

SICORP 日本-ドイツ-トルコ-フランス
「食料及びバイオマスの生産技術」領域 事後評価報告書

1 共同研究課題名

「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 日本一相手国研究代表者名（研究機関名・職名は研究期間終了時点）：

日本側研究代表者

大津 直子（東京農工大学・教授）

ドイツ側研究代表者

園子・ドロテア・ベリングラード＝木村（ライプニッツ農業景観研究センター・教授）

トルコ側研究代表者

オスマン・エレクル（アドナンメンデレス大学・教授）

フランス側研究代表者

エティーン＝パスカル・ジャーネット（フランス国立科学研究センター・研究員）

3 研究概要及び達成目標

本研究は、重要な植物タンパク源であり世界中で栽培されているダイズの栽培において、硫黄栄養や水環境が根粒菌とダイズの共生関係、ダイズ収量や品質に及ぼす影響をポッド試験及び圃場試験において解析するとともに、モデリングを利用して各国の気象状況に適した水管理法や硫黄施肥法の確立を目指した。具体的には、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、一方、日本では水田転換畑や多雨による湿害の問題があり、その解決の基盤技術を国際共同研究により開発することを目的とした。ドイツグループは圃場試験で、一方、日本グループは主にポッド試験を実施し、各国の土壤環境がダイズと根粒菌の共生に与える影響、各国のダイズ品種における硫黄欠乏や水ストレスに対する影響、さらには日本グループが開発した深層施肥法との組み合わせの効果を比較解析した。また、トルコグループは土壤中の硫黄成分や水分含量の変化が、ダイズの生育や根粒菌の共生に与える影響を解析するとともに、モデル根粒菌株がトルコの乾燥した環境下においても根粒形成するのか、ダイズの生育を向上できるかを検討した。なお、フランスグループは、日本と欧州両方で得られた結果を用い、肥培管理と土壤や気象環境、ダイズ生育についての関係を解析するとともに、各国の環境に適した肥培管理法を検討した。

4 事後評価結果

4.1 研究成果の評価について

4.1.1 研究成果と達成状況

キックオフミーティングでのドイツのダイズ圃場見学において、土壌に適切な根粒菌が少ないことを認め、ドイツ土壌から低温環境下でも高い窒素固定を維持できる菌株を日本グループが単離同定した。その後の検証で、これらの菌株がドイツ環境でも高い共生窒素固定を維持できること、特に乾燥ストレス下で効果が高いことを認めた。ドイツグループは、栽培体系が根粒菌の共生に及ぼす影響を調査し、バイオ炭施用により共生が改善され、乾燥ストレス下で効果が高いことを示した。また、接種した根粒菌が中央欧州の環境下で最長 7 年まで数や活性を維持することを示した。フランスグループは、様々な作物の収量予測モデルとして用いられている **STICS (Multidisciplinary Simulator for Standard Crops)** がダイズには当てはまらず、新たなモデルを構築した。トルコグループは複数年に渡り施肥量と灌水量を変化させ、適切な硫黄施肥と灌水量を解析するとともに、モデル根粒菌 *B. diazoefficiens* USDA110 株の被覆によりトルコの圃場での多くの根粒形成を確認した。

一方、日本グループは、ドイツ圃場からの欧州環境に適した根粒菌の同定とドイツでの接種試験とともに、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、硫黄施肥によりダイズ根から有機酸分泌が増加し土壌に固定されたリンが溶出すること、また、この過程にクエン酸分泌輸送体遺伝子発現の誘導が関与すること、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」がダイズにおいても根粒菌感染を阻害せずに生育を促進できること、さらに、湿害問題を解決するために行った心土破砕により土壌硬度が下がり、根密度が増加すること等を明らかにした。なお、ドイツよりも冷涼なポーランドの環境に適したダイズ根粒菌も単離同定するとともに、その遺伝子解析により遺伝子の水平伝播を示唆する知見を得ている。

以上のように、各国の気候条件や土壌管理の特性に応じたダイズ栽培技術とそれを支える学術的基盤を大きく進歩させることができるなど、科学的に有望な多くの成果を得るとともに、知財として国内特許、並びに多数の原著論文 (22 報、うち 7 報は相手方との共著) を発表し、多くの国際共同研究の成果が得ている。なお、「モデリング」の成果はやや分かりにくいとの指摘があった。

4.1.2 国際共同研究による相乗効果

プロジェクト全参加者による合同ワークショップをドイツ、日本、フランスで計 3 回行い、共同研究の打ち合わせとともに、現地ダイズ圃場や研究施設の見学により、それぞれの国におけるダイズ栽培の現状や栽培法改善に対する取り組みを深く相互理解している。特に、キックオフミーティングにおけるドイツダイズ圃場での少ない根粒着生の観察から、現地環境に適した菌株の必要性、現地土壌からの根粒菌単離同定の研究に発展させたことは評価できる。また、2018 年日本でのミーティングでは想定外の北海道地震があり現地調査ができなかったが、厳しい状況のなかでも会議を行い、交流を深めている。さらに、ドイツより大学院生および研究者を受け入れ、日本側が持つ微生物や植物の分子生理学的な解析手法を指導することにより相手方の研究発展に貢献している。一方、日本からも大学院生がドイツ滞在し研究している。また、心土破砕の研究ではドイツの研究者が日本で合同調査・研究交流するなどの研究交流も行わ

れている。これらの取り組みを通して得た成果は複数の国際共著論文として発表され、十分な国際協力がなされている。ただ、これらの研究協力は日独に偏った印象があり、他の協力国とも緊密な研究協力が発展することを期待したい。なお、国際協力の非参加国であるポーランドの圃場からも有用菌株が単離されており、今後のより幅広い国際的な研究協力が期待できる。

4.1.3 研究成果が与える社会へのインパクト、我が国の科学技術協力強化への貢献

ドイツ土壌より単離した根粒菌について、ドイツ圃場での有効性が認められ、特許出願も完了している。さらに、より冷涼なポーランド土壌からも根粒菌を単離し、今後、現地での圃場試験により接種剤としての実用化が期待されている。一方、日本企業により水稻用の資材として製品化されたバチルス属バイオ肥料「夢バイオ」が日本のダイズ品種だけでなく欧州の品種にも効果があることが示されている。各国における栽培方法の最適化とともに、これらの研究成果を用いた持続的な作物生産のさらなる展開への貢献が期待できる。なお、2019年から本プロジェクトをもとにドイツ ZALF と農工大卓越大学院の連携機関協定が締結され、農工大卓越大学院の学生の ZALF での受入れ、グループワークが行われている。本国際共同研究は日欧双方の学生やポスドクの育成にも大きく貢献したと評価できる。

4.2 相手国研究機関との協力状況について

綿密な研究協力により大きな成果が達成されるとともに、本国際共同研究成果を基とし、日本における科研費国際共同研究強化(B)が 2020-2022 年度獲得されている。またドイツ側でも BMBF の Bioeconomy International のプロジェクト FisBea (2021-2024)が農工大をパートナーとして採択されている。特に、共同研究先であるドイツ ZALF との強い関係が構築でき、農工大卓越大学院の連携機関として学生の研修や合同授業などの国際的な教育も行われている。一方、他の参加国、例えば、トルコとの連携が見えにくいことは残念である。

4.3 その他

ドイツおよびポーランド土壌から単離した根粒菌の特許出願、遺伝子配列情報の DNA データバンク(DDBJ)への登録がなされた。なお、国際特許は未だであり今後の申請を期待する。また、既存バイオ肥料（夢バイオ）のダイズへの応用についても今後の国際展開に期待したい。