

評価調査結果要約表

1. 案件の概要	
国名：ブラジル連邦共和国	案件名：(科学技術) 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
分野：農林水産-農業-農業一般	援助形態：技術協力プロジェクト
所轄部署：農村開発部農業・農村開発第一グループ第二チーム	協力金額：約3億1,000万円
協力期間	(R/D)：2010年3月4日～2015年3月3日(5年間)
	先方関係機関：ブラジル農牧研究公社(Embrapa)ダイズ研究センター
	日本側協力機関：独立行政法人国際農林水産業研究センター(JIRCAS)(*代表研究機関)、国立大学法人東京大学、独立行政法人理化学研究所(RIKEN)
他の関連協力：	
<p>1-1 協力の背景と概要</p> <p>ブラジル連邦共和国(以下、「ブラジル」と記す)は、人口約1億9,000万人、国土面積約851万2,000km²を有し、コーヒー、タバコ、ダイズ等の輸出大国である。特にダイズに関しては、2006/07年には5,840万tが生産され、世界のダイズ総生産量の約1/4を占めている。また、米国に次いで世界第2位の生産量を誇っている。一方、世界におけるダイズの消費は増え続け、特に中華人民共和国(以下、「中国」と記す)では人口の増加や食生活の変化に伴うダイズの消費拡大が著しい。このような状況のなか、ブラジルは、既に世界最大の農産物貿易黒字国であるとともに、世界最大規模の農用地開拓可能地帯を有しており、食糧供給国としての役割を強く期待されている。しかし、急激な人口増加と工業化による温室効果ガスの上昇によって地球の温暖化が進み、作物耕作地における干ばつ・作物の収量の減少・食糧や飼料の確保といった世界的な問題が生じている。そのような状況のなか、ダイズやトウモロコシなど、大規模生産で比較的降水量の少ない地域においても栽培されている作物を対象とした干ばつ等の環境ストレスに強い品種の開発は、世界的にも最も重要な育種目標となってきた。従来の育種方法により干ばつに強い系統の選抜と育種への利用が試みられているが、近年、世界的に進展している作物のゲノム研究の成果をもとに、遺伝子組み換え技術による作物の開発が注目されるようになった。</p> <p>本プロジェクトでは、これまでの環境ストレス耐性遺伝子群に関する研究結果や急速に進展しているダイズのゲノム解析技術を基盤として、ダイズの乾燥等の環境ストレスに対する耐性獲得に関与する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する。そして、これらの遺伝子やプロモーターをダイズに導入することで干ばつに強い品種を作出する。さらに、圃場条件において乾燥ストレスに対する耐性等を評価し、耐性遺伝子とプロモーターの最適の組み合わせを明らかにするとともに、耐性レベルが向上した形質転換系統を選抜し、環境ストレス耐性の作出技術の開発を行う。なお、本プロジェクトは、「地球規模課題に対応する科学技術協力」事業のひとつであり、環境・エネルギー等を含めた地球規模課題に対し、開発途上国と共同研究を実施するとともに、途上国側の能力向上を図ることをめざすことを目的としている。</p>	

日本側代表研究機関として(独)国際農林水産業研究センター(Japan International Research Center for Agricultural Sciences : JIRCAS)、ブラジル側研究機関としてブラジル農牧研究公社ダイズ研究センター(Brazilian Agricultural Research Corporation : Embrapa Soybean)が、共同研究を実施するものである。

1-2 協力内容

(1) 上位目標

環境ストレスに適応したダイズが開発され、ブラジルのダイズ生産の安定化に資する。

(2) プロジェクト目標

環境ストレス耐性ダイズの作出技術が開発される。

(3) 成果

1. 環境ストレスに対する耐性獲得に関与する有用遺伝子が同定される。
2. ストレス応答性プロモーターの単離と有用遺伝子との組み合わせの最適化が行われる。
3. プロモーターと有用遺伝子の組み合わせが導入されたダイズ系統が得られる。
4. 環境ストレス耐性を示す組み換えダイズ系統が選抜される。

(4) 投入(評価時点)

日本側：

長期専門家派遣 延べ1名、 短期専門家派遣 計13名、 日本側研究機関で活動に従事した研究者 計33名、 研修員受入 計13名、 機材供与(ブラジル側へ) 総額8,000万円、機材調達(日本の研究機関向け) 総額1,800万円、 ローカルコスト負担 総額5,100万円

相手国側：

研究者等の配置 延べ35名(終了時評価調査時)、 機材購入費 総額1億2,600万円、 ローカルコスト(光熱費等の負担)、 土地・施設提供：日本人専門家及び研究者の執務室、バイオテクノロジー実験棟(既存、新規)、各種実験室、温室、試験圃場など

2. 評価調査団の概要

調査者	総括：	永代 成日出	JICA国際協力専門員
	協力企画：	安達 巧	JICA農村開発部農業・農村開発第一グループ第二チーム企画役
	科学技術計画評価： (オブザーバー)	浅沼 修一	独立行政法人科学技術振興機構(JST)地球規模課題対応国際科学技術協力(SATREPS)生物資源分野研究主幹(国立大学法人名古屋大学教授)
	科学技術計画評価： (オブザーバー)	佐藤 雅之	JST国際科学技術部地球規模課題協力グループ上席主任調査員
	評価分析：	道順 勲	中央開発株式会社海外事業部
調査期間	2014年10月19日～2014年11月10日		評価種類：終了時評価

3. 評価結果の概要

3-1 実績の確認

成果 1:「環境ストレスに対する耐性獲得に関与する有用遺伝子が同定される。」

成果 1 に関する 3 つの指標、すなわち、①ストレス耐性制御遺伝子の同定、②ストレス受容に関与する膜タンパク質遺伝子の同定、③ストレス応答制御遺伝子の同定、に関する指標すべてが、目標値を達成した。

成果 2:「ストレス応答性プロモーターの単離と有用遺伝子との組み合わせの最適化が行われる。」

成果 2 に関する 3 つの指標、すなわち、①ストレス応答性遺伝子の同定、②ストレス応答性プロモーターの同定、③プロモーターと有用遺伝子の組み合わせの最適化、に関する指標すべてが、目標値を達成した。

成果 3:「プロモーターと有用遺伝子の組み合わせが導入されたダイズ系統が得られる。」

成果 3 に関する 3 つの指標、すなわち、①遺伝子組み換え技術の確立、②プロモーターと有用遺伝子の組み合わせのダイズへの導入、③T1 世代種子が増殖、に関する指標すべてが、目標値を達成した。

成果 4:「環境ストレス耐性を示す組み換えダイズ系統が選抜される。」

成果 4 に関する 6 つの指標、すなわち、①乾燥応答性遺伝子をもつダイズ系統の選抜、②高温応答性遺伝子をもつダイズ系統の選抜、③ダイズ系統の遺伝子発現が解析、④温室、圃場でのダイズのストレス耐性試験手法の確立、⑤温室でのダイズのストレス耐性評価、⑥圃場でのダイズのストレス耐性評価、に関する指標すべてが、目標値を達成した。

プロジェクト目標:「環境ストレス耐性ダイズの作出技術が開発される。」

プロジェクト目標に関するすべての指標は、その数値目標を達成し、環境ストレス耐性ダイズ作出に係る遺伝子工学技術は以下の説明のとおり開発された。したがって、プロジェクト目標の達成水準は、非常に高いといえる。

3-2 評価結果の要約

(1) 妥当性: 高い

①地球規模における気候変動への対応の必要性、②ブラジルにおける耐乾性・耐暑性のダイズ品種開発の必要性、③ターゲット・グループ (Embrapa ダイズ研究所) のニーズとの整合性、④ブラジルの国家開発政策等との整合性、⑤日本の援助方針との整合性、の観点から判断して、本プロジェクトの妥当性は高い。

(2) 有効性: 高い

本プロジェクトを通じて、環境ストレス耐性ダイズの作出のための複数の遺伝子工学技術が開発された。アグロバクテリウム法で形質転換されたダイズの 1 つの系統については、温室試験と圃場試験を経て、非常に強い干ばつ耐性があること並びに害虫抵抗性も

もつことが示された（害虫抵抗性は発現することを予期しなかった特性であるが、一方でさらに解明を進める必要もある）。非常に有用な成果が出たということは、本プロジェクトで開発された遺伝子工学技術が環境ストレス耐性ダイズを開発するうえで非常に適切かつ有効なものであることを示しているといえる。

(3) 効率性：おおむね高い

MTA 締結に長い時間を要したものの、本プロジェクトの効率性はおおむね高いといえる。

(4) インパクト

1) 上位目標「環境ストレスに適応したダイズが開発され、ブラジルのダイズ生産の安定化に資する」達成の見通し

遺伝子組み換えダイズの商品化までには通常、安全性試験など多くの時間を要するステップがあることを勘案すると、目標年である 2019 年までに上位目標を達成することは困難である。達成までには、プロジェクト終了後から少なくとも 8～10 年程度は必要と想定される。

2) 将来発現することが期待されるインパクト

- ① 干ばつ耐性ダイズの商品化品種が開発された際の干ばつ被害地域における生産性の向上
- ② 本プロジェクトで開発された知見・技術の有用性
- ③ アグロバクテリウム法による形質転換効率が改善したことの有用性
- ④ マイクロアレイ分析技術開発の有用性

(5) 持続性

政策面、組織面、技術面では、本プロジェクトの持続性は高いと考えられる。環境ストレス耐性ダイズに関し開発された遺伝子工学技術は、ダイズの干ばつ耐性品種の開発のために、Embrapa ダイズ研究所において持続的に活用できるであろう。ただし、資金面では一般的に、安全性評価や規制緩和などに莫大な資金が必要となるため、遺伝子組み換えダイズの商品化に興味を有し、資金力も有するパートナーを探索することが重要になる。

3-3 効果発現に貢献した要因

(1) 計画内容に関すること

特になし

(2) 実施プロセスに関すること

日本側研究機関とブラジル側研究機関が研究課題について明確に役割分担を行いつつ、信頼関係を基礎に研究活動を実施してきたこと。また、良好なコミュニケーションが取られ、研究活動実施に関し適切な調整が実施されてきたこと。

3-4 問題点及び問題を惹起した要因

(1) 計画内容に関すること

特になし

(2) 実施プロセスに関すること

①材料移転契約（Material Transfer Agreement : MTA）締結に長い時間を要したこと、② JICA 費用で設置した温室の冷房設備の不調、③研究活動に必要な試薬の購入に時間を要したこと。

3-5 結論

合同終了時評価チームは、すべての成果の指標及びプロジェクト目標が達成していることを確認した。研究活動の成果として、環境ストレス耐性に関するダイズの遺伝子工学的技術に関する科学的知見と情報が蓄積され、複数の有用な技術が確立された。圃場試験の結果、1つの遺伝子組み換えダイズ系統が強い干ばつ耐性を示すとともに、害虫抵抗性も示した（圃場試験レベルで干ばつ耐性を示すダイズが開発されたことは、世界で初めてであると推定されている）。さらに複数の種類の遺伝子をもつダイズ系統の試験が温室及び圃場で実施される。そして、より多くのダイズ系統が環境ストレス耐性の特性をもつことが期待される。将来、農民が利用できる商品品種開発までには、今後、複数の段階と課題があるものの、本プロジェクトで開発された技術は、基礎的研究に有用だけでなく、ダイズの商品化品種開発に向けた研究活動にも大いに有用なものである。

3-6 提言（当該プロジェクトに関する具体的な措置、提案、助言）

3-6-1 プロジェクト終了までの残りの期間において対応すべき事項

未締結の MTA の迅速な署名

3-6-2 プロジェクト終了後において対応すべき事項

(1) 温室用の冷房システム導入に向けた予算措置

(2) 干ばつ耐性ダイズの商品化に向けて重要な点について

①商品化に向けた戦略策定、②商品化に向けた両国関係機関による協力関係の継続、③害虫抵抗性発現メカニズムの解明、④より干ばつ状況が発生しやすい気象条件をもつ場所での圃場試験の実施、⑤安全性評価と規制緩和)

3-7 教訓（当該プロジェクトから導き出された他の類似プロジェクトの発掘・形成、実施、運営管理に参考となる事柄）

(1) 高い研究成果を上げた要因について

ブラジル側研究機関と日本側研究機関の信頼関係と明確な役割分担などがプロジェクト成果達成の要因となっている。

(2) MTA に関する手続きへの留意について

類似プロジェクトやプロジェクトに関係した共同研究を実施する際には、円滑に研究活動を進めるうえで MTA の迅速化が望まれる。