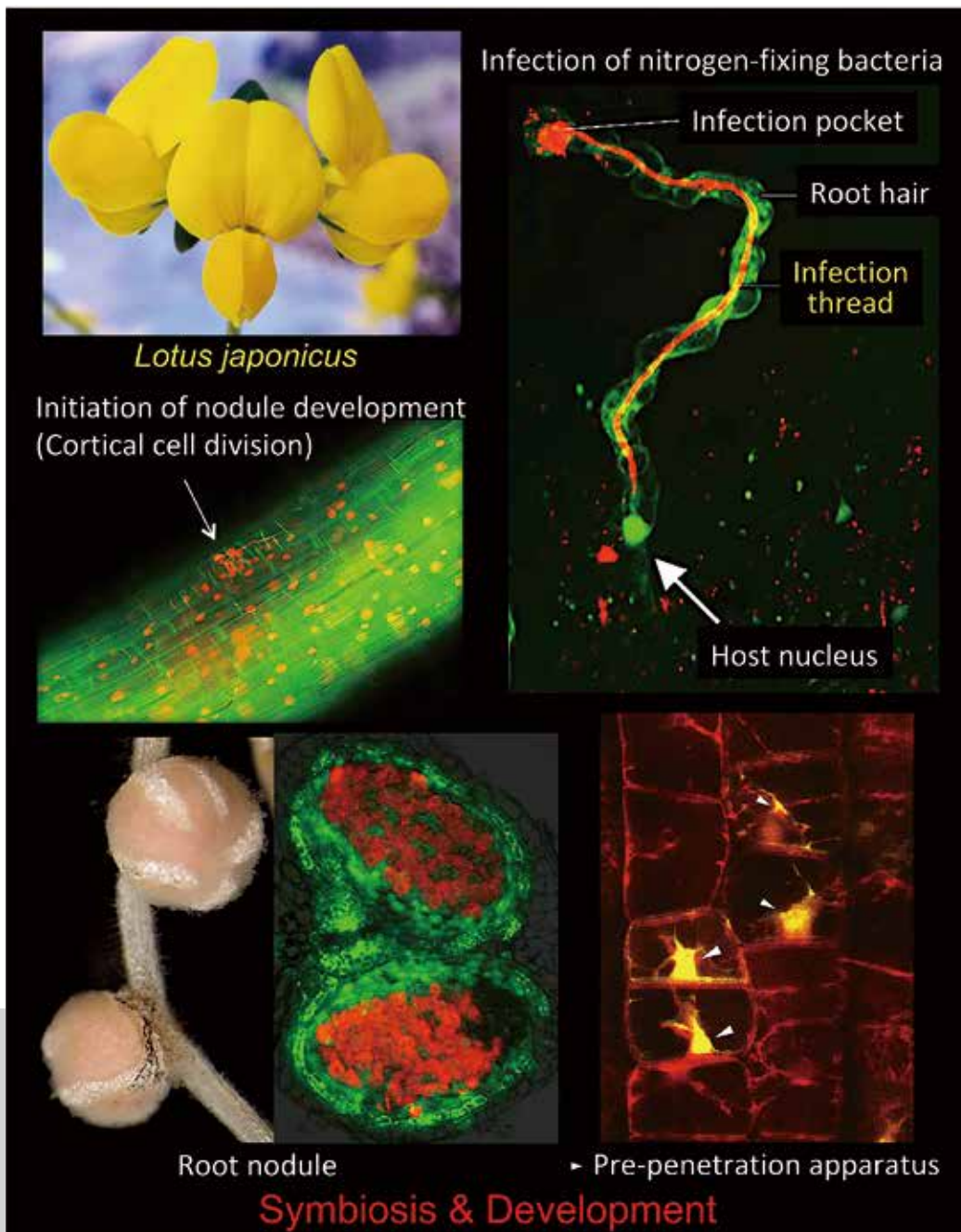


共生の仕組みと発生メタボロミクス

マメ科植物は根粒菌と相互作用することによって、感染糸の形成や皮層細胞分裂等を誘導し、「根粒」と呼ばれる窒素固定器官を形成する。一方、陸上植物の根にはアーバスキュラー菌根菌が共生し、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、約4億年前に起源を持つアーバスキュラー菌根共生を基盤として、茎頂メリステム (SAM) や側根形成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* と根粒菌、アーバスキュラー菌根菌を主に用いて、共生の分子メカニズムと進化の解明を目指している。さらには発生過程に連動した代謝システム（発生メタボロミクス）の解明に取り組んでいる。



Members

教授

川口 正代司

准教授

征矢野 敬

助教

川出 健介

特任助教

Meng Liu (10月15日まで)

技術課技術職員

田中 幸子

博士研究員

矢野 幸司

橋本 佳世

福留 光拳

梶根 美佳

特別協力研究員

中川 知己

総合研究大学院大学

大学院生

大熊 直生

後藤 崇支

技術支援員

小田 明子

根粒形成過程と共生遺伝子群

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の解明を目指している。

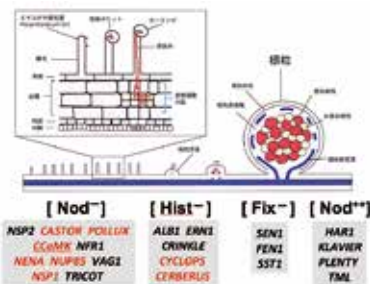


図 1. 根粒形成過程の概要と根粒共生と菌根共生に必要な宿主遺伝子群

遠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。私たちは、ミヤコグサの根粒過剰着生変異体を用いて、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。根からシュートへ遠距離移動する糖修飾 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根で受ける TML 等の解析を行っており、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）。また、植物が根の感染情報をわざわざシュート「葉」に伝達する理由は不明である。その謎の解明に取り組んでいる。

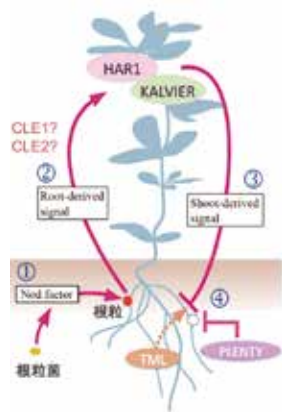


図 2. 根粒形成の全身的なフィードバック制御機構のモデル図

根粒形成を制御する分子機構

根粒共生と AM 共生で初期応答に関わる遺伝子が共通するように、マメ科植物ほどの植物にも保存される遺伝子をうまく利用しながら、根粒の形成を制御、調節していると考えられる。通常、植物は側根を発達させることで土壤中の限られた栄養を効率的に吸収できるように工夫している。私たちの研究成果から、根粒共生に特異的な NIN 転写因子の下流で、側根の発達に関わる遺伝子が根粒の形成に流用されていることが分かってきた。根粒共生のために進化した因子が側根の発達経路とどのように相互作用しているのかを探ることで、根粒形成の進化やその仕組みの理解を目指している。

アーバスキュラー菌根菌の特性解明と培養

アーバスキュラー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、形質転換系が確立されてないために、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、菌根菌の絶対共生性の解明と新しい培養技術の開発を試みている。

発生と代謝の未知なるつながりを探る

代謝システムへの摂動が、発生現象にどのような影響を与えるかを定量的に評価し、発生現象と代謝システムの未知なるつながりを体系的に探索している。また新しいメタボロミクス技術の開発に取り組んでいる。

参考文献

- Soyano, T., Shimoda, Y., Kawaguchi, M., and Hayashi, M. (2019). A shared gene drives lateral root development and root nodule symbiosis pathways in Lotus. *Science* 366, 1021-1023.
- Maeda, T., Kobayashi, Y., Kameoka, H., Okuma, N., Takeda, N., Yamaguchi, K., Bino, T., Shigenobu, S., and Kawaguchi, M. (2018). Evidence of non-tandemly repeated rDNAs and their intragenomic heterogeneity in *Rhizophagus irregularis*. *Commun. Biol.* 1, 87.
- 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, 14607-14612.
- 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
川出 健介

特任助教
Meng Liu

