

事業事前評価表

2009 年 8 月 11 日

国際協力機構 産業開発部
資源・省エネルギー課

1. 案件名（国名）

国名： ブラジル 国

案件名： （科学技術）サトウキビ廃棄物からのエタノール生産研究

2. 事業の背景と必要性

(1) ブラジル国における環境・エネルギーセクターの現状と課題

近年需要が急増している燃料エタノールの使用は地球温暖化対策に有効であるが、現状では食用資源を原料としているために食糧との競合という問題が生じている。ブラジル国においては、エタノール生産が既に大規模に実施されているが、現在エタノール原料には使用されていないサトウキビから糖液を絞った残渣（バガス）、枯葉などのサトウキビ由来非食用資源からのエタノール生産技術を確立するための研究開発を実施し、持続可能なバイオエタノール燃料の生産による地球温暖化の緩和に貢献することを目標に掲げている。この様な背景の下、ブラジル国政府から地球規模課題対応国際科学技術協力として「ブラジル国サトウキビ廃棄物からのエタノール生産研究」が要請され、本邦関係機関の協議を経て、当該プロジェクトの協力計画を策定することとなった。

(2) ブラジル国における環境・エネルギーセクター政策と本事業の位置づけ

農業牧畜食料省によれば、ブラジル国は自動車燃料のエタノール転換を積極的に推進しており、ガソリンとの混合利用を義務付けるため、それに準じた自動車エンジンの改良も進めている。今後エタノール需要の伸びは石油価格が激変しない限り順調に推移すると見ている。また、同国におけるエタノール生産の拡大が、現状サトウキビからの砂糖生産に影響を及ぼすことを各方面から指摘されていることも受けて、第二世代のエタノール生産研究に莫大な研究費を費やしている。同研究は大学だけでなく、PETROBRAS など大手の石油会社所有の研究所なども真剣に開発に取り組んでいるテーマであり、ブラジル国にとって特に重要な政策であると言える。

(3) ブラジル国の環境・エネルギー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、首脳会談や定期的な政策協議において、「環境」を援助重点分野としており本件はこの方向性に合致する。また、JICA の協力方針においては、気候変動対策プログラムに合致しており、国別事業実施方針における「気候変動（地球温暖化）対策におけるパートナー関係強化」に直結している。

また、バイオ燃料分野では、「リオグランジドノルテ州小農支援を目指したバイオ燃料作物の導入支援プロジェクト」を実施中。

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。

なお、「地球規模課題に対応する科学技術協力」事業は、文部科学省、独立行政法人科学技術振興機構（以下、JST）、外務省、JICA の 4 機関が連携するものであり、国内での研究支援は JST が行い、開発途上国に対する支援は JICA が行うこととなっている。

- (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

サトウキビ糖液からのエタノール生産が既に大規模に実施されているブラジル国において、現在エタノール原料には利用されていないバガス、枯葉などのサトウキビ由来非食用資源からのエタノール生産技術を確立するための研究開発を実施し、持続可能なバイオエタノール燃料の生産による地球温暖化の緩和に貢献することを目的とする。

(2) プロジェクトサイト/対象地域名

リオデジャネイロ連邦大学、サンタカタリーナ連邦大学で実施する。

(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：「サトウキビ廃棄物からベンチスケール¹でのエタノール生産が実現される。」

指標： 数百 kg/バッチ程度を目安としたベンチプラントにおいてサトウキビ廃棄物からのエタノールが生産される。

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 以下の要素技術が確立される。

¹ 研究室レベルより大きく、パイロットレベルよりも小さいサイズ。（独）産業技術総合研究所バイオマス研究センターでは 1 回処理量 200kg 木材のベンチプラントが稼働中。

- ・サトウキビに適した前処理技術
- ・前処理物に適した糖化酵素および酵素の生産技術
- ・高効率エタノールの生成技術
- ・キシロース²発酵性微生物の生成技術

指標： 1-1. 前処理と酵素処理により、75%以上の糖化効率を得る。
 1-2. 85%以上のヘキソース³からの発酵効率を得る。
 1-3. キシロースの発酵が可能になる。

活動： 1 要素技術の確立

1.1 前処理技術

- 1.1.1 サトウキビ廃棄物に適した処理条件の開発
- 1.1.2 スケールアップのための研究開発

1.2 糖化酵素および酵素の生産技術

- 1.2.1 効率的な糖化酵素および混合酵素系の開発
- 1.2.2 ブラジルにおけるオンサイト⁴酵素生産技術の開発

1.3 高効率発酵酵母⁵

- 1.3.1 高効率発酵酵母のブラジルでの探索
- 1.3.2 高効率発酵酵母の実用生産株としての改良・育種

1.4 キシロース発酵性微生物

- 1.4.1 キシロース発酵性微生物のブラジルでの探索
- 1.4.2 キシロース発酵性微生物の改良・育種

成果： 2 「設計されたサトウキビ廃棄物からのエタノール生産システムの有効性が確認される。」

指標： 2 従来型の生産方法（サトウキビ糖液からのエタノール生産）と比較して、新システムの生産方法（サトウキビ糖液と廃棄物からのエタノール生産）による温室効果ガス排出削減効果が⁶20%以上向上する。

活動： 2 生産プロセスのためのライフサイクル評価⁶

- 2.1 エネルギー収支の解析評価
- 2.2 温室効果ガス削減効果の解析評価

² 藁(わら)・竹・木材などに含まれる多糖類キシランの構成成分。化学式 C₅H₁₀O₅ 還元糖で、甘みがあるが、ヒトの栄養にならない。糖尿病患者用の甘味料として利用する。木糖。出典：大辞林

³ 炭素原子数が六個の単糖類の総称。分子式 C₆H₁₂O₆ D-グルコース（ブドウ糖）・D-フルクトース（果糖）・マンノース・ガラクトースなど。六炭糖。出典：大辞林

⁴ エタノール生産現場における酵素生産技術開発。

⁵ 高効率で発酵させるための酵母

⁶ 商品の環境に与える影響を、資源の採取から、加工・販売・消費を経て廃棄にいたるまでの各過程ごとに評価する方法。環境への負荷のより小さい生産方法や代替原料・代替製品を選択していこうという考え方が根底にあり、国際標準化機構（ISO）により国際的なガイドラインが策定されている。出典：大辞林

2.3 経済性の評価とシステム設計

3) 投入の概要

日本側

- (a) 専門家：短期専門家 13 名
- (b) 本邦研修：6 名/年×3 年
- (c) 供与機材：前処理、発酵、糖化用実験機材等
- (d) 在外事業強化費

ブラジル国側

- (a) カウンターパート (C/P)：20 名
- (b) 施設、機材等：
 - ・リオデジャネイロ連邦大学、サンタカタリーナ連邦大学における研究者執務用事務室と設備
 - ・前処理、発酵、糖化用実験機材、ベンチスケールプラント用機材購入、建設費
 - ・参加研究者の研究に係る諸費用（研究予算、旅費等）

(3) 総事業費/概算協力額

約 2.5 億円 (JICA 予算ベース)

(4) 事業実施スケジュール (協力期間)

平成 21 年 9 月～平成 24 年 8 月 (3 年間)

(5) 事業実施体制 (実施機関/カウンターパート)

ブラジル側研究機関：UFRJ (リオデジャネイロ連邦大学、代表機関) 及び UFSC (サンタカタリーナ連邦大学)

日本側研究機関：(独) 産業技術総合研究所バイオマス研究センター

(7) 環境社会配慮・貧困削減・社会開発

本技プロは長期的に地球温暖化の緩和などに資することが期待されている。したがって、環境はもちろんジェンダー等、社会・文化などへの負荷は想定されていない。

(8) 他ドナー等との連携

該当しない

(9) その他特記事項

特になし。

4. 外部条件・リスクコントロール

(1) ブラジル国政治情勢の不安定性

特になし。

(2) プロジェクト目標までの外部条件

大学の研究活動が停止しない。

原料廃棄物の供給が安定している。

5. 過去の類似案件の評価結果と本事業への教訓

該当なし。

6. 評価結果

(1) 妥当性

妥当性は以下の理由から高いといえる。

1) ブラジル国の国家計画やエネルギー政策との整合性

前述の通り、ブラジル国においては、自動車燃料のエタノール転換を積極的に推進していることに加え、現在エタノール原料には使用されていないバガス、枯葉などのサトウキビ由来非食用資源からのエタノール生産技術を確立するための研究開発を実施し、持続可能なバイオエタノール燃料の生産による地球温暖化の緩和に貢献することを目標に掲げている。

2) 日本の援助政策からみた妥当性

気候変動対策プログラムに合致しており、国別事業実施方針における「気候変動（地球温暖化）対策におけるパートナー関係強化」に直結している。

3) 対象地（サイト）の選定

ブラジル国において UFRJ、UFSC はともに当該分野でトップクラスの研究を実施しており、すでに日本側研究機関と緊密な連絡が取れている。UFRJ はセルロース系バイオマスの酵素糖化によるエタノール生成研究、また UFSC は発酵微生物の研究において大きな実績がある。

(2) 有効性

有効性は以下の理由から高いといえる。

プロジェクト目標は明確であるとともに、指標やその入手手段についてもベースラインや客観性、再現性などの観点からも妥当である。また上記アウトプットの確立は、いずれもプロジェクト目標を達成するために必要であり、過不足なく設定されている。プロジェクト目標達成のための外部条件としては「大学の研究活動が停止しない」「原料廃棄物の供給が安定している」が挙げられている。

(3) 効率性

効率性は以下の理由から比較的高いといえる。

アウトプットは明確であるとともに、指標やその入手手段についてもベースラインや客観性、再現性などの観点からも妥当である。また投入について、UFRJ 別途ブラジル国科学技術省に申請している応用研究のための活動資金 (FINEP, Financiadora de Estudos e Projetos) の研究予算は、(独) 産業技術総合研究所との研究協定を実現する手段として申請されており、機材を始めとして本事業にかかる事業費の半分以上は FINEP で措置される。残りの事業費は ODA にて措置されるが、その内訳を日本、ブラジル双方関係者間で確認することにより、案件の効率性が図られる。なお FINEP からの支援は本事業開始のための「前提条件」とされた。

(4) インパクト

本プロジェクトの活動及び成果は、サトウキビ糖液からのエタノール生産が活発なブラジルにおいて、さらに効率的なエタノール生産を可能とするものであり、ブラジルの 2 つの大学と民間企業等との間で廃棄物利用によるエタノール生産活動が開始されるための技術提携契約などが締結されることで、サトウキビ廃棄物からの実用的エタノール生産システムが構築されて、それによる燃料用エタノールが生産されることが見込まれる。また、本プロジェクトの成果が応用されることで、気候変動問題等にかかる地球規模課題の克服への貢献が見込まれる。

外部条件については、ブラジル側からの説明によれば「エタノール製造企業との契約が成立する」、「特許取得が成功する」などが考えられるが、それは満たされる可能性は極めて高いため、外部条件として不適切ではないかとの指摘もあったが、今後状況を見て判断することとした。

(5) 自立発展性

本事業は、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) 政策・制度面

ブラジル国は、エタノール原料には使用されていないバガス、枯葉などのサトウキビ由来非食用資源からのエタノール生産技術を確立するための研究開発を実施し、持続可能なバイオエタノール燃料の生産による地球温暖化の緩和に貢献することを目指して掲げており、政策面での支援が期待できる。

2) 組織・財政面

上記の通り、FINEP が採用されたため、UFRJ は人員の配置、機材等、投入を確保しており、事業費の半分以上をブラジル側が支出するが、機材を中心に不足分を日本側から投入するため、ブラジル側による継続的な財政面での負担など、自立発展性を確保するための努力が必要である。

また、本プロジェクトの実施機関である UFRJ、UFSC は、いずれも連邦 (国立) 大学であるため組織・財政的に安定しており、存続についての懸念は少ない。また、技

術レベルも高く、本プロジェクトで開発される手法・技術を十分に咀嚼し、自らのものとして発展させていく素地を備えていると判断される。

3) 技術面

ブラジル国において UFRJ、UFSC はともに当該分野でトップクラスの研究を実施しており、すでに日本側研究機関と緊密な連絡が取れている。UFRJ はセルロース系バイオマスの酵素糖化によるエタノール生成研究、また UFSC は発酵微生物の研究において大きな実績がある。本事業においてベンチスケールのプラントを UFRJ に設置予定であり、UFRJ は本事業終了後もこのプラントを活用し、民間企業等との連携を模索することを表明しているため、自立発展性が見込まれる。

(6) 実現可能性（リソース確保、前提条件）

本プロジェクトでは該当する共同研究・開発分野での必要な日本側の人的・組織的なリソースは既にほぼ確保されている。ブラジル側の人的・組織的なリソースについても、FINEP が承認されたことによりほぼ確保されていることから、プロジェクト開始の前提となる必要条件是特に存在しない。

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】

数百 kg/バッチ程度を目安としたベンチプラントにおいてサトウキビ廃棄物からのエタノールが生産される。

【成果】

1 前処理と酵素処理により、75%以上の糖化効率を得る。

85%以上のヘキソースからの発酵効率を得る。

キシロースの発酵が可能になる。

2 従来型の生産方法（サトウキビ糖液からのエタノール生産）と比較して、サトウキビ廃棄物からのエタノール生産システムを加えた場合の温室効果ガス排出削減効果が20%以上向上する。

(2) 今後の評価のタイミング

・ 中間レビュー 計画第2年次中期（2011年2月を予定）

・ 終了時評価 計画終了時の6ヶ月前（2012年2月を予定）

以上