

地球規模課題対応国際科学技術協力

(生物資源研究分野「生物資源の持続可能な利用に資する研究」領域)

持続可能な地域農業・バイオマス産業の融合

(ベトナム社会主義共和国)

平成22年度実施報告書

代表者：迫田 章義

東京大学・生産技術研究所・教授

<H21 年度採択>

1. プロジェクト全体の実施の概要

本プロジェクトは相手国をベトナム共和国(以下ベトナム)とし、将来的にはベトナム側が主体となって運営、維持、管理、さらには発展させられる持続可能な地域農業・バイオマス産業の融合の姿を示すこと、また、その実用化初期段階におけるシステムの設計手法の確立および関連要素技術を整備することをねらいとし、平成21年度より実施されている。

地域農業と融合したバイオマス産業として、主に稲わらからのバイオエタノール生産と家畜排せつ物からのバイオガス生産を中軸とする事業を想定し、この実証プラントをホーチミン市工科大学構内およびホーチミン市郊外のタイミー(Thai My)村に構築する。

上記の全体計画において、平成22年度は、主に以下の事項を実施した。

1) バイオエタノール製造パイロットプラントおよびこれを設置するためのホーチミン市工科大学構内の建屋の一体的・総合的な設計を行い、竣工、完成後、試運転と現地オペレータに対する運転技術指導を行った。

2) ベトナム側当該地域関係者(人民委員会書記長、委員長等)をわが国に招聘し、日本国内におけるプロジェクト等を視察頂き、相互理解を深め一層の連携を図った。

4) 当該地域における実証プラントの設置を含めた社会実証試験のための研究拠点の候補地の選定と具体案の検討を開始した。

5) パイロットプラントのオペレータや研究者等をわが国に招聘し、情報および技術の共有を行った。

6) 日本側およびベトナム側双方の工学、バイオ、環境の各研究グループにおいて、目的とするシステムを具現化するための種々の要素技術の開発が本格的に推進された。日本側においては、学会発表、論文投稿等の成果発信も始まった。

2. 研究グループ別の実施内容

東大生研グループ/ システム・プロセス設計および要素技術の開発と体系化

①研究のねらい

ベトナム南部において、食料とエネルギーの同時生産、環境対策および地域活性化に資する、地産地消型の持続可能な農業・バイオマス産業のシステム化を図り、実証規模で構築・運営・検証するという本プロジェクトの目的を達成するため、地域システムの設計・評価、バイオマス産業の中核となるバイオマスリファイナリープロセスの構築およびプロセスを構成する要素技術の開発・体系化に関する各課題を有機的に連動させながら一貫した体制で実施する。

②研究実施方法

本年度の研究項目は以下の通りである。

- 1) 地域システムの設計・評価：ホーチミン市郊外のタイミー(Thai My)村を対象としたバイオマス利活用シナリオを構築し、物質・エネルギーバランスを中心とする分析を行う。また、物質循環の一環としてケイ素に着目し、ベトナムの水田地域における河川・運河・農業用水

等における溶存ケイ素濃度について把握し、ケイ素の地域循環について検討を進める。

- 2) プロセスの設計・構築・運転：バイオエタノール製造パイロットプラントをホーチミン市工科大学構内に設置し、運用体制を整える。また、ラボでの基礎試験と国内のパイロットスケール装置での運転データの収集およびそれらの整理を行い、これに基づき、パイロットプラント運転にかかわるオペレータに対し技術移転を行う。
- 3) 要素技術の開発・体系化：エタノール直接吸着分離および家電型バイオガス技術の開発に着手し、それぞれ吸着挙動や基本原理の検証を進める。また、東大農学生命科学グループと連携し、スロー前処理・糖化・発酵に関する基礎研究を開始する。

③当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

- 1) 地域システムの設計・評価：地域システムの設計・評価：当グループが開発した「バイオマスタウン設計評価支援ツール」を利用して、Thai My 村におけるバイオマス利活用システムのシナリオ構築およびそのモデル分析を行うための基礎データの整理を進めた。その際、現地の設計に必要なバイオマス資源のコストや各種バイオマス資源化技術に関するデータと日本国内（および先進国）を想定して整備されたデータベースとの共通部分と差異の明確化を試みた。また、メコン川流域農村地帯（Long An 省）において専門家による社会学調査を実施し、VAC システムを始めとするメコン川下流域における代表的な農村地帯の特徴を把握した。一方、地域物質循環の調査として、タイミー村の水田の水試料をサンプリングし、溶存態ケイ酸の濃度を測定したところ、わが国に比べて一般的に著しく低濃度である可能性を示すデータが得られた。
- 2) プロセスの設計・構築・運転：バイオエタノール製造パイロットプラントおよびこれを設置するホーチミン市工科大学構内の建屋の一体的・総合的な設計を行った。このうち、前者についてはわが国において、後者についてはベトナム国内での入札から着工にいたる一連の手続き・作業を行い、いずれも平成23年1月に完成・竣工した。プラントは一連の試運転を以て完成とし、その後、プラントオペレータへの運転技術の指導を行った。また、ラボおよび国内パイロットプラントでの運転試験を引き続き行い、バイオマスの前処理、糖化・発酵、炭化・ガス化炉式バイオマスボイラー運転の基本プロトコルを確立した。また、現地での運転実施に際して従事するオペレータへの現地研修に用いるテキストを作成した。稲わらからのエタノール製造に関して、多段仕込みの同時糖化発酵(SSF)の検討を進め、原料稲わら中のセルロースに対し極めて高いエタノール収率を得る事が出来た。また、同手法をベンチスケールへとスケールアップした際の操作方法を検討し、同等の高いエタノール収率を得た。また、ホーチミン市工大に設置したパイロットプラントの運転でも、一連の予備試験に比して同等以上の高いエタノール収率を得ている。なお、バイオマス前処理技術として、現状のパイロットプラントで採用している水酸化ナトリウムによるアルカリ処理は現状で利用可能な技術のなかでは最も確実な方法のひとつであるが、薬液のコストや排水処理などの問題が残る。膨張軟化処理とアルカリ処理の組み合わせの効果を定量的に検証し、前処理の効率化に資する知見を集積した。

3) 要素技術の開発・体系化：昨年度提案されたエタノール直接吸着分離である分子篩活性炭を用いた手法について、さらに液相吸着および気相吸着の両方法について検討を進めている。本手法は、発酵液を直接またはバブリングした気相蒸気を独自に試作した特別な活性炭が充填された固定層吸着塔に流通することによって活性炭のマイクロ細孔内にエタノールを吸着させた後に、真空脱着操作及び加温によりマイクロ細孔中のエタノールを脱着回収するプロセスである。現在は水とエタノールの混合物を模擬発酵液として試験を行い、エタノールを選択的に分離回収する事に成功している。一方、家電型バイオガス分離技術については、ベトナムに導入する装置の設計・試作・試運転を完了し、ホーチミン市工大へと搬入・設置した。バイオガスの利用では、含まれる硫化水素(H_2S)を除去することが望ましいが、これに対しては、ベトナムで安価に入手できる廃棄物系吸着剤を用いた除去技術の開発を進めている。なお、活性炭と廃棄物系吸着剤に関する研究開発は、ベトナム側でも連携して同時に進行している。稲わらのスロー前処理研究の一環として、ベトナムで主に食用とされているフクロタケを用いた脱リグニン処理のアイデアが提案され、これについて東大農学生命科学グループと連携し、文献調査と栽培条件の検討に着手した。

④カウンターパートへの技術移転の状況（日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む）

ベトナムの気象条件の下でバイオエタノールの製造を行うべく、フラスコスケールの検討を行っているが、今のところ温度調節無しでも日本で得られた結果と同等の良好なエタノール収率を得る事が出来ている。さらに、パイロットプラントにおけるバイオエタノール製造に先駆けて、小規模リアクターでの運転訓練を行い、またメインオペレータ 1 名を本邦バイオマス実験研究棟（長野県信濃町）に招き、運転に立ち会ってもらうことでプラント運転技術の理解に努めた。さらにプラント試運転時とその後に一回、本邦より専門家 2 名が出向き、運転技術の指導を行った。

また、ベトナムにて設計・建設されているパイロットプラント用建屋とわが国で設計・製造されているパイロットプラントとの間で互いの設計情報などを緊密に共有し、建屋とパイロットプラントの整合性に留意した。

なお、活性炭と廃棄物系吸着剤に関する研究開発は、ベトナム側でも連携して同時に進行している。家電型バイオガス分離装置については、専門家一名を派遣し、設置および運転指導を行った。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況（あれば）来年度ベトナム国内農村地域に建設されるデモンストラーションプラントについて、その候補地域の代表の方々を本邦に招き、本邦内既設プラントを視察して頂いた。これにより、候補地自治体の当研究事業に対する理解を得られるよう努めた。

また、本年度下期には、ホーチミン市工科大学でパイロットプラントの運転に従事するオペレータを本邦に招き、長野県信濃町にある実験プラントでの一連の作業を見学してもらう事で、完成後のプラント運転の効率化を図った。

東大農学生命科学グループ/ 小規模バイオマスリファイナリーにおける生化学処理技術の構築

① 研究のねらい

地域におけるバイオマス資源から現地完結型かつ持続可能型のバイオ燃料生産システムを構築するため、主にバイオ処理による効率的・省エネ的な前処理法および副生物利用法の確立に資する研究を行う。

② 研究実施方法

(A) カビを中心とするリグセルロース分解性微生物(集団)によるリグセルロース分解酵素(群)の調製と稲わら前処理への利用。

(B) 稲わら分解微生物集団の構築とコンポスト化への利用可能性調査。

(C) 上記微生物集団からのセルロース分解微生物の単離と糖化工程への利用可能性調査

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

(A) リグノセルロース分解能の強いと考えられるカビを、稲わらを基質として培培養、その稲わら分解能、培養後の稲わら成分の変化、各種バイオマス分解酵素活性等を調べた。また、リグニン分解能を有する菌と、セルロース分解能を有する菌の共培養にて、リグニン分解能(ラッカーゼ活性)の顕著な増加が確認された。

(B) 稲わらを材料とするコンポストを作製、また稲わら分解微生物集団の構築を行なった。

(C) スロー前処理、糖化法についての考え方、実験の進め方、問題点等を討論した。

④ カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

(A) ベトナム側より提案のあった白色腐朽菌(フクロタケ)について、研究の方向性を打ち合わせた。

(B) I T B 研究者を2週間日本へ招聘し、セルロース分解性微生物群集の分子生物学的解析技術を指導した。また、日本から研究者(2名)が出向いて、この集団からのセルロース分解性嫌気性細菌の単離の方法を指導した。

(C) 翌年度はI T B から研究者を2週間から1ヶ月程度招いて、セルラーゼ生産菌に関するメタゲノム的手法や、セルラーゼの生化学的特徴付けなどを指導する予定。

⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

(A) I T B 側との討論の中で、前処理にベトナム産の稲わら分解性のキノコ(フクロタケ)の利用の可能性が議論され、今後調査をすることになった。

(B) 稲わらスロー前処理の研究の中で、ラッカーゼ生産性カビとセルラーゼ分解性カビとの混合培養によりラッカーゼ活性が高まることを発見し、今後この現象をスロー前処理・糖化に利用できないか、さらなる検討を加えることにした。

農工研グループ/ バイオマス利活用が農業と環境へ及ぼす影響の解析

①研究のねらい

ベトナム南部の農村地域(実証試験が予定されている Thai My 村、VAC システムにより特有のマテリアルフローが見られるメコンデルタ下流地域、非洪水複合農業地域、丘陵畑作地域などの中から3地域程度)を対象に、物質およびエネルギーフローの現状を調査・解析する。また、提案されるバイオマス利活用システムが、対象地域の農業、エネルギー収支、温室効果ガス排出量、水質環境等へ及ぼす影響を予測する。

②研究実施方法

本年度は、昨年度の調査において整理し、より詳細な情報が必要と判断されたインベントリーデータについてそれを入手するための具体的な調査計画を作成し調査を実施する。また、昨年度作成した計画に基づきパイロットプラントの建設予定地であるホーチミン市クチ郡タイミー村において現地調査を行い、バイオマス利活用に関わる基本的な情報およびデータを収集する。これらの情報および現地調査結果等を踏まえて、タイミー村のバイオマス利活用に関わる物質およびエネルギーのフローの構造を概定する。また、インベントリー分析はタイミー村の他に 2 地域で実施することになっているため、文献レビューおよび現地調査を行い対象地域の絞り込みに着手する。さらに、パイロットプラント建設後、プラントから発生するメタン発酵消化液を現地で農業利用することを想定した試験について、文献レビューやカウンターパートとの話し合いを通じて具体的な計画を作成する。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

農村地域のインベントリー分析については、昨年度の調査において整理し、より詳細な情報が必要と判断された項目についてそのデータを入手するための具体的な調査計画をカウンターパートとともに作成した。これに基づいた調査を今後実施する予定である。

バイオマス利活用が地域の農業、エネルギー収支、温室効果ガス排出量、水質環境等へ及ぼす影響の予測については、パイロットプラントの建設予定地であるホーチミン市クチ郡タイミー村において現地調査を行い、関連データを収集した。また、昨年度のインベントリー収集調査および今回の現地調査で得た情報を用いてタイミー村のバイオマス利活用に関わる物質フローの構造の概定を試みるとともに、今後の調査方法についての検討を行った。

さらに、パイロットプラント建設後にプラントから発生するメタン発酵消化液を現地で農業利用することを想定した試験について、文献レビューやカウンターパートとの話し合いにより準備を進めた。これをもとに今後具体的な計画を作成していく予定である。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

研究項目「システムの設計・評価」全般について、国内代表機関である東京大学生産技術研究所の方針に基づき、カウンターパートと打ち合わせや情報交換を行った。合同で現地調査を行いバイオマス利活用に関わる基本的な情報収集をし、また、新たな試験計画に関するアイデアを出し合った。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)特になし。

3. 成果発表等

(1) 原著論文発表

①発表総数(国内 0 件、国際 2 件)

② 本プロジェクト期間累積件数(国内 0件、海外 2 件)

③論文詳細情報

1) Dong-June Seo, Hiroataka Fujita and Akiyoshi Sakoda

Effects of A Non-ionic Surfactant, Tween 20, on Adsorption/Desorption of Saccharification Enzymes onto/from Lignocelluloses and Saccharification Rate

Adsorption, in press

2) Hiroataka Fujita, Qingrong Qian, Takao Fujii, Kazuhiro Mochizuki and Akiyoshi Sakoda

Isolation of Ethanol from its Aqueous Solution by Liquid Phase Adsorption and Gas Phase Desorption Using Molecular Sieving Carbon

Adsorption, in press

(2) 特許出願

① 本年度特許出願内訳(国内 0 件、海外 0 件、特許出願した発明数 0 件)

② 本プロジェクト期間累積件数(国内 0 件、海外 0 件)

4. プロジェクト実施体制

(1) 東大生研グループ

(システム・プロセス設計および要素技術の開発と体系化)

①研究グループリーダー： 迫田 章義 (東京大学・生産技術研究所・教授)

②研究項目

1) システムの設計・評価

2) プロセスの設計・構築・運転

3) バイオマスリファイナリーにおける新規分離技術の開発

4) 開発技術の体系化

(2) 東大農学生命科学グループ

(小規模バイオマスリファイナリーにおける生化学処理技術の開発と体系化)

①研究グループリーダー： 五十嵐 泰夫 (東京大学・教授)

②研究項目

1) バイオエタノール生産のためのリグノセルロース系バイオマスの新規前処理・糖化技術の開発

2) バイオ燃料、機能付加飼料・肥料、高付加価値物質の生産

(3) 農工研グループ

(バイオマス利活用が農業と環境へ及ぼす影響の解析)

①研究グループリーダー： 柚山 義人 (農村工学研究所・チーム長)

②研究項目

- 1) 農村地域における物質およびエネルギーフローの分析および設計
- 2) 農村地域のインベントリー調査
- 3) バイオマス利活用が地域の農業、エネルギー収支、温室効果ガス排出量、水質環境等へ及ぼす影響の予測
- 4) 活動結果のデータベース化・評価

以上