

戦略的国際共同研究プログラム(SICORP)

EIG CONCERT-Japan 共同研究

終了報告書 概要

1. 研究課題名：「日欧ネットワークによる気候変動下におけるダイズ栽培技術革新」
2. 研究期間：2017年4月～2022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	大津 直子	教授	東京農工大学大学院	ワークパッケージ (WP) 1, 2, 3
主たる共同研究者	横山 正	特任教授	福島大学食農学類	WP 2, 3
主たる共同研究者	杉原 創	准教授	東京農工大学大学院	WP 2
主たる共同研究者	大山 卓爾	嘱託教授	東京農業大学	WP 1
主たる共同研究者	本林 隆	教授	東京農工大学大学院	WP 3
主たる共同研究者	藤井 義晴	特任教授	東京農工大学大学院	WP 3
研究期間中の全参加研究者数			10 名	

相手側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Sonoko.D. Bellingrath-Kimura	professor	Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF),	WP 1, 3
主たる 共同研究者	Knut Schmidtke	professor	Dresden University of Applied Sciences (HTWD), Germany	WP 2
主たる 共同研究者	Etienne-Pascal Journet	researcher	Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), France	WP1, 2, 3
主たる 共同研究者	Osman Erekul	professor	Adnan Menderes University, Turkey	WP 1, 2, 3
研究参加者	Moritz Reckling	researcher	ZALF	WP 1, 2
研究参加者	Richard Ansong Omari	researcher	ZALF	WP 1, 2
研究期間中の全参加研究者数			14 名	

4. 国際共同研究の概要

ダイズは重要な植物タンパク源であり世界中で栽培されているが、特に欧州では栽培が拡大している。欧州では土着のダイズ根粒菌が少ないことや、圃場の硫黄欠乏、少雨による乾燥ストレスが問題となっている。一方日本では、水田転換畑や多雨による湿害が問題である。これらの問題解決の基盤技術とすることを目的とし、国際共同研究を行った。

トルコでは土壌中の硫黄成分や水分含量の変化が、ダイズ生育や根粒菌の共生に与える影響を解析した。またモデル根粒菌として世界で用いられている株がトルコの乾燥した環境下においてもダイズに根粒を形成して生育を向上させることを観察した。またフランスとドイツは、環境に応答したダイズ生育量のモデリングを行った。

- ・ 日本側が主導した研究としては、以下のワークパッケージ(WP)を行った。
 - WP1 硫黄欠乏や水ストレス環境がダイズの生育と収量に与える影響
 - WP2 硫黄欠乏や水ストレス環境がダイズ-根粒菌共生に与える影響

➤ WP3 土壌環境と作物生育の相互作用

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

WP1, 2 では、①硫黄欠乏による収量低下を緩効性窒素肥料の深層施肥により軽減できること、②硫黄施肥によりダイズ根から有機酸分泌が増加することで土壌に固定されたリンが溶出され、ダイズのリン獲得へとつながること。またこの現象に硫黄施肥によるクエン酸分泌輸送体遺伝子発現の誘導が関与すること、③農工大でイネ用に開発したバチルス属微生物を含むバイオ肥料「夢バイオ」をダイズに適応するには、根粒菌接種後 1 週間後に与えることで、根粒菌感染を阻害せずにダイズ生育を促進できること、を示した。①～③について **1 報ずつ計 3 報の国際共著論文として受理され、②についてはさらにもう一報準備中**である。

WP3 では、日本の湿害問題を解決するために行っているがダイズへの生理的な影響は不明であった心土破碎について、ダイズ根発達への影響を、ドイツ HTWD 研究者が持つ手法を教わりながら、農工大にて合同調査を行った。心土破碎により土壌硬度が下がり、砕土を行った深さにおいて根密度が増加することを示すことができた。

WP3 ではさらに、土着根粒菌が少ない欧州圃場で用いる接種剤開発に繋げるために、ドイツ土壌を約 10 か所の圃場から植物検疫の手続きを経て送ってもらい、根粒菌の単離解析を日本側で行った。低温環境下でも高い窒素固定活性を維持する株を複数単離同定でき、**論文発表と国内特許申請**を行った。また、植物検疫の制限を解除したのちこれら菌株をドイツに送り返し、ドイツ ZALF 圃場で現地環境におけるダイズへの接種試験を行った。ZALF 圃場でも高い根粒着生能や窒素固定活性を示し、また乾燥条件で効果が高いことが分かった。この結果についても**国際共著論文**として投稿し受理された。

ZALF の客員研究員を通じてポーランド圃場の土壌も送ってもらい、根粒菌を単離同定した。これまで根粒菌として報告の無かった菌株も見つかったが、接種剤としてその圃場で用いてきた根粒菌から窒素固定関連の遺伝子が土着の菌に水平伝搬することにより、窒素固定能を獲得した可能性が示唆された。この**新たな根粒菌については学術的にインパクトが大きい**ため全ゲノム解析も行った。またこの菌株を含め、乾燥や低温ストレス下で、ポーランドのダイズ品種に対し生育を促進する株が複数見つかった。これらの結果については国際学会で発表したが、論文作成準備中である。

5-2 国際共同研究による相乗効果

日本側が持つ微生物や植物の分子生理学的な解析手法と、欧州側の IoT 等を利用した圃場試験の技術を組み合わせることにより国際共著論文や特許申請につながる多くの成果を得ることができた。期間中にプロジェクト全参加者がする合同ワークショップをドイツ、日本、フランスと 3 回行ったが、研究打ち合わせだけでなく、現地ダイズ圃場や研究施設を見学することにより、それぞれの国におけるダイズ栽培の現状や栽培報改善に対する取り組みを深く知ることができた。

ワークショップ以外にも、WP3 の心土破碎の研究では、実際に HTWD の研究者や学生に農工大に来て手法を指導してもらいながら、合同調査を行った。逆に日本側でドイツ土壌から単離した根粒菌を ZALF で接種試験する際には、日本から大学院生が ZALF を訪れ、接種試験の手法を伝えながら合同で調査を行った。このような研究交流は、特に若い研究者や学生の国際的な視野を広げることに大きく役立っている。

5-3 国際共同研究成果の波及効果と今後の展望

本国際共同研究成果を基とし、科研費国際共同研究強化(B)を 2020-2022 年度で獲得することができた。またドイツ側でも BMBF の Bioeconomy International のプロジェクトである FisBea (2021-2024)が、農工大をパートナーとして行われている。これらを通し、ドイツ土壌から単離した根粒菌を接種剤として実用化するための研究を行って行く。

SICORP 終了報告書（大津・Bellingrath-Kimura 課題）

また共同研究を通じて強い関係を構築した ZALF は農工大卓越大学院の連携機関となり、学生の研修や合同授業を通じ、国際的な教育を共に行っている。

Strategic International Collaborative Research Program (SICORP)
EIG CONCERT-Japan Joint Research Program
Executive Summary of Final Report

1. Project title : 「Innovation Network to Improve Soybean Production under the Global Change」
2. Research period : April 2017 ~ March 2022
3. Main participants :
Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Naoko OHKAMA-OHTSU	professor	Tokyo University of Agriculture and Technology (TUAT)	Work Package (WP) 1, 2, 3
Co-PI	Tadashi YOKOYAMA	professor	Fukushima University	WP 2, 3
Co-PI	Soh SUGIHARA	associate professor	TUAT	WP 2
Co-PI	Takuji OHYAMA	professor	Tokyo University of Agriculture	WP 1
Co-PI	Takashi MOTOBAYASHI	professor	TUAT	WP 3
Co-PI	Yoshiharu FUJII	professor	TUAT	WP 3
Total number of participants throughout the research period:				10

Partner-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Sonoko.D. Bellingrath-Kimura	professor	Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF),	WP 1, 3
Co-PI	Knut Schmidtke	professor	Dresden University of Applied Sciences (HTWD), Germany	WP 2
Co-PI	Etienne-Pascal Journet	researcher	Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), France	WP1, 2, 3
Co-PI	Osman Erekul	professor	Adnan Menderes University, Turkey	WP 1, 2, 3
Collaborator	Moritz Reckling	researcher	ZALF	WP 1, 2
Collaborator	Richard Ansong Omari	researcher	ZALF	WP 1, 2
Total number of participants throughout the research period:				14

4. Summary of the international joint research

Soybean cultivation is expanding especially in Europe. In Europe, few indigenous soybean rhizobia, sulfur deficiency in the field, and dry stress due to light rain are problems in soybean cultivation. On the other hand, in Japan, the problem is moisture damage by heavy rain. International joint research was conducted with the aim of solving these problems.

In Turkey, the effects of changes in soil sulfur content and water content on soybean growth and rhizobial symbiosis were examined. In addition, the model rhizobia used in the world are confirmed to form nodules in soybeans and improve their growth even in the

Turkish dry environment. France and Germany modeled soybean growths in response to environmental changes.

Our Japanese side took the lead in conducting research on the following work packages (WP).

- WP1 Effects of sulfur deficiency and water stress environment on soybean growth and yield
- WP2 Effects of sulfur deficiency and water stress environment on soybean-rhizobial symbiosis
- WP3 Interaction between soil environment and crop growth

5. Outcomes of the international joint research

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

In WP1 and 2, Japanese group demonstrated (1) the decrease in yield due to sulfur deficiency can be alleviated by deep fertilization of slow-release nitrogen fertilizer, (2) sulfur fertilization increases secretion of organic acid from soybean roots, releasing phosphorus fixed in the soil which leads to the acquisition of phosphorus for soybean plants. In addition, it was found that the induction of citrate-secreting transporter gene expression by sulfur fertilization is involved in this mechanism. (3) application of *Bacillus* bio-fertilizer developed from TUAT promote soybean growth without inhibiting rhizobial infection by applying it one week after inoculation of rhizobia. One report each for (1) to (3) has been accepted international journal, and another report is being prepared for (2).

In WP3, the effect of subsoil crushing on soybean root development was investigated. Subsoil crushing has been carried out to solve the problem of moisture damage in Japan, but the physiological effect on soybean was unknown. Researchers of HTWD taught us the method and we conducted a joint survey at TUAT field. It was shown that the soil hardness decreased by subsoil crushing and the root density increased at the depth of soil crushing.

In WP3, in order to development inoculants with few indigenous rhizobia suitable for European fields, German soil was sent from about 10 fields through phytosanitary procedures, and the isolation and analysis of rhizobia were conducted on the Japanese side. We were able to isolate and identify multiple strains that maintain high nitrogen fixation activity even in a low temperature environment. The results were published and elite strains were applied for a domestic patent. In addition, after removing the restrictions on plant protection, these strains were sent back to Germany, and soybean inoculation tests were conducted in the German ZALF field. Good nodule formation and nitrogen-fixing activity were conferred by inoculating these strains and especially effects were high under dry conditions. This result was also submitted and accepted as an international journal.

The soil of the Polish field was also sent through a visiting researcher at ZALF, and the rhizobia were isolated and identified from them. Strains that have not been reported as rhizobia were identified, and it is possible that nitrogen fixation-related genes were horizontally transmitted from the rhizobia used in the field as an inoculum to these indigenous bacteria to acquire nitrogen fixation ability. Since this new rhizobium has a great academic impact, we also performed whole genome analysis. In addition, several strains including this strain were found that promote the growth of Polish soybean varieties under drought and low temperature stress. These results were presented at an international conference, and a paper is being prepared.

5-2 Synergistic effects of the joint research

By combining the molecular physiological analysis method of microorganisms and plants possessed by the Japanese side with the field test technology using IoT etc. on the European side, we were able to obtain many results leading to international co-authored papers and a patent application. During the period, we held three joint workshops with all project participants in Germany, Japan, and France. By visiting local soybean fields and research facilities as well as research meetings, we were able to obtain a deeper understanding of the current situation and efforts to improve cultivation reports in each country.

In addition to the workshop, in the study of WP3 subsoil crushing, a joint survey was conducted with researchers and students from HTWD in our field. In addition, a graduate student from Japan visited ZALF and conducted a joint research of soybean inoculation tests with rhizobium isolated from German soils. These research exchanges greatly helped to broaden the international perspective especially for young researchers and students.

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

Based on the results of this international joint research, we obtained the Grant-in-Aid for Scientific Research (B) in 2020-2022. Also on the German side, BMBF's Bioeconomy International project FisBea (2021-2024) is being carried out with TUAT as a partner. We will continue our corroborative research to apply rhizobium from German soil into practical use as an inoculant.

We built a strong relationship with ZALF through joint research, and ZALF has become a collaborative institution of WISE program in TUAT. We are conducting international education through student training and joint classes between Japan and Germany.

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

日本側プロジェクトリーダーを二重下線、プロジェクト参加者を下線で示す。

*原著論文 (相手側研究チームとの共著論文) 発表件数 : 計 7 件

・査読有り : 発表件数 : 計 7 件

- 1) Kojima K, Ookawa T, Yamaya-Ito H, Salem D, Ohkama-Ohtsu N, Bellingrath-Kimura SD, Yokoyama T, Characterization of 140 Japanese and world rice collections cultivated in Nihonmatsu-city in Fukushima in terms of radiocesium activity concentrations in seed grains and straws to explore rice cultivars with low radiocesium accumulation, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **2017**, 314/ 2, 1009-1021 DOI: 10.1007/s10967-017-5453-1
- 2) Miyatake M., Ohyama T, Yokoyama T, Sugihara S, Motobayashi T, Kamiya T, Fujiwara T, Yuan K, Bellingrath-Kimura SD, Ohkama-Ohtsu N, Effects of deep placement of controlled-release nitrogen fertilizer on soybean growth and yield under sulfur deficiency, *Soil Science and Plant Nutrition*, **2019**, 65: 259-266 DOI: 10.1080/00380768.2019.1615827
- 3) Yuan K, Reckling M, Ramirez MDA, Djedidi S, Fukuhara I, Ohyama T, Yokoyama T, Bellingrath-Kimura SD, Halwani M, Egamberdieva D, Ohkama-Ohtsu N. Characterization of rhizobia for the improvement of soybean cultivation at cold conditions in central Europe, *Microbes and Environments*, **2020**, 35(1), ME19124 DOI: 10.1264/jsme2.ME19124
- 4) Ramirez MDA, Espana M, Lewandowska S, Yuan K, Okazaki S, Ohkama-Ohtsu N, Yokoyama T. Phylogenetic analysis of symbiotic bacteria associated with two *Vigna* species under different agro-ecological conditions in Venezuela. *Microbes and Environments* **2020**, 35(1), ME19120 DOI: 10.1264/jsme2.ME18168
- 5) Hasibuan RFM, Miyatake M, Sugiura H, Agake S, Yokoyama T, Bellingrath-Kimura SD, Katsura K, Ohkama-Ohtsu N. Application of biofertilizer containing *Bacillus pumillus* TUAT1 on soybean without inhibiting infection by *Bradyrhizobium diazoefficiens* USDA110. *Soil Science and Plant Nutrition*, **2021**, 67/ 5, 535-539 DOI: 10.1080/00380768.2021.1959837
- 6) Sugiura H, Sugihara S, Kamiya T, Ramirez MDA, Miyatake M, Fujiwara T, Takuji O, Motobayashi T, Yokoyama T, Bellingrath-Kimura SD, Ohkama-Ohtsu N, Sulfur application enhances secretion of organic acids by soybean roots and solubilization of phosphorus in rhizosphere, *Soil Science and Plant Nutrition*, **2021**, 67, 400-407 DOI: 10.1080/00380768.2021.1919011
- 7) Omari RA, Yuan K, Anh KT, Reckling M, Halwani M, Egamberdieva D, Ohkama-Ohtsu N, Bellingrath-Kimura SD, Enhanced soybean productivity by inoculation with indigenous *Bradyrhizobium* strains in agroecological conditions of Northeast Germany, *Frontiers in Plant Science*, **2022**, 12, 707080 DOI: 10.3389/fpls.2021.707080

・査読無し : 発表件数 : 計 0 件

*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 14 件

・査読有り : 発表件数 : 計 15 件

- 1) Li M, Yasuda M, Yamaya-Ito H, Maeda M, Sasaki N, Nagata M, Suzuki A, Okazaki S, Sekimoto H., Yamada T, Ohkama-Ohtsu N, Yokoyama T, Involvement of programmed cell death in suppression of the number of root nodules formed in soybean induced by *Bradyrhizobium* infection. *Soil Science and Plant Nutrition*, **2017**, 63, 561-77 DOI: 10.1080/00380768.2017.1403842
- 2) Ramirez MDA, Silva JD, Ohkama-Ohtsu N, Yokoyama T, *In vitro* rhizobia response and symbiosis process under aluminum stress. *Canadian Journal of Microbiology* **2018**, 64: 511-26 DOI: 10.1139/cjm-2018-0019

- 3) Ishikawa S, Ono Y, Ohtake N, Sueyoshi K, Tanabata S, Ohshima T, Transcriptome and metabolome analyses reveal that nitrate strongly promotes nitrogen and carbon metabolism in soybean roots, but tends to repress it in nodules. *Plants*, **2018**, 7(2), 32 DOI: DOI:10.3390/plants7020032
- 4) Hashami SZ, Nakamura H, Ohkama-Ohtsu N, Kojima K, Djedidi S, Fukuhara I, Haidari MD, Sekimoto H, Yokoyama T, Evaluation of immune responses induced by simultaneous inoculations of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] with soil bacteria and rhizobia, *Microbes and Environments* **2019**, 34, 64-75 DOI: 10.1264/jsme2.ME18110
- 5) Ramirez MDA, Espana M, Aguirre C, Kojima K, Ohkama-Ohtsu N, Sekimoto H, Yokoyama T. *Burkholderia* and *Paraburkholderia* are predominant soybean rhizobial genera in Venezuelan soils in different climatic and topographical regions. *Microbes and Environments* **2019**, 34: 43-58 DOI: 10.1264/jsme2.ME18076
- 6) Seerat AY, Ookawa T, Kojima K, Ohkama-Ohtsu N, Maeda M, Djedidi S, Habibi S, Sekimoto H, Abe A, Yokoyama T, Evaluation of the effects of spores and their heat-treated residues from different *Bacillus* strains on the initial growth of rice plants. *Soil Science and Plant Nutrition* **2019**, 65, 122-136 DOI: 10.1080/00380768.2018.1551042
- 7) Okazaki S, Sano N, Yamada T, Ishii K, Kojima K, Djedidi S, Artigas Ramírez MD, Yuan K, Kanekatsu M, Ohkama-Ohtsu N, Hirose Y, Oshima K, Hattori M, Yokoyama T, Complete genome sequence of plant growth-promoting *Bacillus pumilus* TUAT1. *Microbiology Resource Announcements* **2019**, 8(21), e00076-19 DOI: 10.1128/MRA.00076-19
- 8) Imai K, Sugihara S, Wasaki J, Tanaka H, Effects of White lupin and groundnut on fractionated rhizosphere soil p of different P-Limited soil types in Japan *AGRONOMY-BASEL* **2019**, 9(2), 68 DOI: 10.3390/agronomy9020068
- 9) Habibi S, Djedidi S, Ohkama-Ohtsu N, Sarhadi WA, Kojima K, Rallos RV, Ramirez MDA, Yamaya H, Sekimoto H, Yokoyama T Isolation and screening of indigenous plant growth-promoting rhizobacteria from different rice cultivars in Afghanistan soils *Microbes and Environments* **2019**, 34, 347-355 DOI: 10.1264/jsme2.ME18168
- 10) Ngo NP, Yamada T, Higuma S, Ueno N, Saito K, Kojima K, Maeda M, Yamaya-Ito H, Ohkama-Ohtsu N, Kanekatsu M, Yokoyama T. Spore inoculation of *Bacillus pumilus* TUAT 1 strain, a biofertilizer microorganism, enhances seedling growth by promoting root system development in rice, *Soil Science and Plant Nutrition* **2019**, 65, 598-604 DOI: 10.1080/00380768.2019.1689795
- 11) Win KT, Okazaki K, Ohkama-Ohtsu N, Yokoyama T, Ohwaki Y. Short-term effects of biochar and *Bacillus pumilus* TUAT-1 on the growth of forage rice and its associated soil microbial community and soil properties. *Biology and Fertility of Soils* **2020**, 56, 481-97 DOI: 10.1007/s00374-020-01448-x
- 12) Mortuza MF, Tomooka N, Habibi S, Akatsu T, Djedidi S, Naito K, Sekimoto H, Okazaki S, Ohkama-Ohtsu N, Yokoyama T. Multiphase characterization of wild *Vigna* associated root nodule bacteria from Japanese subtropical islands unveiled novel high temperature resistant *Bradyrhizobium* strains having high symbiotic compatibility with soybean and mungbean. *Soil Science and Plant Nutrition* **2020**, 66, 285-98 DOI: 10.1080/00380768.2020.1738192
- 13) Ramirez MDA, Espana M, Sekimoto H, Okazaki S, Yokoyama T, Ohkama-Ohtsu N, Genetic diversity and characterization of symbiotic bacteria isolated from endemic *Phaseolus* cultivars located in contrasting agroecosystems in Venezuela. *Microbes and Environments* **2021**, 36(2), ME20157 DOI: 10.1264/jsme2.ME20157
- 14) Mardani-Korrani H, Nakayasu M, Yamazaki S, Aoki Y, Kaida R, Motobayashi T, Kobayashi M, Ohkama-Ohtsu N, Oikawa Y, Sugiyama A and Fujii Y, L-canavanine, a root exudate from hairy vetch (*Vicia villosa*) drastically affecting the soil microbial community and metabolites pathways. *Frontiers in Microbiology* **2021**, 12, 701796 DOI: 10.3389/fmicb.2021.701796
- 15) Agake S, Plucani do Amaral F, Yamada T, Sekimoto H, Stacey G, Yokoyama T, Ohkama-Ohtsu N, The plant growth promoting effect of viable and dead spores of

Bacillus pumilus TUAT1 on *Setaria viridis*. *Microbes and Environments*, **2022**, 37(1)
DOI: 10.1264/jsme2.ME21060

・査読無し：発表件数：計 1 件

- 1) Ohyama T, Ueno M, Ono Y, Ohtake N, Sueyoshi K, Sato T, Tanabata S, Recycling of nitrogen from shoots to underground parts in hypernodulation mutant lines of soybean by split-root experiment. *Bull. Facul. Agric. Niigata Univ.*, **2018**, 70, 1-8, http://dspace.lib.niigata-u.ac.jp/dspace/bitstream/10191/49934/1/70_1-8.pdf

*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
例) 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
例) 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 3 件 (うち招待講演：0 件)

- 1) Hua Ma, Dilfuza Egamberdieva, Moritz Reckling, Johannes Bachinger, Naoko Ohgama-Ohtsu, Sonoko D. Bellingrath-Kimura, Influence of biochar on soybean-rhizobium symbiosis and plant growth on sandy soil 61. *Tagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.*, 25.-27.09.2018, Kiel, Germany
- 2) Richard Ansong Omari, Kun Yuan, Khoa Trinh Anh, Mosab Halwani, Dilfuza Egamberdieva, Naoko Ohkama-Ohtsu, Sonoko D. Bellingrath-Kimura, Performance of indigenous Bradyrhizobia strains to soybean growth in cool growing conditions. *Symposium in ZALF*, Germany, 2019
- 3) 渡邊陸、Maria Daniela Artigas Ramirez、Sylvia Lewandowska、ベリングラード木村園子ドロテア、大津直子、ポーランド土壤からの冷涼気候に適したダイズ根粒菌の単離解析及び接種効果の評価、植物微生物研究交流会、2021 年 9 月、オンライン

*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 4 件 (うち招待講演：0 件)

- 1) Sayed Ziauddin Hashami, Hiroyuki Nakamura, Naoko Ohkama-Ohtsu, Katsuhiro Kojima, Salem Djedidi, Izumi Fukuhara, Mohammad Daud Haidari, Hitoshi Sekimoto, and Tadashi Yokoyama, Evaluation of immune response induced by simultaneous inoculations of soil microorganisms and rhizobium to soybean, 日本土壤肥料学会本大会、神奈川、日本大学、2018 年 8 月 31 日
- 2) Kun Yuan, Characterization of rhizobia for the improvement of soybean cultivation across agro-ecological conditions in central Europe, *5th Asian Conference on Plant-Microbe Symbiosis and Nitrogen Fixation*, 東北大学、2019 年 5 月 17 日
- 3) 杉原 創・今井 馨・大津直子・柴田 誠・田中治夫、マメ科作物の特異的なリン可給化能に土壤の化学性を与える影響の解明・第 3 報、日本土壤肥料学会静岡大会、2019 年 9 月 3 日
- 4) Hasibuan RFM, Sugiura M, Miyatake M, Ohkama-Ohtsu N, Katsura K, Co-Inoculation of *Bacillus pumilus* TUAT1 and *Bradyrhizobium diazoefficiens* USDA110 on Soybean. *10th Asian Crop Science Association Conference 2021* 年 9 月、名古屋 (オンライン発表)

*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 4 件

- 1) Yuan Kun, Naoko Ohkama-Ohtsu, Yokoyama Tadashi, Moritz Reckling, Sonoko Dorothea Bellingrath-Kimura, Genetic characterization of soybean rhizobia isolated from Germany soil, *Japanese Society of Microbial Ecology* 2018. 11.-13.07.2018, Okinawa, Japan
- 2) Minoru Miyatake, Kurumi Nakayama, Soh Sugihara, Takuji Ohyama, Tadashi Yokoyama, Sonoko D. Bellingrath-Kimura, Naoko Ohkama-Ohtsu, Influence of sulfur and deep fertilization of sulfur fertilizer on rhizobium symbiosis and rhizosphere phosphate solubility. 日本土壌肥料学会大会 2018年8月29-31日、神奈川
- 3) 渡邊陸、Maria Daniela Artigas Ramirez、Sylwia Lewandowska、ベリングラード木村園子ドロテア、大津直子、日本土壌肥料学会関東支部大会、2020年11月27日、埼玉
- 4) Watanabe R, Ramirez MDA, Lewandowska S, Bellingrath-Kimura SD, Ohkama-Ohtsu N, Genetic diversity and symbiotic performance of rhizobia for soybean cultivation under the cold and arid conditions in Poland. *World Microbe Forum, American Society for Microbiology (ASM), Federation of European Microbiological Societies (FEMS)* 2021年6月(オンライン)

*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 3 件

- 1) 杉浦妃奈子・宮武みのり・Artigas Ramirez Maria Daniela・横山 正・杉原 創・大津直子、ダイズにおける硫黄施肥とリン動態の関係および根粒菌の関与、日本土壌肥料学会岡山大会、2020年9月8日
- 2) Agake S, do Amaral FP, Damo JLC, Rai H, Stacey G, Yokoyama T, Ohkama-Ohtsu N, Dead *Bacillus pumilus* TUAT1 spore improves the growth of *Setaria viridis* A10.1 *World Microbe Forum, American Society for Microbiology (ASM), Federation of European Microbiological Societies (FEMS)* 2021年6月(オンライン発表)
- 3) Damo JLC, Agake S, Ramirez MDA, Okazaki S, Ohkama-Ohtsu N, Characterizaon of inorganic phosphate solubilizing isolates from rice rhizosphere and their potential for biofertilizer application. *World Microbe Forum, American Society for Microbiology (ASM), Federation of European Microbiological Societies (FEMS)* 2021年6月(オンライン発表)

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) 2017年9月14日：東京農工大学グローバルイノベーション研究院 GIR 公開セミナー、主催者：大津直子(農工大・教授)、登壇者：Schmietke Knut 教授(HTWD)、Lewandowska Sylwia 博士 (HTWD)、農工大府中キャンパス、東京、参加人数 30名程度
- 2) 2018年9月8日：第2回 INNISOY 合同ミーティング、アパホテル会議室、帯広、北海道、日本、当初は十勝農業試験場などの見学を含め2日間の予定であったが、9月6日の北海道地震による停電の影響で、9月8日の会議のみに縮小した。
- 3) 2019年3月13日 卓越大学院セミナー「Agriculture 4.0 - New possibilities in agricultural landscape research -」主催者：大津直子(農工大・教授)、登壇者：Bellingrath-Kimura 教授 (ZALF) 農工大府中キャンパス、東京、参加人数 30名程度
- 4) 2020年3月18日、2021年1月2日、2021年11月25日、2022年1月21日：GIR/卓越大学院セミナー、東京農工大学、東京、日本、「Agroecosystems, Environment and Sustainable Natural Resource Use」主催者：大津直子(農工大・教授)、登壇者：Bellingrath-Kimura 教授 (ZALF) 農工大府中キャンパス、東京、参加人数 40名程度
- 5) 2021年1月2日：GIR/卓越大学院セミナー、東京農工大学、東京、日本、「Smart Farming for Biodiversity」主催者：大津直子(農工大・教授)、登壇者：Bellingrath-Kimura 教授 (ZALF) 農工大府中キャンパス、東京、参加人数 30名程度

- 6) 2021年11月25日：GIR/卓越大学院セミナー、東京農工大学、東京、日本、「Agroecosystems, Environment and Sustainable Natural Resource Use」主催者：大津直子（農工大・教授）、登壇者：Bellingrath-Kimura 教授（ZALF）農工大府中キャンパス、東京、参加人数40名程度
- 7) 2022年1月21日：卓越大学院セミナー、東京農工大学、東京、日本、「Agriculture and environmental challenges and opportunities under global change」主催者：大津直子（農工大・教授）、登壇者：Bellingrath-Kimura 教授（ZALF）農工大府中キャンパス、東京、参加人数20名程度

4. 研究交流の実績（主要な実績）

【合同ワークショップ・セミナー】

- ・2017年7月27~28日：INNSOY キックオフミーティング、Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF)、Müncheberg、ドイツ、ZALF 内及び周辺地域農家のダイズ圃場視察およびプロジェクト参画欧州研究者とのキックオフミーティング
- ・2018年9月8日：第2回 INNSOY 合同ミーティング、アパホテル会議室、帯広、北海道、日本、当初は十勝農業試験場などの見学を含め2日間の予定であったが、9月6日の北海道地震による停電の影響で、9月8日の会議のみに縮小した。
- ・2019年6月26~28日：第3回 INNSOY 合同ミーティング、French National Institute for Agricultural Research (INRA), Toulous, France、INRA 内及び周辺地域農家のダイズ圃場視察およびプロジェクト参画欧州研究者とのミーティング

【学生・研究者の派遣、受入】

- ・2017年6月27日~7月1日：ドイツ ZALF から大学院生1名を農工大に受入れ、実験手法の指導および研究交流を行った。
- ・2017年9月13日~15日：ドイツドレスデン応用化学大学 HTWD より研究者2名を農工大に受入れ、学部長表敬訪問、セミナー開催、研究交流、ダイズ研究機関視察を行った。
- ・2018年7月10日~12日：ドイツドレスデン応用化学大学 HTWD より大学院生1名と研究者1名を農工大に受入れ、農工大圃場でのダイズ根合同調査を行った。
- ・2018年9月11日~13日：ドイツドレスデン応用化学大学 HTWD より研究者2名を農工大に受入れ、農工大圃場でのダイズ根合同調査を行った。
- ・2018年9月18日~20日：ドイツ ZALF より研究者1名を農工大に受入れ、研究交流を行った。
- ・2019年7月22日~25日：ドイツドレスデン応用化学大学 HTWD より大学院生1名を農工大に受入れ、農工大圃場でのダイズ根合同調査を行った。
- ・2019年8月15日~11月20日：農工大大学院生1名をドイツ ZALF に派遣し、共同研究を行った。
- ・2021年9月9日~12日：ドイツドレスデン応用化学大学 HTWD より研究者2名を農工大に受入れ、農工大圃場でのダイズ根合同調査を行った。

5. 特許出願

研究期間累積出願件数：1 件

6. 受賞・新聞報道等

- 1) 優秀ポスター賞：渡邊陸、Maria Daniela Artigas Ramirez、Sylvia Lewandowska、ベリングラード木村園子ドロテア、大津直子「ポーランド土壌からの、中央欧州環境に適したダイズ根粒菌の単離解析」日本土壌肥料学会関東支部大会、2020年11月27日
- 2) 学生優秀発表賞：渡邊陸「ポーランド土壌からの、冷涼気候に適したダイズ根粒菌の単

「離解析及び接種効果の評価」植物微生物研究会第 30 回研究交流会、2021 年 9 月 10 日

7. その他

【オープンサイエンスにかかる取り組み】

ドイツ土壌から単離した根粒菌の **sequence** を日本 DNA データバンク (DDBJ) に登録した。