に働くことを示した。その際、OsPep が *Sphingomonas* 属など特定の細菌グループの存在比を高めるなど微生物叢の構成シフトを誘導することも明らかにした。これらの結果は、植物において病原菌に対する免疫機構と比較して解明が遅れている、共生菌叢の制御に働く免疫機構に関して重要な知見を提供するものである。さらに、OsPep 植物成長促進機能の発現に寄与する、新規の共生細菌株 *Sphingomonas* sp. を同定し、ゲノム解析やイネ共生基盤に関する遺伝学的解析を進めた。同細菌株によるイネの成長促進機能が *OsPEPR1* や菌根共生制御因子 *CCaMK* に依存することも示し、OsPEPR1 シグナル系と既知の菌根共生シグナル系が連携して共生制御に働く可能性を提唱した。以上のように、本論文は、免疫活性化ペプチド OsPep の新機能として共生微生物叢の制御機能や植物成長促進機能を同定し、互いに関連づけるとともに、リン栄養条件依存性に関する異質性も明らかにした。また、リン栄養や OsPep-OsPEPR1 依存的に制御されるイネ共生微生物叢のメタ DNA 解析データ、並びに新種のイネ成長促進共生細菌及びその接種方法など、研究リソースや研究手法の確立という観点においても重要な貢献がなされた。

OsPep-OsPEPR1 による共生制御メカニズムや、イネ微生物共生体による植物成長促進メカニズムの解明は今後の研究が待たれるものの、植物免疫システムの多機能性や植物の免疫—成長バランスの制御機構に関して研究を進展させたことの意義は大きい。予備審査会における指摘に従い、記述の正確性を高めて議論も深化させた論文の改訂版を提出しており、十分な対応がなされたと評価された。植物の環境適応機構の理解を深めた学術的進歩性に加えて、イネにおいて共生菌応用技術の開発に向けて重要な知見や資材を提供した点も高く評価できる。よって審査委員一同は、本論文が博士（バイオサイエンス）の学位論文として価値あるものと認めた。

やむを得ない事由[図書出版, 学術雑誌等への掲載, 特許・実用新案出願, 個人情報等の保護, その他 ()]により本要旨を非公表とする。

【※該当する事由に○印をすること】