

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)
研究課題別終了時評価報告書

1. 研究課題名（および共同研究期間）

サトウキビ廃棄物からのエタノール生産研究（2009年9月～2013年8月）

2. 研究代表者

2. 1. 日本側研究代表者：平田 悟史（産業技術総合研究所 バイオマスリファイナリー
研究センター研究センター長）（2012年12月～）
坂西 欣也（産業技術総合研究所）（～2012年11月）
2. 2. 相手側研究代表者：Dr. Elba Bon（ブラジル リオデジャネイロ連邦大学 教授）

3. 研究概要

本プロジェクトの上位目標は、世界で最大規模のサトウキビおよびエタノール生産国であるブラジルにおいて、食糧と競合しないサトウキビ廃棄物（バガス、枯葉など）から燃料用エタノールを生産する第2世代の技術を実用化、普及し、エネルギー問題及び地球温暖化の緩和に貢献することである。

本プロジェクトでは、優位性のある要素技術を開発し、それをもとに数10kg/バッチ程度の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生産を実証すると共に、キシロースの発酵とエタノール生産システムの有効性を確認（ライフサイクルアセスメント（LCA）、経済性）し、実用規模でのサトウキビ廃棄物からのエタノール生産の見通しを得ることを目標としている。

具体的には、前処理技術を初めとする高効率のエタノール生産技術を有する産業技術総合研究所、糖化酵素技術の開発経験が豊富なリオデジャネイロ連邦大学、エタノール発酵微生物の知見を有するサンタカタリーナ連邦大学の3機関で、サトウキビ廃棄物から燃料用エタノールを生産する第2世代の技術システムを世界で最大規模のサトウキビおよびエタノール生産国であるブラジルで開発する。

4. 評価結果

総合評価 （B : 所期の計画以下の取り組みであるが、一部で当初計画と同等またはそれ以上の取り組みも見られる。）

相手国において研究建屋の建設などの大型資金を手当てしたことは評価できるがその手続きなどに時間を要し、実証試験の計画が遅れ、最終的に共同研究期間を二度にわたり計一年間延長したが、相手国における建屋の建設が予定通りに行われなかったため、前処理から糖化、発酵に至る一貫プロセスのベンチプラント試験の実施には至らなかった。しか

しながら、水熱前処理とディスクミルの併用などの工夫により高いレベルの技術が開発されて、プロジェクト終了後も共同研究を継続する努力も行われており、個別にはそれぞれ成果を出している。また、タイで本技術の実用化を目指した活動を開始していることも評価できる。

以下に、評価項目における特筆すべき内容を列挙する。

4-1. 地球規模課題解決への貢献

【課題の重要性とプロジェクトの成果が課題解決に与える科学的・技術的インパクト】

新興国を中心に石油製品である液体燃料などの需要が継続的に増加基調にあること、二酸化炭素の排出量が増加しつつあること、中東産油国の政治情勢が不安定であること、既存エタノールは食料問題を引き起こす可能性が国際的に指摘されていること等から、砂糖の抽出後に大量に発生する廃棄物サトウキビバガスの自動車用燃料エタノールへの変換は、世界のエネルギー問題と環境問題の緩和に大きく貢献できる。世界的にレベルの高い産総研の前処理技術、リオジャネイロ連邦大学の糖化酵素技術、サンタカタリーナ連邦大学のエタノール醗酵技術の組み合わせと世界最大のサトウキビ生産国での開発、実証は有効と思われる。

【国際社会における認知、活用の見通し】

産業として経済的に成立するか否かが重要であるが、研究成果の発表が限定的であることと、ベンチプラントでの実験が未実施でありデータ解析等はこれからであるため、国際社会における認知向上は現時点では見通せない。しかしながら、それぞれの機関の技術は世界的に高い水準にあり可能性は高い。

【他国、他地域への波及】

本研究課題は、リオジャネイロ連邦大学、サンタカタリーナ連邦大学等、ブラジルの有力大学との共同研究として行われた。その結果、比較的少ない所要エネルギーで収率の高いディスクミルと水熱前処理の組み合わせを見出すなど、要素技術に関する成果を挙げている。これらはブラジル国内のみならず、アジアを含む他地域でも展開可能な技術である。実際、タイでの事業化が検討されており、サトウキビのほか、稲わら、麦わらの利用など、他の原料への展開も期待できる。

【国内外の類似研究と比較したレベルや重要度】

リグノセルロースからのエタノール生産は世界各国で研究されており、商用プラントと言われるものも動きつつある。アーミング酵母の開発も進んでおり、セルラーゼ構造をナノ粒子につける試みもあり、類似研究は多く行われている。しかしながら、本研究は、バガスの水熱処理、ディスクミルによる湿式粉碎処理と糖化、発酵プロセスとを有効に組み

合わせたシステムとして特徴があると考えられる。こうした研究は内外ともに少なく、インパクトを有する技術であり、ベンチスケール実験等の共同研究の成果に期待する。

4-2. 相手国ニーズの充足

【課題の重要性とプロジェクト成果が相手国ニーズの充足に与えているインパクト】

ブラジルにとってきわめて重要な課題であり、サンタカタリーナ連邦大学の研究などは大幅に進展し、大学の満足度は高い。しかしながら、実証試験の遅れによって現段階では十分なデータの取得とPRができていない。また、ブラジルではすでに、既存のサトウキビの糖化、発酵によるエタノール生産で、国内需要を賄い、米国などへ輸出を行っていること、また、ブラジル国土は広く、セラード開発など既存エタノールの国内生産ポテンシャルもあるため、ブラジルのニーズを充足するためには本技術の優位性の実証が欠かせない。そのための活動が今後の大きな課題である。

【課題解決、社会実装の見通し】

今回の共同研究実施期間内にはベンチスケール実験は実現していないが、産総研でのベンチスケール実験において本課題の一定の有効性は示されているなど、基本的な要素技術はかなり進展し、社会実装の可能性は高いと思われる。今後両国関係者でデータを共有しつつ、成果を共同で挙げれば、課題解決に貢献すると思われる。

【継続的発展の見通し（人材育成、組織、機材の整備等）】

リオジャネイロ連邦大学内に大規模な実験棟が完成し、研究が活性化することが期待される。ブラジル側は研究者3名が筆頭著者となる論文を5報出している。産総研ではブラジル人研究者を長期で受け入れており、熱心に日本の技術を吸収し、皆優秀で更なる研究を進めており、一定の人材育成は行われた。

研究代表機関同士の共同研究協定が継続されるなどプロジェクト終了後も連携体制は維持される見通しである。

【成果を基とした研究・利用活動が持続的に発展してゆく見込み（政策等への反映、成果物の活用など）】

今回の共同研究実施期間は終了するものの、引き続き両国の関係研究機関による共同研究を継続する合意文書を取り交わしており、プロジェクト終了後も連携体制は維持される見通しであり、成果の波及や社会実装に向けた活動の発展が見込まれる。

個々の技術が今後も発展することは確実視される。開発された技術の産業化はある程度期待できるが、全プロセスの技術が大規模な産業に結びつくかは今後の活動にかかっている。

4-3. 付随的成果

【日本政府、社会、産業への貢献】

日本の企業が成果の一部を使って産業化を検討しているなど、今後の大きな貢献が期待される。また、当該技術の建築廃材などからのエタノール生産分野への応用なども可能性があると思われる。

【科学技術の発展】

食糧と競合しないサトウキビ廃棄物からのエタノール燃料の生産は地球温暖化の緩和に寄与する技術として有効であり、世界最大のエタノール生産国であるブラジルでの実用化に向けた研究は重要である。前処理技術、微生物発酵の効率化手法の開発、イオン液体性処理など要素技術に関しては、バイオ燃料生産に係る科学技術の発展に寄与したと言える。

【世界で活躍できる日本人人材の育成（若手、グローバル化対応）】

共同研究に参加し、かつ、若手ポスドク研究員から助教に採用されたものもいるが、日本人研究者のブラジル側への長期滞在派遣が行われなかったことから、日本人人材の育成の効果は限定的である。

【知財の確保や、国際標準化への取組、生物資源へのアクセスや、データ入手方法】

バガスのイオン化液体を利用した前処理技術はブラジル・米国にて特許出願が予定されている。日本側は連名発明者にはなっているが、出願人にはなっていない。

データ入手という点では、ブラジルのバガスを入手し前処理技術を開発した。また、ブラジル側が有する糖化醗酵、エタノール醗酵の情報も入手した。

【その他の具体的成果物（提言書、論文、プログラム、試作品、マニュアル、データなど）】

論文数（国際 8 件（ブラジル側筆頭 5 件）、口頭発表（国内 1 件、国際 4 件）、ポスター発表（国内 4 件、国際 6 件）と論文数がやや少ない。ベンチスケール実験の成果からのデータ共有やさらなる論文等を期待する。

【技術および人的ネットワークの構築（相手国を含む）】

研究チームの学生やポスドク等の交流はやや限定的であったが、人的には、産総研にてブラジルの研修生を長期で受け入れたこと、要素技術レベルではブラジル側との共同研究上の交流が論文発表等を通じて認められることから、人的ネットワーク強化に本研究課題は一定の貢献をしたと評価できる。今後も継続できる連携体制は構築されている。

4-4. プロジェクトの運営

【プロジェクト推進体制の構築（他のプロジェクト、機関などとの連携も含む）】

相手国においてプロジェクト統括責任者を研究代表者が兼務したため、関係部署・機関との調整や研究進捗の管理などが手薄になったと思われる。

相手国への長期滞在研究者がいなかったことにより意思の疎通が十分に行えず、リオジャネイロ連邦大学との連携が不足したことも研究の遅れの一因と思われる。

【プロジェクト管理および状況変化への対処（研究チームの体制・遂行状況や研究代表者のリーダーシップ）】

相手国における建屋の建設が予定通り行われなかったため、ベンチ実証実験など研究が遅延し、前処理から糖化、発酵に至る一貫プロセスのベンチ試験を期間中に行うことができなかった。ブラジル側には遅延回復措置の実施など研究代表者による強力なリーダーシップが見受けられなかった。

ブラジル側の推進体制の問題であり、日本側からの関与は容易ではないとも考えられるが、見直しや早期の対応による軌道修正ができなかったか、今後の課題として真摯に捉える必要がある。

なお、産総研研究者など日本側は、代替措置として、ベンチ実証を日本で急ぎ行う等、機転の利いた取組を行っており、日本側研究者の努力は評価できる。

【成果の活用に向けた活動】

成果の実用化に向けての取組としては、2010年に実施されたサンパウロ商工会議所主催の駐ブラジル日系企業向けのセミナーでの発表やブラジル国内のエタノール生産企業や石油企業に対しての情報発信も適宜行われている。

タイにおける日本企業による本研究課題成果の活用を視野に据えており、成果活用の観点からは、効率的に対処していると考えられる。

【情報発信（論文、講演、シンポジウム、セミナー、マスメディアなど）】

発表論文数は少なかったものの、サンパウロ商工会議所でのPR活動や、国内シンポを開催する等、積極的な情報発信を行った。

【人材、機材、予算の活用（効率、効果）】

ブラジル側に研究管理人材の配置が見られなかったこと、本研究課題の重要な要素基材であるディスクミル装置の購入がブラジル側でまだなされていないこと、全体の工程の遅れによりベンチマーク試験が行われていないことなどの問題があるが、その他では、人材、基材、予算は適切に活用されたと考えられる。

相手国内の大規模な競争的資金（FINEP）を獲得したことは評価できるが、日本側支援予算の使用時期や項目等の調整が不十分なため、必要な機材の購入などの計画が十分把握できず、研究の遅れにつながった。

5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

二国間で実施する共同研究として、当初掲げた目標であるベンチスケールプラントの実験結果をブラジル側と共有し、実証に向けた成果を出す努力を続けてもらいたい。

具体的には、ベンチプラントによる実験データの取得、分析を早急に行うこと。また、処理技術の最適と思われる組み合わせを確認し実用化に向けて努力すること。データを共有し、両者で成果を発表すること。引き続き、産業界などへの成果の発表と実用化の働きかけを行うこと。

以上

研究課題名	サトウキビ廃棄物からのエタノール生産研究
研究代表者名 (所属機関)	坂西 欣也(平成24年11月まで) 平田 博史(平成24年12月から) (産業技術総合研究所)
研究期間	T20採択 平成21年9月から平成25年8月 (4年間)
相手国名	ブラジル連邦共和国
主要相手国研究機関	リオデジャネイロ連邦大学 センタカタリーア連邦大学

付随的成果	
日本政府、社会、産業への貢献	目標: 第2世代エタノール生産技術 実用化の見通しを得る。 ・実用化に必要な基礎データを得た。
科学技術の発展	目標: サトウキビ廃棄物の糖化に 関する学術的知見を得る。 ・前処理物の構造と糖化性の関係を 説明
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	目標: 知財の獲得を目指す。 ・国内特許の出願なし。 ・ブラジルの生物資源(酵母)への アクセスあり
世界で活躍できる日本人人材の育成	目標: ポスドク研究者の育成 ・ポスドク研究者筆頭による国際誌 での論文の発表3件
技術及び人的ネットワークの構築	目標: ブラジルの大学、研究所、企 業等とのネットワーク強化 ・大学を中心に技術、人的ネットワー クを構築した。
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データ等)	目標: 論文等で成果を発信する。 ・本プロジェクトによる原著論文7 件が発表、GHG排出量計算シミュ レータを作成

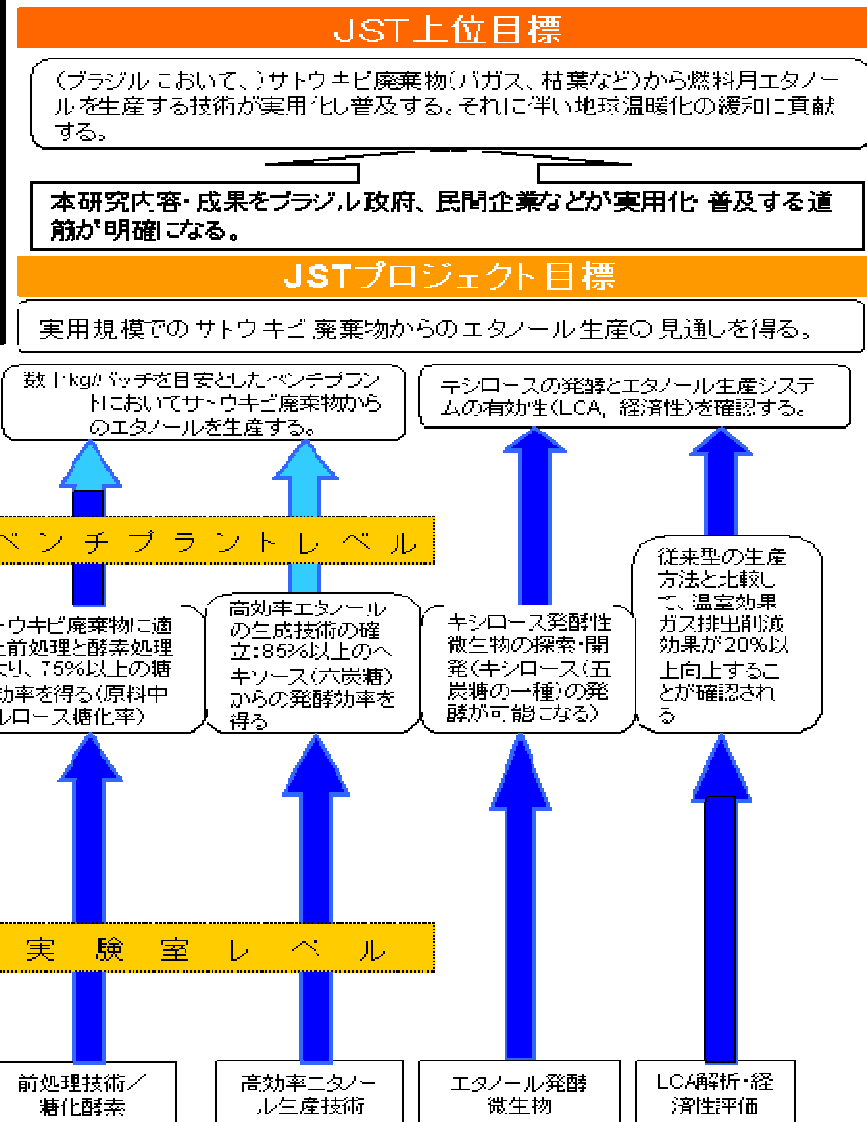


図1 成果目標シートと達成状況 (2013年8月末時点)