

# 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21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、本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と複合した事業を想定し、この実証試験用パイロットプラントをベトナム南部ホーチミン市郊外の村に構築する。また現地での要素技術の移転および開発を容易にするために、ホーチミン市工科大学（HCMUT）をカウンターパートとし、そこに研究開発用パイロットプラントを構築する。本年度は、ベトナムに赴き、プロジェクトの詳細な実施計画の作成、相手国ホーチミン市工科大学内パイロットプラント用地の整備、実証試験候補地の予備調査および地元関係者との打ち合わせ、必要となる各種データの入手方法の検討、また、要素技術開発の予備実験を行った。また、研究開発用パイロットプラントに必要な機材の選定を行った。今後、これに基づきフィールド調査および要素技術開発を進めていく予定である。

## 2. 研究グループ別の実施内容

### (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：次年度に着手する具体的な地域を対象とした設計の準備として、必要な各種データの入手、設計・評価手法の検討モデルシナリオの予備設計を実施する。また、農工研グループと連携し、統計情報の入手やフィールド試験の候補地の予備調査を進める。
- 2) プロセスの設計・構築・運転：H22 年度に HCMUT キャンパス内に設置される研究開発用パイロットプラントの設計およびその運転計画の作成に重点を置き、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・発酵に関する予備試験に着手する。

#### ③当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

- 1) 地域システムの設計・評価：当面の設計対象地域をホーチミン市郊外の村およびその周辺と設定し、必要な地域情報の公開状況について調査し、一部は実際に入手した。得られた地域情報をもとに、当グループが開発した「バイオマスタウン設計評価ツール」を用いた評価を検討した。本ツールは、日本国内のバイオマスタウン向けに開発されており、本プロジェクトで利用するにあたり、データの整理や入出力、モデルシナリオの設定などの再検討を行った。また、国際共同研究で利用するため、ツールの英語版を作成した。このようなツールによるアプローチに加え、目指すべきシナリオの方向性を示すため、ベトナム南部における地域システムにありかたについての議論を進め、解決すべき問題点を抽出した。
  - 2) プロセスの設計・構築・運転：膨張軟化処理およびアルカリ処理を前処理として、稲わらなどのバイオマスを糖化発酵することが可能なエタノールプロセスとそれを駆動するエネルギー供給のためのバイオマスボイラーで構成される小規模バイオマスリファインリーの基礎設計を行い、その設計に基づいて HCMUT キャンパス内に設置される研究開発用パイロットプラントの仕様を決定した。本パイロットプラントは H22 年度に HCMUT に設置される予定である。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行い、バイオマスの前処理、糖化発酵、炭化・ボイラー運転の基本プロトコルおよび現地での運転実施計画の作成に必要なデータを得た。エタノール製造に関して、稲わらに対する前処理方法と糖化・発酵能の関係を重点的に整理するとともに、ベンチスケールおよびパイロット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、バイオマスボイラーについては、もみ殻および竹を原料とした場合の運転についての基礎データを得た。
  - 3) 要素技術の開発・体系化：エタノール直接吸着分離として、発酵液を分子篩活性炭 (MSC) が充填された固定層吸着塔に流通することによって MSC のマイクロ細孔内にエタノールを濃縮し、この後、ポンプで送気することにより吸着塔内のバルク水を除去し、最終的に真空脱着操作によりマイクロ細孔中のエタノールを回収するプロセスを提案し、その実験的検証を行った。種々の条件下において試験を行い、比較的シンプルな 1 段の操作でも高濃度にエタノールを分離回収することができる可能性が認められた。一方、家電型バイオガス技術について、小型の PSA 装置の設計を進めるとともに、現地で入手可能な安価な吸着材として竹炭の利用に着目し、その評価を行った。その結果、現時点では国内産の竹を用いた結果であるが、温度などの炭化条件をコントロールすることで、特殊な処理を行うことなく分子篩活性炭 (MSC) に相当する吸着材を作成できるという結果を得た。この吸着材は市販の MCS と比較すると性能は劣るものの、小型 PSA には十分に利用可能であると評価された。
- 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）
- バイオマスタウンのコンセプトに基づく地域システムの構築について、カウンターパートに情報を提供した。
- ベトナムに導入されるパイロットプラントの準備を進め、技術関連情報を共有した。
- ベトナムで試験を行う小型 PSA の設計を行った。
- 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）
- 地域システムの設計において、地域内の資源循環シナリオを作成するにあたり、ケイ素の重要性に着目した。ケイ素はイネにとって必須元素であるが、地域的・季節的に農地で欠乏し化学肥料としてケイ

酸質肥料が施肥される例は多い。一方でイネが吸収したケイ素の多くは籾殻に蓄積されるが、脱穀後の廃籾殻はケイ素資源として有効利用されておらず、ケイ素の持続可能な地域物質循環システムの構築という試みは見当たらない。そこで、種々の籾殻資源化のサブシステムとして、また化学肥料の大幅削減による省エネ農法の一環として、ケイ素の適切な農地還元システムの着想に至った。このための第一歩として、本システムの具現化のネックと考えられる籾殻中ケイ素の可溶化を検討するとともに、籾殻へのミネラル（具体的には鉄分）の吸着を検討し肥料としての高付加価値化に関するデータを得た。

## (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、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

#### ① 研究のねらい

ベトナム国において稲わら等のリグノセルロース系バイオマスからの効率的なエタノール生産を行なうためには、その気候風土に合ったバイオマスの新規前処理・糖化技術が必要である。高温多湿の当該国にあっては保存中にカビ・キノコ等の働きにより、リグノセルロースの構造を軟化させ、セルラーゼの働きを高めることが有効と考えられる。また同時にベトナム国産の糖化酵素生産微生物の取得も意義のあることである。

#### ② 研究実施方法

(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 当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

(1) カウンターパートと研究計画についての説明・討論を行なった。

(2) カウンターパートの現有研究設備、実験経験等の点検・ヒアリングを行なった。

(3) その結果、微生物嫌気操作関係の備品・器具、微生物培養装置等の現地への導入が必須と判断し、その手配、手続きを開始した。

#### 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）

嫌気微生物操作法および今後の研究推進法について、図入りの解説冊子を用いて説明した。

#### 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。

### 2、機能付加飼料・肥料の生産

#### ① 研究のねらい

環境に調和したバイオマスの利用のためには、発酵残渣等を飼料・肥料などとして有効に地域循環利用させることが必須である。ベトナム国の気候風土の中でこれを効率的に実現する技術を開発する。

#### ② 研究実施方法

ベトナムの微生物（群）を用いた効率的な発酵残渣等の堆肥化を行なう。またベトナム国産乳酸菌を

用いた飼料化の可能性を探る。

③当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

ベトナム国における堆肥化、飼料化の状況を把握した。

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）

日本における堆肥化技術について解説した。ベトナム国における飼料化の状況について説明を受けた。

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）

乳酸菌をバイオマスに植菌することは、当初考えていた「飼料化（サイレージ化）の手法」としてのみならず、保存中のバイオマスの腐敗を防止する等の意味で、「バイオマスの前処理技術」としても利用できる可能性がある。検討に値する事柄と考えられた。

### （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ホーチミン市郊外の村、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、インベントリー分析に必要なデータ項目をリストアップするとともに、その入手方法を検討し、インベントリー分析の枠組みを作成する。また、パイロットプラントの建設候補地であるホーチミン市郊外の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を収集する。さらに、衛星画像を用いて当該地域の土地利用や家畜舎の状況を概略把握する。これらの基本的な情報、現地調査結果、文献レビューの結果等を踏まえて、データ入手の難易度を判断しつつ、研究担当者がこれまでに開発してきた解析手法の活用も含めて、次年度以降の本格的な現地調査を効率的、効果的に行うための方法および留意事項、本プロジェクトに適用する影響予測の方法をとりまとめる。

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、当該地域の人口、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・分析計画が示された。プロジェクトの全体目標を確実にかつ効率的に達成し、研究成果が得られるようにとの視点で、調査設計を行った。衛星画像を用いた当該地域の土地利用や家畜舎の状況の概略把握については、GIS データと衛星画像を重ね合わせるような前処理を行い、現地の土地利用図の確認と畜舎の判読を試

みた。

「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、次年度以降の本格的な活動に向けての具体的な研究設計の作業として、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、方法論の案を作成した。次年度には当該地域での現地調査を試行し、その結果を踏まえて方法論に修正を加え、本プロジェクトに適用する評価手法を決めていく予定である。

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いながら、具体的な研究実施計画をとりまとめた。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たり、来日したカウンターパートを日本でバイオマス利活用の実証研究を実施しているプロジェクト現地に案内し、バイオマス利活用と農業との関わり、ベトナムで試作・設置するパイロットプラント運用との共通点と相違点の議論を行った。

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）特になし。

### 3. 成果発表等

(1) 原著論文：国内 0 件、国際 0 件

(2) 特許出願：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) 提案システムにおける物質およびエネルギーフローの設計・評価
- 2) 研究開発用および実証試験用パイロットプラントの設計・構築・運転・解析
- 4) 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
- 5) 機能付加肥料および高付加価値資材の生産
- 6) 要素技術（物理化学系）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) 機能付加飼料・肥料の生産
- 6) 要素技術(生物化学系)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： 柚山 義人 (農村工学研究所・チーム長)

②研究項目

- 1) 農村地域のインベントリー分析
- 2) 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

以上