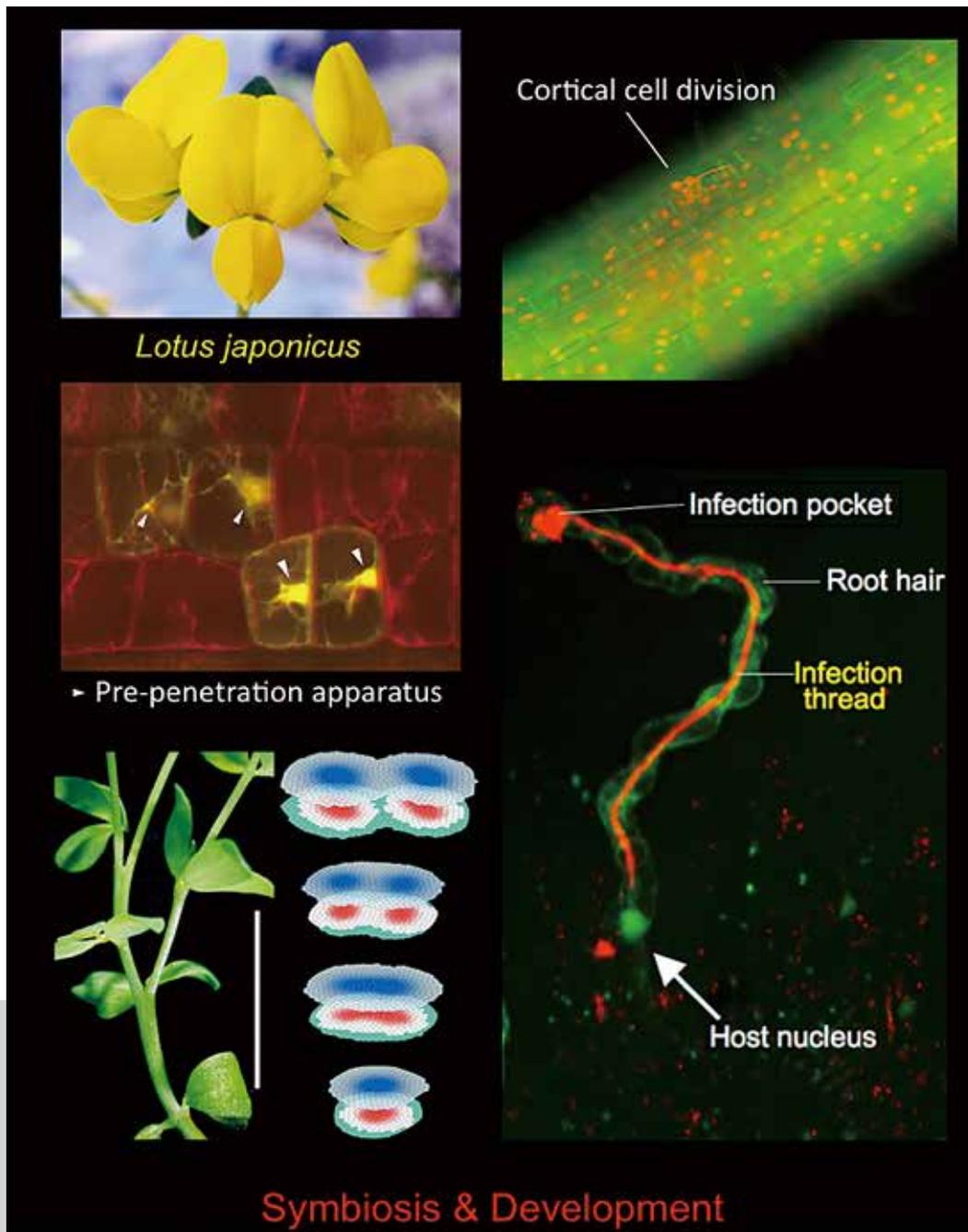


# 共生の仕組みと発生可塑性を解き明かす

マメ科植物は根粒菌と相互作用することによって、根毛のカーリング、感染糸形成、皮層細胞分裂等を誘導し、根粒と呼ばれる共生窒素固定器官を形成する。一方、陸上植物の多くはアーバスキュラー菌根菌と共生し、成長に必要なリンや水分を効率よく吸収している。近年、マメ科植物にみられる根粒共生は、4～5億年前に起原をもつ菌根共生に必須の遺伝子群と、茎頂メリステム (SAM) の維持に必要とされる遺伝子を多数流用して進化してきたことが見えてきた。

本研究部門では、日本に自生するマメ科のモデル植物ミヤコグサ *Lotus japonicus* とその共生微生物を用いて、共生の分子・進化メカニズムと、生物間相互作用による共生器官誘導の発生可塑性 (developmental plasticity) の分子メカニズムを研究している。



## Members

教授

川口 正代司

准教授

征矢野 敬

助教

藤田 浩徳

技術課技術職員

田中 幸子

日本学術振興会特別研究員

西田 帆那

博士研究員

中川 知己

小林 裕樹

前田 太郎

梶根 美佳

村上 英一

総合研究大学院大学

大学院生

LIU, Meng

大熊 直生

後藤 崇支

技術支援員

小川 祐子

義則 有美

東海林 麻美

小田 明子

事務支援員

小杉 瑛子

## 根粒形成過程の概要と共生遺伝子群

根粒の形成過程では、根粒菌の感染を契機に宿主植物のこれまで分化した組織であった根の皮層細胞が脱分化し、根粒原基形成に向けた新たな発生プログラムが実行される(図1)。

私たちはマメ科のモデル植物ミヤコグサを用いて網羅的な共生変異体の単離を行い、根粒菌との共生や窒素固定、さらには根粒形成のフィードバック制御に関わる遺伝子を特定してきた。興味深いことに、根粒形成のごく初期に関わる遺伝子の多くは、植物にリンを与えるアーバスキュラー菌根菌(AM菌)との共生にも必須であった(赤字で示した遺伝子)。共生の分子メカニズムと進化、さらには共生による発生可塑性のメカニズムの解明を目指して研究を行っている。

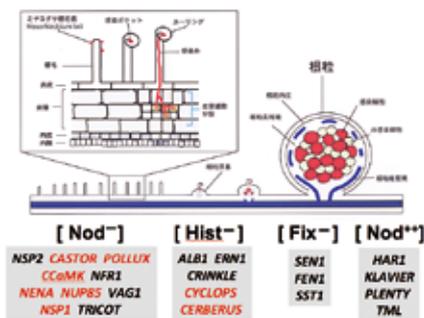


図1. 根粒形成過程の概要と根粒共生と菌根共生に必要な宿主遺伝子群

## 長距離コミュニケーションを介した根粒形成のフィードバック制御

マメ科植物は根粒菌との共生により大気中の窒素を利用することができるが、窒素固定には多く生体エネルギーが消費されるため、植物は根粒の数を適正にコントロールしている。

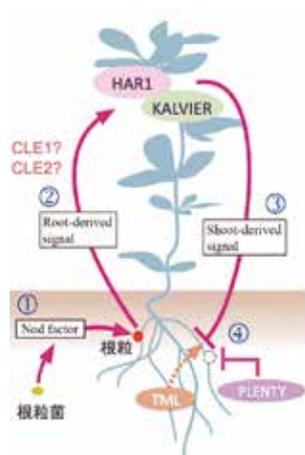


図2. 根粒形成の全身的なフィードバック制御機構のモデル図

私たちは、ミヤコグサの根粒超着生変異体を用いた解析から、根粒数が根とシュート間の長距離コミュニケーションにより制御される分子メカニズムを解明してきた。根からシュートへ長距離移動すると推定される糖修飾 CLE ペプチド、その受容体である HAR1、さらにはシュート由来因子を受け根で機能する TML 等の解析を行っており、根粒形成の全身的なフィードバック制御の

全容解明を目指している(図2)。

## アーバスキュラー菌根菌の絶対共生機構

AM菌と植物の共生は植物と微生物の最も普遍的な共生であり、その起源は4~5億年前と推定されている。AM共生に必要な宿主遺伝子を複数特定し、その分子機能の解析を進めている。一方、AM菌は宿主との共生なくして増殖できない絶対共生菌であり、かつ形質転換系が確立されていないために、その分子機構はほとんど不明である。私たちはオミクス解析から、AM菌の絶対共生機構の解明を目指している。

## 植物パターン形成の数理モデル解析

自己増殖的な茎頂分裂組織のパターン形成、あるいは共生の進化ダイナミクスを理解するために、実験的知見に基づいた数理モデルを構築し、解析している。そのシミュレーション結果に基づいて、実験による検証も試みている。

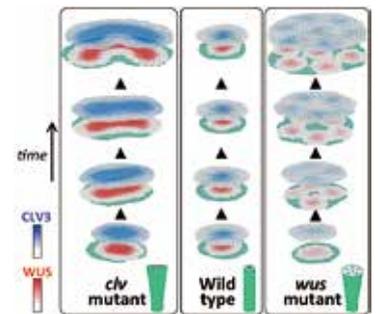


図3. 茎頂分裂組織パターンのコンピュータ・シミュレーション

## 参考文献

- Fujita, H. and Kawaguchi, M. (2018). Spatial regularity control of phyllotaxis pattern generated by the mutual interaction between auxin and PIN1. *PLoS Comput. Biol.* 14(4): e1006065.
- Sasaki, T., Suzaki, T., Soyano, T., Kojima, M., Sakakibara, H., and Kawaguchi, M. (2014). Shoot-derived cytokinins systemically regulate root nodulation. *Nat Commun.* 5, 4983.
- Soyano, T., Hirakawa, H., Sato, S., Hayashi, M., and Kawaguchi, M. (2014). NODULE INCEPTION creates a long-distance negative feedback loop. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 111, 14619-14624.
- Suzaki, T., Ito, M., Yoro, E., Sato, S., Hirakawa, H., Takeda, N., and Kawaguchi, M. (2014). Endoreduplication-mediated initiation of symbiotic organ development in *Lotus japonicus*. *Development* 141, 2441-2445.
- Yoro, E., Suzaki, T., Toyokura, K., Miyazawa, H., Fukaki, H., and Kawaguchi, M. (2014). A positive regulator of nodule organogenesis, NODULE INCEPTION, acts as a negative regulator of rhizobial infection in *Lotus japonicus*. *Plant Physiol.* 165, 747-758.
- Okamoto, S., Shinohara, H., Mori, T., Matsubayashi, Y. and Kawaguchi, M. (2013). Root-derived CLE glycopeptides control nodulation by direct binding to HAR1 receptor kinase. *Nat Commun.* 4, 2191.
- Nishimura, R., Hayashi, M., Wu, G.-J., Kouchi, H., Imaizumi-Anraku, H., Murakami, Y., Kawasaki, S., Akao, S., Ohmori, M., Nagasawa, M., Harada, K., and Kawaguchi, M. (2002). HAR1 mediates systemic regulation of symbiotic organ development. *Nature* 420, 426-429.

教授  
川口 正代司

准教授  
征矢野 敬

助教  
藤田 浩徳

