

2009 年 10 月 13 日

国際協力機構 農村開発部

畑作地帯グループ 畑作地帯第一課

1. 案件名（国名）

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

2. 事業の背景と必要性

(1) ブラジル国（以下、「ブ」国）における農業セクターの現状と課題

「ブ」国は、人口約 1.8 億人、国土面積約 851.2 万 km² 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言えば、「ブ」国では 2006/7 年には 5840 万トンが生産され、世界のダイズ総生産量の約 1/4 を占めている。また、アメリカに次いで世界第 2 位の生産を誇っているが、「ブ」国農牧省の試算では、2020 年には「ブ」国のダイズ生産は 1 億トンを越え、世界第 1 位になるとしている。一方で、世界におけるダイズの消費は増え続け、特に中国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は著しい。このような状況の中、「ブ」国は、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、世界の中でも今後の食糧供給国としての役割を強く期待されている。

一方、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。気候変動に関する政府間パネル (ICPP) の第 4 次報告書では 21 世紀末には 2.1℃～4.0℃気温が上昇すると予測されている。供給国としての役割を強く期待されている「ブ」国においても、気温上昇による作物耕作地の面積と生産量の落込みが危惧されている。近年、既に頻繁な干ばつ被害の発生がダイズ栽培に大きな影響を与えており、例えば 2003～2006 年には主に干ばつの影響で 27.2 百万トンの減収となり、2003～2004 年には 18 億ドル、2004～2005 年には 23.2 億ドルの被害があった。このように気候変動は上記農牧省試算を始めとする今後の「ブ」国の食糧生産にも影響を及ぼすことが予測されており、「ブ」国にとっても喫緊の課題となっている。

そのような状況の中、ダイズやトウモロコシ等、大規模生産で比較的降水量の少ない地域において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。その中で、近年世界的に進展している作物のゲノム研究の成果を元に、遺伝子組換え技術による作物の開発が注目されるようになった。

(2) 「ブ」国における農業セクター政策と本事業の位置づけ

「ブ」国は 60 年代から政策的に農業による開発・経済躍進を重要課題として推進している。特にダイズについては 80 年代より栽培面積の拡大や生産量の増大が行な

われると同時に、90年の関税改革に始まる貿易政策や95年のメルコスール設立に伴い、主力輸出作物として扱われるようになった。また、生産・研究分野においては、本事業の「ブ」国側共同研究機関であるダイズ研究センター(Embrapa Soybean)が89年にパラナ州農業研究所(IAPAR)から独立し、ダイズを中心とした作物の生産・品種作出の技術開発が行われるようになっていく。

遺伝子組換え作物の政策的な扱いについても、90年代後半に政府により「バイオ安全法」が制定され、バイオテクノロジーによる科学技術分野の発展は、農牧省のみでなく関連省庁の合意の下に推進されることとなっている。

本事業はこのような背景の下、「ブ」国の農業生産・貿易の各分野において主要な作物であるダイズを対象とし、遺伝子組換えを通じた育種研究を行うものとなっている。

(3) 「ブ」国の農業セクターに対する我が国及びJICAの援助方針と実績

我が国は「ブ」国に対する援助重点分野のひとつとして「農業」を上げており、セラード農業開発を始め、我が国の「ブ」国農業セクターに対しては多くの援助の実績を有している。また、JICAの対ブラジル援助の協力重点分野「環境」の中で、「生態系保全・天然資源の持続的利用」プログラムにおける、気候変動に対する日伯のパートナーシップ関係が強化されるという成果達成にも合致したものである。

一方、開発途上国からの我が国の科学技術を活用した地球規模課題に関する国際協力の期待が高まるとともに、日本国内でも我が国の科学技術による外交の強化や科学技術協力におけるODA活用の必要性・重要性が謳われてきた。内閣府総合科学技術会議が取りまとめた「科学技術外交の強化に向けて」(H19年4月、H20年5月)や、H19年6月に閣議決定された「イノベーション25」において途上国との科学技術協力を強化する方針が打ち出されている。そのような中で環境・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目指す「地球規模課題に対応する科学技術協力」事業がH20年度に創設された。本案件はその一つとして採択されたものであり、我が国政府の援助方針・科学技術政策に合致している。

(4) 他の援助機関の対応

特になし。

3. 事業概要

(1) 事業の目的

本事業は、耐乾性・耐暑性等の環境ストレス耐性を持つ有用遺伝子とプロモーター¹の同定を行い、それらを遺伝子導入技術を用いてダイズに導入する研究を通じ、環境ストレス耐性ダイズの作出技術の開発を行うことを目的とする。

¹ プロモーター(promoter); 遺伝子が機能を発現するための駆動装置となる役割をもつDNA領域のこと。

(2) プロジェクトサイト/対象地域名

ブラジル農牧研究公社ダイズ研究センター(Embrapa Soybean)にて実施する。(パラナ州ロンドリーナ市)

(3) 事業概要

1) プロジェクト目標と指標・目標値

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。

指標・目標値：

1. ダイズ等の環境ストレスに対する耐性獲得に関与する有用遺伝子³が少なくとも10種類同定される。
2. ダイズのストレス応答性プロモーターが少なくとも5種類単離され、有用遺伝子との組合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合せが少なくとも5種類ダイズへ導入され、各組合せから少なくとも3系統の組換え体が得られる。
4. 少なくとも1種類の環境ストレス耐性系統が選抜される。

2) 成果と想定される活動(あるいは調査項目)と指標・目標値

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。

指標・目標値：

- 1-1. ダイズ等のストレス耐性制御遺伝子が5種類以上同定される。
- 1-2. ダイズ等のストレス受容に関与する膜タンパク質遺伝子が2種類以上同定される。
- 1-3. ダイズ等のストレス応答制御遺伝子が3種類以上同定される。

活動：

- 1-1. ダイズ等のストレス耐性制御遺伝子の同定を行う。
- 1-2. ダイズ等のストレス受容に関与する遺伝子の同定を行う。
- 1-3. ダイズ等のストレス応答制御遺伝子の同定を行う。

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合せの最適化が行われる。

指標・目標値：

- 2-1. ダイズのストレス応答性遺伝子が少なくとも100種類同定される。
- 2-2. ダイズのストレス応答性プロモーターが少なくとも5種類同定される。
- 2-3. 少なくとも5種類のプロモーターと有用遺伝子の組合せの最適化が行われる。

活動：

² 指標・目標値 4.「少なくとも1種類の環境ストレス耐性系統が選抜される」ことが、プロジェクト目標である「技術の開発」の達成の指標となる。

³ 遺伝子；遺伝形質を決定する因子

- 2-1. ダイズのストレス応答性遺伝子の探索を行う。
- 2-2. ダイズのストレス誘導応答性プロモーターの同定を行う。
- 2-3. プロモーターと有用遺伝子の組合せの最適化を行う。

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

指標・目標値：

- 3-1. ダイズへの形質転換⁴効率が2%以上の遺伝子組換え技術が確立される。
- 3-2. プロモーターと有用遺伝子の組み合わせが少なくとも5種類ダイズに導入される。
- 3-3. 少なくとも3系統のT1世代⁵種子が増殖される。

活動：

- 3-1. ダイズへの遺伝子組換え技術を確立する。
- 3-2. プロモーターと有用遺伝子の組合せをダイズに導入する。
- 3-3. 遺伝子を導入したダイズのT1世代種子を増殖する。

成果 4：環境ストレス耐性を示す組換えダイズ系統が選抜される。

指標・目標値：

- 4-1. 乾燥応答性遺伝子が少なくとも2種類同定され、遺伝子解析を行い、組換えダイズが少なくとも2系統選抜される。
- 4-2. 高温応答性遺伝子が少なくとも2種類同定され、遺伝子解析を行い、組換えダイズが少なくとも2系統選抜される。
- 4-3. 少なくとも2種類の遺伝子とプロモーターの組合せに由来する独立な系統から、少なくとも2系統の遺伝子発現が解析される。
- 4-4. 温室、圃場でのダイズのストレス耐性試験手法が確立される。
- 4-5. 温室で2種類以上（各2系統以上）の組換えダイズのストレス耐性評価が行われる。
- 4-6. 圃場で2種類以上（各2系統以上）の組換えダイズのストレス耐性評価が行われる。

活動：

- 4-1. 乾燥応答性遺伝子の同定と、遺伝子解析を行って、組換えダイズ系統の選抜を行う。
- 4-2. 高温応答性遺伝子の同定と、遺伝子解析を行って、組換えダイズ系統の選抜を行う。
- 4-3. 組換えダイズの遺伝子発現解析を行う。
- 4-4. ダイズの乾燥ストレス耐性評価手法を確立する。
- 4-5. 温室での組換えダイズのストレス耐性評価を行う。

⁴ 形質転換；外部から与えられたDNAが遺伝情報として組込まれ、個体あるいは細胞の遺伝形質が変化すること。突然変異とは異なり、与えられた遺伝情報に従って変化は決まった方向へ進む。

⁵ T1世代；遺伝子を導入した組換え体の第一世代のこと

4-6. 圃場での組換えダイズのストレス耐性評価を行う。

3) 投入の概要

日本側

(a) 専門家 :

長期専門家 1 名 (業務調整)

短期専門家 4 名 (10 ヶ月×1 名/年、1 ヶ月×3 名/年)

上記専門家含む研究者・技術者 計 12 名

(b) 本邦研修 : 4 名 (1 年×1 名/年、1 ヶ月×3 名/年)

(c) 供与機材 (約 1.3 億円) :

各種測定機器 (小型光合成測定装置等)、研究棟用実験機材 (PCR 機器等)、

圃場用実験機材 (人工気象機、雨除けシェルター等)、車輛等

(d) 在外事業強化費 (約 0.25 億円) :

Postdoc., Ph. D, M. Sc の契約 (事業開始 2.5 年間迄)

研究用試料一部負担

「ブ」国側

(a) 研究者・技術者 : 17 名

(b) 施設、機材等 :

執務室、研究室、温室・圃場等のスペース及び維持・管理費、
研究用試料一部負担、その他諸経費

(c) その他

Postdoc., Ph. D, M. Sc の雇用 (事業開始 2.5 年後より)

(4) 総事業費/概算協力額

約 3.6 億円

(5) 事業実施スケジュール (協力期間)

2010 年 1 月～2014 年 12 月 (5 年間)

(6) 事業実施体制 (実施機関/カウンターパート)

【日本側】

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)

【「ブ」国側】

ブラジル農牧研究公社ダイズ研究センター (Embrapa Soybean)

(7) 環境社会配慮・貧困削減・社会開発

1) 環境社会配慮

① カテゴリ分類：C

② 影響と回避・軽減策

本案件は遺伝子組換え作物を扱った研究を行うものであり、組換え系統を Embrapa Soybean にて圃場レベルでの耐性試験を行うことを想定しており、遺伝子組換え体が自然環境に及ぼす影響は配慮する必要がある。Embrapa を始めとする研究機関は、カルタヘナ議定書および「ブ」国のバイオ安全法および各種法律に基づき研究を行う義務を有し、また本案件の「ブ」国側研究代表者は国家バイオ安全技術委員会 (CTNBio) の構成員であり、十分な配慮がなされている。

2) 貧困削減促進

本案件で目標とするストレス耐性作物の作出技術の開発は、世界的な食糧輸出国である「ブ」国の食糧生産安定化に資する可能性を持つだけでなく、気候変動が及ぼす干ばつ等の作物生産に与える影響による貧困増加を緩和し、日本を含む食糧輸入国への食糧の安定供給に繋がる可能性も有しているといえる。

3) ジェンダー

Embrapa Soybean では既に多くの女性研究者・技術者が活動しており、特段の配慮要因はない。

(8) 他ドナー等との連携

該当しない

(9) その他特記事項

Embrapa はバイオ化学メーカー企業であるモンサント社や BASF 社を始め多くの民間企業と共同研究を実施している。Embrapa Soybean においては、モンサント社と干ばつ耐性のトウモロコシの開発を行い、また、両企業と特に除草剤耐性ダイズの開発を行っている。しかし、干ばつ耐性ダイズに関する遺伝子組換えによる共同研究ではまだ行われていない。

4. 外部条件・リスクコントロール

(1) 研究・技術開発課題の難易度の高さ

活動3-2に示す遺伝子のダイズへの導入が本案件の目標達成のために重要な活動項目となるが、ダイズへの遺伝子導入は難易度が高いことが知られている。そこで活動3-1に示すダイズへの遺伝子組換え技術を確立することが重要であり、Embrapa ダイズ研究センターで開発された Biobalistic 法に加え、日本から派遣する研究員を中心に Agrobacterium 法による遺伝子組換え技術を用い、より安定したダイズへの遺伝子導入を確立する予定である。

(2) 研究の流れに係る日伯研究機関の諸手続きの調整

本件では、日本側(JIRCAS、東京大学、RIKEN)が、導入する遺伝子およびプロモーターを組合せてコンストラクトを作出し、「ブ」国側へ提供する。「ブ」国側(Embrapa Soybean)は、日本側が提供したコンストラクトのダイズへの導入、簡単な遺伝子解析、耐性評価を行い、耐性系統を選抜する。一方、遺伝子が導入された組換えダイズ系統は、日本側へ受け渡され、日本側研究機関でさらに詳細な分子レベルの解析を実施する。そのため、プロジェクトの円滑な実施の為に、研究試料提供契約書(MTA)に基づく研究試料(コンストラクト及び組換えダイズ系統等)の日伯間での授受が不可欠である。過去JIRCASとEmbrapa間でMTA締結に非常に時間を有した(3年)実例があり、プロジェクトの成果創出のためにも日伯研究機関による調整が速やかに行われることが必要である。

(3) 遺伝資源の輸入手続きの必要性

(2)で前述の通り、日本・「ブ」国間の研究試料の授受はプロジェクトの効率的な実施に不可欠であり、本案件では、組換えダイズ系統だけでなく、ダイズ品種の輸出入を想定している。「ブ」国に遺伝資源を輸入する際には、農牧省の植物防疫機関による数ヶ月の検査が必要であること、逆に「ブ」国から輸出する際は輸出先の国の要請に基づいた植物検疫証明書が必要となる。尚、コンストラクト等、DNAの輸出入には特段の手続きは必要ない。

5. 過去の類似案件の評価結果と本事業への教訓

特になし

6. 評価結果

(1) 妥当性

本案件は、以下の点より妥当性が高いと判断される。

- ア 「ブ」国は 1960 年代からの農業による開発・経済躍進による農業政策や、90年代からの貿易政策等を通じ、「ブ」国において主要輸出作物となったダイズについて、その減収に伴う食糧生産への影響を回避する案件である本事業は「ブ」国のニーズにも合致する。
- イ 「バイオ安全法」の制定を始め、遺伝子組換えを含むバイオテクノロジーの推進は「ブ」国の国家政策にも適応している。
- ウ 我が国は対南米外交政策の中で、気候変動対策など国際社会の共通課題に対し共同で対処する関係の構築を一つの目標として掲げており、本事業は我が国の政策にも合致している。
- エ 本事業の「ブ」国側共同研究機関である Embrapa Soybean はダイズに係る技術開発・品種開発を「ブ」国の中でも中心的に行っている機関であり、協力対象として適切である。
- オ 日本にとっても食糧安全保障は喫緊の課題であり、世界有数の食糧輸出国である「ブ」国の食糧生産安定化に資する可能性を有する本事業は、実施する意義は高いといえる。

カ 日本ブラジル科学技術協力合同委員会が2009年5月に開催される等、科学技術分野での両国間の関係をより一層強化する重要性が高まっており、本事業を実施する意義は高い。

(2) 有効性

本案件は、以下の点より高い有効性が見込まれる。

- ア 本案件では、成果1・2で有用遺伝子とプロモーターの組合せを同定し、成果3では成果1・2で得られた組合せを、「ブ」国研究機関にてダイズへ導入する。成果4では、日本側と「ブ」国側研究機関が共同で遺伝子導入ダイズの耐性評価・選抜を行う。これらの成果を達成し、環境ストレス耐性系統ダイズが得られればプロジェクト目標である、環境ストレス耐性ダイズの「作出技術の開発」が達成されたこととなり、各成果の達成はプロジェクト目標達成に向けての論理的整合性が確保されている。
- イ 本案件の共同研究機関である JIRCAS と Embrapa Soybean は、2003 年度から遺伝子組換え技術を利用した共同研究を行っており、本案件のプロジェクト実施過程についても共通理解を確立しており、研究内容に齟齬が生じる等の可能性は低い。

(3) 効率性

本案件は、以下の点より効率的な協力の実施が見込まれる。

- ア Embrapa Soybean と JIRCAS は 1995 年より研究協力を行ってきた蓄積があり、それぞれの得意分野を活かし、また不得意分野を補う形で研究協力が実施される。
- イ Embrapa Soybean では新たなバイオテクノロジー研究棟の建設が行われており、また基本的な研究機材を有しているだけでなく、過去 JIRCAS より供与された機材を有する。これらの既存の機材を活用しつつ、補強的に機材を供与することで、成果の発現に大きく寄与すると考えられる。

(4) インパクト

本案件の実施により、以下のインパクトが想定される。

- ア 環境ストレス耐性を有するダイズの作出技術の開発により、ダイズだけでなく、他の作物の作出技術への転用も可能であり、また、耐乾性や耐暑性だけでなく広い環境ストレスの耐性獲得にも貢献する。
- イ 本案件を通して技術が開発されることにより、「ブ」国大豆生産の重大な障害となっている気候不順への対処が可能となる。
- ウ Embrapa は品種に係る知的所有権の販売や新品種の販売を行っており、本事業達成で開発される技術により作出されるダイズ品種(及び他のストレス耐性作物品種)は、「ブ」国の食糧生産安定化に資する可能性を有し、将来世界的な食糧需給に貢献することが可能となり得る。
- エ 「ブ」国は世界有数のダイズ生産国であり、世界的なダイズ需要増加に対する供給者として貢献しており、本件協力によって干ばつ等による食糧生産の不確

実性を軽減することになる。

(5) 自立発展性

本案件は以下の理由から相手国政府によりプロジェクト終了後も継続されることが見込まれる。

- ア 本件で導入される組換え遺伝子は、他の重要な農作物へも適用が可能であり、プロジェクト終了後も、本案件での共同研究の実績と連携強化により JIRCAS との共同研究は継続する可能性は高い。
- イ Embrapa Soybean は国家政策でも重要課題とされる項目を扱っており、連邦予算による運営であり、また Embrapa は 2003 年にブラジル議会で知的財産の売却や民間企業との合併会社の設立を行うことが認められ、財政面での問題の発生の懸念は少ない。
- ウ Embrapa Soybean 国家バイオ安全審議会 (CTNBio) の主要メンバーを提示するなど、「ブ」国の国家的なバイオテクノロジー開発を進める為の主要な組織でもあり、法制度の面からも高い信頼を得ている。

(6) 実現可能性（リソース確保、前提条件）

現在の Embrapa Soybean の研究体制は現在扱っている系統管理については十分であるが、本案件開始により導入遺伝子数が増えた場合、効率的な研究を行うために、研究実施体制を強化することが必要となる。そのため、「ブ」国の労働法や実施機関の人事面での制約を鑑みながら、より効率的な研究が実施可能な体制を構築するためにも、日本側でポスドク研究者や技術者の雇用経費の一部補助を行うことが必要である。

7. 今後の評価計画

(1) 今後の評価に用いる主な指標

プロジェクト目標達成の為に必要な指標・目標値は日伯研究機関双方で設定され、「3. 実施概要」に記載の通りである。

(2) 今後の評価のタイミング

- ・ 中間レビュー 2012 年 7 月頃
- ・ 終了時評価 2014 年 7 月頃
- ・ 事後評価 協力終了 2～4 年後を目安とする

以 上