

戦略的国際共同研究プログラム(SICORP)

日本－中国共同研究

終了報告書 概要

1. 研究課題名：「根圏微生物を活用したアブラナ科植物の効率的リン酸利用技術の開発」
2. 研究期間：平成 29 年 11 月～令和 3 年 3 月
3. 主な参加研究者名：
日本側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	西條 雄介	教授	奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科	研究総括
主たる共同研究者	晝間 敬	助教	同上	共生糸状菌の単離・機能解析
研究参加者	Kuldanai Pathompitaknukul	学生	同上	共生糸状菌の単離・機能解析
研究参加者	Ye Hong	学生	同上	共生糸状菌の機能解析、共生制御物質の同定
研究参加者	岡田 健太郎	学生	同上	植物共生制御遺伝子の解析
研究参加者	千種 亮	学生	同上	共生細菌の単離・機能解析
研究期間中の全参加研究者数			12 名	

相手側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Jian-Min Zhou	教授	中国科学院 遺伝・发育生物学研究所	研究総括
主たる共同研究者	Yang Bai	グループ長	同上	共生細菌の単離・機能解析
研究参加者	Wei Wang	ポスドク	同上	植物共生制御遺伝子の解析
研究参加者	Chulei Gao	学生	同上	共生細菌の単離・機能解析
研究参加者	Yongjin Wang	学生	同上	共生細菌の単離・機能解析
研究参加者	Ting Jiang	学生	同上	共生細菌の単離・機能解析
研究期間中の全参加研究者数			6 名	

4. 国際共同研究の概要

本研究は、植物の効率的リン酸利用技術の開発を目指して、菌根共生が起らないアブラナ科植物のリン酸利用を促進する根圏微生物群の同定とともに、有用微生物の植物成長促進メカニズム（植物因子、菌因子）の解明を進めた。

両国間での生物資材の交換が行えず、日本側は真菌・細菌双方に着目し、中国側は細菌に着目する形に計画変更した。両チームが持つ植物微生物相互作用の解析技術を融合させて、リン欠乏土壤への植物の適応を助ける有用細菌を同定した。また、同定された有用細菌の植物成長促進機能に必要な植物遺伝子も明らかにした上、共生糸状菌モデル種を用いてその効果的な活用に応用可能な植物代謝物質やパートナー細菌群を同定した。特に、植物のリン枯渇応答（PSR）制御因子がリン栄養獲得のみならず、共生制御にも重要であることを明らかにし、有用共生菌の実装化に向けて有用な情報を提供した。以上により、アブラナ科野菜にも適用可能なリン酸吸収効率を安定的に高める微生物群の同定・制御手法を確立した。今後、同手法や得られた有用菌を軸とすることで、SDGsに貢献する共生微生物を利用した省施肥農業技術の開発も加速化されると期待される。

5. 国際共同研究の成果

5-1 国際共同研究の学術成果および実施内容

本研究は、日中の植物の免疫・微生物共生を専門とする研究グループが合同で、植物の効率的リン酸利用技術の開発を目指した。主な成果として、菌根共生が起らないアブラナ科植物のリン酸利用を促進する根圏微生物群を同定し、有用微生物の植物成長促進メカニズム（植物因子、菌因子）の一端を明らかにした。得られた共生菌叢データや有用微生物剤、共生制御剤（植物免疫誘導剤・抗菌性代謝物や機械学習による植物栄養状態の診断モデルプロトタイプ）は、持続的農業の推進によるSDGs達成を強く後押しするもので、学術的・社会的価値が高い成果を得た。

5-2 国際共同研究による相乗効果

日中で植物免疫・共生研究を専門とする研究グループが協力して、共生微生物の単離・解析ノウハウを持ち寄ることで、リン枯渇環境でアブラナ科植物の成長を促進する共生糸状菌・共生細菌およびその有効な組合せ、さらには共生安定化剤の同定など優れた成果を得ることができた。日中間で生物資材の交換が実質的に制限される中で人的交流や情報交換を推進して、植物共生菌叢研究の今後の方向性についても明確な指針を得たばかりでなく、学生メンバーの国際化教育・学位修得や若手メンバーの独立・昇進などキャリア育成にもつなげることができた。

5-3 国際共同研究成果の波及効果と今後の展望

アブラナ科植物のリン利用効率を高める共生菌叢データや有用微生物剤、共生制御剤、並びに本研究ノウハウに長けた人材は、持続的農業の推進という観点で社会が求めるニーズにかなうものである。今後も本路線を継承・発展させていくことで上記の生物リソースや手法の農業への実装化を目指す。中国の植物サイエンスにおける盛況や、深刻な環境問題・食糧問題によりSDGsの達成が強

SICORP 終了報告書(日本側西條 PI・相手側ジャンミン PI 課題)

く望まれる国状を考慮しても、今後も協働関係を継続・発展させることの意義は大きい。本成果をベースに、「アブラナ科」植物に限らず広く植物の共生微生物に関する共同研究を展開して、環境保全型・省施肥栽培技術の開発につなげていきたい。

Strategic International Collaborative Research Program (SICORP)
 Japan – China Joint Research Program
 Executive Summary of Final Report

1. Project title : 「Improvement of phosphate utilization in Brassicaceae plants by root microbiome」
2. Research period : November 2017 ~ March 2021
3. Main participants :

Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	SAIJO Yusuke	Professor	Nara Institute of Science and Technology Graduate School of Science and Technology	Directing and designing projects, supervising members
Co-PI	Kei Hiruma	Assistant Professor	As above	Isolation and functional studies on plant-inhabiting microbes
Collaborator	Kuldanai Pathompit aknukul	PhD student	As above	As above
Collaborator	Ye Hong	PhD student	As above	Studies on plant metabolites regulating plant-inhabiting microbes
Collaborator	Kentaro Okada	PhD student	As above	Studies on plant regulators for plant-inhabiting microbes
Collaborator	Ryo Chigusa	Master student	As above	Isolation and functional studies on plant-inhabiting microbes
Total number of participants throughout the research period:				12

Partner-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Jian-Min Zhou	Professor	Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences	Directing and designing projects, supervising members
Co-PI	Yang Bai	Group Leader	As above	Isolation and functional studies on plant-inhabiting microbes
Collaborator	Wei Wang	PhD student	As above	Studies on plant regulators for plant-inhabiting microbes
Collaborator	Chulei Gao	PhD student	As above	Isolation and functional studies on plant-inhabiting microbes

SICORP 終了報告書(日本側西條 PI・相手側ジャンミン PI 課題)

Collaborator	Yongjin Wang	PhD student	As above	As above
Collaborator	Ting Jiang	PhD student	As above	As above
Total number of participants throughout the research period:				6

4. Summary of the international joint research

This study aimed at identifying rhizosphere microbes that promote phosphate acquisition and utilization in Brassicaceae plants, inherently not hosting mycorrhizal symbiosis. We have revealed beneficial fungi and bacteria from Brassicaceae roots including radish, komatsuna and *Arabidopsis thaliana*, and also plant and microbial mechanisms underlying their mutualistic associations. In particular, we have shown a critical role for plant phosphate starvation response (PSR) pathways, not only in phosphate acquisition but also in the control of plant-microbe associations under phosphate deficiency. We have thus provided useful microbial resources, functional insight and methods for their control, an important basis for future implementation of beneficial microbes in sustainable agricultural settings. They are expected to meet SDGs by saving fertilizer use.

5. Outcomes of the international joint research

5-1 Scientific outputs and implemented activities of the joint research

We have revealed new microbial resources, insight into their functions and useful methods for their identification and control, including bioassay procedures, key PSR regulators, plant-derived antifungal metabolites and partner bacteria for beneficial fungi, in Brassicaceae plants. Furthermore, we have obtained meta-DNA microbiota profiles and enlisted keystone microbial groups during PSR through machine learning.

5-2 Synergistic effects of the joint research

Integration of the expertise of both groups on plant immunity and microbiome has enabled the scientific achievements outlined above. The failure to exchange biological materials between China and Japan has enforced the Japan group to carry out the proposed programs on both fungi and bacteria, while the China group focusing on bacteria. Intimate intellectual interactions between the two groups have also developed a solid basis for future collaboration and helped career promotion of young researchers.

5-3 Scientific, industrial or societal impacts/effects of the outputs

The microbial resources, agents/methods for their control, effective bioassay procedures, microbiome data and also human resources developed here meet the high demand from the society for exploitation of plant-associated microbes in sustainable agricultural settings. We will soon publish the obtained outcomes, and extend collaborative efforts for their implementation. Our continuous work is particularly important with and in China, which seeks for SDG-meeting solutions for severe environmental pollution and food security problems.

国際共同研究における主要な研究成果リスト

1. 論文発表等

*原著論文（相手側研究チームとの共著論文）発表件数：計 0 件

・査読有り：発表件数：計 0 件
該当なし

・査読無し：発表件数：計 0 件
該当なし

*原著論文（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの論文）：発表件数：計 1 件

・査読有り：発表件数：計 0 件

・査読無し：発表件数：計 1 件

Kuldanai Pathompitaknukul, Kei Hiruma, Hiroyuki Tanaka, Nanami Kawamura, Atsushi Toyoda, Takehiko Itoh, Yusuke Saijo. Host-dependent fungus-fungus competition suppresses fungal pathogenesis in *Arabidopsis thaliana*. bioRxiv, Posted May 30, 2020.

<https://doi.org/10.1101/2020.05.27.117978>

*その他の著作物（相手側研究チームとの共著総説、書籍など）：発表件数：計 0 件

該当なし

*その他の著作物（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの総説、書籍など）：発表件数：計 0 件

該当なし

2. 学会発表

*口頭発表（相手側研究チームとの連名発表）

発表件数：計 0 件（うち招待講演：0 件）

*口頭発表（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表）

発表件数：計 26 件（うち招待講演：13 件）

*ポスター発表（相手側研究チームとの連名発表）

発表件数：計 0 件

*ポスター発表（相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表）

発表件数：計 5 件

3. 主催したワークショップ・セミナー・シンポジウム等の開催

1. JST SICORP 日中合同シンポジウム 2019 年、主催者：藤原 徹（東京大学・教授）、西條 雄介（奈良先端大）東京大学農学部、東京、日本、2019 年 1 月 18 日、参加人数 30 名程

4. 研究交流の実績（主要な実績）

【合同ミーティング】

・各国チーム内ミーティングを毎月 1 回以上開催し、両国のチームメンバーを交えて skype, Zoom ミーティングを約 3 か月ごとに開催した。

・2019 年 7 月：日本から PI（西條）、助教 1 名（晝間）、中国から PI（Jian-Min Zhou）が英国の国際学会 IS-MPMI に参加し、現地で打合せを行った。

【学生・研究者の派遣、受入】

・2018 年 8 月：日本から助教 1 名（晝間）が訪中し、研究打合せを行った。

・2019 年 5 月：日本から学生 1 名が相手先の研究機関を訪ねて、研究打合せを行った。

・2019 年 6 月：日本から PI（西條）及び学生 1 名が相手先の研究機関を訪ねて、研究セミナー、研究打合せを行うとともに、微生物単離法に関する指導を受けた。

・2019 年 6 月：日本から学生 1 名が訪中し、研究打合せを行った。

5. 特許出願

研究期間累積出願件数：0 件

6. 受賞・新聞報道等

日本植物病理学会 学術奨励賞 晝間 敬 2019 年 3 月
公益財団法人農学会 日本農学進歩賞 晝間 敬 2019 年 10 月

7. その他

- ・ 市民向けアウトリーチ活動（2019 年 1 月 25 日）
「和食と健康」～持続可能な未来に向けた和食食材の新たな展開～をテーマとしたシンポジウム（キャノン財団・一般社団法人和食会議の共催、東京都千代田区）にて、来場市民に植物の共生微生物研究を紹介した（西條）。
- ・ 奈良先端大—中国科学院—UC. Davis 国際学生ワークショップ（2017 年 11 月北京、2018 年 11 月奈良、2019 年 11 月奈良、2020 年 11 月オンライン）において、学生メンバーが参加・発表を行った。