

戦略的国際科学技術協力推進事業（日本－中国 研究交流）

1. 研究課題名：「土壌の酸性化機構の解析と生物による酸性土壌の新規修復技術の開発」
2. 研究期間：平成 21 年 4 月～平成 24 年 3 月
3. 支援額： 総額 19,500,000 円
4. 主な参加研究者名：

日本側（研究代表者を含め 6 名までを記載）

	氏 名	所 属	役 職
研究代表者	長谷川 功	日本大学生物資源科学部	教 授
研 究 者	砂入 道夫	日本大学生物資源科学部	教 授
研 究 者	青木 俊夫	日本大学生物資源科学部	教 授
研 究 者	隅田 裕明	日本大学生物資源科学部	准 教 授
研 究 者	野口 章	日本大学生物資源科学部	准 教 授
研 究 者	上田 眞吾	日本大学生物資源科学部	教 授
参加研究者 のべ 14名			

中国側（研究代表者を含め 6 名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	Renfang Shen	Institute of Soil Science, CAS	Professor
研 究 者	Renkou Xu	Institute of Soil Science, CAS	Professor
研 究 者	Shaojian Zheng	Zhejiang University	Professor
研 究 者	Xueqiang Zhao	Institute of Soil Science, CAS	Assistant Professor
研 究 者	Rongfu Chen	Institute of Soil Science, CAS	Assistant Professor
研 究 者	Xiaoying Dong	Institute of Soil Science, CAS	Assistant Professor
参加研究者 のべ 10名			

5. 研究・交流の目的

酸性土壌に適応できる生物種を選抜し、その適応機能についての生理学的・生態学的解析を行うとともに、それらの生物を活用した酸性土壌の修復技術を開発することを本研究の目的とする。

具体的には、日本側の酸性土壌に適応できる植物および微生物、さらには植物－微生物共生系による酸性適応能の付与などに関するこれまでの知見や選抜技術と、中国側の作物のアルミニウム過剰耐性種の選抜技術の知見を組み合わせ、生物を用いた酸性土壌修復技術の開発に利用できる酸性適応生物を探索する。

長江以南の中国南部に広がる酸性土壌地帯における農業生産性向上は、中国だけでなくわが国を含めた世界の食料需給にとって最大の課題の一つである。温暖湿潤な気候から酸性土壌の問題を解決あるいは緩和することによって、大幅な生産性向上が期待される。

6. 研究・交流の成果

6－1 研究の成果

- ・ システイン合成酵素活性を指標とする耐酸性植物のスクリーニング法が日本側から中国側に移転され、実用技術となりつつある。
- ・ システイン合成酵素活性の高い植物は、チオール基含有化合物が過剰重金属のリガンドや活性酸素種の消去に機能していることを示唆する新知見を得た。

- ・植物の耐酸性とリン栄養に対する感受性との間にきわめて密接な関連性のあることを見出した。
- ・酸性土壌に適応した植物・微生物共生系について研究を進め、既にゲノム配列をほぼ決定していた *Acidocella* 属菌株のトランスポゾン突然変異ライブラリーを作成し、酸性土壌適応関連遺伝子群を効率的かつ網羅的にクローニングと遺伝子解析を行った。
- ・今回の共同研究活動で中国の油茶畑から高いアルミニウム耐性の酵母を単離し、ゲノミックス解析、ポストゲノミックス解析を日中共同で行い、アルミニウム耐性に関連する新しい知見を得ることができた。これまで酸性土壌適応植物・微生物共生系の研究は細菌を中心に行ってきたが、本研究で真核微生物の寄与について明らかにすることができた。
- ・作物残渣等を有効利用した **Biochar** による酸性土壌改良の新知見が中国側により得られた。
- ・日本側の「酸性土壌適応植物および微生物の解析技術と知見」や「植物－微生物共生系による酸性適応能の付与技術」と、中国側の「作物のアルミニウム過剰耐性種の選抜技術の知見」を組合せることにより、酸性土壌修復技術開発に役立つ酸性適応生物を探索、解析、応用が可能となった。
- ・その結果、酸性土壌に適応できる生物種の選手法と技術、適応機能の生理学的・生態学的解析法を日中双方が共有し、生物を活用した酸性土壌修復技術を相互に開発し得る段階に至った。
- ・植物の酸性耐性について、日中で異なる着眼点から研究した結果、中国側からは培地中の窒素形態とそのバランスによりイネのアルミニウム耐性が異なること、日本側からは耐酸性植物の根圏中和にアンモニアが関与していることなどの、関連性のある研究結果が得られた。
- ・共同研究の中から新たな研究や技術が萌芽しており、日中双方に研究交流への強い希望がある。とくに以下の項目については、精力的な研究継続が行われる見込みである。
- ・酸性土壌におけるアルミニウムの形態分析方法、**Biochar** の原料および加熱温度の違いによる含有成分の違い、硫酸または尿素を添加した場合に硝化および酸性化に及ぼす影響、原料や加熱温度の異なる **Biochar** の添加が酸性土壌の改善に及ぼす影響など。
- ・酸性耐性とシステイン合成酵素の関係、同酵素遺伝子を過剰発現した形質転換体による解析、酸性耐性樹種 *Melaleuca cajuputi* のフマル酸分泌によるアルミニウム耐性、アルミニウム耐性における細胞壁成分、細胞膜脂質の役割など。
- ・中国で分離されたアルミニウム耐性酵母の細胞表層画分リン脂質の脂肪酸組成の変化と同酵母のゲノム解析など。
- ・研究成果の国際学会での発表や国内学会に招聘されての講演、学会誌上での総説執筆などを通して、当研究の成果は既に関係方面に伝播されている。

6－2 人的交流の成果

- ・日本側メンバーは当初 3 名であったが、研究の円滑な遂行ならびに交流活発化を図るために人員を増強し、最終的には上述の 14 名で研究を実施した（「2. 研究・交流の方法」に既述）。これらのメンバー中には中国関連の共同研究に初めて携わる若手研究者も多く、今後の交流活発化が期待できる。
- ・上述の増員のうち 5 名は博士研究員もしくは大学院生であり、当研究への参画ならびに訪中によって日中研究交流が確実に継続される基盤が形成された。
- ・ワークショップには、プロジェクトメンバーのみならず、日中の研究員や大学院生が多数出席し、行動を共にした。今後彼らが両国の交流継続の核となることが期待される。
- ・平成 20 年に西安で実施された JST-NSFC キックオフミーティングにおいて、初対面の中国側参加者から共同研究者を探す「ゼロ」からの交流開始であったが、研究計画・

研究実施・毎年のワークショップを通して極めて強固な交流実績を作り上げることができた。

- ・本交流計画が契機となり、中国側メンバーである Dr. Zhao は、日本大学生物資源科学部の国際地域研究所の海外招聘研究員として平成23年11月から1ヶ月間同学部に滞在し、共同研究を行った。
- ・本研究の成果を受けて日本側メンバーである砂入道夫が日本学術振興会国際交流事業である外国人特別研究者に「酸性土壌に適応した植物・微生物共生系の窒素代謝とアルミニウム耐性」の課題で応募し採択され、中国側メンバーである Dr. Zhao を平成24年5月から2年間日本大学に受け入れることが決定した。
- ・中国側メンバーが単離した耐酸性酵母の cDNA ライブラリー作製およびそれを用いた耐酸性遺伝子の形質転換植物の解析に関する共同研究を計画している。24年度は、日本大学生物資源科学部の競争的資金により中国側研究者が日本に滞在することになった。
- ・Final Meeting 時に、中国側代表の Dr. Shen が「全く知らなかった人達と知り合えたうえに、良い形で共同研究が進んでいる。当プロジェクトが終了しても、研究成果を蓄積し若い世代につなげたい。」と総括したように、非常に良い形で共同研究と関係を構築することができた。同 Meeting では、今後も友好的、協力的に研究を進めることを確認した。
- ・本交流では、キックオフミーティングで初めて出会った全く未知の中国研究者と研究交流を順調に進め、多くの共同研究成果を挙げ、若手研究者の交流も重ねてきた。その結果本研究交流の最大の成果として日中両国の参加者の間に「強固な相互信頼関係」を醸成することができた。その象徴的な出来事として、日本側の若手研究者が訪中時の東日本大震災があった。震災当日は中国側共同研究者と列車で南京市から江西省鷹潭市の土壤科学研究所赤土生態学実験施設に移動中であり、情報がほとんど入手できず心配だけが募る中、中国側共同研究者から心のこもった多くの励ましやご配慮を若手研究員にいただいた。悲惨な被災地の状況が伝わるにつれ、更に多くの励まし、同情の言葉や、援助の申し出までいただいた。これらのことは日中の研究者、特に若い大学院生たちには強い印象を与え、日中両者の信頼関係を主要メンバー間だけでなく参加する全てのメンバーの間でもさらに強固にすることとなった。この経験は今後の交流において大きな意味を持つと考えている。
- ・日中いずれで行われたワークショップにおいても、研究に関わる学術検討会を実施した後に当地の文化や自然環境を理解するための交流も実施した。これらを通してさらに日中研究者の絆が深まり、共同研究実施面に有形・無形のきわめて良い影響をもたらした。

7. 主な論文発表・特許等（5件以内）

相手国側との共著論文については、その旨を備考欄にご記載ください。

論文 or 特許	・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、出願番号、出願人、発明者等	備考
論文	Yoshida K., Iwasaka R., Shimada N., Ayabe S., Aoki T., Sakuta M., Transcriptional control of the dihydroflavonol 4-reductase multigene family in <i>Lotus japonicus</i> , <i>Journal of Plant Research</i> , 123 (6), 801-805, 2010.	
論文	Nakagawa T, Kaku H, Shimoda Y, Sugiyama A, Shimamura M, Takanashi K, Yazaki K, Aoki T, Shibuya N, Kouchi H. From defense to symbiosis: Limited alterations in the kinase domain of LysM receptor-like kinase are crucial for evolution of legume-Rhizobium symbiosis, <i>Plant Journal</i> , 65 (2):169-180, 2010	
論文	Aizawa T, Nguyen BV, Nakajima M, and Sunairi M. <i>Burkholderia acidipaludis</i> sp. nov., aluminum-tolerant bacteria isolated from the Chinese water chestnut,	

	Eleocharis dulcis, that grows in highly acidic swamps in Southeast Asia. <i>International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology</i> , 60 (9), 2036-2041, 2010	
論文	Kawahigashi, M., Do, N.M., Nguyen, B.V., and Sumida, H. Effective land and water management for controlling solutes from acid sulfate soils in Mekong Delta paddy fields. <i>Pedologist</i> , 55 , 278-285, 2011	
論文	Aizawa T, Vijarnsorn P, Nakajima M, Sunairi M. Burkholderia heleia sp. nov., an acidic pH-neutralizing bacteria isolated from torpedo grass (<i>Panicum repens</i>) that grows in highly acidic swamps in Thailand. <i>International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology</i> , 61 (7): p. 1645-1650, 2011	