

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  
年次報告書（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]

[所属:国立大学法人 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 5 年 4 月 1 日～令和 6 年 3 月 31 日

## §1. 研究開発実施体制

### (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)「かずさ」グループ(かずさ DNA 研究所)

① 主たる共同研究者:平川 英樹 (かずさ DNA 研究所 ゲノム情報解析施設、施設長)

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比較ゲノム解析

### (3)「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

### (4)「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

### (5)「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

- ・窒素固定バクテリア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

### (6)「鹿児島大」グループ(鹿児島大学)

① 主たる共同研究者:内海 俊樹 (鹿児島大学 学術研究院理工学域、教授)

② 研究項目

- ・窒素固定バクテリアの開発
- ・窒素固定バクテリアと窒素固定クレード植物の相互作用解析

(7)「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イチゴ(バラ目)とカスミヒメハギ(マメ目)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。

2023 年度は、昨年度までの比較ゲノム解析で窒素固定クレード植物に共通する共生能復元の鍵遺伝子として同定した *NIN* と *RPG* 遺伝子と、共生シグナルを常時 ON にする機能を持つ活性化型の *CCaMK* 遺伝子を連結した形質転換用のコアベクターを構築し、毛状根形質転換系を用いてイチゴ、カスミヒメハギに導入する技術を確認した。また、遺伝子機能ベースの解析から新たに共生能復元の鍵となる転写因子遺伝子を同定し、これらの遺伝子を導入したイチゴ、カスミヒメハギで、根粒形成と同様の表皮細胞の分裂が誘導され、根の形状変化が生じることを見出した。

一方、菌側からのアプローチでは、広宿主域の根粒菌がイチゴ、カスミヒメハギをはじめとする多くの窒素固定クレード植物に内生できる可能性があることを確認するとともに、これらの根粒菌の接種により、イチゴとカスミヒメハギで保存されている共生関連遺伝子の一部が発現誘導されており、さらに、宿主との相互作用を調整する根粒菌の遺伝子を破壊することにより、発現誘導される共生関連遺伝子の数が増加することを見出した。

### 【代表的な原著論文情報】

IMA peptides regulate root nodulation and nitrogen homeostasis by providing iron according to internal nitrogen status. Ito M, Tajima Y, Ogawa-Ohnishi M, Nishida H, Nosaki S, Noda M, Sotta N, Kawade K, Kamiya T, Fujiwara T, Matsubayashi Y, Suzuki T. *Nature Commun.* 15:733 (2024).

Reactive sulfur species produced by cystathionine  $\gamma$ -lyase function in the establishment of *Mesorhizobium loti*-*Lotus japonicus* symbiosis. Fukudome M, Ishizaki H, Shimokawa Y, Mori T, Uchi-Fukudome N, Umnajkitikorn K, Murakami EI, Uchiumi T, Kawaguchi M. *Microbes Environ.* 38: ME23021 (2023)