

共生の仕組みと進化の解明、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 (AM 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、マメ科植物の根粒共生は、4 億年よりも前に起源を持つ AM 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流用して進化してきたことが見えてきた。一方で窒素固定共生はバラ科やウリ科植物などで失われたことも分かってきた。本研究部門では、日本に自生するマメ科モデル植物ミヤコグサと AM 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。さらには進化過程で失われた根粒共生の復元や発生過程に連動した代謝システムの解明にも取り組んでいる。

Members

教授

川口 正代司

准教授

征矢野 敬

助教

川出 健介

技術課技術職員

田中 幸子

博士研究員

矢野 幸司

橋本 佳世

特別協力研究員

中川 知己

総合研究大学院大学

大学院生

後藤 崇支

中川 颯也

技術支援員

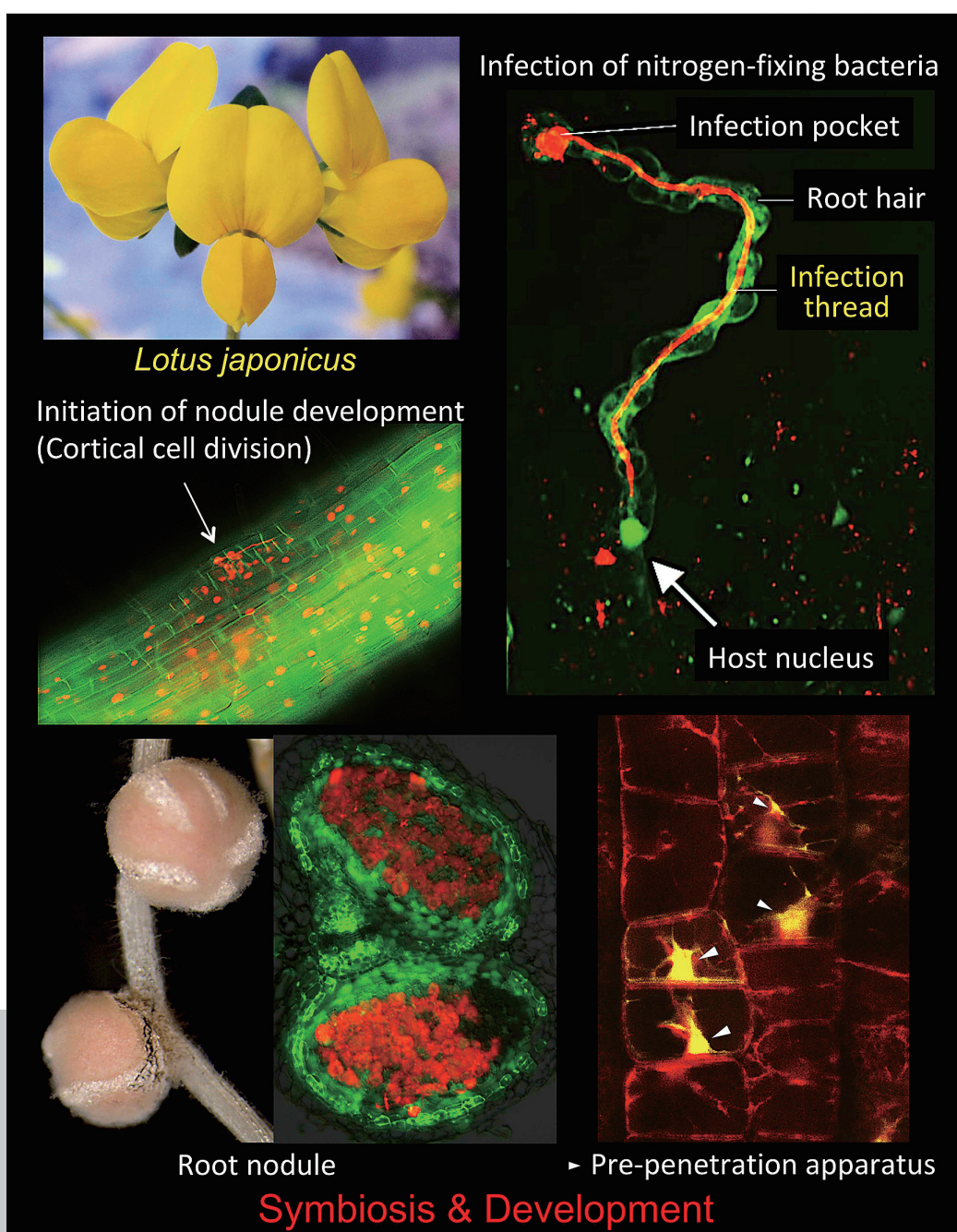
塚尾 ちはや

小田 明子

星野 敏二

事務支援員

小杉 瑛子



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、根粒菌の感染や窒素固定、さらには根粒形成の全身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。

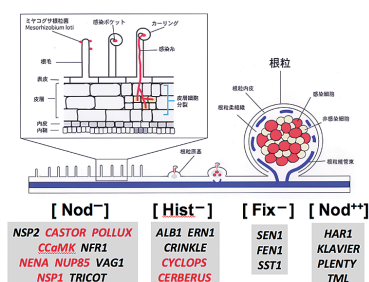


図1. 根粒形成過程の概要と根粒共生と菌根共生に必要な宿主遺伝子群

葉と根の遠距離コミュニケーションを介した根粒形成の全身制御

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、根粒数が根と葉の間の遠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。根から葉へ遠距離移動する糖修飾 CLE ペプチド、そのレセプターである 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、植物が根の感染や窒素情報をあえて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。

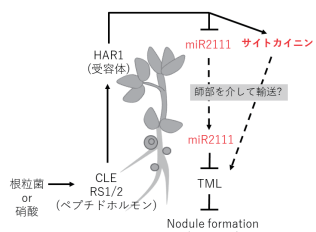


図2. 「根」と「葉」の遠距離シグナル伝達を介した根粒形成の全身制御モデル

根粒形成シグナリングと共生系の進化

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、マメ科植物は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。

多様なAM菌の純粋培養及び形質転換技術開発

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、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の情報を元に、多様なAM菌の純粋培養技術開発を試みている。また多核であるAM菌の形質転換法の開発にも挑戦している。

植物の発生と代謝の未知なるつながりを探索

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

- Goto, T., Soyano, T., Liu, M., Mori, T., and Kawaguchi, M. (2022). Auxin methylation by IAMT1, duplicated in the legume lineage, promotes root nodule development in *Lotus japonicus*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 119, e2116549119.
- Tanaka, S., Hashimoto, K., Kobayashi, Y., Yano, K., Maeda, T., Kameoka, H., Ezawa, T., Saito, K., Akiyama, K., and Kawaguchi, M. (2022). Asymbiotic mass production of the arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus clarus*. *Commun. Biol.* 5, 43.
- Okuma, N., Soyano, T., Suzuki, T., and Kawaguchi, M. (2020). MIR2111-5 locus and shoot-accumulated mature miR2111 systemically enhance nodulation depending on HAR1 in *Lotus japonicus*. *Nat. Commun.* 11, 5192.
- 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.
- Sasaki, T., Suzuki, T., Soyano, T., Kojima, M., Sakakibara, H., and Kawaguchi, M. (2014). Shoot-derived cytokinins systemically regulate root nodulation. *Nat. Commun.* 5, 4983.
- 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

