

# 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生産・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)

平成 23 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

<平成 21 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23年度は、主に以下の事項を実施した。

1) 昨年度導入されたバイオエタノール製造パイロットプラントについて、実際の運転を通し現地オペレータに対して運転技術の指導を行い、また、ノウハウや基礎データの蓄積に努めた。

2) 当該地域において、バイオガス実証プラント建設地及び農地還元試験に用いる試験水田について最終決定を行い、地域住民に説明を行うと共に、プラント設置に必要なとなる手続きに着手した。また、試験水田において必要となる基礎データの収集に着手した。

3) 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を引き続き行っている。またその成果について、学会発表、論文投稿等を通じ発信している。

## 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

###### 1-1) 地域システムの物質およびエネルギーフローの設計

いくつかの具体的な農村地域に、バイオマス産業を組込んだ場合の物質およびエネルギーフローの設計を行う。

###### 1-2) ベトナム南部の農村地域のインベントリー分析

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地域程度を現地共同研究機関と相談して選定）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。

- 1-3) 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

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) プロセスの設計・構築・運転

上記システムの中核となるバイオマスリファイナリープロセスのパイロット試験施設の運転計画を立案し、これを行う。要素技術開発と連携したパイロット試験を HCMUT キャンパス内に設置される設備で行い、農村フィールドにおける実証試験との連携を展開する。限られた研究期間の中で目に見える成果を出すため、主に稲わらからのバイオエタノール生産および家畜排せつ物からのバイオガス生産の複合化に的を絞って実施する。

- 3) 要素技術の開発・体系化

本提案課題における要素技術開発は、2) に述べたパイロット試験施設が小規模分散型、地産地消型のプロセスとして、1) で設計したシステムにおいて持続可能で合理的なものとなるために行う。

- 3-1) 小規模・省エネルギー型バイオエタノールプロセス

現地の微生物を利用したスロー前処理（脱リグニン）、スロー糖化発酵および生成したエタノールの非蒸留・直接吸着分離に関する技術を開発する。

- 3-2) バイオガスの高効率利用技術

個人農家レベルでもバイオガスを有効に利用できる仕組みを確立するため、安価かつ簡便なバイオガス分離精製装置（家電型バイオガス利用技術）を開発する。

- 3-3) 地域資源循環および地域産業構築を支える要素技術

機能付加飼料・肥料や機能性食品原料などの伝統的高付加価値物質の生産技術を本システムに組み込むための技術開発を行う。

### 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収集・整理を進めるとともに、物質・エネルギーのフローや環境影響の評価を念頭に、具体的なシナリオのモデル化を実施している。現地の設計や分析に必要な地域データや技術データの収集については、ベトナム国内ホーチミン市タイミー村、ロンアン省ミーアン村、ラムドン省ダラット近郊カド村の三カ所における聞き取り調査にも重点を置き、その結果にもとづいて、設計評価支援ツールで用いるデータベースの拡充を図っている。また、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、さらに、ベトナムの他地域、例えばメコン川流域農村地帯での調査結果との比較検討を行いながら、基礎データやシナリオモデルの検証を実施している。
- 2) プロセスの設計・構築・運転：昨年度竣工したバイオエタノール製造パイロットプラントにおいて、実際の稲わらからのエタノール生産に着手した。このパイロットプラントにおけるエネルギー及び物質収支についてのデータ収集を開始した。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について、わが国におけるデータの収集を行った。エネルギー収支を測定する上で必要となるデータシートを整理した。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の集積を引き続き行った。2月にはプラント納入後の年次点検に併せて、1年間の運転に際して判明した技術的な問題点を整理した(実施予定)。

また、現在エタノール発酵を行うに際して栄養源として、フランスより輸入したコーンスティープ末を加えているが、現地で入手可能な安価な栄養源の探索にも着手している。

バイオガス生産を軸とするデモンストレーションプラントについてベトナム側と協議の上、設計を確定し、Thai My 村に用地を確保した。また、プラント残渣の農地還元などの研究も想定した試験用の水田も周辺に確保し、それぞれ必要な手続きを進めるとともに、これら一連の研究についての住民説明を行った。水田に関しては、バイオガス生産余剰残渣の液肥還元を検討しているが、これに先立ち、比較対象として慣行農法による稲作を行っている。

- 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、昨年度ホーチミン市工大に設置した家電型バイオガス分離装置については、引き続き調整運転を行っている。また、ベトナム産竹類から得られた活性炭について、炭化温度及び竹の部位による分子篩性能の評価を行った。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等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廃菌床のバイオマス資源利用の可能性に着目し、これについて東大農学生命科学グループと連携し、サンプリング及び性状分析とフクロタケの実験室栽培条件の検討に着手し、日本において行われている屋内フクロタケ栽培農家を視察するなど、研究上必要な情報の収集に努めた。

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）

パイロットプラントの本格稼働に伴い、各オペレーション時には、テレビ会議システムなどを通し、密な情報共有を心掛けている。特に前処理、糖化発酵、蒸留、バイオマスボイラーによる熱源供給を一貫して行うオペレーションでは、日本より専門家を派遣し共に行うことで、安全なオペレーション及びデータ収集に関するノウハウなどを伝えている。また、メンテナンスやトラブルシューティングをはじめ、プラントの運用全般の指導を行っている。

また、PSAによるバイオガス純化システムの検討について、ベトナム側研究者が学会における成果発表のために訪日した際、日本側の測定システムの視察をしてもらう事で、測定技法に関する理解を図った。

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）研究の進展に伴い、発表の場が必要となってきた。そこで、ベトナム側研究者にも、必要に応じて本邦で行われる学術会議に参加できる枠組みを用意した。

## 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 本年度の研究実施項目

- 1) ベトナム国内の各種試料より、セルラーゼ活性を有する嫌気微生物を取得し、そのセルラーゼの性質等を明らかにする。
- 2) リグニンやセルロースを分解する活性を持つ好気性微生物を、稲わら等のバイオマスに植菌し、保存中のバイオマス成分の変動、分解酵素活性の挙動、酵素糖化されやすさ等を追跡する。
- 3) ベトナムに広く根付くフクロタケ栽培の稲わら廃菌床の、バイオマス資源としての利用について評価する。

### ③ 現在の進捗状況

- 1) セルラーゼ生産菌の集積培養と分離を引き続き行っている。また、安定的な集積源を得るために、日本側にノウハウのある、稲わらコンポストを作成することを検討している。
- 2) 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。  
この際、両者を最初から共培養するよりも、最初リグニン分解能を有する菌のみ培養し、培養開始後20日経過した後セルロース分解菌を添加する方が、リグニン分解能が高まることが判明した。  
この共培養法により、培養液中のリグニン分解能(ラッカーゼ活性)は約20倍に増加した。
- 3) フクロタケ栽培農家を数か所視察し、サンプリングしてきた菌床について、資源利用可能性の検討を行った。廃菌床からのエタノール生産の可能性は認められたものの、これを有用資源として用いるにはもう一段の工夫が望まれる。また、実験室内にフクロタケを栽培できる環境を整えている。

### ④ 技術移転状況

- 1) 昨年度に引き続き、セルラーゼ生産菌の集積培養と分離を行う上での課題などを、専門家を派遣しベトナム国内で指導した。集積培養を効率的に行う上で、その構造を把握することは重要であることから、ベトナム側研究者を4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研修した。また、微生物分離同定に必要な技術について、ベトナム側研究者を2週間日本へ招聘し、研修を行い、更に現地に専門家を派遣し、指導を行った。併せて稲わらコンポストを作るのに必要な情報などを提供した。

- 2) プロジェクトミーティングなどを通して成果を共有し、意見交換を行った。
- 3) フクロタケ農家の視察にあたって本邦より専門家を派遣し、研究上重要となる視点を共有した。また、菌床の評価に用いる分析手法を、ベトナム国内に構築した。

#### ⑤ 新たな展開

- 1) セルラーゼ生産菌の集積源として、新たにフクロタケ菌床下の土壌が有望であると分かった。
- 3) フクロタケ菌床に用いる稲わらの保存形態に興味を持たれ、今後これも評価する事とした。

### 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、22年度までに実施した Thai My 村での現地調査や文献レビューなどにより収集してきたインベントリー分析のための情報の整理を行い、インベントリー分析のブラッシュアップをはかる。また、22年度実施した現地調査の結果を踏まえて調査方法を微修正し、それに基づく現地調査を行い、環境影響予測に必要なデータを蓄積していく。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は、詳細な試験計画を作成し、試験に着手する。さらに、Thai My 村以外のもう一地区の対象地域についてもインベントリー分析や環境影響評価に必要な情報やデータの入手に着手する。

#### 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、国内代表機関である東京大学生産技術研究所とともに、JICA 短期専門家「農村社会経済環境調査計画」等の協力を得て進めた。具体的には、インベントリー分析に必要なデータ項目のリストアップを行った上で、Thai My 村の人口、家畜頭羽数、土地利用、水利、バイオマス等に関する情報あるいは情報源情報を収集・整理し、分析の枠組みを作成した。また、プロジェクトを進めるに当たって必要なベトナム国および当該地域の基本計画、バイオガスに関わる事業制度、各種基準の収集を行うとともに、追加の調査が必要なデータの種類、その入手方法、調査に際しての留意点を整理し、追加調査を行った。カウンターパート機関からは、具体的なサンプリング・分析計画が示され、これに基づいた調査が行われ、得られたデータの整理を進めている。また、Thai My 村以外の対象地域については、代表的な VAC システムの地域であるメコンデルタの My Anh 村及び中部高原地帯のダラットにある Kado 村において、JICA 短期専門家の協力を得てカウンターパート機関により調査が進められ、データが蓄積された。

「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、カウンターパートとの打合せ、情報交換、現地調査、文献レビューを行いながら、Thai My 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い、具体的な計画を立てた。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日本国内での試験について、文献レビューやカウンターパートとの話し合いにより計画を立て、試験に必要な備品や資材の調達、供試体となるベトナム土壌の輸入等を行い、試験に着手し一定条件下でのベトナム土壌における消化液由来および土壌由来の有機態窒素の無機化に関するデータを蓄積した。消化液の農業利用に関しては、プロジェクト全体の活動として現地で圃場試験を実施することになり、これに向けて詳細な試験設計・調査計画をカウンターパートとの協議や現地調査を重ねて検討を行った。栽培期間を通して必要なデータ項目のうち、試験圃場の水収支に関するデータで実測可能なものについては、事前に日本より機材を持ち込み、カウンターパートと共に現場で測定方法の確認を行い、圃場試験開始とともに測定を開始した。また、水質関連のデータに関しては試験圃場への水の流入口付近に EC、水位の連続モニタリング機器を設置し、データの蓄積を行った。圃場試験は 2011 年 12 月 6 日の播種とともに本格的に始動し、2012 年 3 月 24 日に収穫日を迎えた。収穫直前の 2012 年 3 月 21 日には坪刈り調査を実施し、必要なデータの一部を入手した。現在、収穫後のデータを引き続き収集するとともに、収穫までの間に収集したデータの整理を進めている。

#### 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、新たな試験計画に関するアイデアを出し合った。また、現地試験圃場における消化液の液肥利用に関する試験設計・調査計画の検討をすすめ、必要なデータ項目のうち、試験圃場の水収支に関するデータで実測可能なものについては、日本より機材を持ち込み、カウンターパートと共に現場で測定方法の確認を行った。また、稲の収量調査方法のひとつである坪刈り調査について現場で調査方法の確認を行った。

#### 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)

### 3. 成果発表等

#### (1) 原著論文発表

- ① 本年度発表総数(国内 1件、国際 1件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 1件、国際 3件)
- ③ 著作物詳細情報

##### 1) Dong-June Seo, Hirotaka 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, 17, 813-822, 2011

##### 2) Hirotaka 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, 17, 869-879, 2011

##### 3) Dong-June Seo, Hirotaka Fujita and Akiyoshi Sakoda, Structural changes of lignocelluloses by a nonionic surfactant, Tween 20, and their effects on cellulase adsorption and saccharification,

Bioresource Technology, 102 (20), 9605-9612, 2011

- 4) 藤井隆夫, 望月和博, 小林伸一, 迫田章義, 熱重量解析による迅速簡便なリグノセルロースの成分分析, 廃棄物資源循環学会論文誌, 22(5), 293-297, 2011

## (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

【日本側】 迫田 章義 (東京大学・教授)

【相手国側】 Dr.Huynh QUYEN (ホーチミン市工科大学・Director)

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) 要素技術の開発・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構築)

① 研究グループリーダー

【日本側】 五十嵐 泰夫(東京大学・教授)

【相手国側】 Dr. Hoang Quoc KHANH (熱帯生物学研究所・Head of Laboratory for Microbiology)

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) 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

(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

【日本側】 柚山 義人 ((独) 農研機構 農村工学研究所・上席研究員)

【相手国側】 Dr.NguyenPhuoc DAN (ホーチミン市工科大学・Dean)

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