

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:妹尾 啓史]

[東京大学 大学院農学生命科学研究科・教授]

[研究開発課題名:鉄還元菌窒素固定の増強による低肥料バイオマス生産]

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)「東大農学系」グループ(東京大学大学院農学生命科学研究科)

① 研究開発代表者:妹尾 啓史 (東京大学大学院農学生命科学研究科、教授)

② 研究項目

- ・土壌の鉄還元菌窒素固定を増強する鉄および稲わら由来炭素化合物の解析
- ・土壌の鉄還元菌窒素固定を増強するイネの要因解析と新品種作成

(2)「東大理学系」グループ(東京大学理学系研究科)

① 主たる共同研究者:高橋 嘉夫 (東京大学大学院理学系研究科、教授)

② 研究項目

- ・水田土壌における鉄鉱物、鉄含有粘土鉱物の解析
- ・土壌に施用した鉄資材の動態解析

(3)「産総研」グループ(産業技術総合研究所)

① 主たる共同研究者:伊藤 英臣 (産業技術総合研究所生命工学領域、主任研究員)

② 研究項目

- ・鉄還元窒素固定菌の分離、性状解析、窒素固定増強解析
- ・土壌における鉄還元窒素固定菌の分布・群集組成解析

(4)「新潟農総研」グループ(新潟県農業総合研究所)

① 主たる共同研究者:大峽 広智 (新潟県農業総合研究所基盤研究部、主任研究員)

② 研究項目

- ・鉄資材を利用した低肥料バイオマス生産技術の圃場での実証

【その他の研究参画機関】

「JFE スチール」グループ(JFE スチール株式会社)

§2. 研究開発成果の概要

本課題の目的は、我々が近年発見した「鉄還元菌による窒素固定」という新規な土壌微生物機能に基づく土壌窒素供給力向上を考案し、低肥料バイオマス生産技術の開発を行うことであり、「Ⅰ. 水田土壌の鉄還元菌窒素固定を増強する技術の基盤研究」および「Ⅱ. 鉄資材を利用した低肥料バイオマス生産技術の圃場での実証」を軸としている。Ⅰでは、鉄還元窒素固定菌が利用し、高い窒素固定活性を示す電子供与体としての低分子炭素化合物ならびに稲わら構成成分を明らかにし、同じく電子受容体としての低結晶性鉄鉱物の種類を特定した。世界の水田土壌に鉄還元窒素固定菌が生息し優占していること、水田土壌中の鉄還元菌量と正の相関を示す土壌理化学性を明らかにし、鉄散布による鉄還元菌窒素固定活性の増強効果には普遍性がある可能性

を示した。土壌における鉄の形態を解析し、(i)土壌に元来存在する低結晶性鉄鉱物の種類と存在量の変化、(ii)土壌に散布した鉄資材が酸化されて生成した鉄鉱物の種類、(iii)土壌中の鉄還元菌窒素固定活性を高める鉄鉱物ならびに鉄含有粘土鉱物の種類、を明らかにした。土壌中の鉄還元菌窒素固定活性を高める各種の稲わら由来炭素化合物と低結晶性鉄鉱物の組合せを明らかにした。また、水田土壌における鉄還元菌窒素固定の増強はメタン生成抑制につながることを示した。一方、土壌の鉄還元菌窒素固定菌の割合を増加させるイネの作出を進めるとともに、土壌中の窒素循環微生物の変動に関わるイネのゲノム領域を検出した。土壌－微生物－植物の相互作用に関する統合ネットワーク解析から、土壌の鉄還元菌窒素固定に関与する可能性のある植物や土壌微生物の要因を見出した。IIでは、新潟県長岡市及び十日町市の圃場において、窒素慣行施用区と無窒素施用区を設置し、それぞれに鉄資材施用区と無施用区を設けたイネの栽培試験を継続した。鉄資材の施用で水稻の窒素吸収量と収量が増加し、鉄の効果は少なくとも7年間は継続した。施用した鉄の大部分は作土および次表層に留まっていた。鉄資材の効果が得られる最少の施用量および効果を高める圃場管理を明らかにした。また、水田から排出される温室効果ガスのメタンガスも鉄資材の施用により削減され、窒素肥料使用量の削減と併せて、低炭素社会の実現に貢献できる技術であることが明らかになった。

【代表的な原著論文情報】

1. Genome-based taxonomic rearrangement of the order *Geobacterales* including the description of *Geomonas azotofigans* sp. nov. and *Geomonas diazotrophica* sp. nov.. Zhenxing Xu, Yoko Masuda, Xueding Wang, Natsumi Ushijima, Yutaka Shiratori, Keishi Senoo and Hideomi Itoh. *Front. Microbiol.*, 737531. (2021) doi: 10.3389/fmicb.2021.737531
2. Global soil metagenomics reveals distribution and predominance of *Deltaproteobacteria* in nitrogen-fixing microbiome. Yoko Masuda, Kazumori Mise, Zhenxing Xu, Zhengcheng Zhang, Yutaka Shiratori, Keishi Senoo, Hideomi Itoh. *Microbiome* volume 12, Article number: 95 (2024). doi:10.1186/s40168-024-01812-1
3. Ferrihydrite addition activated *Geobacteraceae*, the most abundant iron-reducing diazotrophs, and suppressed methanogenesis by heterogeneous methanogens in xylan-amended paddy soil microcosms. Yoko Masuda, Mitsutaka Chihara, Keishi Senoo, *Microbes Environ.*, 39(3) (2024). doi: 10.1264/jsme2.ME24028