

未来社会創造事業（探索加速型）  
「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域  
終了報告書（探索研究）

令和 2 年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名:佐藤 修正]

[東北大学 大学院生命科学研究科・教授]

[研究開発課題名:窒素固定共生のリコンストラクション]

実施期間 : 令和 2 年 11 月 1 日～令和 7 年 3 月 31 日

## §1. 研究実施体制

### (1)「東北大」グループ(東北大学)

① 研究開発代表者:佐藤 修正 (東北大学 生命科学研究科、教授)

#### ② 研究項目

- ・窒素固定クレード植物の比較ゲノム解析
- ・窒素固定クレード植物への複数遺伝子導入系の開発

### (2)「九州大」グループ(九州大学)

① 主たる共同研究者:平川 英樹 (九州大学 大学院農学研究院、教授)

#### ② 研究項目

- ・窒素固定クレード植物のゲノム配列解析
- ・窒素固定クレード植物の比較ゲノム解析

### (3)「かずさ」グループ(かずさ DNA 研究所)

① 主たる共同研究者:白澤 健太 (かずさ DNA 研究所 植物ゲノム・遺伝学研究室、室長)

#### ② 研究項目

- ・窒素固定クレード植物のゲノム配列解析
- ・窒素固定クレード植物のトランスクリプトーム解析

### (4)「基生研」グループ(基礎生物学研究所)

① 主たる共同研究者:征矢野 敬 (基礎生物学研究所 共生システム研究部門、准教授)

#### ② 研究項目

- ・共生関連遺伝子の機能保存性の評価
- ・根粒共生付与の鍵となる遺伝子群の解明

### (5)「筑波大」グループ(筑波大学)

① 主たる共同研究者:壽崎 拓哉 (筑波大学 生命環境系、准教授)

#### ② 研究項目

- ・保存共生関連遺伝子の機能評価
- ・鍵となる欠失遺伝子の解明

### (6)「農研機構」グループ(農業・食品産業技術総合研究機構)

① 主たる共同研究者:下田 宜司 (農研機構 生物機能利用研究部門、上級研究員)

#### ② 研究項目

- ・窒素固定細菌と窒素固定クレード植物の相互作用解析
- ・イチゴの根に内生する窒素固定細菌の探索

### (7)「鹿児島大」グループ(鹿児島大学)

① 主たる共同研究者:福留 光挙 (鹿児島大学 大学院理工学研究科、助教)

#### ② 研究項目

- ・窒素固定細菌の開発
- ・窒素固定細菌と窒素固定クレード植物の相互作用解析

(8)「静岡大」グループ(静岡大学)

① 主たる共同研究者: 富永 晃好 (静岡大学 学術院農学領域、助教)

② 研究項目

- ・イオンビーム照射によるイチゴ突然変異体のスクリーニング
- ・イチゴ突然変異体の特性評価

## §2. 研究開発成果の概要

マメ科植物は窒素固定菌を細胞内に取り込み大気中の窒素をアンモニアに変換し、窒素栄養として利用することができる。窒素固定共生を行う植物は、マメ科植物のみならず、ブナ目、バラ目、ウリ目の植物にも存在している。窒素固定クレードと呼ばれるこれらの植物群のゲノム解析から、これらの共通祖先で共生能が確立され、その後このクレードの多くの種は遺伝子機能の欠失により共生能を失ったと推定されている。このような背景から、本研究では、窒素固定クレードに属する植物を対象として、進化の過程で失われた共生関連遺伝子群を解明し、それらの遺伝子群を戻す“復元”(リコンストラクション)のアプローチで窒素固定共生能を非マメ科植物に付与することを目指している。探索研究期間では、イチゴ(バラ目)を主な研究対象として、参画機関の強みを活かした4つの小課題を設定し、POCとした3つの要素技術、1)窒素固定共生の復元の鍵となる遺伝子群の同定、2)同定した複数の鍵遺伝子を窒素固定クレード植物に導入する技術の開発、3)鍵遺伝子を導入した窒素固定クレード植物と相互作用できる窒素固定細菌の同定、の確立に取り組んだ。

その結果、比較ゲノム解析(小課題1)と遺伝子機能からのアプローチ(小課題2)により、6種類の共生復元鍵遺伝子を同定することができた。これらの遺伝子を小課題3で開発した複数遺伝子導入技術でイチゴに導入することにより、イチゴの根に形状変化が生じることを見出した。さらに、6種の鍵遺伝子を導入したイチゴに対して、小課題4で選定した広宿主域根粒菌を接種することにより、マメ科植物で見られる共生応答の一部が誘導されることを確認した。

### 【代表的な原著論文情報】

Phenolic acids induce Nod factor production in *Lotus japonicus*-*Mesorhizobium* symbiosis. Shimamura M, Kumaki T, Hashimoto S, Saeki K, Ayabe SI, Higashitani A, Akashi T, Sato S, Aoki T. *Microbes Environ.* **37**: ME21094 (2022).

Nitrate transport via NRT2.1 mediates NIN-LIKE PROTEIN-dependent suppression of root nodulation in *Lotus japonicus*. Misawa F, Ito M, Nosaki S, Nishida H, Watanabe M, Suzuki T, Miura K, Kawaguchi M, Suzaki T. *Plant Cell* **34**: 1844-1862. (2022)

Periodic cytokinin responses in *Lotus japonicus* rhizobium infection and nodule development. Soyano, T., Akamatsu, A., Takeda, N., Watahiki, M.K., Goh, T., Okuma, N., Suganuma, N., Kojima, M., Takebayashi, Y., Sakakibara, H., Nakajima, K., Kawaguchi, M. *Science* **385**: 288-294. (2024)