

ブラジル連邦共和国  
(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  
詳細計画策定調査報告書

平成21年10月  
(2009年)

独立行政法人国際協力機構  
農村開発部

農 村
J R
09-105

**ブラジル連邦共和国**  
**(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**  
**詳細計画策定調査報告書**

平成21年10月  
(2009年)

**独立行政法人国際協力機構**  
**農村開発部**

## 序 文

日本国政府は、ブラジル連邦共和国政府（以下、「ブラジル」と記す）の要請に基づき、「(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」を実施することを決定し、独立行政法人国際協力機構が2009年8月24日から9月2日まで詳細計画策定調査を実施いたしました。

当機構は、ブラジル政府と協議し、かつ現地調査の結果を踏まえ、プロジェクトの枠組みに関する合意文書を取り交わしました。本報告書は、同調査団による協議結果、評価結果を取りまとめたものであり、今後プロジェクトの実施にあたり広く活用されることを願うものです。

ここに、本調査実施にご協力とご支援をいただいた関係者の皆様に対し、心から感謝の意を表します。

平成21年10月

**独立行政法人国際協力機構**

農村開発部長 **小原 基文**

# 目 次

序 文

目 次

プロジェクト位置図

プロジェクト概要図

現地調査写真

略語表

事業事前評価表（和文）

第1章 詳細計画策定調査団の派遣	1
1-1 調査団派遣の経緯と目的	1
1-1-1 協力の背景	1
1-1-2 調査団派遣の目的	1
1-2 調査団の構成	2
1-3 調査日程	2
1-4 主要面談者	3
第2章 調査結果の要約	4
2-1 調査の概要	4
2-2 プロジェクトの枠組み	4
2-2-1 科学技術協力の枠組み	4
2-2-2 プロジェクトの名称	4
2-2-3 PDM 及び PO	4
2-2-4 プロジェクト対象地域	4
2-2-5 プロジェクト実施期間	5
2-2-6 プロジェクトの要約	5
2-2-7 プロジェクト実施のための措置	5
2-2-8 プロジェクト実施体制	6
2-3 5項目評価	7
2-3-1 妥当性	7
2-3-2 有効性	7
2-3-3 効率性	7
2-3-4 インパクト	8
2-3-5 自立発展性	8
2-4 協議議事録 (M/M) の作成	8
2-5 補足事項	8
2-5-1 共同研究合意書 (MOU)	8
2-6 確認事項	8

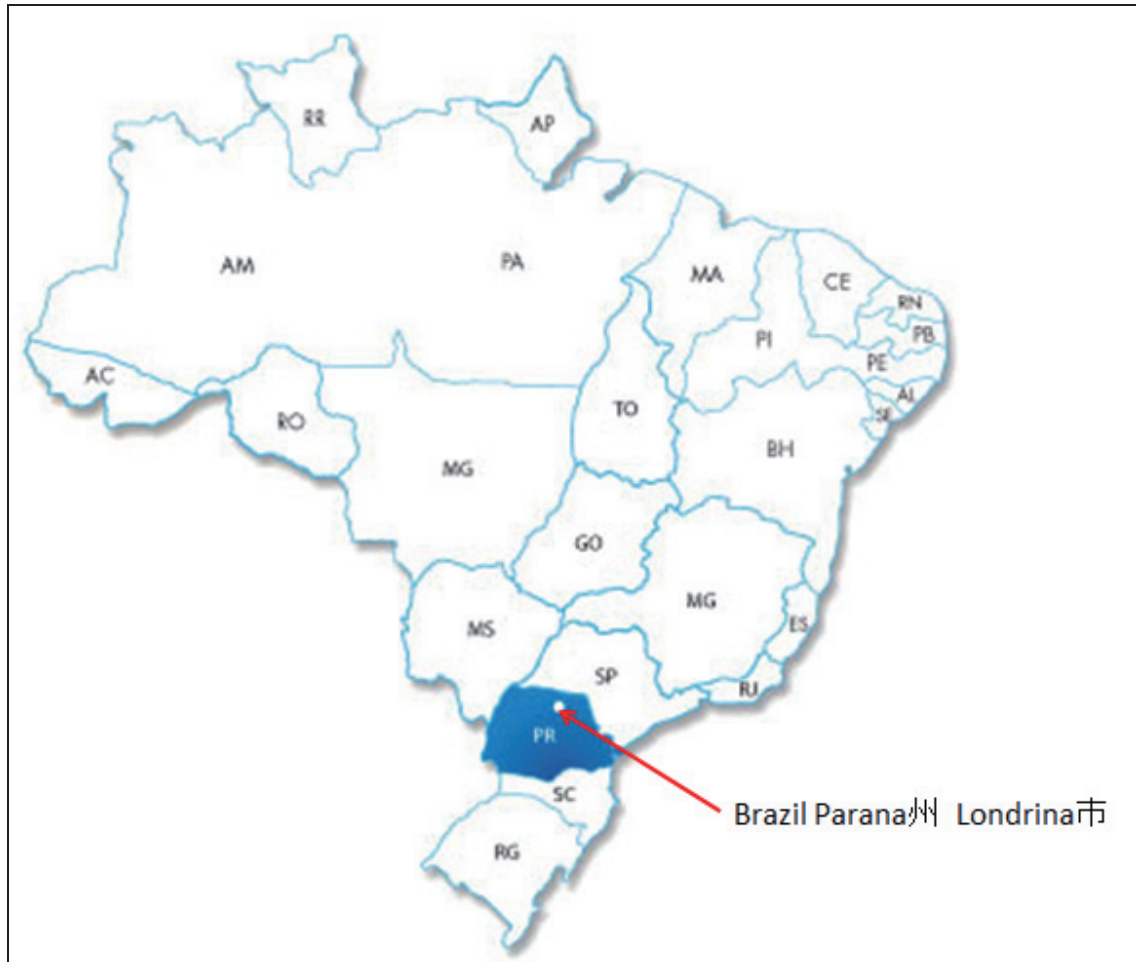
2-6-1	ポスドクター研究者と技術者の費用負担について	8
2-7	案件実施上の留意事項	9
2-8	案件開始までの手順	9
第3章	現地調査結果の詳細	10
3-1	地球規模における気候変動の現況	10
3-2	ブラジルの食糧需給概況	10
3-3	共同研究機関における実績	14
3-4	プロジェクトにおける活動	14
3-4-1	技術面での協力	14
3-4-2	研究体制強化面での協力	15
3-5	プロジェクト実施上の留意点	16
3-5-1	MAPA での検疫等事項	16
3-5-2	企業との干ばつ耐性ダイズ作出に関する共同研究について	16
第4章	調査団所感	17
4-1	団長所感	17
4-2	技術的観点からの所見	17
4-2-1	研究の流れと諸手続き	17
4-2-2	遺伝子導入方法	17
4-2-3	耐性試験に供する系統の選抜	18
4-2-4	耐性試験	18
4-2-5	研究体制	18
4-2-6	遺伝資源の輸出手続きについて	18
4-3	JST 所感	18
4-3-1	Embrapa ダイズ研究所の役割と研究実施体制	18
4-3-2	共同研究合意書	19
4-4	その他	19
4-4-1	新研究棟について	19
4-4-2	執務・活動環境について	20
4-4-3	大使館表敬に関する報告事項	20
別添		
別添1	Project Implementation Scheme	21
別添2	PDM 案（日本語）	22
別添3	PO 案（日本語）	23
別添4	List of Researchers and coordinator	24
別添5-1	List of the Equipment（Japan）	26
別添5-2	List of the Equipment（Brazil）	29
別添6	List of Undertakings	30

別添7. 実施体制 (Organization Chart) .....	32
別添8. 合同調整委員会 (JCC) .....	33
別添9. 研究活動委員会 (RGU) .....	34

付属資料

1. 要望書 (ポルトガル語) .....	37
2. 要望書 (英訳) .....	77
3. M/M 署名版 (英語) .....	111
4. R/D 署名版 (英語) .....	143

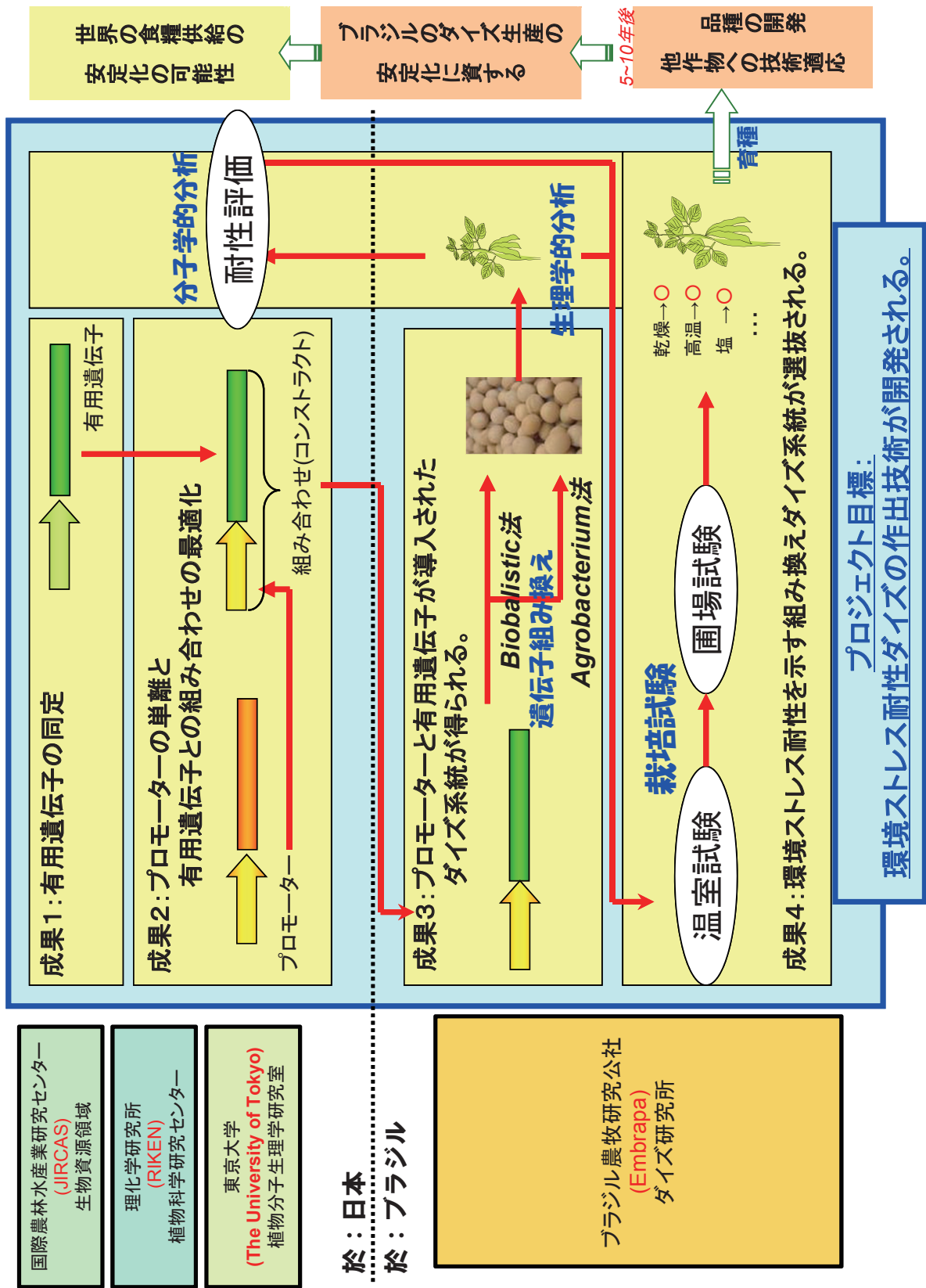
## プロジェクト位置図



パラナ州ロンドリーナ市にブラジル農牧研究公社 (Embrapa) ダイズ研究所が位置する。



# (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





# プロジェクトの実施体制

地球環境悪化に  
対応した干ばつなど  
の環境ストレスに  
強い作物の育種

ブラジル農牧研究公社  
(EMBRAPA)  
ダイズ研究所

・ダイズへの乾燥耐性遺伝  
子の導入  
・遺伝子組み換えダイズの  
圃場試験



国際農林水産業研究センター  
(JIRCAS)  
生物資源領域  
(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)

理化学研究所  
(RIKEN)  
植物科学センター  
(環境ストレス制御因子  
遺伝子の探索)

東京大学  
(The University of Tokyo)  
植物分子生理学研究室  
(環境ストレスの受容体  
遺伝子の探索)



環境ストレス耐性ダイズの作出技術が開発される。



日伯の共同研究により地球環境悪化に対応した  
作物が開発され、持続的農業生産の可能性に資する

## 現地調査写真



Embrapa ダイズ研究所外観 1



Embrapa ダイズ研究所外観 (試験圃場)



Embrapa ダイズ研究所外観 2



試験圃場



Embrapa ダイズ研究所外観 3



試験圃場 (干ばつ環境施設)



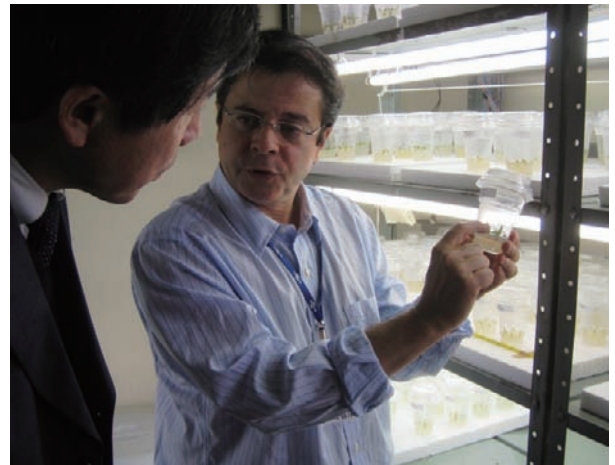
新バイオテクノロジー研究棟建設予定地



バイオテクノロジー研究棟内部 1



Embrapa ダイズ研究所内 JIRCAS 事務所



バイオテクノロジー研究棟内部 2



研究デスク（右：金森研究員）



Agrobacterium 法による遺伝子組換え



Biobalistic 用機材 (JIRCAS 供与)



温室内観 2



温室外観



温室における栽培試験



温室内観 1



Embrapa ダイズ研究所紹介の様子

## 略 語 表

略 語	欧 文	和 文
C/P	Counterpart	カウンターパート
CTNBio	National Technical Biosafety Committee	国家バイオ安全技術委員会
Embrapa	Brazilian Agricultural Research Corporation	ブラジル農牧研究公社
EoJ	Embassy of Japan	日本大使館
FAO	Food and Agriculture Organization	国際連合食糧農業機関
IAPAR	Instituto Agronômico do Paraná	パラナ州農業研究所
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	気候変動に関する政府間パネル
JBPP	Japan-Brazil Partnership Programme	日本・ブラジル・パートナーシップ・プログラム
JCC	Joint Coordination Committee	合同調整委員会
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JIRCAS	Japan International Research Center for Agricultural Sciences	独立行政法人国際農林水産業研究センター
JST	Japan Science and Technology Agency	独立行政法人科学技術振興機構
M/M	Minutes of Meeting	協議議事録、ミニッツ
MAPA	Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply	農牧食糧供給省
MCT	Ministry of Science and Technology	科学技術省
MEXT	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology	文部科学省
MOFA	Ministry of Foreign Affairs	外務省
MOU	Memorandum of Understanding	共同研究合意書
MRE	Ministry of External Relations	ブラジル国外務省
MTA	Material Transfer Agreement	研究試料提供契約書
PDM	Project Design Matrix	プロジェクト・デザイン・マトリックス
PO	Plan of Operations	活動計画
R/D	Record of Discussions	討議議事録
RGU	Research Group Unit	研究活動委員会
SATREPS	Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development	地球規模課題対応国際科学技術協力
USD	United States Dollar	米ドル

## 事業事前評価表

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

## 2-1 ブラジル連邦共和国における農業セクターの現状と課題

ブラジル連邦共和国（以下、「ブラジル」と記す）は、人口約1.8億人、国土面積約851.2万km<sup>2</sup>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いえば、ブラジルでは2006/7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、アメリカに次いで世界第2位の生産を誇っているが、同国農牧食糧供給省（MAPA）の試算では、2020年には同国のダイズ生産は1億tを超え、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、世界のなか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（IPCC）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。食糧供給国としての役割を強く期待されているブラジルにおいても、気温上昇による作物耕作地の面積と生産量の落ち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tの減収となり、2003～2004年には18億USD、2004～2005年には23.2億USDの被害があった。このように気候変動は上記MAPA試算をはじめとする今後のブラジルの食糧生産にも影響を及ぼすことが予測されており、ブラジルにとっても喫緊の課題となっている。

そのような状況のなか、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ている。そのなかで、近年世界的に進展している作物のゲノム研究の成果を基に、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。

## 2-2 ブラジルにおける農業セクター政策と本事業の位置づけ

ブラジルは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、本事業のブラジル側共同研究機関であるブラジル農牧研究公社（Embrapa）ダイズ研究所が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る。

遺伝子組み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、MAPA 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、ブラジルの農業生産・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、遺伝子組み換えを通じた育種研究を行うものとなっている。

### 2-3 ブラジル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

我が国はブラジルに対する援助重点分野のひとつとして「農業」を挙げており、セラード農業開発をはじめ、我が国のブラジル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」のなかで、「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」（2007年4月、2008年5月）や、2007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。そのようななかで環境・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めざす「地球規模課題に対応する科学技術協力」事業が2008年度に創設された。本案件はそのひと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。

### 2-4 他の援助機関の対応

特になし。

## 3. 事業概要

### 3-1 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もつ有用遺伝子とプロモーター<sup>1</sup>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。

### 3-2 プロジェクトサイト／対象地域名

Embrapa ダイズ研究所にて実施する（パラナ州ロンドリーナ市）。

### 3-3 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<sup>2</sup>：

- 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<sup>3</sup>が少なくとも10種類同定される。

<sup>1</sup> プロモーター (promoter) とは、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。

<sup>2</sup> 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。

<sup>3</sup> 遺伝子とは、遺伝形質を決定する因子のこと。

- 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少なくとも5種類ダイズへ導入され、各組み合わせから少なくとも3系統の組み換え体が得られる。
- 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み合わ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み合わせの最適化が行われる。

活動：

- 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み合わせの最適化を行う。

成果3：プロモーターと有用遺伝子の組み合わ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<sup>4</sup>効率が2%以上の遺伝子組み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<sup>5</sup>種子が増殖される。

活動：

- 3-1. ダイズへの遺伝子組み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み合わ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み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、組み換えダイズが少なくとも2系統選抜される。

<sup>4</sup> 形質転換とは、外部から与えられたDNAが遺伝情報として組み込まれ、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。

<sup>5</sup> T1世代とは、遺伝子を導入した組み換え体の第一世代のこと。



- 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、組み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み合わ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）の組み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）の組み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、組み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、組み換えダイズ系統の選抜を行う。
- 4-3. 組み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. 温室での組み換えダイズのストレス耐性評価を行う。
- 4-6. 圃場での組み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】

##### ①専門家：

長期専門家1名（業務調整）

短期専門家4名（10カ月×1名/年、1カ月×3名/年）

上記専門家含む研究者・技術者 計12名

##### ②本邦研修：4名（1年×1名/年、1カ月×3名/年）

##### ③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）、車両等

##### ④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年間まで）

研究用試料一部負担

#### 【ブラジル側】

##### ①研究者・技術者：

17名

##### ②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

##### ③その他

Postdoc.、Ph.D、M.Scの雇用（事業開始2.5年後より）

### 3-4 総事業費／概算協力額

約3.6億円

### 3-5 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）

### 3-6 事業実施体制〔実施機関／カウンターパート（C/P）〕

#### 【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）

#### 【ブラジル側】

Embrapa ダイズ研究所

### 3-7 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

本案件は遺伝子組み換え作物を扱った研究を行うものであり、組み換え系統を Embrapa ダイズ研究所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、遺伝子組み換え体が自然環境に及ぼす影響については配慮する必要がある。Embrapa をはじめとする研究機関は、カルタヘナ議定書及びブラジルのバイオ安全法及び各種法律に基づき研究を行う義務を有し、また本案件のブラジル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ラジルの食糧生産安定化に資する可能性をもつだけでなく、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つながる可能性も有しているといえる。

#### （3）ジェンダー

Embrapa ダイズ研究所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。

### 3-8 他ドナー等との連携

該当しない。

### 3-9 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 社をはじめ多くの民間企業と共同研究を実施している。Embrapa ダイズ研究所においては、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み換えによる共同研究はまだ行われていない。

## 4. 外部条件・リスクコントロール

### 4-1 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

子組み換え技術を確立することが重要であり、Embrapa ダイズ研究所で開発された Biobalistic 法に加え、日本から派遣する研究員を中心に Agrobacterium 法による遺伝子組み換え技術を用い、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。

#### 4-2 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、導入する遺伝子及びプロモーターを組み合わせてコンストラクトを作出し、ブラジル側へ提供する。ブラジル側（Embrapa ダイズ研究所）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み換えダイズ系統は、日本側へ受け渡され、日本側研究機関で更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ためには、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。

#### 4-3 遺伝資源の輸入手続きの必要性

4-2節で述べたとおり、日本・ブラジル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、組み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。ブラジルに遺伝資源を輸入する際には、MAPAの植物防疫機関による数カ月の検査が必要であること、逆にブラジル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

#### 6-1 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。

- ① ブラジルは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、ブラジル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ラジルのニーズにも合致する。
- ② 「バイオ安全法」の制定をはじめ、遺伝子組み換えを含むバイオテクノロジーの推進はブラジルの国家政策にも適応している。
- ③ 我が国は対南米外交政策のなかで、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ひと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。
- ④ 本事業のブラジル側共同研究機関であるEmbrapaダイズ研究所はダイズに係る技術開発・品種開発をブラジル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。
- ⑤ 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ラジル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。
- ⑥ 日本ブラジル科学技術協力合同委員会が2009年5月に開催されるなど、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。

## 6-2 有効性

本案件は、以下の点より高い有効性が見込まれる。

- ① 本案件では、成果1・2で有用遺伝子とプロモーターの組み合わせを同定し、成果3では成果1・2で得られた組み合わせを、ブラジルの研究機関にてダイズへ導入する。成果4では、日本側とブラジル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。
- ② 本案件の共同研究機関である JIRCAS と Embrapa ダイズ研究所は、2003年度から遺伝子組み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などの可能性は低い。

## 6-3 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。

- ① Embrapa ダイズ研究所と 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生かし、また不得意分野を補う形で研究協力が実施される。
- ② Embrapa ダイズ研究所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。

## 6-4 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。

- ① 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。
- ② 本案件を通して技術が開発されることにより、ブラジルの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。
- ③ 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、ブラジル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。
- ④ ブラジル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。

## 6-5 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。

- ① 本件で導入される組み換え遺伝子は、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。
- ② Embrapa ダイズ研究所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、財政面での問題発生懸念は少ない。

- ③ Embrapa ダイズ研究所の研究代表者は、国家バイオ安全技術委員会（CTNBio）の構成員を務めるなど、ブラジルの国家的なバイオテクノロジー開発を進めるため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。

#### 6-6 実現可能性（リソース確保、前提条件）

現在の Embrapa ダイズ研究所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、ブラジルの労働法や実施機関の人事面での制約にかんがみ、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

#### 7-1 今後の評価に用いる主な指標

プロジェクト目標達成のために必要な指標・目標値は日伯研究機関双方で設定され、「3. 事業概要」に記載のとおりである。

#### 7-2 今後の評価のタイミング

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

# 第1章 詳細計画策定調査団の派遣

## 1-1 調査団派遣の経緯と目的

### 1-1-1 協力の背景

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、耕作地における干ばつ、作物の収量の減少、食料や飼料の確保といった世界的な問題が生じている。しかし、これまでも、干ばつに強い系統の育種が試みられていたものの、あまりめざましい成果は上げられていなかったのが現状である。一方で、作物のゲノム研究が近年急激に進展し、これらの成果に基づく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。そのような状況の下、作物の耐乾性にかかわる遺伝子を明らかにする研究と、それらの遺伝子を利用した遺伝子組み換え技術を開発することが求められるようになった。

除草剤耐性や病害虫耐性をもつダイズ、トウモロコシ、ワタなどの育種においては、遺伝子組み換え技術による大きな成功を収めており、世界市場の大部分を占めるまでに利用が進んできている。また、ダイズやトウモロコシなどは、大規模生産で比較的降水量の少ない地域において栽培が行われており、干ばつに強い品種の開発は最も重要な育種目標となっている。我が国はこれらの農作物の輸入大国であり、食糧の安定供給は喫緊の課題である。このような背景の下、ブラジル連邦共和国（以下、「ブラジル」と記す）政府から「耐乾性及び耐暑性の強いダイズ品種の開発プロジェクト」が要請された。

本プロジェクトでは、日本側研究機関の国際農林水産業研究センター（Japan International Research Center for Agricultural Sciences：JIRCAS）とブラジル側研究機関の農牧研究公社（Brazilian Agricultural Research Corporation：Embrapa）ダイズ研究所の共同研究により、ブラジルのダイズ生産の安定化に資する課題解決の一環として、耐乾性及び耐暑性の強いダイズ品種の作出技術の開発を行う。共同研究では、まず、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、急激に進展しているゲノム研究を基盤として、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、有用な遺伝子とプロモーターを組合せ、ダイズへの導入を行う。さらに、温室や圃場において遺伝子組み換えダイズの環境ストレス耐性を評価し、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、環境ストレス耐性の高い形質転換系統を選抜する予定である。

### 1-1-2 調査団派遣の目的

2008年9月のブラジル政府の要請を受け、JICAは本詳細計画策定調査を実施する。Embrapaダイズ研究所との協議、現地調査、要請案件実施の妥当性の確認を行う。なお、合意した事項はミニッツ（Minutes of Meeting：M/M）として取りまとめ、署名交換を行う。具体的な調査事項は次のとおりである。

- ① ブラジルにおける食料・飼料確保に与える温暖化の影響、干ばつに強い作物品種の育種・需要に関する状況等、プロジェクトに関する基本情報を収集する。
- ② プロジェクト実施機関・関連機関の状況を把握する。
- ③ 本事業で行う研究開発内容を確認し、プロジェクト実施に必要な投入について検討・協議する。
- ④ プロジェクトに関する5項目評価を行い、プロジェクト・デザイン・マトリックス

(Project Design Matrix : PDM)、活動計画 (Plan of Operations : PO) を作成する。

⑤ プロジェクト開始に向けて必要な事項について協議する。

### 1-2 調査団の構成

担当分野	氏名	所属
総括	永代成日出	JICA 農村開発部課題アドバイザー
研究総括 (代行)	中島 一雄	JIRCAS 主任研究員
研究企画	末永 一博	JIRCAS 企画調整部 主任研究員
国内支援	大川久美子	JST 地球規模課題国際協力室 主担当
評価分析	駒沢 二明	JICA ブラジル事務所 ナショナル・スタッフ
協力計画	山中 祥史	JICA 農村開発部畑作地帯第二課

### 1-3 調査日程 (2009年8月24日～9月2日)

8月24日 (月)	
15h30	ロンドリーナ着
16h30-17h30	工藤氏、金森氏による Embrapa ダイズ研究所についてのブリーフィングほか
8月25日 (火)	
08h30-08h45	Welcome Meeting (議長: CATTELAN 所長)
08h45-09h00	Embrapa ダイズ研究所紹介 (ビデオ上映)
09h00-09h30	“Overview on drought research at Embrapa Soybean” presented by Dr. NEPOMUCENO
09h30-09h45	“Agrobacterium transformation” presented by Dr. KANAMORI
09h45-10h00	“Biobalistic transformation” presented by Dr. FUGANTI
10h15-10h30	“Molecular characterization” presented by MAECERINO
10h30-10h45	“Physiological/Agronomical characterization” presented by NEUMAIER
10h45-11h00	“Soybean breeding” presented by Dr. NEPOMUCENO
11h00-11h30	“Elucidation of molecular mechanisms of abiotic stress tolerance and improvement of stress tolerance in plants” (and “JST-JICA project”) presented by Dr. NAKASHIMA
11h30-12h00	“Frame of JST-JICA Science and Technology Cooperation (SATREPS)” presented by Ms. Ohkawa
13h30-17h00	研究所内施設見学、圃場視察等
8月26日 (水)	
08h30-12h30	懸案事項検討 (ポスドク雇用費等) ※別途、ポルトガル語 ver. 確認 (駒沢・佐藤)
13h30-17h00	M/M 協議
8月27日 (木)	
08h30-17h00	M/M 協議
8月28日 (金)	
08h30-12h00	M/M 内容確認 (日本側のみ)

08h30- 12h00	M/M 協議、内容確認
8 月 31 日 (月)	
08h30- 10h00	M/M 署名・交換
9 月 1 日 (火)	
16h30- 17h30	在ブラジル日本大使館表敬
9 月 2 日 (水)	
11h00- 12h00	JICA ブラジル事務所報告
14h00- 15h00	ブラジル国外務省 (MRE) 科学技術局表敬
+15h30- 16h30	農牧食糧供給省 (MAPA) 表敬

#### 1-4 主要面談者

所属	氏名	役職
Embrapa Soybean	Dr. Alexandre José CATTELAN	Head General
	Dr. Alexandre Lima NEPOMUCENO	Researcher, Ecophysiology/Biotechnology
	Dr. José Renato Bouças FARIAS	Research and Development Head
	Dr. Norman NEUMAIER	Researcher / International Liaison Officer
	Dr. Renata FUGANTI	Researcher
	Dr. Francismar C. MARCELINO	Researcher
	Calros Marcal de Lima Santos	Assessoria Juridica –OAB-PR 16.555
Embrapa HQ	Elisio Contini	国際調整部局長
	Luciano Lourenco Nass	Genetic Resources & Plant Breeding, PhD
	Alexandre Cordoso	Coordinator for Institutional Function
MRE (ブラジル国外務省 科学技術局)	Dr. Ademar Seabra da Cruz Junior	Chief (科学技術局)
MAPA (農牧食糧供給省)	Odilson Luiz Ribeiro e Silva	Director (植物防疫機関)
	Fatima Eliveuc	Staff (植物防疫機関)
	Jose Antonio Ternendes Hidelgo	Staff (植物防疫機関)
	Macao Tadano	Director (植物生産物検査部)
JIRCAS	金森 紀仁	Researcher
JIRCAS (委託契約)	工藤 博	Coordinator for JIRCAS
在ブラジル日本大 使館	島内 憲	特命全権大使
	吉澤 勇一郎	二等書記官 (経済班)
	宮地 修平	二等書記官 (農務担当官)



## 第2章 調査結果の要約

### 2-1 調査の概要

詳細計画策定調査団は、2009年8月24日から9月2日の期間、ブラジル国ロンドリーナ市の Embrapa ダイズ研究所を訪問し、研究所の設備、研究体制について調査を行った。併せて、プロジェクトのフレームワーク、プロジェクト実施方法、プロジェクトに対する投入などに関して、以下の一連の協議を行い合意に至った。

### 2-2 プロジェクトの枠組み

#### 2-2-1 科学技術協力の枠組み（別添1）

本プロジェクトは JICA と独立行政法人科学技術振興機構（Japan Science and Technology Agency : JST）が協働して推進している「地球規模課題対応国際科学技術協力（Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development : SATREPS）<sup>1</sup>」の枠組みで実施する。

JICA は日本人研究者派遣、ブラジル国研究者受入れ、機材供与、ブラジルにおけるプロジェクト活動に関連したその他支援等、技術協力についての役割を担い、JST は日本におけるプロジェクト活動について日本国研究機関の支援を行う。

#### 2-2-2 プロジェクトの名称

当初の名称は、「耐乾性及び対暑性の強いダイズ品種の育成（Development of soybean with tolerance to drought and heat）」であったが、プロジェクトの実施内容に沿って、これを明確に示す名称に変更する。

そのため、プロジェクト名称を、「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（Development of genetic engineering technology of crops with stress tolerance against degradation of global environment）」プロジェクトとする。なお、当該名称は、討議議事録（Record of Discussions : R/D）署名に先立つ協議において、変更される場合もある。

#### 2-2-3 PDM 及び PO

PDM 及び PO をそれぞれ別添2及び別添3に示す。PDM はプロジェクトの目的、結果及び活動を詳述し、プロジェクトの運営、実施、モニタリングに使用する。また、評価の際の参考資料として用いる。

ただし、PDM 及び PO は、その必要性が認められたとき、R/D の枠組みの範囲内で研究活動委員会（Research Group Unit : RGU）にて変更することができる。その際に生じた変更は合同調整委員会（Joint Coordination Committee : JCC）に報告を行わなければならない。なお、RGU と JCC の役割については2-2-8項（8）及び（9）にて定める。

#### 2-2-4 プロジェクト対象地域

ブラジル国パラナ州ロンドリーナ市

<sup>1</sup> SATREPS は新技術の開発と適応による地球規模課題解決並びに、当該国と日本の研究者と研究機関の能力向上をめざすものである。

#### 2-2-5 プロジェクト実施期間

実施予定期間は2010年1月から2014年12月までの5年間とする。

#### 2-2-6 プロジェクトの要約

##### (1) 上位目標 (プロジェクト終了5年後の達成を見込む)

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) 期待される成果

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) 活動

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。

活動 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。

活動 1-3 ダイズ等のストレス応答制御遺伝子の同定を行う。

活動 2-1 ダイズのストレス応答性遺伝子の探索を行う。

活動 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。

活動 2-3 プロモーターと有用遺伝子の組み合わせの最適化を行う。

活動 3-1 ダイズへの遺伝子導入技術を確立する。

活動 3-2 プロモーターと有用遺伝子の組み合わせをダイズに導入する。

活動 3-3 遺伝子を導入したダイズの T1 世代種子を増殖する。

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、組み換えダイズ系統の選抜を行う。

活動 4-2 高温応答性遺伝子の同定と、遺伝子解析を行って、組み換えダイズ系統の選抜を行う。

活動 4-3 組み換えダイズの遺伝子発現解析を行う。

活動 4-4 ダイズの乾燥ストレス耐性評価手法を確立する。

活動 4-5 温室での組み換えダイズのストレス耐性評価を行う。

活動 4-6 圃場での組み換えダイズのストレス耐性評価を行う。

#### 2-2-7 プロジェクト実施のための措置

##### (1) 日本側負担事項

###### ① 在外研究員及び業務調整員派遣

JICA は別添 4 に記載の在外研究員と業務調整員の派遣を行う。

- ② 機材供与  
別添 5-1 に記載のとおり、プロジェクト実施に必要な機材、設備及びその他資材は JICA 予算の範囲内で供与される。
- ③ 現地業務費  
JICA は別添 6 に記載のとおり、プロジェクトの活動経費を一部負担する。
- ④ ブラジル国研究者受入れ、研修実施  
必要に応じて、ブラジル国側研究機関のプロジェクトの研究者と関係者を日本に招聘、もしくは第三国に派遣する。

## (2) ブラジル側投入事項

- ① 研究者、技術者の配置  
別添 4 のとおりブラジル国研究機関における研究内容を円滑に進めるための研究者、技術者を配置する。
- ② プロジェクトに必要な施設及び設備の提供  
Embrapa ダイズ研究所は別添 5-2 に記載のとおり、プロジェクトに必要な機材と、執務室、施設、圃場等の提供を行う。
- ③ 現地業務費  
プロジェクトの効率的な実施のため、ブラジル側は別添 6 に記載のとおり、プロジェクトの活動経費を一部負担する。

## 2-2-8 プロジェクト実施体制

プロジェクトの効率的な実施のために、別添 7 に記載の実施体制を構築する。

- (1) ブラジル側の管理機関は Embrapa 本部とし、実施機関は Embrapa ダイズ研究所とする。
- (2) 日本側の管理・実施機関は JIRCAS とし、共同研究機関は独立行政法人理化学研究所及び国立大学法人東京大学とする。
- (3) ブラジル側は技術協力プロジェクトにおけるプロジェクト・ダイレクター、ブラジル側プロジェクト・リーダーを、日本側はプロジェクト・リーダーを任命し、また、日伯双方は各研究グループの責任者を任命する。
- (4) Embrapa ダイズ研究所所長は、プロジェクト・ダイレクターとして、ブラジルにおけるプロジェクトの管理と実施に関する全責任を負う。
- (5) ブラジル側プロジェクト・リーダーはブラジルにおけるプロジェクトの活動と技術的な事柄に関する責任を負う。また、プロジェクト・リーダーとプロジェクト内容について協議・調整を行う。
- (6) プロジェクト・リーダーは、プロジェクト実施に関するすべての責任を負う。また、ブ

ラジル側研究責任者とプロジェクト内容について協議・調整を行うとともに、日本側共同研究機関の調整と取りまとめも行う。

- (7) 日本から派遣された在外研究員はブラジル側の研究者と協働でプロジェクト活動を行う。
- (8) 効果的かつ円滑な技術協力プロジェクトの実施のために、別添8に示す役割と構成から成る JCC を設置する。
- (9) 別添9に示す役割と構成から成る RGU を設置する。
- (10) RGU は半期報告書、中間報告書、終了時報告書を作成し、JCC へ提出する。プロジェクト評価は、達成レベルの調査と、必要に応じてプロジェクト活動の軌道修正を行うことを目的として、協力期間の中間と終了6カ月前の期間、日本とブラジル関係機関が共同で実施する。

## 2-3 5 項目評価

### 2-3-1 妥当性

ブラジルは世界有数のダイズ生産国として、世界的なダイズの需給バランスに貢献しており、本件協力によって干ばつ等による不確実性を軽減することになり、本件の妥当性は高い。ダイズはブラジルにとっても戦略的に重要であり、また日本にとっても食糧安全保障は喫緊の課題であり、両国政府の方針に合致している。また、科学技術分野での関係強化は両国政府の重要課題であり、本件協力はその外交政策にも合致する。

### 2-3-2 有効性

本案件では、成果1・2で有用遺伝子とプロモーターの組み合わせを同定し、成果3では成果1・2で得られた組み合わせを、ブラジル側研究機関にてダイズへ導入する。成果4では、日本側とブラジル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。本案件の共同研究機関である JIRCAS と Embrapa ダイズ研究所は、2003年度から遺伝子組み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などの可能性は低い。したがって、高い有効性が見込まれる。

### 2-3-3 効率性

Embrapa 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生かし、また不得意分野を補う形で研究協力が実施される。Embrapa は日本側外務大臣に表彰されるなど歴史的に日本との協力経験が深く、実施能力の高さにより、現在は三角協力パートナーとして JBPP (日本・ブラジル・パートナーシップ・プログラム) の主要なカウンターパート (C/P) である。こうした蓄積と実施能力の高さにより、プロジェクトの効率的な実施が見

込める。

#### 2-3-4 インパクト

耐乾・耐暑性大豆の開発により、ブラジルのダイズ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り、ブラジルでの安定生産に直接貢献し、世界的な食糧需要に貢献することが可能となり得る。

#### 2-3-5 自立発展性

本件で導入される組み換え遺伝子は、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活動が継続していく可能性が高い。地球環境の劣化が進む一方、食糧需要は今後も増大していくことが見込まれており、研究テーマとしての重用性は更に高まることが見込まれる。

### 2-4 協議議事録 (M/M) の作成

本プロジェクトの内容を規定する公式文書である R/D は、プロジェクト開始前に署名交換される。付属資料 3. M/M 署名版 (英語) の Annex 10 に示す R/D の案と M/M を基に、R/D の最終版の作成を行う。

### 2-5 補足事項

#### 2-5-1 共同研究合意書 (MOU)

JIRCAS と Embrapa は共同研究を遂行するために、共同研究合意書 (Memorandum of Understanding : MOU) に同意する。本合意書には以下の項目が含まれる。

- ① 目的及び計画
- ② 実施内容
- ③ 守秘義務及び知的財産権
- ④ 遺伝資源へのアクセス
- ⑤ 研究成果の公表
- ⑥ 紛争の解決
- ⑦ 合意文書の有効期間
- ⑧ 法・規則の準拠

(項目については研究内容により変更する可能性がある)

### 2-6 確認事項

#### 2-6-1 ポストドクター研究者と技術者の費用負担について

プロジェクトの実施体制の改善のため、ポスドク研修者 2 名 (もしくはポスドク研究者 1 名とポスマス研究者 1 名) と 2 名の技術者 (1 名は博士課程、1 名は修士課程の学生) にかかる費用を JICA はプロジェクト開始後 2 年半まで負担する。

それ以降の費用の負担は、ブラジルにおけるプロジェクトの自立発展性の必要性から、ブラジル側が負担することとする。

## 2-7 案件実施上の留意事項

- (1) 必要に応じ、生物的研究試料は研究試料提供契約書 (Material Transfer Agreement : MTA) の下に提供される。日本、ブラジル双方はそれぞれの法的枠組みに従い、スムーズな試料の供給、受け渡しができるよう必要な措置を講じる。
- (2) 予算の範囲内で、別添 5-1 に記載の機材は、必要に応じ他の機材もしくは消耗品、試薬等へ変更することも可能とする。

## 2-8 案件開始までの手順

- (1) ブラジル側及び日本側がプロジェクト予算を確保する。
- (2) 日本・ブラジル双方が研究者・技術者を任命する。
- (3) ブラジル側及び日本側が実施協議を行い、署名交換する。
- (4) プロジェクトを開始する。

## 第3章 現地調査結果の詳細

### 3-1 地球規模における気候変動の現況

現在、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んでいることが大きな問題となっている。気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC）は2007年に出した第4次評価報告書（AR4）の中で「温暖化には疑う余地がない」と断定し、2100年までに最悪の場合は平均気温が最低でも1.8℃、最悪の場合4.0℃上昇するとしている。

また、世界各地で干ばつや熱波、逆に集中豪雨、大型の台風、ハリケーン、サイクロンの多発といった異常気象による災害が頻繁に発生している。特に干ばつに目を向けると、中国では2007年に中国全土で121万haの農作物が干ばつの影響を受けたと報告され、オーストラリアでは近年干ばつが続いており、2006年は、南東部の大部分で年間の降水量が平年の60%未満となり、コムギの生産量は2005年比で約60%の減少となった。ブラジルにおいても頻繁に干ばつ被害が発生し、ダイズ栽培に大きな影響を与えている。例えば、2003～2006年には主に干ばつの影響で27.2百万tの減収となり、2003～2004年には18億USD、2004～2005年には23.2億USDの被害があった。現在頻発している異常気象の発生に地球温暖化が直接関与していると断定することはできないが、今後ますます温暖化が進行することにより降雨パターンが変化して、干ばつをはじめとする異常気象の数が増加し、強さも増す可能性が高い。

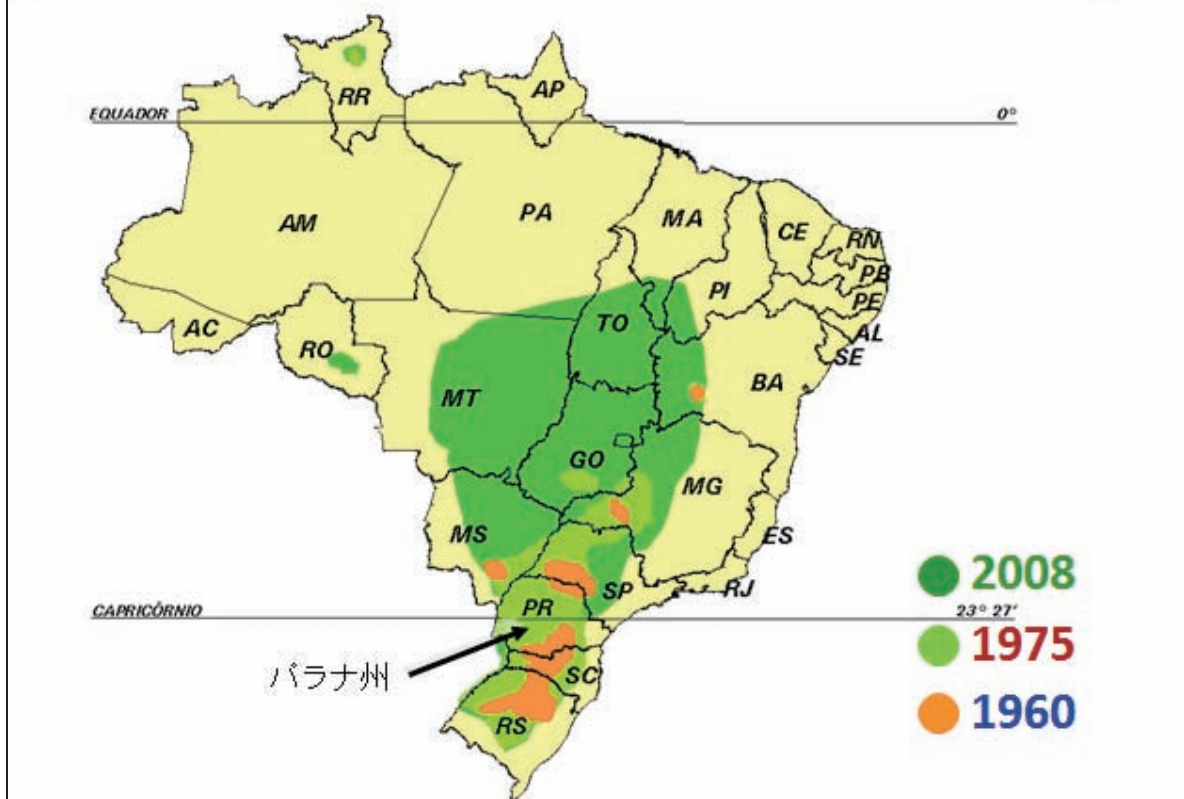
一方、国連食糧農業機関（Food and Agriculture Organization : FAO）の2015～2030年の世界農業予測でも、気候変動、特に気温上昇、降雨の年間分布の変化、降水量低下、土壌水分低下が挙げられている。対策として、干ばつに強い品種、高温耐性品種、耐塩性品種の開発が挙げられている。

### 3-2 ブラジルの食糧需給概況

昨今、ブラジルは世界の農産物市場において、供給者としての比重を高めている。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いる。今やアメリカを脅かすほどになったブラジルの農業貿易の動向は、ブラジル国内だけでなく世界の食糧需給に与える影響は大きい。特に食糧自給率が4割の日本にとっては、ブラジルの食糧需給状況は、非常に大きな問題である。ここでは、本プロジェクトが主に扱うダイズに関して述べる。

ブラジルにおけるダイズ生産は、1960年には南部に限られていたが、その後中西部やセラードへ急激に広がり、現在ではセラード地帯での生産が南部をしのぐようになった。セラードは国土面積の約25%を占め、以前は酸性が強い土壌に灌木林が広がることから「不毛の大地」ともいわれていた。しかし、1970年代から始まった日本・ブラジルの官民共同プロジェクト「セラード農業開発協力事業」により、世界有数の穀倉地帯へと変貌を遂げた。セラードの面積は約2億haあり、そのうち耕作可能面積が1億2,700万ha、現在の農用地面積が4,700万haで、したがって将来的に耕作地として開発が可能な土地がまだ8,000万ha残されている。

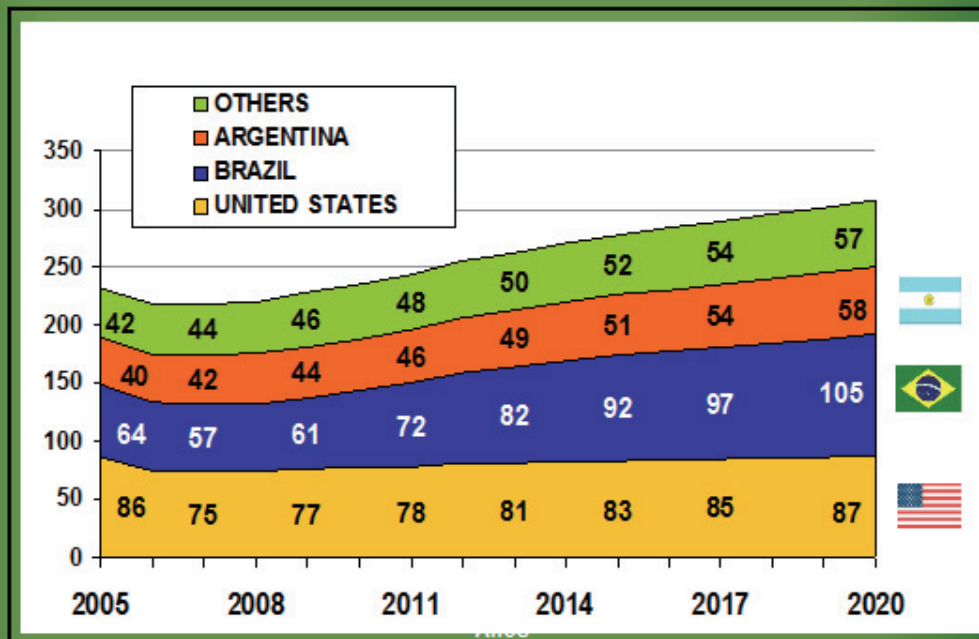
## ブラジルにおけるダイズ作付面積の推移 (2009年)



ブラジルでは2006/7年には5,840万tのダイズが生産され、8,677万tを生産するアメリカに次いで、世界第2位の生産を誇る。(ブラジルのダイズの)平均単収は2.8t/haであり、中西部にあるマット・グロッソ州やブラジル第2位のダイズ生産地であるパラナ州の単収は約3.0t/haである(Embrapa, 2008)。ブラジル農牧食糧供給省(Ministry of Agriculture Livestock and Food Supply : MAPA)の試算では、2020年にはブラジルのダイズ生産は1億万tを超え、アメリカのダイズ生産8,700万tを超えて世界第1位になるとしている。生産の拡大に伴いブラジルからのダイズ輸出も増加している。2000年にはブラジルは42億USDのダイズ(生産物を含む)を輸出していたが、2007年には114億USDに跳ね上がっている(Cultivar, 2008)。



## 世界のダイズ生産推移予測 (～2020)



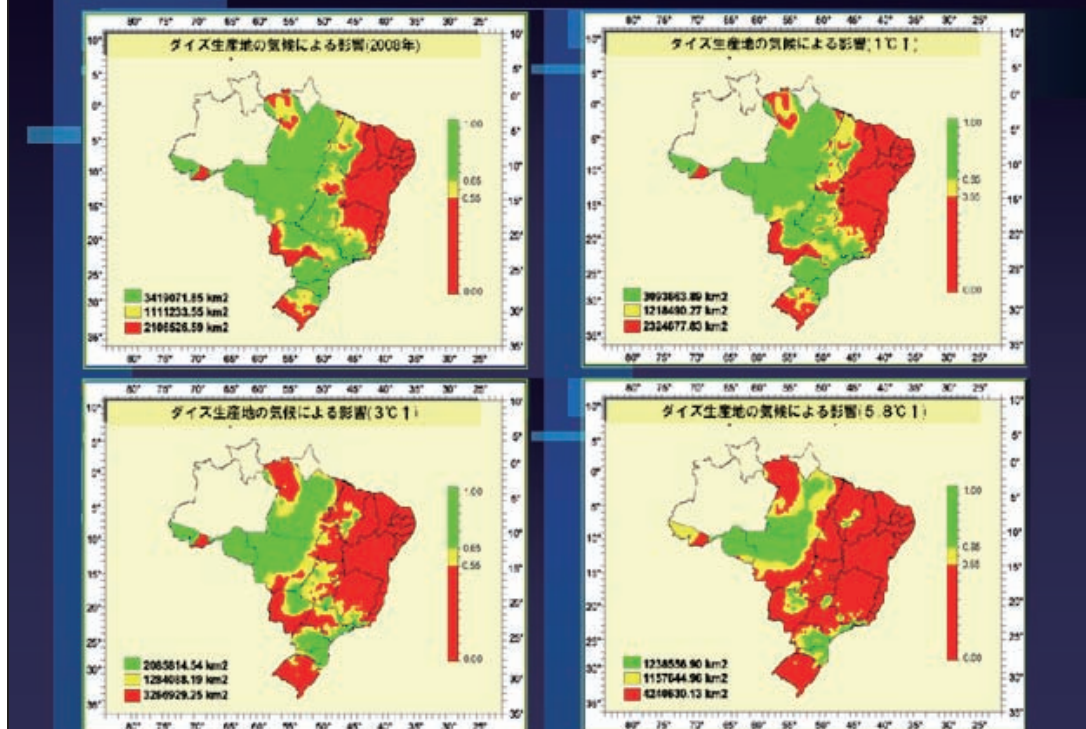
Source: AGROCONSULT/ABIOME

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が著しい。また、欧米の先進国でも健康志向や嗜好の変化により、ダイズの消費が増えることが考えられる。さらに、最近ではダイズに含まれるイソフラボンなどの健康機能も注目されている。ダイズの生産はブラジル、アルゼンチンが生産量、輸出量も増加傾向にある。特にブラジルの主要生産地であるセラードでは、上述のとおり農業開発が可能な広大な土地が残されており、今後も世界的なダイズの需要拡大に十分対応が可能であるといえる。このように、ブラジルのダイズ生産や輸出は世界のダイズの安定供給を考えると非常に重要である。ただし、近年は干ばつ等の発生により生産が不安定であるという問題がある。

## ブラジルにおける気温上昇による作物耕作地の面積と生産量の落込み予測(IPCC)

Culture	Present Potential Area (Km <sup>2</sup> )	Area after T+1C (Km <sup>2</sup> )	Area After T+3C (Km <sup>2</sup> )	Area After T+5,8C (Km <sup>2</sup> )	Area or Production Reduction %	Present and Future Production
Rice	4.755.204	4.560.347	3.875.734	2.792.430	41	13 mil tons 7,7 mil tons
Common Beans	5.141.047	4.992.366	4.575.250	3.972.723	23	2,8 mil tons 2,2 mil tons
Soybean	3.419.072	3.093.664	2.085.815	1.238.557	64	60 mil tons 22 mil tons
Corn	5.169.034	5.079.497	4.808.833	4.421.934	15	39 mil tons 33 mil tons
Brazilian Population	165 mil. 2000	190 mil. 2020	300 mil. 2050	400 mil. 2100		

## ブラジルにおける気温上昇によるダイズ作付面積の影響予測



### 3-3 共同研究機関における実績

実施機関である Embrapa は日本側外務大臣に表彰されるなど歴史的に日本との協力経験が深く、実施能力の高さにより、現在は三角協力パートナーとして JBPP の主要な C/P である。また、今回のプロジェクトの共同研究機関である Embrapa ダイズ研究所と JIRCAS は、1995 年に MOU を締結し、以後「農牧輪換」や「南米ダイズ」プロジェクトを通じて研究協力を行ってきた。ダイズ関係では、微量要素、病虫害、成分育種、農牧輪換など多岐にわたる課題を、主としてダイズ研究所及び肉牛研究センターと協力して実施した。2003 年度からは、遺伝子組み換え技術を利用して、干ばつあるいは高温耐性ダイズを作出することを目的に共同研究を実施している。これまでにシロイヌナズナの乾燥・塩ストレス・低温耐性にかかわる遺伝子 DREB 1 を導入した遺伝子組み換えダイズの作出に成功しており、現在詳細な耐性評価試験を実施している。またシロイヌナズナの乾燥・塩ストレス・高温耐性にかかわる遺伝子 DREB 2 についてもダイズへの遺伝子導入が開始され、遺伝子組み換え体が取れ始めている。

本プロジェクトでは、ダイズの干ばつあるいは高温耐性の獲得に働くことが期待される新規遺伝子の遺伝子導入、及び組み換え体の解析とともに、既に遺伝子導入が行われている DREB 1 あるいは DREB 2 については、遺伝子組み換えダイズの分子遺伝学的解析や耐性評価試験も継続して実施する予定である。また、プロジェクト開始に先立つ 2008 年秋からは JIRCAS の金森研究員がダイズ研究所に派遣され、ダイズへの遺伝子導入方法の確立のための研究、特にアグロバクテリウム (Agrobacterium) 法による遺伝子導入法の確立のための研究を実施している。本プロジェクトでは、金森研究員が現地での在外研究員として、プロジェクトの最も重要な部分のひとつである遺伝子導入法の確立のための研究を引き続き実施する予定である。

### 3-4 プロジェクトにおける活動

#### 3-4-1 技術面での協力

本プロジェクトでは、まず日本側研究機関で、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、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、有用な遺伝子とプロモーターの組み合わせを選抜し、Embrapa ダイズ研究所に提供する。同研究所では、これらの遺伝子をダイズへ導入し、温室及び圃場において遺伝子組み換えダイズの環境ストレス耐性を評価し、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、環境ストレス耐性の高い形質転換系統を選抜する。このように、お互いの技術や研究蓄積を補完することで、目的とする高度耐性ダイズの効率的な作出が可能となる。

本プロジェクトで最も重要なステップは、ダイズの遺伝子導入（形質転換）である。現在は Embrapa が特許をもつ Biobalistic 法（遺伝子銃を用いた方法）により形質転換を行っているが、この方法では形質転換効率が不安定であり、しかも多数の導入遺伝子が入った組み換え体（コピー数が多い組み換え体）がとれることが多く、その後育種へ利用することを考えると必ずしも適当ではない。一方、一般的に Agrobacterium 法を用いるとコピー数が少ない形質転換系統が得られることが知られている。しかし、Agrobacterium 法によるダイズの形質転換方法は確立されていない。そこでダイズでも Agrobacterium 法が利用できれば、育種への利用期間の短縮、交配の手間の削減になる。本プロジェクトでは、日本側からブラジル側へ在外研究員を派遣し

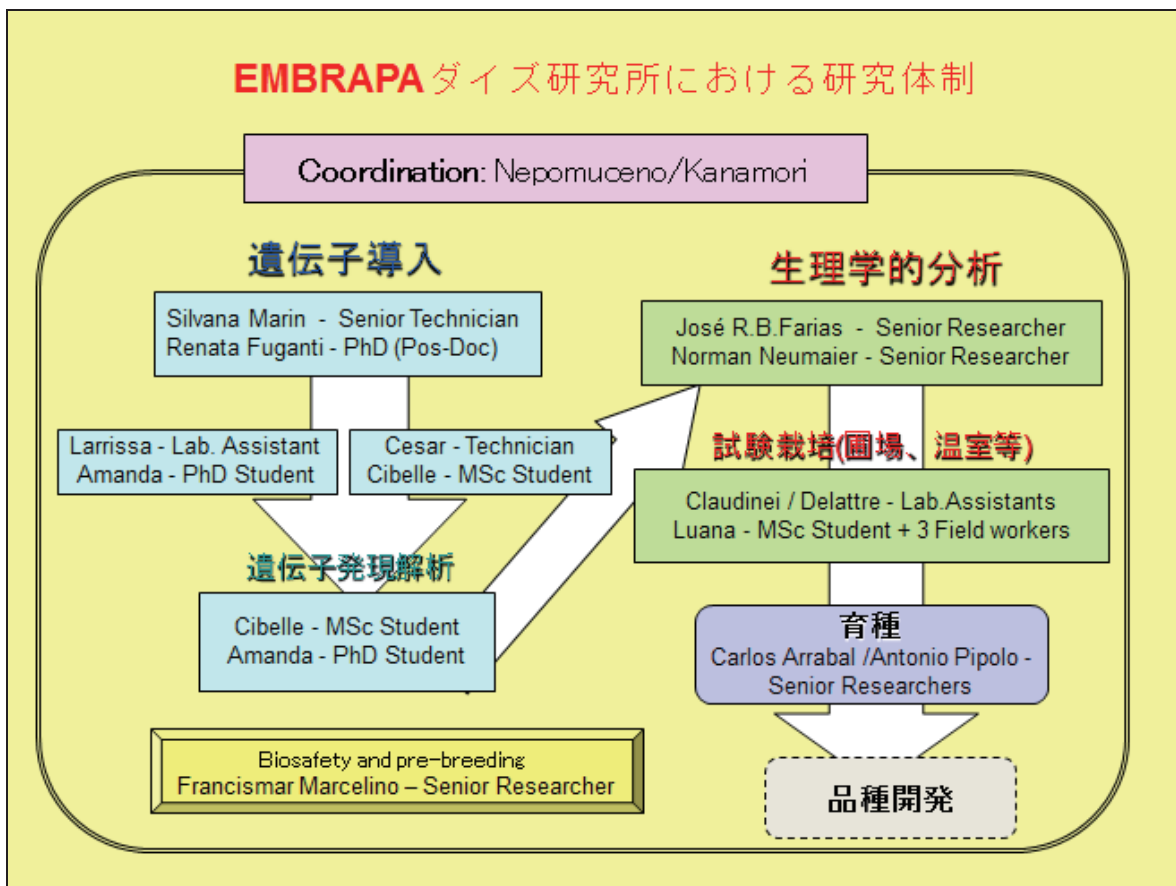
て、形質転換手法の確立を行う（現在はJIRCASから派遣している金森研究員を移管する予定）。

さらに本プロジェクトでは、ブラジル側研究員を日本側関係研究機関（JIRCAS、東大、理化学研究所）へ受け入れる（あるいは第三国研究機関に送る）ことにより、研究者の研究能力のレベルアップ（特に新遺伝子やプロモーターの同定方法、遺伝子組み換え技術などの分子生物学的手法、マイクロアレイやメタボローム解析などのゲノム科学的手法の獲得）を図ることにより技術面で協力する。一方で、日本側の研究員もブラジル側へ短期派遣し、共に遺伝子組み換え体の遺伝子解析、耐性評価等を実施することで、ブラジル側研究員の技術面でのレベルアップを図る。

#### 3-4-2 研究体制強化面での協力

ブラジル側のプロジェクトリーダーである Alexandre Lima Nepomuceno 博士が多忙であり、研究の円滑な実施のためには Embrapa ダイズ研究所の研究体制の強化が必要である。リーダーを補佐する研究員や研究をサポートする技術員の増員については、Embrapa ダイズ研究所 Alexandre José Cattelan 所長から、Embrapa 側が尽力する旨、また、これらの研究員あるいは技術員は、研究室の抱える他のプロジェクトを含めて研究室全体をサポートする必要があるため、本プロジェクトに専念することはできない、との説明があった。本プロジェクトでは、最も重要な遺伝子導入（形質転換）について在外研究員をサポートできる研究員が必要なことと、少なくとも5種類のコンストラクトをダイズに導入する計画であることから、形質転換技術をもつポスドクあるいは修士課程修了者（ポスマス）、今後送付する導入遺伝子ごとに責任をもって遺伝子解析から耐性評価試験まで一貫して責任をもつポスドク、並びに研究をサポートする技術者（兼大学院生）等の確保が必要である。本プロジェクトでは、このための資金援助が必要であることが確認され、研究の持続性・自立発展性を考慮し、JICA と Embrapa ダイズ研究所はポスドク2名（あるいはポスドク1名とポスマス1名）、2名の技術者（1名は博士課程、1名は修士課程の大学院生）の費用を50/50で負担する（プロジェクト前半の2年半はJICAが負担し、後半はEmbrapa ダイズ研究所が負担する）こととした。

さらに本プロジェクトでは、ブラジル側研究員を日本側関係研究機関への受け入れる（あるいは第三国研究機関に送る）ことにより、日本側の研究体制についても学び、ブラジル側で生かしてもらうことを期待している。一方で、日本側研究員もブラジル側へ短期派遣し、共に研究することで、ブラジル側研究体制の強化に協力する。



### 3-5 プロジェクト実施上の留意点

#### 3-5-1 MAPA での検疫等事項

MAPA の植物防疫機関 (National Plant Protection Organization) の Director である Odilson Luiz Ribeiro e Silva 氏や植物生産物検査部 (Department of Plant Product Inspection) の Director である Macao Tadano 氏並びに関係者に対し、今回のプロジェクトについて説明した。主に遺伝資源 (germplasm) の輸入手続きについて確認した。ブラジルに遺伝資源を輸入する際は、一部種子を栽培し、病害虫を確認してから引き渡すため数カ月を要すること、逆に輸出する際は相手国の要請に基づいた形で植物検疫証明書 (Plant Quarantine Certificate) を発行するということがあった。また、組み換え遺伝子の輸出入には特段必要な手続きはないことを確認した。この点は Embrapa ダイズ研究所の Dr. Nepomuceno (ブラジル側プロジェクトリーダー) にも確認した。

#### 3-5-2 企業との干ばつ耐性ダイズの作出に関する共同研究について

Embrapa が、モンサント、BASF 等バイオベンチャー企業との干ばつ耐性ダイズを遺伝子組み換えにより作出する共同研究を行っているか、Dr. Nepomuceno に質問したが、そのような情報は無いという回答であった。

## 第4章 調査団所感

### 4-1 団長所感

本協力案件はブラジルと日本の両国にとって有益なものと判断される。本案件実施のインパクトは「ブラジルのダイズ生産の安定化」に資する可能性を有しており、それは我が国の食糧安定供給にもつながるものといえる。なお、プロジェクト実施機関である Embrapa と JIRCAS 間には長年の共同研究を通じた信頼関係が築かれており、適切な協力活動を実施できる環境が既に整っている。

5年間という限られた期間での「環境ストレス耐性ダイズの作出技術の開発」は容易ではない面もあると推察されるが、Embrapa と JIRCAS 間には上記した良きパートナーとしての信頼関係が築かれているので、それを土台に効率的な事業が実施できるものと期待される。また Embrapa ダイズ研究所で現在活動している方が専門家候補者（業務調整員、在外研究員）であるという点も、プロジェクトの実施上、非常に良い影響を与えるものと思われる。

なお、上位目標である「環境ストレスに適応したダイズの開発」達成のためには、プロジェクト終了後の Embrapa ダイズ研究所の自立発展が不可欠である。よって、関係者一同が同研究所の研究体制の更なる充実や人材育成にも配慮したプロジェクト活動を心掛け、自立発展をより確かなものとするのが重要といえる。

また、ブラジルと日本間の物理的距離と多岐にわたる実施・共同研究機関の存在（Embrapa、JIRCAS、東大、理化学研究所）がプロジェクト運営に支障を来すことを避けるためにも、TV 会議システムの活用等による適切な協議・連絡調整体制を構築することが望まれる。

### 4-2 技術的観点からの所見

本プロジェクトにおいては、環境ストレス耐性（特に耐乾性及び耐暑性）の強いダイズを作出する技術の開発を行う。この技術は将来、他の作物への応用も期待される。技術的観点からの主な所感は以下のとおり。

#### 4-2-1 研究の流れと諸手続き

日本側（JIRCAS、東大、理化学研究所）は、導入する遺伝子及びプロモーターの組み合わせ（コンストラクト）を作出し、ブラジル側（Embrapa ダイズ研究所）は、コンストラクトの導入、簡単な遺伝子解析（コピー数、導入遺伝子の発現確認）、耐性評価を行い、耐性系統（line）を選抜する。日本側では、Embrapa ダイズ研究所が実施する解析に加え、更に詳細な分子レベルの解析を実施する。したがって、プロジェクトの円滑な推進のためには、研究試料（コンストラクト及び形質転換系統等）の日伯間での授受が不可欠で、日伯の参画機関が必要な手続きを速やかに行う必要がある。

#### 4-2-2 遺伝子導入方法

Embrapa ダイズ研究所の開発した Biobalistic 法による遺伝子導入は現在安定しており、既に実施している DREB 2 の場合、79 系統の遺伝子組み換え体を得られている。より安定した遺伝子導入をめざして検討している Agrobacterium 法については、今のところ植物体への再生に至っておらず、培養条件やダイズ品種等の検討が必要である。本課題で派遣される在外研究員

は、Agrobacterium 法による遺伝子組み換え技術の確立を実施する予定である。

#### 4-2-3 耐性試験に供する系統の選抜

遺伝子組み換えにより得られた系統の基礎的遺伝子解析から、導入遺伝子のコピー数が少なく、かつ発現が確認された系統を選び出し、耐性試験に供する。温室での耐性試験に用いる系統数は、最低限 2 系統であることが確認されたが、育種まで視野に入れるならば、より多くの系統を使うことが必要と考える（できれば 10 系統以上）。栽培スペースの問題も含め、研究の実施過程で更なる協議が必要である。

#### 4-2-4 耐性試験

当初、温室評価と圃場評価の間にスクリーンハウスを用いた評価も記載されていたが、協議の結果、温室から即圃場へ移す方がベターであるということになり、スクリーンハウスを用いた評価は実施しないことになった。

#### 4-2-5 研究体制

ブラジル側のプロジェクトリーダーが多忙であり、研究の円滑な実施のためには Embrapa ダイズ研究所の研究体制の強化が必要である。リーダーを補佐する研究員や研究室全体をサポートする技術補佐員の増員については Embrapa ダイズ研究所側が検討する。さらに、導入遺伝子ごとに責任をもって遺伝子解析から耐性試験まで一貫して責任をもつポストクの増員と、技術者（兼大学院生）の確保が必要で、このための資金援助が必要である。研究の持続性を考慮し、JICA/ Embrapa ダイズ研究所はポストク 2 名（あるいはポストク 1 名とポスマス 1 名）、2 名の技術者（1 名は博士課程、1 名は修士課程の大学院生）の費用を 50/50 で負担する（プロジェクト前半の 2 年半は JICA が負担し、後半は Embrapa ダイズ研究センターが負担する）。

#### 4-2-6 遺伝資源の輸出手続きについて

MAPA の植物防疫機関（National Plant Protection Organization）の Director である Odilson Luiz Ribeiro e Silva 氏や植物生産物検査部（Department of Plant Product Inspection）の Director である Macao Tadano 氏並びに関係者に対し、今回のプロジェクトについて説明した際、遺伝資源（germplasm）の輸出手続きについて確認した。

ブラジルに遺伝資源を輸入する際は、一部種子を栽培し、病害虫を確認してから引き渡すため数カ月要すること、逆に輸出する際は相手国の要請に基づいた形で植物検疫証明書（Plant Quarantine Certificate）を発行するということがあった。また、組み換え遺伝子の輸出入には特段必要な手続きはないことを確認した。この点は Embrapa ダイズ研究所の Dr. Nepomuceno（ブラジル側プロジェクトリーダー）にも確認した。

### 4-3 JST 所感

#### 4-3-1 Embrapa ダイズ研究所の役割と研究実施体制

Embrapa ダイズ研究所は 1975 年に現在のパラナ州立農業研究所（Instituto Agronômico do Paraná : IAPAR）内に設立され、1989 年に独立してからは、ダイズを中心に、ヒマワリやコムギなどの作物に関して、収量増加のための種子生産技術の開発や、病害虫抵抗性品種及び高品

質品種の作出などの技術開発において実績がある研究機関である。ダイズにおける収量減少の主要な原因のひとつは干ばつであることから、Embrapa ダイズ研究所では近年、従来の育種技術に加えて、遺伝子組み換え技術による耐乾性及び耐暑性品種の早期開発に力を入れている。本調査の結果、独自の遺伝子導入技術によるダイズの組み換えから、植物体の再生化及び温室栽培までの一連の技術がブラジル側研究代表者である Nepomuseno 博士率いるバイオテクノロジー研究部門において確立されていることを確認した。本プロジェクトにおいては、JIRCAS をはじめとする日本側研究機関により同定・選抜された有用遺伝子とプロモーターの組み合わせが、ブラジル側で効率的にダイズに導入されることが円滑な研究実施において技術的な観点から重要であるが、この部分において技術面及び実施に係る機材の面から現状で問題はないと判断された。しかしながら、現在扱っている系統の管理に対して配置されている人員だけで実質対処が精一杯であり、本プロジェクト開始後、導入遺伝子数が更に増えた場合に担当できる人員が慢性的に不足していることも確認された。

#### 4-3-2 共同研究合意書

Embrapa ダイズ研究所と JIRCAS は、1995 年に研究協力覚書 (MOU) を締結した。それ以来、当 MOU の下に Workplan が締結され、さまざまな研究プロジェクトが実施されている。Embrapa ダイズ研究所施設内には研究プロジェクト推進の調整業務のため JIRCAS 事務所が設置され、現在は、常駐の JIRCAS プロジェクト調整員である工藤氏によって双方の円滑な協力関係が保たれている。また、2003 年には両研究所間で MOU が更新された。JST で推奨する本プロジェクト用の合意文書ガイドラインと既存の MOU を比較したところ、一部条項 (紛争の解決、法・規則の準拠) において追加の必要性が認められた。このため MOU をベースに上記条項を追加するための合意書が JIRCAS により既に作成され、現在 Embrapa 本部法務部との調整が進められている。このことから、R/D 締結後のプロジェクト開始時までに修正合意書の締結が進むよう期待したい。一点注意すべきは、研究試料提供契約書 (MTA) の締結が本プロジェクト実施期間内に別途発生することであるが、これについては過去に乾燥誘導性遺伝子 DREB 1 を移転する際、本契約書の締結に 3 年の期間を要したとの経緯がある。JIRCAS と Embrapa にとって初めての締結例だったことが大きな理由であり、当時の契約書を本プロジェクトで締結する MTA の雛形に利用できるものの、MTA 締結に係る時間短縮は、5 年間の研究プロジェクトの成果創出に大きく影響することから、引き続き両者で調整を図ることが必要であると考えられる。この旨、Embrapa 本部訪問の際に JIRCAS 側から依頼した。

#### 4-4 その他

##### 4-4-1 新研究棟について

遺伝子導入分野の研究体制は、現在多くの研究者・技術者が 1 つの研究棟で活動している。多くの研究者が限られた機材を利用している状況や、作業スペースの不足している状況等がうかがえた。今回案件の主要な分野である遺伝子導入とその解析において、機材利用やスペースの不足、キャパシティや雑菌混入の危険性等、研究の効率性に影響を与えている要因が多いと考えられる。2010 年に完成予定である新たな研究棟により、左記要因の多くは改善できる可能性があるが、今回の共同研究にて、より適切な研究施設の利用体制が確立されることも必要だと考えられる。人員の補強とともに、より日伯両者の共同研究が成果を上げられるものに



なっていくよう、自立発展性を考慮する必要がある。

#### 4-4-2 執務・活動環境について

Embrapa と JIRCAS の長年の共同研究の実績から、JIRCAS 用の執務室が無償で割り当てられており、プロジェクト実施中も引き続き当執務室を日本側研究者が利用することとなっている。また、プロジェクトで活動予定の金森研究員にも研究施設内に部屋を割り当てられており、日本からの在外研究員の活動環境は非常に良好なものと見受けられる。

#### 4-4-3 大使館表敬に関する報告事項

島内大使より、科学技術分野における日伯の協働を、今後の長期的な日伯の国際関係を検討するうえでの最優先課題であると考える旨説明があり、関心の高さがうかがえた。また、2009年10月に開催を予定している「日伯戦略的経済パートナーシップ賢人会議<sup>2</sup>」でも、日伯関係の新分野の検討課題のひとつとして科学技術分野での協力を挙げる予定であり、本プロジェクトを用いて PR を図りたいとの要望があった。

---

<sup>2</sup> 日本とブラジル両国の経済界の主要なリーダーから構成される。参考 URL：外務省 HP  
[http://www.mofa.go.jp/mofaj/press/release/h19/7/1174416\\_808.html](http://www.mofa.go.jp/mofaj/press/release/h19/7/1174416_808.html)