

SICORP e-ASIA共同研究プログラム
代替エネルギー分野「バイオエネルギー」 事後評価報告書

1 共同研究課題名

「サトウキビ収穫廃棄物の統合バイオリファイナリー」

2 日本ー相手国研究代表者名（研究機関名・職名は研究期間終了時点）：

日本側研究代表者

渡辺 隆司(京都大学 生存圏研究所・教授)

タイ側研究代表者

ヴェラワット・チャンプレダ(タイ国立遺伝子生命工学研究センターバイオリファイナリー・バイオ製品技術研究グループ・ディレクター)

インドネシア側研究代表者

ウイス・ヘルミアティ(インドネシア国立研究革新庁バイオマテリアル研究所・グループリーダー)

ラオス側研究代表者

エナクホーン・コウンヴィレイ(ラオス国立大学、工学部化学工学科・学科長)

3 研究概要及び達成目標

本国際共同研究では、サトウキビ収穫廃棄物の成分解析、前処理・酵素糖化システム、バイオ燃料やイソブタノールへの変換微生物の育種と発酵システムの開発、キシリトールやリグニン由来サーファクタントの合成、開発したプロセスの社会 LCA 解析を行った。

サトウキビ収穫廃棄物の酵素糖化・発酵に適した前処理システムの開発を 4 ヶ国が協力して開発するとともに、糖化を促進する酵素の開発を、BIOTEC(タイ国立遺伝子生命工学研究センター)と京都大学で実施した。

酵素糖化に関しては、糖化の鍵酵素である溶解性多糖モノオキシゲナーゼ(LPMO)の構造機能や糖化促進機構を京都大学で解析した。また、BIOTEC では、LPMO をメタゲノムにより取得し、その酵素学特性を京都大学と共同で解析、キシリトールを高生産する組み換え酵母も開発した。LIPI(インドネシア科学院)では、リグニン由来サーファクタントも合成した。また、BIOTEC では、*Pichia pastoris* にキシロースイソメラーゼ、キシロキナーゼ、アミノ酸合成経路及び 2-ケト酸分解経路の酵素遺伝子を組み込み、グルコースとキシロースからイソブタノールを生産した。開発した組換え酵母は、サトウキビ収穫廃棄物の糖化物を原料とし、イソブタノールを 48.2 g/L の濃度で生産した。社会 LCA 解析では、タイを中心に、現地インタビューを含む調査を行い、CO₂ 削減量やエネルギー収率等、経済性の評価と、農村での労働条件や付加価値、環境面に与える影響を評価した。

4 事後評価結果

4.1 研究成果の評価について

4.1.1 研究成果と達成状況

本研究は、サトウキビ栽培で多量に生成される収穫廃棄物を対象に、その成分解析、前処理・酵素糖化システム開発、バイオ燃料やイソブタノールへの変換微生物の育種と発酵システム開発、キシリトールやリグニン由来サーファクタントの合成、開発したプロセスの社会 LCA 解析を行ったものである。各研究項目いずれにおいても研究計画に従い、着実な研究成果を得ている。特に、酵素糖化に関し、糖化の鍵酵素である LPMO の構造機能や糖化促進機構を解析したこと、LPMO をメタゲノムにより取得し、その酵素学特性を解析し、キシリトールを高生産する組み換え酵母も開発した点は学術的・技術的に高く評価できる。また、リグニン由来サーファクタント合成したこと、*Pichia pastoris* にキシロースイソメラーゼ、キシロキナーゼ、アミノ酸合成経路及び 2-ケト酸分解経路の酵素遺伝子を組み込み、グルコースとキシロースからイソブタノールを生産したことも重要な成果である。これらの学術的な成果は論文として国際誌に掲載されるとともに、タイやインドネシアの製糖企業との連携協定にも結び付いており、今後成果の事業化が期待できる。

4.1.2 国際共同研究による相乗効果

本研究では参画機関の研究協力分担が明確であった。すなわち、サトウキビ収穫廃棄物の酵素糖化・発酵に適した前処理システムの開発に関しては4ヶ国が協力して開発し、糖化を促進する酵素の開発については、タイと日本が実施した。個別課題に関しては、酵素糖化に関しては京都大学が解析し、BIOTEC は LPMO をメタゲノムにより取得し、その酵素学特性を京都大学と共同で解析し、LIPI はリグニン由来サーファクタントの合成を担うというように各機関が分担して実施し、最終的な研究目標到達を目指した。このように、各機関が強みを持つ側面を活かして分担しており、特にタイとの相乗的な効果は大きかったと評価できる。一方、ラオスの寄与は相対的に小さかった。

4.1.3 研究成果が与える社会へのインパクト、我が国の科学技術協力強化への貢献

本研究は、サトウキビ栽培で多量に生成される収穫廃棄物を対象に、その成分解析、前処理・酵素糖化システム開発、バイオ燃料やイソブタノールへの変換微生物の育種と発酵システム開発、キシリトールやリグニン由来サーファクタントの合成、開発したプロセスの社会 LCA 解析を行ったものである。各研究項目いずれにおいても着実な研究成果を得ており、サトウキビ残渣のバイオ燃料や有用物質創出のための基盤技術の進展に寄与するものであった。本研究の成果は、成分組成に共通性のあるわが国のイネなどのバイオマスを対象にしたバイオ燃料への転換技術に応用しうる成果を含んでいると推察される。

4.2 相手国研究機関との協力状況について

本研究では参画4ヶ国が協力して課題を分担しつつ、一部の課題については複数の機関が協力して実施し、最終的な研究目標到達を目指した。このように、各機関が強みを持つ側面を活かして分担しつつ協力して実施しており、国際共同研究の実を挙げたと評価できる。特にバイオリファイナリーの社会LCA研究を通じて参画4か国の研究者ネットワークが構築されたことは、今後の研究発展の基盤として寄与することが期待される。

4.3 その他

研究期間の大半が新型コロナ流行による行動制限の影響を受け、研究者の直接交流が制限され、共同研究の遂行に障害となった。さらに、共同研究機関であるインドネシア LIPI やラオス科学技術省の組織改編があり、所属研究者の研究分担実施に大きな影響があった。これらの阻害要因にも関わらず所期の研究目標をほぼ達成する成果を挙げたことは高く評価しうる。