2025 年度年次報告書

先端国際共同研究推進事業
【2024 年度採択　日米 Global Centers 共同公募　バイオ分野】

【研究課題名】
社会的受容性と実用性を備えた植物の開発を目指すアライアンス

日本側研究代表者:
武宮 淳史（山口大学 教授）

日本側主たる共同研究者:
三浦 謙治（筑波大学 教授）
梅澤 泰史（東京農工大学 教授）

相手側研究代表者:
Tracy Lawson（イリノイ大学 教授）
Steven Kelly（オックスフォード大学 教授）
Tommi Lehtonen（バーサ大学 教授）

1. 研究進捗状況と成果

① 研究構想

本プロジェクトでは、少ない水の利用で高エネルギー脂質を生産・蓄積するバイオエネルギー植物を開発し、バイオエコノミーに革新をもたらすことを目的として実施している。この目的を達成するため、課題 1 として、植物葉において高エネルギー脂質を生産・蓄積する研究、課題 2 として、気孔密度・開度の人為的制御を通じた水利用効率の向上に関する研究を設定し、米国、日本、英国、フィンランドの 4 カ国からなる多国籍合同チームによる融合研究を行っている。

日本側は、課題 2 の水利用効率の向上に関する研究を担当しており、合成生物学の Design、Build、Test、Learn からなる DBTL サイクルに基づく研究を進行している。Design のパートでは、気孔開閉制御の鍵因子の同定と、ゲノム編集技術を用いた人為的改変の設計を行う。今年度は、気孔開閉の鍵因子同定に関して重点的に研究を進め、青色光に応答した気孔開口の制御因子 WDR48（***Nature Communications***, 2026）や、アブシシン酸に応答した気孔閉鎖の制御因子 MAP4K1/2（***Science Advances***, 2025）など、水利用効率の向上に資する有用遺伝子同定において重要な成果が得られた。

② 国際ネットワーク構築・拡大および国際頭脳循環に資する若手研究者の人材育成

2025 年 5 月に、イリノイ大学・アーバナ・シャンペーン校にて、研究プロジェクトに関わる 4 カ国の研究者が一堂に会するキックオフミーティングを開催し、プロジェクト全体の目的や研究スケジュールを改めて確認するとともに、各チームが有する技術や研究計画について議論し、プロジェクトに対する相互理解を深めた。また、同大学訪問の際には、神戸大学・近藤昭彦教授が代表を務める ASPIRE 課題「バイオ製造とグローバルバイオエコノミー実現に向けた信頼性および拡張性の高いバイオファウンドリ国際共同研究拠点」の米国代表者である Huimin Zhao 教授の研究室を訪問し、バイオファウンドリの施設見学を実施するなど、国際ネットワークの構築・拡大を推進した。さらに、2026 年 3 月に筑波において、2026 年度の本プロジェクトのアニュアルミーティングを開催し、各チームの研究の進捗について報告を行うとともに、水利用効率の向上に資する標的遺伝子や、ゲノム編集体の作製について議論を深めた。

国際頭脳循環に資する若手研究者の人材育成として、2025 年 11 月に同大学へ博士前期・後期課程大学院生および学部生計 9 名を派遣し、国際共同研究・インターンシップを実施した。また、上記のアニュアルミーティングにおいて、若手研究者・学生によるポスター発表のセッションを設け、相手国側研究者・学生との議論や交流を深めた。これらの取り組みにより、若手研究者は最先端の解析技術やゲノム編集技術に関する知識・技能を修得するとともに、国際共同研究に必要なコミュニケーション能力や研究遂行能力を実践的に培った。さらに、異分野・異文化環境での研究経験を通じて、将来的に国際共同研究を牽引できる人材の育成に寄与した。

さらに、国内コミュニティへの知識還元の一環として、2026 年 3 月の第 67 回日本植物生理学会年会において、理研・関原明チームディレクターを代表とする ASPIRE 課題「植物のレジリエンスを強化する国際研究センター」と合同で、ジョイントシンポジウム「Frontiers in Developing Climate-Resilient and Socially Accepted Plants」を開催した。本ジョイントシンポジウムには、両課題の米国代表者である Tracy Lawson 教授および Seung You （Sue） Rhee 教授を招聘し、植物バイオエコノミーの可能性について

幅広い議論を行った。また、2025 年 9 月には第 1 回植物バイオエコノミーワークショップを開催し、気孔開閉の分子機構解明を基盤とした水利用効率の向上について議論を深めるとともに、若手研究者・大学院生・学部生による研究発表を実施し、人材育成と研究交流の促進を図った。

2. 代表的な成果事例

1. Yamauchi, S., Fuji, S., Ikuta, H., Sugiyama, N., Kodama, Y., Distefano, L., Fujii, H., Yamashita, K., Takase, H., Nomoto, M., Tada, Y., Umezawa, T., Hotta, K., Santelia, D., Shimazaki, K., Takemiya, A. Phosphorylation of WDR48 by phototropins drives starch degradation to promote stomatal opening. Nature Communications, 17: 3601 （2026）.
【プレスリリース】植物が青色光でデンプンを分解し気孔を開く仕組みを解明 –青色光受容体フォトトロピンの新たな基質 WDR48 を発見–、山口大学・東京理科大学・東京農工大学・名城大学の 4 機関にて共同発表した。
概要:武宮・梅澤の国際共同研究グループは、青色光に応答した気孔開口に関わる新規重要因子の同定を目的として、孔辺細胞プロトプラストを対象としたリン酸化プロテオーム解析を実施し、青色光に応答して特異的にリン酸化されるタンパク質 WD-repeat protein 48（WDR48）を同定し、本因子が青色光によるデンプン分解を介した気孔開口に関与することを明らかにした。さらに WDR48 は青色光受容体キナーゼであるフォトトロピンと直接相互作用し、青色光依存的にリン酸化される基質であることを証明した。本研究で同定した WDR48 は、水利用効率を規定する重要遺伝子のひとつであり、本因子の発現や機能を人為的に制御することで、水利用効率を向上させたバイオエネルギー植物の作出に繋がることが期待される。

2. Yamashita, K., Katagiri, S., Takase, H., Li, Y., Oishi, A., Otoguro, A., Kamiyama, Y., Yamauchi, S., Wang, Y.-S., Takemiya, A., Mori, I.C., Kollist, H., Umezawa, T. MAP4K1 and MAP4K2 regulate ABA-induced and Ca^{2+}-mediated stomatal closure in Arabidopsis. Science Advances, 11: 4916 （2025）.
【プレスリリース】植物の乾燥防御の鍵:気孔閉鎖シグナル伝達を担う新規因子 MAP4K1/2 を発見 ~長年未解明であったカルシウム制御の謎に迫る~、東京農工大学・山口大学
概要:梅澤・武宮の国際共同研究グループは、アブシシン酸（ABA）誘導性の気孔閉鎖に関わる新規制御因子の同定を目的として、孔辺細胞プロトプラストを用いたリン酸化プロテオーム解析を実施し、ABA シグナルに応答してリン酸化されるプロテインキナーゼ MAP4K1/2 を同定した。MAP4K1/2 は ABA シグナルの中枢因子である SnRK2 キナーゼによってリン酸化され、ABA 誘導性の気孔閉鎖を正に制御することがわかった。また、MAP4K1/2 は ABA 誘導性の Ca^{2+}チャンネル活性化に関わることがわかった。本因子を利用することで、植物の水利用効率の改善や乾燥耐性の改良につながることが期待される。