

## 地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

### 研究課題別中間評価報告書

#### 1. 研究課題名

地球環境劣化に対応した環境ストレス耐性作物の作出技術の開発 (2010年3月-2015年3月)

#### 2. 研究代表者

2. 1. 日本側研究代表者：篠崎 和子 (国際農林水産業研究センター 特定研究主査)
2. 2. 相手側研究代表者：Dr. Alexandre Nepomuceno (ブラジル農牧研究公社ダイズ研究所)

#### 3. 研究概要

ブラジルのダイズ生産量は世界第2位で世界の総生産量の約1/3を占めるなど同国にとって非常に重要な作物であるが、気候変動による干ばつの問題が世界各地で顕在化している近年、干ばつに強い品種の開発が急務になっている。

本研究では、国際農林水産業研究センター・理化学研究所・東京大学が、シロイヌナズナなどのモデル植物を用いた環境ストレス耐性遺伝子群に関する研究成果や急激に進展しているダイズのゲノム解析技術を基盤として、乾燥などの環境ストレスに対する耐性獲得に関与するダイズの遺伝子群やその発現を制御するプロモーターを明らかにし、遺伝子とプロモーターのコンストラクトを日本側で作製し、ブラジル農牧研究公社ダイズ研究所 (EMBRAPA ダイズ研) に提供する。

EMBRAPA ダイズ研ではこれらのコンストラクトをパーティクルガン法およびアグロバクテリウム法にてブラジルのダイズ品種に導入し、圃場試験において、得られた形質転換体の環境ストレス耐性評価など生理学的実験・解析を行うことにより、乾燥等の環境ストレス耐性ダイズ品種の作出技術の開発を目指す。

#### 4. 評価結果

**総合評価 (A : 所期の計画と同等の取組みが行われている)**

日本側の研究は、研究代表者のリーダーシップの下、様々な着想による研究が行われている。特に、乾燥を中心とした非生物的ストレスへの耐性や応答に関与する遺伝子の機能については多くの研究成果が生まれており、得られた分子生物学的知見は、基礎研究として優れており、評価の高いジャーナルに論文が多数発表されていることは高く評価される。

一方、ストレス耐性機構の分子生物学的解明や遺伝子の同定、機能解析、遺伝子発現に必要なプロモーターの同定、実際の遺伝子導入に用いるコンストラクトの作製などは、所期の計画と同

等の取組が行われており、成果が得られていると言える。今後の共同研究期間中に、これまでに作製したコンストラクトを導入した組み換え体の転換効率の向上と、組み換え体の圃場条件での検証を通して、社会実装に向けた乾燥耐性組換え体ダイズが作出されることが期待できる。

#### 4-1. 国際共同研究の進捗状況について

日本側研究体制については、国際農林水産研究センターが環境ストレス耐性遺伝子の探索と耐性作物の作出技術の開発を、理化学研究所が環境ストレス制御因子遺伝子の探索を、東京大学が環境ストレスの受容体遺伝子の探索を分担し、計画通り順調に研究が進展しており、シロイヌナズナを用いたストレス応答性遺伝子の機能解析から、ダイズの有用遺伝子解析のための基礎データが得られている。また、ダイズ遺伝子の発現解析を網羅的に行い、有用性の高いプロモーター単離のための基礎データが得られている。加えて、ダイズからストレス耐性の獲得に関わると考えられる遺伝子を単離して機能解析が行われている。そして、ダイズに遺伝子導入するために、乾燥ストレス応答に関与する転写因子遺伝子 *DREB* や *AREB1*、糖の合成酵素 (*GoIS2*) の遺伝子などを用いて14個のコンストラクトが作出され、EMBRAPA ダイズ研に送付されている。

一方、ブラジル側は、ダイズへの乾燥耐性遺伝子の導入と圃場試験を分担しているが、遺伝子導入に関しては、これら14個のうち7コンストラクトがパーティクルガン法により、1コンストラクトがアグロバクテリウム法により、ブラジルのダイズ品種に導入された。本プロジェクトではアグロバクテリウム法による形質転換をいかに効率良くできるかが成否の鍵になるが、中間評価時点での両方法による形質転換効率は低く、目標に到達していない。

日本・ブラジル間で研究試料の受け渡しに必要なMTA (Material Transfer Agreement) の締結にかなりの時間を要しているため、改善が必要であろう。

乾燥耐性が付与された作物の作出は、世界的な関心の的であり重要である。ダイズのストレス耐性遺伝子の機能の解析、乾燥や高温ストレスによって誘導される遺伝子の同定、ストレス誘導性プロモーターの単離・同定など、分子生物学的研究で得られた成果は、国内外の類似研究と比較しても、科学的インパクトがかなり高い成果であると言えるが、今後、形質転換効率をあげる取り組みが必須である。

原著論文発表は、国際誌50件、総説27件、国内外の招待講演は40件以上、口頭発表 (国内会議27件、国際会議3件)、ポスター発表 (国内会議35件、国際会議55件) と数多くなされている。また、世界のダイズ生産の安定化における乾燥耐性ダイズ品種の分子育種の重要性を示す活動も行っている。

#### 4-2. 国際共同研究の実施体制について

日本国内の3研究チーム間の連携はよくとれており、研究代表者のリーダーシップは適切に発揮されている。

ブラジル側はダイズの乾燥耐性実用品種の作出に加えて、他の作物でも乾燥耐性の実用品種作出を試みたいという希望を表明している。また、組換え体の圃場での評価を日本側研究者と協働で実施することや、評価担当者の日本での研修を要望している。圃場検定には、アグロノミストの協力が不可欠であり、組み換えダイズの圃場試験での評価に際しても、日本側の持っている技術も有用であると思われるので、この分野の日本人研究者の参画（例えば、研究代表者の所属研究機関での協力体制を構築することなど）も考慮することが望ましい。

ブラジル側のプロジェクトリーダーが途中でアメリカに出向となったが、リーダー代行を立ててプロジェクトを進める一方、研究室スタッフとは定期的に SKYPE で交信しており、EMBRAPA ダイズ研での研究状況をしっかり把握しており、リーダーシップは十分に発揮されているので、出向による影響はほとんどないと思われる。

研究費の執行状況は特に問題は見られない。

#### 4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

プロジェクトの成否は、組み換え体の圃場での検証にかかっているため、その実施体制・方法を強化することが求められる。すなわち、植物生理学、植物栄養学、育種学などの関連専門家の参画により、農業形質の評価を進めることが重要になる。EMBRAPA ダイズ研には幅広い分野の研究者がそろってはいるが、今後の解析では、これらの分野の日本側研究者の参加が望まれる。

ストレス耐性機構の分子生物学的解明や遺伝子の同定、機能解析、遺伝子発現に必要なプロモーターの同定、実際の遺伝子導入に用いるコンストラクトの開発など、乾燥耐性ダイズ系統の作出技術の開発は引き続き成果が期待される。しかし、本プログラムは、同時に、圃場で使える乾燥耐性の遺伝子組換えダイズの作出を目的としているので、これに向けた努力を傾けることによって初めて実用的な成果が期待できる。

アグロバクテリウム法による形質転換体作出は本プロジェクトの成否に関わる重要な課題であるが、現状では転換効率がきわめて低く、格段の改良が必要である。

国内3機関における日本人の若手人材の参画が積極的になされているので、人材育成は順調で

あり、今後も大いに期待できる。アグロバクテリウム法やパーティクルガン法による組換え体の作出やその耐性評価に関わる日本人人材の育成も期待したい。

#### 4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込み

分子生物学的研究の面での相手国側研究者の育成は順調に行われている。しかし、相手国側機関には圃場で組換え体の評価を行う研究者についても育成したいという希望があるので、その面での人的交流の促進を期待したい。

基礎的な研究は確実に継続されることが見込まれる。

ブラジル側実施機関である EMBRAPA ダイズ研には乾燥耐性組換え体ダイズの品種育成に対する強いニーズがあり、本プロジェクトによって、国際農林水産業研究センターでは、これまでも研究員・研究技術員を招へいし、ストレス耐性・応答・感知の研究領域に必要とされる分子生物学的実験・解析手法について研修をおこなっている。また、日本側から研究員をブラジルに派遣し、EMBRAPA ダイズ研の実験設備（温室、圃場、実験室）に応じた実験・解析手法の提案もおこなっている。今後もブラジルから研修生を受け入れる予定であり、人的交流を深め人材育成が促進されるので、持続的な発展は期待できる。

一方、研究施設・設備についても、EMBRAPA ダイズ研は新規に乾燥耐性試験用の温室、アグロバクテリウム法による形質転換をおこなうための実験棟を作っている。これらの設備はダイズ以外の作物への応用を含め、ブラジル国での持続的研究活動を支える基盤となるものと考えられる。

#### 4-5. 今後の課題

今後はブラジルでの圃場試験を進め、さらに、EMBRAPA ダイズ研で得られた各種形質転換ダイズの種子を日本側研究機関に送付してその生理機能を解析することで、プロジェクト目標である環境ストレス耐性ダイズの作出技術開発を目指すことになる。

- (1) 本プロジェクトの活動には、分子生物学や生態生理学、育種学を含んでおり、これらの研究手法を用いた圃場条件における組み換え体の耐干性検証は重要な課題である。したがって、プロジェクトの進展に応じて、生態生理学、育種学分野における日本側での研修生受け入れの可能性及び EMBRAPA ダイズ研への日本人専門家の派遣の可能性について、協力を得られる組織・研究者の新たな参画を含めて双方で検討していただきたい。圃場試験の体制についてはブラジルチームに日本人の生理学・作物学専門の研究者が加わって共同で研究を実施するのが望ましい。

- (2) これまでの分子生物学的手法を主体とした基礎的な研究から、社会実装に至る道筋を示すためには、アグロバクテリウム法による形質転換体作出の効率向上を目指して一層努力を傾注していただきたい。
- (3) ブラジルのダイズ品種の形質転換効率が低いので、並行して現在転換効率が比較的高い日本の品種を使用し、プロジェクト終了までに圃場検定をすることも考えられる。

以上

付随的成果			
社会への発信	プレスリリースや成果の発表等の広報活動		
特許出願	形質転換ダイズ	最適化プロモーターと耐性遺伝子との組み合わせ	
レビュー付雑誌等への掲載	ストレス受容・応答分野について掲載	ストレス耐性分野について掲載	効率的形質転換法について掲載
人材育成	次世代リーダーの育成	参画学生による論文掲載	
生物資源へのアクセスの確立	MTAにもとづいた形質転換ダイズの譲渡		

図1 成果目標シートと達成状況（2013年1月時点）

