

平成25年度外務省  
政府開発援助海外経済協力事業  
(本邦技術活用等途上国支援推進事業)  
委託費  
「案件化調査」

ファイナル・レポート

フィリピン共和国

地域分散型バイオエタノール  
製造システム普及案件化調査

平成26年3月  
(2014年)

株式会社IBコンサルタント・  
株式会社ワールド・ビジネス・アソシエイツ・  
株式会社国際広報企画  
共同企業体

本調査報告書の内容は、外務省が委託して、株式会社IBコンサルタント・株式会社ワールド・ビジネス・アソシエイツ・株式会社国際広報企画 共同企業体が実施した平成25年度外務省政府開発援助海外経済協力事業（本邦技術活用等途上国支援推進事業）委託費（案件化調査）の結果を取りまとめたもので、外務省の公式見解を表わしたものではありません。

# 目次

巻頭写真  
図表リスト  
略語表  
要旨  
はじめに

## 第1章 比国におけるバイオエタノール開発の実態とニーズの確認

- 1.1 比国の概況.....1-1
- 1.2 比国経済の概況.....1-1
- 1.3 バイオエタノールの開発計画、政策および法制度.....1-6
- 1.4 バイオエタノール開発の現状.....1-15
- 1.5 バイオエタノール開発と日本政府の支援実績および他のドナーの活動.....1-18

## 第2章 当社製品・技術の活用可能性および将来的な事業展開の見通し

- 2.1 当社の提案製品・技術の強み.....2-1
- 2.2 当社の事業展開方針と準備状況について.....2-6
- 2.3 当社の海外進出による日本国内地域経済への貢献.....2-7
- 2.4 当社が想定する事業の仕組み.....2-8
- 2.5 当社が想定する事業の実施体制、具体的な普及経向けたスケジュール.....2-11
- 2.6 新たな事業展開にともなうリスクへの対応策.....2-13

## 第3章 当社製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動

- 3.1 当社製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の概要.....3-1
- 3.2 発酵に使用する水の確保についての現地調査.....3-14
- 3.3 新たな事業展開に係る採算性の検討.....3-15
- 3.4 マニラ首都圏におけるセミナーの開催.....3-17

## 第4章 ODA 案件化による比国における開発効果および当社の事業展開に係る効果

- 4.1 当社の提案事業と開発課題の整合性.....4-1
- 4.2 ODA 案件化を通じた当社の製品・技術の比国での適用・活用・普及による開発効果.....4-3
- 4.3 ODA 案件の実施による当社の事業展開に係る効果.....4-4

## 第5章 ODA 案件の具体的提案

- 5.1 ODA 案件概要.....5-1
- 5.2 具体的な協力内容および開発効果.....5-3
- 5.3 他の ODA 案件との連携の可能性.....5-8
- 5.4 その他の関連情報.....5-10

- 付属書類：I. バイオエタノール製品・バイオガソリンの規格  
II. 実証事業に係る覚書  
III. 面談記録  
IV. 収集資料リスト  
V. セミナーでの発表資料  
VI. 現地セミナー参加者リスト

英文要約

【調査対象地域図】



【巻頭写真】

【当社製品】



【現地調査期間中の活動】



MMSU の校内風景



MMSU 関係者との協議



MMSU のバイオエタノール実験室



MMSU のスイートソルガム試験栽培地



バタク市長を囲んで



バパミン農協のスイートソルガム栽培地



バパミン農協のメンバー



UPLB の研究チーム



マニラ市内の機器メーカー作業場



マニラ市でのセミナー風景



セミナーで講演する BFC 組合長



典型的な天水農地（イロイロ州）



植付されたキャッサバ（アンティケ州）



農民への訪問調査（アンティケ州）



イロイロ州のアップランド（耕作放棄地）



パナイ島の SEA OIL 油槽所



アンティケ州の伝統的製糖工場（外観）



アンティケ州の伝統的製糖工場（内部）



西ネグロス州の農民会議で説明



西ネグロス州の大規模製糖工場

【図表リスト】

<u>図表番号</u>	<u>タイトル</u>	<u>ページ</u>
1-1	比国の基礎データ	1-1
1-2	比国の経済基礎データ	1-2
1-3	比国の実質GDP成長率の推移(2005～2012)	1-2
1-4	比国の産業構造の推移(2005～2012)	1-3
1-5	比国の貿易収支の推移(1990～2011)	1-4
1-6	世界経済フォーラムによる比国の国際競争力	1-5
1-7	世界経済フォーラムによる比国でのビジネス実施上の課題	1-5
1-8	比国内におけるバイオエタノールの需要予測	1-6
1-9	バイオ燃料の原料作物の収量及び燃料への転換率	1-7
1-10	バイオ燃料の標準工場(3,000万リットル)が必要とする栽培面積	1-7
1-11	スイートソルガムの部位毎の用途	1-8
1-12	スイートソルガムによるエタノール生産工程	1-9
1-13	バイオエタノールの国内生産量・輸入量・総使用量(2007～2012)	1-16
1-14	バイオエタノール生産者とその生産能力	1-16
1-15	北イロコス地区におけるスイートソルガムの栽培状況(現在及び将来)	1-17
1-16	JCM/BOCMの基本概念	1-19
1-17	JCM/BOCMのスキーム図	1-20
2-1	原料毎の発酵工程プログラム制御曲線	2-3
2-2	地域分散型バイオエタノール製造システム	2-4
2-3	簡易エタノール製造システムの価格	2-6
2-4	Projected Bioethanol Blending	2-11
2-5	国際共同事業会社の構成と実施体制	2-12
2-6	「民間提案型普及・実証事業」以降の事業展開スケジュール	2-13
3-1	発酵試験の試料と試験回数	3-2
3-2	澱粉質系原料の発酵試験結果	3-3
3-3	糖質系原料の発酵試験結果	3-4
3-4	発酵試験原料	3-5
3-5	発酵試験結果	3-5
3-6	Sugar Cane SyrupとSorghum Syrupの糖の分析結果	3-6
3-7	日本海事検定協会分析証明書(1)	3-8
3-8	日本海事検定協会分析証明書(2)	3-9

<b>図表番号</b>	<b>タイトル</b>	<b>ページ</b>
3-9	スイートソルガムの搾汁液、シロップ、粉末による発酵曲線	3-10
3-10	肥料化実証実験条件	3-11
3-11	施肥計画と観察内容	3-11
3-12	肥料化実証実験結果	3-13
3-13	水質試験の位置	3-14
3-14	スイートソルガムの栽培地	3-14
3-15	水質検査結果	3-15
3-16	地域分散型エタノール製造システムの価格	3-16
3-17	バイオエタノール製造コストの内訳概要	3-17
3-18	現地セミナーのプログラム	3-17
4-1	Sugar-Cane Industry Road Map (2011-2016) by SRA	4-2
5-1	民間提案型普及・実証事業の枠組み(案)	5-2
5-2	普及実証事業の主要な活動と期待される効果	5-3
5-3	普及実証事業のプロジェクト デザイン マトリックス(PDM)	5-4
5-4	普及実証事業の実施体制図	5-5
5-5	普及実証事業の実施工程(スケジュール)(案)	5-6
5-6	普及実証事業の協力概算金額	5-7
5-7	メタン発酵にバイオエタノール廃液を入れた場合の効果	5-9

【略語表】

略語	名称	日本語訳
BAR	Bureau of Agricultural Research	農業省農業調査局
BFC	Bapamin Farmers' Cooperative	バパミン農協
DA	Department of Agriculture	農業省
DAR	Department of Agrarian Reform	農地改革省
DBP	Development Bank of the Philippines	フィリピン開発銀行
DENR	Department of Environment and Natural Resources	環境天然資源省
DFR	Draft Final Report	最終報告書案
DOE	Department of Energy	エネルギー省
DOST/ PCARRD	Department of Science and Technology/the Philippine Council for Agriculture and Resources Research	科学技術省/農業資源研究評議会
DOST/PCIEE RD	Department of Science and Technology/The Philippine Council for Industry, Energy and Emerging Technology Research and Development	科学技術省/産業エネルギー新技術研究開発評議会
DTI/BPS	Department of Trade and Industry/Bureau of Product Standards	貿易産業省/製品標準化局
E10	Environmental Compliance Certificate	エタノール 10%混合ガソリン
ECC	Environmental Compliance Certificate	環境適合証明書
FR	Final Report	最終報告書
GFII	Green Future Innovations, Inc	バイオエタノール生産を行う民間会社
GHG	Greenhouse Gases	温室効果ガス
ICRISAT	International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics	国際半乾燥地熱帯作物研究所
JC	Joint Committee	合同委員会
JCM/BOCM	Joint Crediting Mechanism/Bilateral Offset Credit Mechanism	二国間オフセット・クレジット制度
JETRO	Japan External Trade Organization	日本貿易振興会
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
LCA	Life Cycle Assessment	ライフサイクルアセスメント
MMSU	Mariano Marcos State University	マリアノ・マルコス州立大学
MRV	Measuring, Reporting and Verification	測定・報告・検証
NAFC	National Agricultural and Fishery Council	国家農漁業評議会
NAMRIA	National Mapping & Resource Information	国土地理・資源情報庁

	Authority	
NBB	National Biofuels Board	国家バイオ燃料委員会
NEDA	National Economic and Development Authority	国家経済開発庁
NIA	National Irrigation Administration	国家灌漑公社
NSSP	National Sweet Sorghum Program	国家スイートソルガム計画
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PADCC	Philippine Agricultural Development and Commercial Corporation	フィリピン農業開発商業公社
PHilMech	Philippine Center for Postharvest Development & Mechanization	フィリピン収穫後処理開発機械化センター
PNOC-AFC	Philippine National Oil Company-Alternative Fuels Corporation	フィリピン国営石油公社・代替燃料会社
PNS	Philippine National Standard	フィリピン国家規格
PSMA	Philippine Sugar Millers Association, Inc	フィリピン製糖工場協会
UPLB	University of the Philippines Los Baños	フィリピン大学ロスバニョス校

## 【要 旨】

### 第1章 フィリピン共和国におけるバイオエタノール開発の実態とニーズの確認

フィリピン共和国（以下、比国）では、東南アジア諸国に先駆けて自動車の燃料にバイオ燃料の混合を義務づける法律である共和国法第9367号（通称：バイオ燃料法）が2007年2月より発効している。その目的は、①再生可能で持続可能な国産の資源を原料とするクリーン・エネルギーの開発による輸入オイルの削減、②有害ガスおよび温室効果ガスの排出削減、③地方での雇用と所得の向上、④国内の食料確保や生物多様性、自然環境システムへの犠牲を伴わない代替クリーン・エネルギーの確保を保証すること、としている。バイオエタノールについては、同法の発効2年後には5%の混合、4年後には10%のガソリン燃料への混合が規定されている。バイオエタノールの開発に関与している機関としては、エネルギー省とその傘下にあるフィリピン国営石油公社・代替燃料会社、原料作物の供給に関わる農業省とその傘下にあるフィリピン農業開発商業公社が代表的な機関である。また、バイオ燃料法の目的達成を担保するために機関横断的な委員会である国家バイオ燃料委員会を設立し、国内で生産されたバイオエタノールの石油元売り業者への販売価格を決定している。

エネルギー省の予測によれば、バイオ燃料法によるバイオエタノールの混合比率の上昇と自動車の登録台数の増加により、比国内で必要とされるバイオエタノールの将来需要は大幅に拡大することが予測されている。他方、2013年における比国内におけるバイオエタノール生産事業者の生産能力は限られており、依然として国内需要量の約75～80%はブラジル等からの輸入に依存している状況にある。比国政府は、今後国産バイオエタノールの生産を拡大させることで輸入を代替することを計画しており、比国でのバイオエタノールの生産事業には大きな成長の余地があると考えられる。

### 第2章 当社製品・技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

IB コンサルタント（以下「当社」という）が開発した「簡易型エタノール製造装置」は、澱粉、糖からバイオエタノールを製造する装置であり、基本的には1基のタンクで原料の液化・糖化・発酵・固液分離し約40%のエタノール製造を「プログラム制御」により自動的に行う装置である。このため、高品質、省力化、低コストが実現された。比国においては、バイオエタノールの原料作物としてサトウキビ以外にもスイートソルガムやキャッサバ等が考慮されているが、サトウキビ以外の原料作物によるバイオエタノール生産事業は商業的には実施されていない。本調査では原料作物としてスイートソルガムを中心に調査を行ったが、栽培技術が普及せず収量が安定しない（伊藤忠商事株式会社）、搾汁率が悪い、等の課題が抽出された。また、現在稼働中の大規模集中的なバイオエタノール生産施設では、原料作物の収穫から生産プロセスに至る期間で糖度の劣化が起るとされており、当社製品の特徴である地域分散型を採用することでこうした課題に対応できると考える。なお、当社はスイートソルガムの種子改良や搾汁機の改善・脱水装置の開発等を行える体制を作ることが可能であり、これらの課題へワン・ストップで対応できる。

### 第3章 当社の製品・技術に関する紹介や試用、又は各種試験を含む現地適合性検証活動

本案件化調査の中で比国産スイートソルガムの「糖蜜」「搾汁液」「子実の粉体」を調達し、当社の「福島バイオエタノール試験研究製造所」においてバイオエタノールの製造に係る実証実験を行った。

その結果、試験生産された製品は比国が定める自動車用燃料規格を満足しているとの結果を得た。また、本調査で提案する製品・技術の紹介及び本調査で得られた結果を周知することを目的としたセミナーを現地で開催した。政府関係者や民間事業者、農業関係者を中心に合計 41 名が参加し、調査団のプレゼンテーションに引き続き、製造設備の技術仕様と販売価格、使用実績、製糖工場への導入の可能性、等について質疑応答を行った。参加者の当社製品への関心の高さがうかがえた。

また、当社の簡易型バイオエタノール製造装置の価格を基にバイオエタノールの生産コストの積算を行った結果、タイプ I（年産 130KL）において、1 リットル当たり 41.8 ペソ、タイプ II（年産 260KL）において同 32.3 ペソとなり、これらの数値はいずれも直近の国家バイオ燃料委員会（NBB）による国産バイオエタノールの買取り価格の水準を下回っており、本事業の商業化の可能性は高いと考えている。

#### **第 4 章 ODA 案件化による比国における開発効果及び提案企業の事業展開効果**

本調査で提案するバイオエタノール製造システムは、小規模のプラントを地域に分散して配置することで、比国内の地方の小規模・零細農民の所得向上を実現することを目的としている。原料作物としては比較的乾燥に強いスイートソルガムやキャッサバ等を念頭においており、これらの作物は天水農業による水田の裏作や畑地でも作付けが可能である。

一方、日本国内での効果としては、本製造システムは安価な簡易型装置であることから大企業が参入しにくい領域・プラントであるため、中小企業で小回りの利くプラントメーカーに限られている。従って、プラントに使用する基幹部品も中小企業の製作によるものが殆どである。当社が海外での事業を展開することにより、製造システムの開発や基幹部品を日本国内で製作することで、地域の中小企業の活性化と雇用拡大につながる。

#### **第 5 章 ODA 案件の具体的提案**

地域分散型エタノール製造システムを比国で普及させるためには、案件化調査終了後には、JICA による「民間提案型普及・実証事業」へ応募し、現地政府機関と共同で商業化の可能性について検証する予定である。この普及実証事業が目指す上位目標、プロジェクト目標および主要な活動と期待される効果は以下のとおりである。

##### **【上位目標】**

比国での地域分散型バイオエタノール製造システムの商業化生産の可能性を検証し、将来の事業化のめどをつける。

##### **【プロジェクト目標】**

- ① 地域分散型バイオエタノール製造システムにより対象地域でバイオエタノールの商業生産を行うについて抽出された技術的・経営的課題の解決策を検証する。
- ② 実証実験事業を通じた現地人材の育成。

【主要な活動と期待される効果】

主要な活動		期待される効果
1	スイートソルガムの試験栽培と評価、優良種子の選定	発芽率が高く単位収量も高いスイートソルガムの優良種子が選定され、単位収量が高まる
2	スイートソルガム用搾汁機の導入と改良	搾汁率の高いスイートソルガム用搾汁機が導入され生産効率が高まる
3	発酵残渣・廃液を用いた液体肥料の開発と農場での実証実験及び評価	発酵残渣や廃液が液体肥料として開発され、スイートソルガムの収量が高まり、稲作の収量低下も防げる
4	高温多湿の環境に適した発酵酵母・酵素の選定と実証実験及び評価	フィリピンの環境に適した発酵酵母・酵素が選定され、生産効率が高まる
5	現地の自然環境・営農実態を考慮した小規模農家が自立できるような営農計画の策定を支援する	バイオエタノールの生産に関心を持つ小規模農家の営農計画が策定され、自立に貢献できる
6	バイオエタノールの製造過程で実現するCO2削減効果を調査し、客観性を持つMRV方法論を確立する	二国間オフセットクレジットに適用できるMRV方法論が確立される

本実証事業では、2015年までに上記の活動を実質的に終了し、2016年は栽培と商流のデータ収集、現地機関によるバイオエタノールの生産および製品販売による収益を事業経費へ補填する予定である。

項目	2014	2015	2016
1. 共同事業体との詳細協議・現地調査基本設計	立地地点決定、業務・費用分担、規模決定、基本設計		
(1) PNOC-AFC, PADCC との協議 (中外テクノス、東大、WBA、流機エンジ)	現地委託業者(現場作業)、製作設計		
(2) 流機エンジニアリングとの協議			
(3) 国際広報、太陽電機製作所との協議	新型脱水器製作設計		
2. 簡易型エタノール製造装置製作・設置		保守体制確立	
(1) 装置製作(国内で製造)・保守体制確立			
(2) 輸出手続き・現地据付業者選定			
(3) 現地設置・無負荷機能試験			
3. 発酵試験(酵素・酵母選定)			
4. 新型脱水器製作・設置・蒸留・脱水試験			混合燃料化・販売、商流検証
5. エタノール輸送・混合燃料化・販売			
6. 当システムの設置計画、普及計画・研修・教育(研修センター設立準備)			
7. LCA 評価 CO2 等温室効果ガス削減効果検討			
8. 土壌測定・改良・種子選抜			
9. 発酵残渣・廃液の稲作用肥料化			
10. 農業者への栽培・施肥・土壌改良についての研修・教育(研修センター設立準備)			
11. 稲作・原料栽培			

# 案件化調査

## フィリピン共和国 地域分散型バイオエタノール製造システム普及案件化調査

### 企業・サイト概要

- 提案企業: 株式会社IBコンサルタント
- 提案企業所在地: 島根県松江市
- サイト: フィリピン国、メロ・マニラ、イロコスノルテ地区、ヴィサヤー地区
- C/P機関: マリアノマルコス州立大学、ババミン農協、バタク市庁

### フィリピン共和国における現状と課題

- **2007年バイオ燃料法制定:** 自動車燃料にエタノールを10%混合することを決定。一部で砂糖キビを原料として生産を行っているが、殆どは輸入。
- **2007年農業省中心に「国家スイートソルガム委員会」設立:** 灌漑施設のない天水農法による水田は全国で100万haに達する。乾季にスイートソルガム栽培を図るがエタノール製造設備がない。
- **国産エタノール全量買取り制度による国産化率向上を図るが、設備開発に至っていない。**

### 中小企業の技術・製品

- 原料栽培地が、点在している山間地・島嶼部等で有効な「地域分散型エタノール製造システム」を構成する「簡易型エタノール製造装置」、「脱水器」等の製造技術及び発酵技術を有する。効率の良い酵母を有する。
- 糖質原料の場合は、刈取って発酵するまでの輸送時間がかかると雑菌により糖分が低下し、発酵効率が下がる。(大規模工場でなく地域分散化がよい)

### 調査を通じて提案されているODA事業及び期待される効果

- **民間提案型普及・実証事業展開:** C/P機関・地元行政機関(バタク市)と事業体を立ち上げ、エタノール生産から混合燃料販売までの実証事業を行うと同時に、将来、エタノール製造システムの保守・運転訓練教育センターとし使用出来るような設備とする。これら実現のために国の関係機関(DOE, DOA)の協力を求める。
- **無償資金協力事業及び有償資金協力事業への展開:** フィリピン政府の協力を得て全土対象に進める。

### 日本の中小企業のビジネス展開

- フィリピン国内での事業展開が軌道に乗った後には、カンボジア・インドネシア・ミャンマー等天水稲作を行っている東南アジア諸国への展開が期待できる。



# はじめに

## 1. 調査の背景と目的

比国においては、2007年にバイオ燃料法が制定され、自動車用燃油（ガソリン）に対して10%のバイオエタノール混合が義務づけられている。比国は従来から製糖産業が盛んであり、サトウキビや糖蜜を原料としたバイオエタノールの生産も一部で始まっている。しかし、自国内でのバイオエタノール生産量は需要に追いつかず国外からの輸入に頼っており、貴重な外貨が失われている。一方、比国には灌漑施設のない天水農法による水田が全国で100万ヘクタールに達するとされ、乾季に栽培できる作物を導入することで農家の所得向上を図ることが課題となっていた。比国政府は2007年より農業省を中心とする「国家スイートソルガム計画」を発動させ、インドから提供された種子により国内各地において試験栽培が行われている。北イロコス州のパパミン農協（Bapamin Farmers' Cooperative (BFC)）はスイートソルガムの栽培と料理用の酢や消毒用の製品を生産しているが、「簡易型エタノール製造装置」を導入することで、バイオエタノールの生産・販売まで一貫して行う「6次産業化」を志向している。しかし、エタノール製造装置そのものの開発には内部資源の不足等により着手できていない。

当社は、島根県内の休耕田約6,900haの活用による農業振興と地域経済の活性化を目的として、島根大学や地元企業と共同してパイロット規模（約200リッター容積）の「簡易型エタノール製造装置」の開発とバイオエタノールの製造に成功している。この製造装置の特長としては、大規模なエタノール製造装置に比較して部品やタンク等の共用化とプログラム制御を行うことで設備の簡素化を図り、建設費の大幅な低減とプログラム制御による省力化で高品質の製品を低コストで実現していることである。設備の小型化により地域分散型の地産地消に適した製造システムとして、原材料の輸送および運営コストの大幅な削減にも繋がっている。本調査では、こうした特長を活かしパパミン農協を初めとする比国の開発課題の要求に沿った事業化の可能性を検証するものである。本業務の目的は、以下の5点に集約される。

- (1) 比国政府機関などが発行しているバイオエタノール関連資料のレビュー、並びに政府関係機関及び大学等研究機関、農業協同組合・燃油販売業者、金融機関等へのヒアリング調査を通して、比国のバイオ燃料政策や開発方針および実施計画、日比2国間における地球温暖化ガス排出権取引の可能性、バイオ燃料開発事業の実態把握及び課題を体系的に収集・整理し、取りまとめる。
- (2) 比国北イロコス州バタク市近郊におけるBFCを中心としたスイートソルガムの栽培、収穫および搾汁、糖蜜化作業に係る実態調査と課題の把握（エタノール製造のための水質調査と水浄化試験を含む）、これらを踏まえた一連の作業に対する改善策等の提言を行う。また、あらかじめ上記農協が製造した発酵試験用の試料（搾汁液、糖蜜、ソルガム粉）を調達し日本国内へ移送して下記（4）により実施される発酵試験に供する。
- (3) 比国内におけるバイオエタノールに係る販路および市場性調査、酵母・酵素の流通システム調査および「簡易型エタノール製造装置」の現地での生産可能性、生産能力の調査および同装置

の保守点検・修繕の委託先等に関する調査を行う。同時に、第2次現地調査においてパナイ島またはミンダナオ島でのバイオエタノール生産事業の可能性を検証する。

- (4) 日本国内（福島バイオエタノール試験研究製造所）での発酵試験および発酵廃液肥料化実証実験を行う。
- (5) 上記（4）の実証実験結果を踏まえた現地フォローアップ調査および関係者を対象としたセミナーを実施し調査結果の周知活動を行うとともに最終報告書としてとりまとめる。

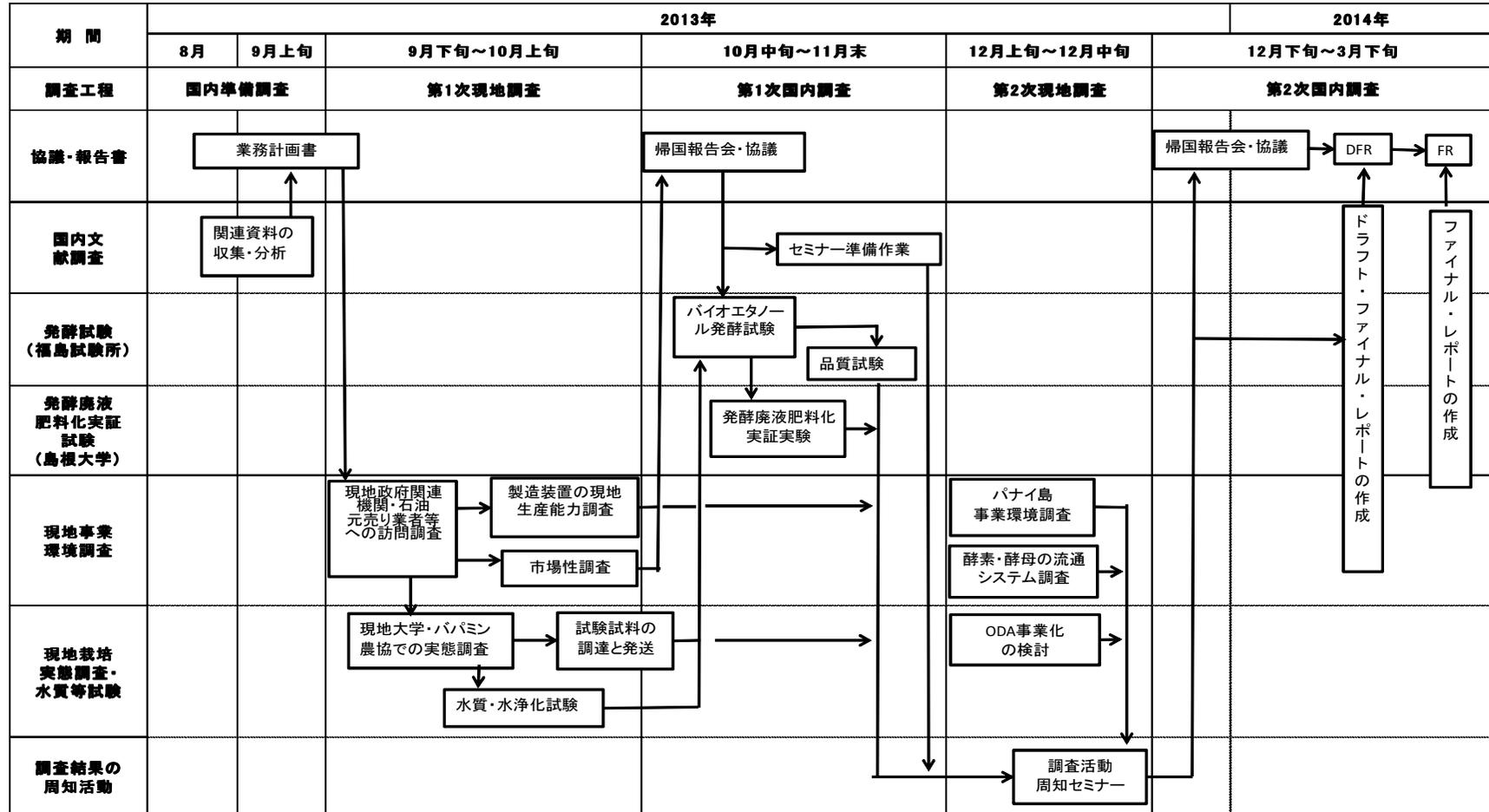
## 2. 調査概要（団員リスト、スケジュール）

本調査は以下の団員・業務フロー及び工程により実施された。

### 【調査団員リスト】

担当者氏名	所属	担当分野
和泉 敏太郎	(株)IB コンサルタント	総括/技術・農業・栽培等調査
田井中 均	(株)IB コンサルタント	実証実験（エタノール製造）
元山 純一郎	(株)ワールド・ビジネス・アソシエイツ	業務主任/政策・事業環境等調査
今津 秀則	(株)国際広報企画	水質試験及び浄化実証実験
中田 信夫	(株)IB コンサルタント 補強	調査業務全般の調整/支援

【業務の実施フロー】



【現地調査日程】

作業項目	期間	2013年						2014年			
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
国内準備					□						
第1次現地調査					■						
政府機関訪問・調査 (マニラ)					■						
イロコス・ノルテ現地調査					■						
JICA報告 (国内)						▲					
実証実験 (国内)											
原料出荷～入手											
実験実施											
JICA報告 (国内)											
第2次現地調査											
イロコスノルテ現地打合せ											
政府機関打合せ											
調査成果セミナー											
パナイ島現地調査											
JICA報告 (国内)											
国内まとめ作業											
ドラフトファイナル作成、提出											
ファイナルレポート作成、提出											

凡例： ■ 現地調査期間 □ 国内作業期間 ▲ 打合せおよび提出

# 第1章 比国におけるバイオエタノール開発の実態とニーズの確認

## 1.1 比国の概況

比国は太平洋の西岸に中国大陸に沿って点在する 7,109 の島嶼からなる群島国家である。比国は、紀元前 300 年～200 年になるとマレー系民族の移入、15 世紀になるとイスラム教の渡来、16 世紀に始まるスペインによる約 350 年間の植民地、アメリカや日本による統治を受けるなど、複雑な歴史を有する。16 世紀にはスペインがマゼランの来訪を皮切りに遠征軍を送り、アジアで唯一のキリスト教国家として約 350 年間の植民地経営を行っている。1900 年当初から約 50 年間はアメリカの統治下にあった。同国の基礎データは以下のとおりである。

図表 1-1：比国の基礎データ

国名	フィリピン共和国
政体	立憲共和制（上院 23 議席・下院 285 議席）
国土面積	30 万平方キロメートル
人口	9,640 万人（2012 年推定値）
首都	マニラ首都圏（メトロマニラ：人口約 1,400 万人）
言語	タガログ語及び英語（公用語）
宗教	カトリック教（約 80%）、その他キリスト教（約 10%）、 イスラム教（約 5%）
民族	マレー系（約 95%）、中国系（約 1.5%）、その他
通貨	フィリピン・ペソ（1 米ドル=42.90 ペソ、2013 年 6 月平均）
日本との時差	JST-1

出典：JETRO マニラ事務所資料に加筆

## 1.2 比国経済の概況

経済的には中国系フィリピン人が大きな役割を果たしており、一部を除き有力な企業グループはほとんどが中国系企業となっている。一方、地方部にすむフィリピン人は小規模な農業・漁業などに従事する者が多く所得の格差が大きい。こうした貧困層は国内の就業機会が慢性的に不足していることもあり、広く海外に職を求めて進出し世界一の出稼ぎ送り出し国となっている。海外で働く労働者の数は人口の約 10%の約 1,000 万人に達すると見られ、2012 年の海外労働者からの国内送金額は前年比 6.3%増の約 214 億米ドルに達しフィリピンの GNI の約 10%に相当、民間消費を下支えしている。以下に同国の経済基礎データを示す。

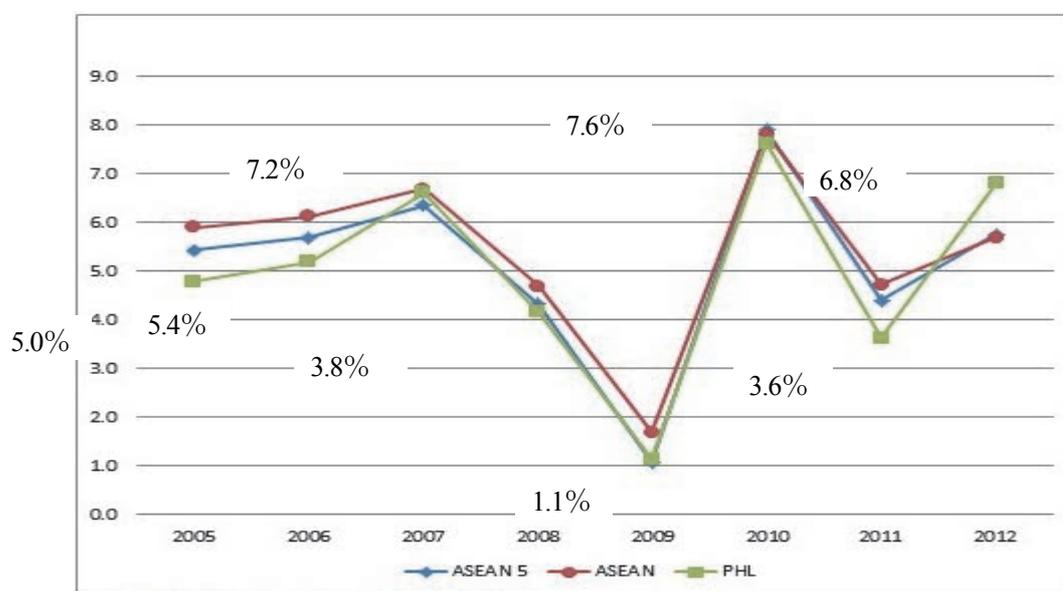
図表 1-2 : 比国の経済基礎データ

経済指標	2011 年	2012 年
国内総生産 (GDP) (10 億ペソ)	9,706	10,565
実質 GDP 成長率 (%)	3.6	6.8
一人当たり GDP (ペソ)	103,056	110,314
消費者物価上昇率 (%)	4.8	3.2
失業率 (%)	7.0	7.0
期末外貨準備高 (億米ドル)	753	838
期末対外債務残高 (億米ドル)	N/A	603

出典：フィリピン中央銀行

比国の実質 GDP は消費主導の経済成長によるものであり、2005 年～2012 年間の成長率は図表 1-3 に示したとおりである。2005 年から 2011 年までは ASEAN 諸国の平均値を下回っているが、2012 年は大きく上回っており 2013 年度も好調を維持しているとされる。2009 年はリーマンショックや台風被害の影響から成長率は大きく下落したが、2010 年は内需拡大と電子機器・部品を中心とした輸出の伸びと Business Process Outsourcing (BPO) 産業の堅調な伸びにより急伸した。2011 年は欧州債務危機による輸出の鈍化と世界景気の低迷による成長率の鈍化、2012 年は欧州債務危機の回復による輸出の伸びやインフラ整備による公共支出の加速、好調な観光セクターの伸び、海外労働者からの送金とそれによる堅調な国内消費の伸びが GDP を伸ばしている。

図表 1-3 : 比国の実質 GDP 成長率の推移 (2005～2012)

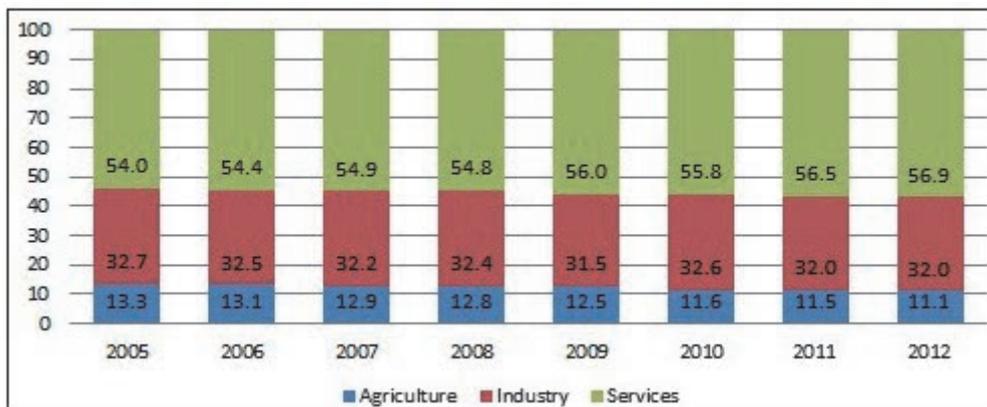


出典：National Statistical Coordination Board (NSCB)

また、比国の産業構造は 2005 年以來一貫して農業セクターの減少とサービスセクターの増大を記録している。一方、工業セクターは 31～32%の構成比で安定的に推移している。従来から比国では製造業よりも観光や介護・医療などのホスピタリティ産業などの第三次産業が発展してきた。しかし、最近では日本企業のチャイナ・プラス・ワン指向が鮮明になる中で、比国の投資先としての相対的な優位性が指摘されるようになってきた。JETRO や国

際協力銀行の報告書によれば、比国の優位性は豊富で安定した労働力市場と労働争議の少なさ、政府による明確な投資インセンティブと迅速な許認可制度、などが指摘されている。こうした流れを受けて、マニラ首都圏はベトナム北部とならびエレクトロニクス産業の新たな集積地として注目を集めるようになってきている。しかし、完成品メーカーが進出してきても製品の組立には膨大な裾野産業が必要であり、これらの裾野産業が未熟な比国産業界の課題となっている。比国政府はこうした事態を受けて、競争力があるとされる電子産業や造船業などを中心とした産業政策を策定中であるとされる。

図表 1-4：比国の産業構造の推移（2005～2012） 単位：（％）



出典：National Statistical Coordination Board (NSCB)

一方、比国の貿易収支についてみると、1990年以降2011年の間で1999・2000年の2年間を除いて一貫して貿易赤字を計上している。日本は2009～2011年間の最大の貿易相手国となっている。こうした貿易収支の赤字は、海外労働者からの送金や外国直接投資の流入及び援助国によるODA支援金等で賄われている。

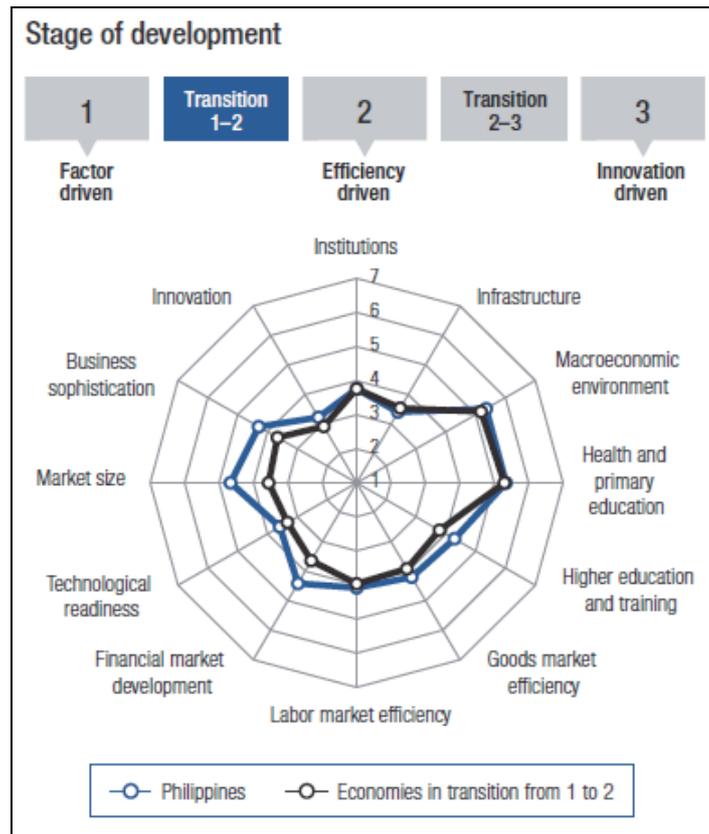
図表 1-5 : 比国の貿易収支の推移 (1990~2011) (百万米ドル)

Year	Total Trade	Exports	Imports	Balance of Trade Favorable (Unfavorable)
2011	108,186.00	48,042.00	60,144.00	(12,102.00)
2010	106,430.00	51,498.00	54,933.00	(3,435.00)
2009	81,527.00	38,436.00	43,092.00	(4,656.00)
2008	105,824.00	49,078.00	56,746.00	(7,669.00)
2007	105,980.00	50,466.00	55,514.00	(5,048.00)
2006	99,183.79	47,410.12	51,773.68	(4,363.57)
2005	88,672.86	41,254.68	47,418.18	(6,163.50)
2004	83,719.73	39,680.52	44,039.21	(4,358.69)
2003	76,701.72	36,231.21	40,470.51	(4,239.30)
2002/r	74,444.67	35,208.16	39,236.51	(4,028.35)
2001/r	65,207.36	32,150.20	33,057.16	(906.96)
2000	72,569.12	38,078.25	34,490.87	3,587.38
1999	65,779.35	35,036.89	30,741.46	4,294.43
1998	59,156.64	29,496.75	29,659.89	(163.14)
1997	61,161.52	25,227.70	35,933.82	(10,706.12)
1996	52,969.48	20,542.55	32,426.93	(11,884.38)
1995	43,984.81	17,447.19	26,537.63	(9,090.44)
1994	34,815.46	13,482.90	21,332.57	(7,849.67)
1993	28,972.21	11,374.81	17,597.40	(6,222.59)
1992	24,343.24	9,824.31	14,518.93	(4,694.62)
1991	20,890.88	8,839.51	12,051.36	(3,211.85)
1990	20,392.19	8,186.03	12,206.16	(4,020.13)

出典 : National Statistical Coordination Board (NSCB)

比国の国際競争力については、「世界経済フォーラム」が発行している 2013 年~2014 年度の「Global Competitiveness Report」において 148 カ国中で前年度の 65 位から 59 位へと 4 年連続で順位を上げている。東南アジア諸国では、シンガポール (2 位)、マレーシア (24 位)、ブルネイ (26 位)、タイ (37 位)、インドネシア (38 位) が比国より上位にある。比国は、「インフラ整備」、「革新性」等の面で評価が低いものの、「マクロ経済」「金融市場の成長」「市場規模」「教育水準の高さ」等では他のアセアン諸国よりも優位性を発揮している。

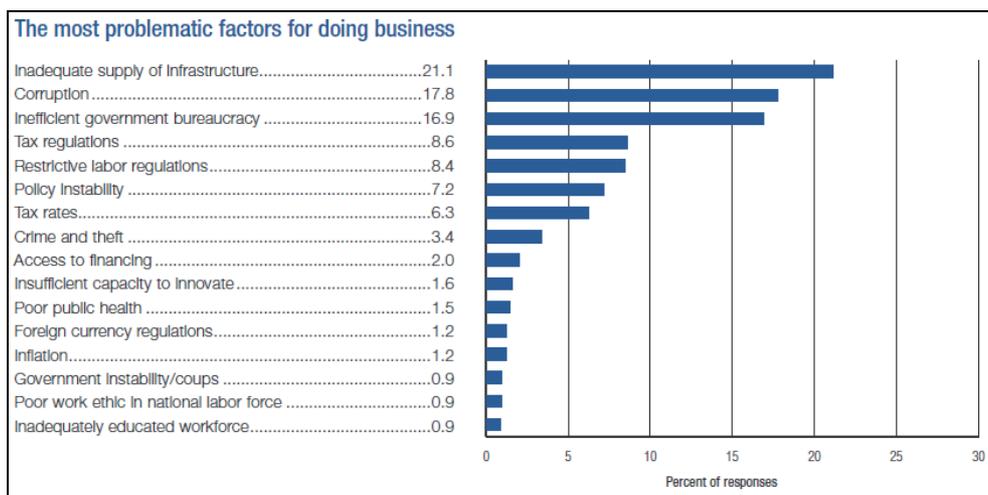
図表 1-6：世界経済フォーラムによる比国の国際競争力



出典：Global Competitiveness Index 2013-2014, World Economic Forum

また、同フォーラムは比国でビジネスを展開する上での課題として、「インフラの未整備」「汚職」「政府機関の非効率性」等を上位にランクしており、重要な課題となっている。その他では、「税制度」「制約的な労働法制度」「一貫性に欠ける政策」等も課題として指摘されている。

図表 1-7：世界経済フォーラムによる比国でのビジネス実施上の課題



出典：Global Competitiveness Index 2013-2014, World Economic Forum

### 1.3 バイオエタノールの開発計画、政策および法制度

比国では、東南アジア諸国に先駆けて自動車の燃料にバイオ燃料の混合を義務づける法律が2007年2月より発効している。共和国法第9367号（通称：バイオ燃料法）がその法律であり、その目的は、①再生可能で持続可能な国産の資源を原料とするクリーン・エネルギーの開発による輸入オイルの削減、②有害ガスおよび温室効果ガスの排出削減、③地方での雇用と所得の向上、④国内の食料確保や生物多様性、自然環境システムへの犠牲を伴わない代替クリーン・エネルギーの確保を保證すること、としている。この法律では、バイオディーゼルにおいては、法律の発効後3カ月以内に1%の混合、同2年以内に2%の混合を行うことが規定されている。一方、バイオエタノールについては、同法の発効後2年後（2009年2月）には5%の混合、4年後（2011年2月）には10%のガソリン燃料への混合が規定されている。同法は混合されるバイオ燃料について無税（0%）扱いとすること、付加価値税の対象からも外す等の優遇策を講じている。また、バイオ燃料製造の過程で発生する廃水は、液体肥料又は農業目的で再利用されるとの解釈により、クリーン・ウォーター法が規定する「廃水賦課金」の対象から外すこととしている。また、バイオ燃料生産のために供される初期投資については、フィリピン国籍の個人または法人が所有する投資部分の60%を上限として政府系金融機関による融資に当たっては高い優先度を以って検討されるとしている。

比国政府エネルギー省（DOE）の予測によれば、バイオ燃料法によるバイオエタノールの混合比率の上昇と自動車の登録台数の増加により、比国内で必要とされるバイオエタノールの将来需要は以下のように拡大することが予測されている。

図表1-8：比国内におけるバイオエタノールの需要予測

年	目標混合率 (単位：%)	ガソリン消費量 (単位：百万リットル)	バイオエタノール需要 (単位：百万リットル)
2013	10	3,813.18	381.32
2014	10	3,839.31	383.93
2020	20	4,328.87	865.77
2025	20	4,712.28	942.46
2030	20 - 85	5,840.5	1,016.81

出典：フィリピン大学ロスバニョス校プレゼン資料

比国内で生産されたバイオエタノールは、毎月の砂糖価格と副産物である糖蜜（モラセス）の価格に準拠した計算式によりフィリピン砂糖工業会と石油元売り業界が協議し、合意することになっている。2013年10月時のバイオエタノール買取り価格は1リットル当たり47ペソであった。フィリピン政府は、バイオエタノール製品の買取りを保證することで国内及び海外の投資家による国産バイオエタノールの生産に拍車がかかることを期待している。

#### 1.3.1 バイオエタノール開発の経緯

バイオ燃料法は、バイオディーゼルではココナッツ、ジェットロファを、バイオエタノールではモラセス、サトウキビ、キャッサバ、スイートソルガム、の作物をバイオ燃料の原料として指定している。フィリピン大学ロスバニョス校の研究者は、各原料のヘクタール当たりの収穫量とバイオ燃料への変換率を下記のように積算している。

図表 1-9 : バイオ燃料の原料作物の収量及び燃料への変換率

バイオ燃料の種類 及び原料	ヘクタール当たりの収量 (トン/ヘクタール)	バイオ燃料への転換率 (リットル/トン)
バイオエタノール		
・サトウキビ	60	60
・スイートソルガム	100	53
・キャッサバ	20	178
バイオディーゼル		
・ココナッツ	1.02	630
・ジェットロファ	3 - 5	250

出典：フィリピン大学ロスバニョス校プレゼン資料

これらの数値を基にバイオ燃料生産の標準工場（年間生産量 3,000 万リットル）が必要とする原料毎の栽培面積は以下のとおりと予測されている。

図表 1-10 : バイオ燃料の標準工場（3,000 万リットル）が必要とする栽培面積

原料名	必要栽培面積 (Ha)
サトウキビ	8,500
スイートソルガム	5,700
キャッサバ	8,500
ココナッツ	46,700
ジェットロファ	24,000

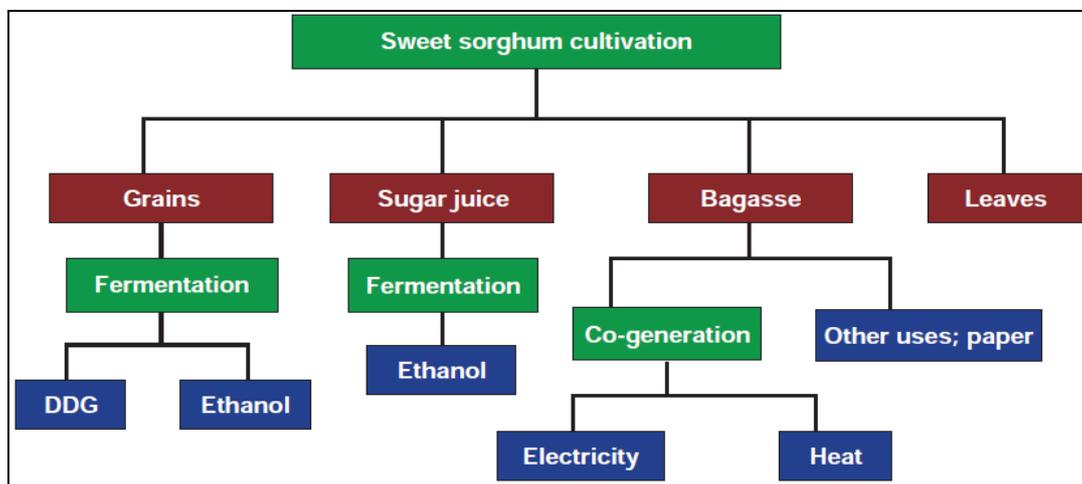
出典：フィリピン大学ロスバニョス校プレゼン資料

一方、比国政府農業省は 2007 年にバイオ燃料用の原料供給を確保し、農村部の雇用確保や所得向上を目的として「バイオ燃料原料プログラム」を発動させている。バイオ燃料の混合義務を達成するためには新たに約 66 万ヘクタールの土地を必要としており、全国に散らばる約 200 万ヘクタールの未利用の農地からこれらのバイオ燃料用の農地を確保して行く計画である。農業省は農地の無秩序な転換が起これないように土地利用転換について指針を出しており、国家灌漑公社 (National Irrigation Administration (NIA)) 等の政府機関や自治体などが整備した公共灌漑施設のある地域や米やトウモロコシなどの主食となる穀物の栽培地域の転換は認めていない。また、深刻な環境悪化を引き起こす可能性のある生態的に脆弱な農業用地の転換も認めていない。以上から、まとまった未利用の農業用地を確保することは困難であるとの見方も出ている。

バイオ燃料法を成立させたアロヨ前政権は、バイオエタノールの原料としてスイートソルガムの栽培を奨励し、インド政府の支援を求めた。2004 年 10 月にインド・ハイデラバード市近郊にある国際半乾燥地熱帯作物研究所 (International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics (ICRISAT)) より、農業資源研究評議会 (The Philippine Council for Agriculture, Forestry and Natural Resources Research and Development (PCARRD)) を通じて 17 種類のスイートソルガム栽培種が提供された。この栽培種は北イロコス州にある Mariano Marcos State University (MMSU) において試験栽培され、以降 2010 年に至るまでほかの大学や研究機関等で順次

に試験栽培と評価が行われている。サトウキビが収穫まで約9～11 カ月もかかるのに比べて、スイートソルガムは作付け後3～4 カ月で収穫することができ、より少ない雨量での栽培が可能である。また、穂先から茎および枝葉に至るまで全ての部位が活用できることから、“Smart Crop” とも呼ばれている。以下にその用途を示す。

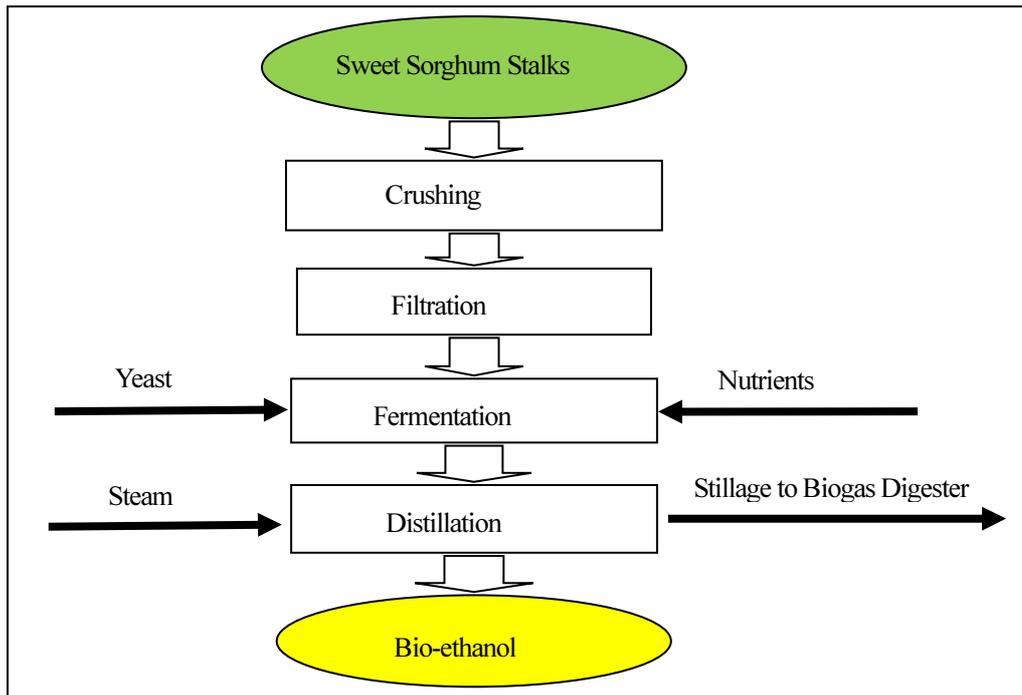
図表 1-11：スイートソルガムの部位毎の用途



出典：Sweet Sorghum in the Philippines: Status and Future, Page 3

MMSU においては、8 品種のスイートソルガムの試験栽培が実施されているが、そのうち 5 品種が北イロコス地方の栽培環境に適合すると判断されている。栽培に要する条件としては、水はけの良い粘土質の土壤で土壤酸性度は PH6 を下回らないのが最も適する。作付けの畑地は、スイートソルガムの種子が小粒であることから良好な発芽率を得るために 25～30cm の深度で 2 回にわたる耕運が理想である。雨季の作付けでは 100cm の畝間で、乾季の作付けでは 75cm の畝間で作付けを行う。種まきは、手作業または機械式の種まき機により筋植えとし、その密度は 1 ヘクタール当たり 5 - 8kgs の程度である。雨季の種まきは表層より 10cm 程度に埋め込み 2～3cm の表土をかぶせるが、乾季では 15～20cm の深さまで埋め込み、より多くの表土をかぶせて乾燥を防ぐ必要がある。75cm の畝間とした場合、発芽の後に一株ごとの間隔を 10cm 程度となるように間引きを行うことで 1 ヘクタール当たりの株数は 130,000 株程度となる。畝間が 100cm の場合は、一株毎の間隔を 8cm とし (1 メートル当たり 13 株)、1 ヘクタール当たりの株数は 150,000 株となる。雨季は乾季にくらべて大きく育つため、栽培密度は高くなる。スイートソルガムは成長期には水分は必要としないが、種まきと発芽期には十分な湿度を必要とする。虫害については、発芽後 30 日前後の若芽バエや収穫前の茎に穴を開ける穿孔虫の被害に気をつけなければならない。また、大規模な栽培地では、鳥害に気をつける必要があるとしている。収穫は、できるだけ根本に近い第一番目の節付近で刈り取ることで、その後の新芽の発芽を促すことができる。スイートソルガムの刈り取りからエタノール生産までの工程は以下のとおりである。

図表 1-12：スイートソルガムによるエタノール生産工程



出典：フィリピン政府農業省農業研究局 HP

上記は一般的なバイオエタノールの生産工程を示したものであり、本調査で使用する具体的な技術やプロセスについては、第2章で詳しく述べる。

### 1.3.2 バイオエタノール開発に関わる関連機関と役割

比国政府は関連政府機関に対してバイオ燃料法の施行に関連した具体的な機能と役割を委嘱して同法の確実な実施を期している。それ等の主要機関と役割を以下に述べる。

#### 1.3.2.1 エネルギー省 (Department of Energy (DOE))

DOE はマルコス大統領により発令された大統領令第 1206 号により、比国のエネルギーの探索、開発、活用、保全に関わる準備、統合、調整、監理、統制の機能を果たすためエネルギー省 (Ministry of Energy) として設立された。その後、1992 年にラモス大統領により発令された共和国法第 7638 号により新たなエネルギー省 (Department of Energy) が設置された。その後、共和国法第 9136 号 (Electric Power Industry Reform Act of 2001)、共和国法第 9367 号 (Biofuels Act of 2006)、及び共和国法第 9513 号 (Renewable Energy Act of 2008) 等が発効し、同省に追加的な権限と機能を与えている。比国の急激な経済開発や人口増加を考慮し、同国のエネルギー政策の要となる Philippine Energy Plan 2009 - 2030 を策定している。バイオ燃料の開発との関連で述べると、バイオ燃料法の発効に伴い国家バイオ燃料委員会を発足させ、同法が規定する目的の達成を委嘱している。DOE の傘下にあるフィリピン国営石油公社・代替燃料会社 (Philippine National Oil Company-Alternative Fuels Corporation (PNOC-AFC)) は、バイオ燃料の開発や生産等に関わる重要な国営企業である。

#### 1.3.2.2 国家バイオ燃料委員会 (National Biofuels Board (NBB))

比国政府は、バイオ燃料の開発・普及を図るためにエネルギー大臣を責任者とする組織横断的な委員会である国家バイオ燃料委員会を設置している。そのメンバーは、以下のとおりである。

- 1) Secretary of Department of Energy (DOE) as the Chairman
- 2) Department of Trade and Industry (DTI)
- 3) Department of Science and Technology (DOST)
- 4) Department of Agriculture (DA)
- 5) Department of Finance (DOF)
- 6) Department of Labor and Employment (DOLE)
- 7) Philippine Coconut Authority (PCA)
- 8) Sugar Regulatory Administration (SRA)

本委員会に付与された機能と権限は以下のように要約される。

- 1) DOEにより策定された国家バイオ燃料プログラム (National Biofuels Program) の進捗をモニターすると共に同プログラムの拡充を検討する
- 2) バイオ燃料の供給や用途の拡充と燃料への混合をモニターすると共に、バイオ燃料生産のための原料不足が発生した場合には、エネルギー大臣の承認のために適切な施策を提言する
- 3) バイオ燃料法が施行されてから最初の4年間における最小混合バイオ燃料の比率について審査を行い、エネルギー大臣に対して必要な提言を行う
- 4) バイオ燃料の普及を最大化するために必要な車両、エンジン、部品に関する代替燃料技術の取得についてエネルギー省に対して必要な提言を行う
- 5) バイオ燃料の航空機への使用に関する安全面や技術的な妥当性を考慮した提言を行う
- 6) 国家バイオ燃料プログラムの実施に係る経済面、技術面、環境面及び社会影響面を考慮した特定の具体的な行動計画についてエネルギー省に対して提言を行う

上記の機能以外にも、国家バイオ燃料委員会はSRAから提出される砂糖とモラセスの価格により算出されるバイオエタノールの買取り価格について石油元売り企業との調整を行うという重要な機能を果たしている。

#### 1.3.2.3 農業省 (Department of Agriculture (DA))

農業省は1898年に設立され、比国政府機関の中でも最も古い行政機関のひとつである。その後、紆余曲折を経て1978年に現在のDepartment of Agricultureへと再編成された。農業振興に関わる政策枠組みの設定や公共投資、国内向け及び輸出産業等への支援策の実施、等を主要な業務としている。農業セクターの改革にも積極的に取り組んでおり、農業の寡占の解消や農業税の廃止、農業金融制度の改変、等にも取り組んでいる。バイオ燃料法との関連では、国家バイオ燃料委員会のメンバーとして、バイオ燃料の原料となる農作物の安定供給、国家バイオ燃料委員会への農業面での支援策の立案と実施、バイオ燃料農作物の生産性と持続性の向上、バイオ燃料の原料となる作物の耕作地に関する情報提供、などに責任を持つ立場にある。農業省の傘下にあるフィリピン農業開発商業公社 Philippine Agricultural Development and Commercial Corporation (PADCC) は、比国のアグリビジネスに責任を持つ国営企業である。

#### 1.3.2.4 国家スイートソルガム計画 (National Sweet Sorghum Program (NSSP))

比国政府農業省・農業調査局 (Bureau of Agricultural Research (DA-BAR)) は、2006年以来、スイートソルガムの栽培に係る導入及び環境適合テストから商業生産に至る広範な研究開発事業に対して支援を行っている。2007年にはDA-BAR、MMSU及びICRISATの3者による共同事業として、比国の栽培環境に適合したスイートソル

ガム品種の選定、ハイブリッド種子の研究開発、エタノール生産のためのスイートソルガム茎及び食料・飼料としての穂先の商業栽培、を目的とした研究事業が開始されている。同様に科学技術省 (Department of Science and Technology (DOT)) と PADCC によるスイートソルガム及びキャサバを原料とするバイオエタノール生産のための統合研究事業も開始されている。2011 年には、DA-BAR の資金を得て砂糖産業の中心地である Negros Occidental 州 Sagay 市においてスイートソルガムの商業生産の可能性を確認する事業が実施されている。この事業は UPLB が主導して 30 ヘクタールの作付けが行われ、480 トンのスイートソルガム茎が収穫され、OPTION Muscovado Plant Cooperative (MPC)によりシロップ化された後、San Carlos Bioenergy Inc (SCBI)社へ納入されバイオエタノール生産が行われた。それ以外にも、MMSU や北西部ルソン地区の多くの国立大学においてスイートソルガムの栽培技術や病害虫予防、施肥方法、ポストハーベストの管理、など多様な分野での研究開発事業が進められている。

#### 1.3.2.5 大学におけるバイオエタノール開発の取り組み

比国政府・DOE は、持続可能エネルギーの研究開発に協力する機関 (Affiliated Renewable Energy Center (AREC))として国立大学を中心とした 21 の総合大学又は単科大学を任命している。北イロコス州バタク市にあるマリアノ・マルコス州立大学 (MMSU) はスイートソルガムの比国の導入に貢献した大学であり、その一部を構成している。調査団はバイオエタノール開発及びスイートソルガムの導入に熱心な MMSU とフィリピン大学ロスバニョス校を訪問し、研究開発の状況を調査した。

##### (1) マリアノ・マルコス州立大学 (MMSU) (作物学、発酵学研究室)

###### I 実用研究

同大学では、ソルガムの植え付けから、エタノール生産まで広く研究が行われている。研究の全容は以下のとおり。

###### ①ソルガム栽培

インドから政府間協定に基づき、収量の高いソルガムの種子を提供されている。比国外に持ち出しは禁止となっている。

###### ②搾汁

大学での搾汁は、古いアメリカ製の搾汁機械で行われていた (写真 1-1 参照)。最新の機械では 60%以上の搾汁液が採取されるが、同大学での搾汁率は 20%程度と低かった。バパミン農協の搾汁機械も収率が悪く、実生産に当たっては日本から搾汁機械を導入する必要があると思われる。

###### ③シロップ作成 (写真 1-2 参照)

搾汁液は煮詰めて糖度を上げると共に殺菌される。この方法はこの地方で一般に行われている方法であり、燃料は主に竹である。調査団は、太陽光と減圧脱水でシロップを作ることを考えており、能率、収率の向上が期待される。



写真 1-1 : 搾汁機械



写真 1-2 : シロップの作成

④発酵 (写真 1-3 参照)

発酵は、プラスチックドラム缶を発酵容器として使用し 30℃で行われていた。この方法もこの地方で広く行われている方法であるが、実生産を考えると本調査で提案している自動制御方式が有利である。

⑤蒸留 (エタノール濃度 : 90~95%)。



写真 1-3 : 発酵装置



写真 1-4 : 実験室の蒸留装置



写真 1-5 : 小規模蒸留装置

研究室の蒸留は簡単な蒸留装置を使っていた (写真 1-4 参照)、また、大量にエタノールを作るのに戸外でドラム缶を 3 個使い生産していた (写真 1-5 参照)。

⑥脱水 (エタノール濃度 : 99.6%)

北イロコス地方ではゼオライトが豊富にある。そのゼオライトパウダーを焼成したものに蒸留で脱水した濃度 90%エタノールを通過させると、水分はゼオライトに吸着され、濃度 99.6%以上のエタノールが得られる。

現在調査団が計画中の脱水器は、細孔径 0.15 ミクロンのセラミックチューブに、熱水合成によりゼオライト膜を形成させたもの (40%エタノールを 99.9%に脱水できる) であり、エタノールの収率も極めて高いものである。MMSU の方法では、吸水したゼオライト乾燥にエネルギーが必要なこと、また同時に吸着されたエタノールの回収にもエネルギーが必要なため、収率が低くなる欠点がある。

⑦バイオエタノールを使用した実車走行

MMSU では、90%濃度のバイオエタノールをエタノール無添加のガソリンに 20%直接混合し、韓国 KIA 車で走行試験をしていた (写真 1-6 参照)。エタノールは蒸留により、95%までは容易に脱水できるが、99.6%

以上に脱水するには、脱水器が必要となり、コストもかかる。ニートエタノールが走行可能ならば、生産されたニートエタノールをそのまま車に入れることが可能となり、面倒な化石燃料ガソリンとの混合が不要となる等の利点がある。なお、ブラジルでは既にこの燃料は市場で流通している。

E10 や E20 を製造するには、完全脱水したバイオエタノールが必要となる。脱水が不十分だと、混合ガソリンは相分離を起こすので、品質が保証できなくなるからである（ターミナルやガソリンスタンドの貯油タンクで相分離を起こす）。一方、車のタンクに直接20%分のニートエタノール（濃度：90%）を入れた場合、上述したように、相分離を起こす可能性はあるが、現在市販されている車は、フューエルリターン方式を採用しており、エンジンが回っている間は、ガソリンタンクの燃料は常に激しく攪拌されており、たとえエンジン停止時に分離が起きたとしても、エンジンが回ればすぐに均一に攪拌混合されるので問題はない。MMSU は、DOE とともに連携してこの実車試験を行っており、良い結果が出れば90%濃度のニートエタノールの車への給油を国家規格として採用するよう働きかけることを考えている。

脱水膜利用の装置は、90%ニートエタノールの生産にもフレキシブルに対応できる。



写真 1-6：エタノール試験車

## II その他の研究

MMSU では、セルロースのエタノール化を目指して、分解酵素を森林で探している。また、分解しやすくするため超音波の使用を検討していたが、実用化には相当時間が掛かりそうである。

## III 本プロジェクトに対する大学の協力可能性

スイートソルガムを使用したエタノール生産は、生産者への耕作地への施肥、種子の選定、作付け方法、搾汁方法、発酵方法等幅広く技術指導する必要がある。それには、民間企業が単独で対応するには大きな困難が伴う。大学が民間事業者と一体となりスイートソルガムの生産者を指導すれば、プロジェクトは大きく進展できると思われる。MMSU の現有技術は、我々の技術とは遅れておりそのままでは使用しにくいですが、現在大学が地元農民に行っている指導は実際に農民が使えるようなものを目指して行われており、また、農民も大学に来て熱心に技術を学んでおり、厚い信頼関係が築かれている。MMSU や農民のバイオエタノールの基礎知識は想像以上に豊富で、本事業で提供する技術はすぐに理解習得出来ると思われる。

### (2) フィリピン大学ロスバニョス校（ケミカルエンジニアリング学科）

フィリピン大学ロスバニョス校（UPLB）は、過去パナイ島等3か所でソルガムによるエタノール生産の実証試験を行っている。以下はその技術を調査した結果である。

① 脱水器

モレキュラーシープでエタノールの脱水を行っていた（写真 1-7 参照）。MMSU と同じレベル（赤い矢印の先の円筒容器にモレキュラーシープが充填されており、水分で飽和すると、乾燥したモレキュウラーシープに取り換える）。

② 搾汁機

搾汁機は 4 ローラーであるが（写真 1-8 参照）、搾汁効率は 20～30%程度と思われ、効率は低い。

③ 搾汁液の濃縮装置（写真 1-9 参照）

ボイラーでスチームを発生させ水分を飛ばし搾汁液の濃度を高めている。MMSU より技術は進んでいる。



写真 1-7：脱水機



写真 1-8：搾汁機



写真 1-9：濃縮装置

④ エタノール発酵装置（写真 1-10 参照）

発酵は簡単な発酵器を用いていた。

⑤ 低濃度エタノールの蒸留（写真 1-11 参照）

蒸留装置は、MMSU で使用された装置に比べて 20 段のトレイを用いているが、商業生産に使えるようなものとは程遠いレベルである。

⑥ 藻の繁殖装置（写真 1 - 12 参照）

藻を用いたバイオディーゼル燃料の研究を行っている。実用化は相当先と思われる。



写真 1-10：発酵器



写真 1-11：蒸留装置



写真 1-12：藻の繁殖装置

### 1.3.3 バイオエタノール製品をめぐる規格と管理

2005年DOEからバイオエタノールのフィリピン国家規格（Philippine National Standard）の暫定規格が公表され、2013年の8月に規格に対する公衆審査が終了したところであり、近々正式な規格となるものと思われる。それまでに生産されたバイオエタノールは、実質的にこの暫定規格が守られてきた。この暫定規格は、ガソリンに添加するバイオエタノールの性状を定義したもので、主要な規格は①エタノールはバイオエタノールであること、②水分の含有量が0.5vol%以下である。この規格は、日本や米国の規格とほとんど同じである。燃料用バイオエタノールの規格については、Philippine National Standard PNS/DOE QS 007:2005（ICS 75.160.20）Anhydrous Bioethanol Fuel - Specificationにおいて詳細に規定されているほか、バイオエタノールを混合したバイオガソリンについても同様に Philippine National Standard PNS/DOE QS 008:2012（ICS 75.160.20）Petroleum Products - E-Gasoline Fuel - Specificationにより規定されている。これらのSpecificationは附属書Iに添付のとおりである。

また、市販されているガソリンの種類はオクタン価の違うRegular, Premium, Premium plus, Euro 4-PH gasolineの4種類あり、それぞれの製品規格が定められている（規格の詳細は附属書Iを参照）。これらのガソリンすべてに10%のバイオエタノールの混合が義務付けられている。また、エタノールの混合については、比国政府の検査官が規程量混合されたことをチェックしている。

### 1.3.4 バイオエタノール製造施設の建設に係る許認可制度

市販されるバイオエタノール製品の製造を目的とした施設の建設には、比国政府の許認可が必要である。バイオ燃料法ガイドライン（2008年10月8日制定）には、バイオ燃料製造者とは、市販を目的として石油会社等にバイオ燃料を売る事業者という定義が記載されている。DOEによる施設認可の申請には、事業性調査報告書、使用農地に関する農業省の認可、天然資源環境省の環境適合証明（Environmental Compliance Certificate（ECC））、地方政府の許可（LGU Clearance etc）など全13項目を準備する必要がある。DOEの施設認可は5年ごとに更新される。また、生産量並びに、石油会社への販売数量と価格の報告も義務づけている。製造施設の許認可は、製造装置が所在する地域のDOE地方事務所へ申請が行われ通常6カ月程度で認可される。申請手続きの詳細は、「Renewable Energy Laws Republic Act9513-Renewable Energy Act of 2008 Republic Act 9367- Biofuels Act of 2006」に記載されている。ただし、研究開発等の目的で製造する地域限定バイオ燃料製造者（Community-based Biofuel Producer）のバイオ燃料自家消費に関しては、DOEの施設認可は不要である。

## 1.4 バイオエタノール開発の現状

比国ではバイオエタノールのガソリンへの添加がバイオ燃料法により義務付けられている。2009年には5%添加が、2012年からは10%の添加が義務化され、2020年には20%の添加が行われる予定である。この法律に合わせ、必要な品質のバイオエタノールの品質が定義され、その品質に合致するバイオエタノールの生産が開始された。

### 1.4.1 比国内でのバイオエタノール需要と調達

上述したように、比国でのバイオ燃料の使用はバイオ燃料法の施行により開始されている。米国農務省がNBBの資料をもとにまとめた報告書によれば、2007年～2012年のバイオエタノールの国内生産量、輸入量、国内総使用量は図表1-13に示されたとおりとなっている。尚、2012年の数値は暫定値とされている。

図表 1-13 : バイオエタノールの国内生産量・輸入量・総使用量 (2007-2012)

単位：百万リットル

年	混合比率	国内生産量	輸入量	国内総使用量
2007	-	0.00	3.18	3.18
2008	-	0.97	12.56	13.53
2009	5%	23.28	64.24	87.52
2010	5%	10.17	140.40	150.57
2011	10%	4.14	215.00	219.94
2012*	10%	15.74	248.40	264.14

出典：Gain Report: Philippine Biofuels Situation and Outlook, 7/10/2013

一方、比国内のガソリン使用量とバイオエタノールの需要量については、図表 1-8 に述べたとおりである。2012 年のバイオエタノールの総使用量は 264.14ML であるのに対して、国内生産量は 15.74ML で残りの 248.40ML のバイオエタノールが輸入されている。全体使用量に占める国内生産量の比率は約 6% を占めるに過ぎない。2013 年現在、比国内でバイオエタノールの生産を行っているのは、図表 1-14 に示された 4 工場のみであり、その製造能力は 133ML となっているが、実際の供給量はこの製造能力を大幅に下回っていると思われる。2020 年には E20 の導入が予定されており、このままで行けばバイオエタノールの自給率はさらに低下することが懸念されている。

#### 1.4.2 比国内でのバイオエタノール生産体制

2013 年における比国内におけるバイオエタノール生産事業者とその立地および生産能力は以下のとおりとなっている。

図表 1-14 : バイオエタノール生産者とその生産能力

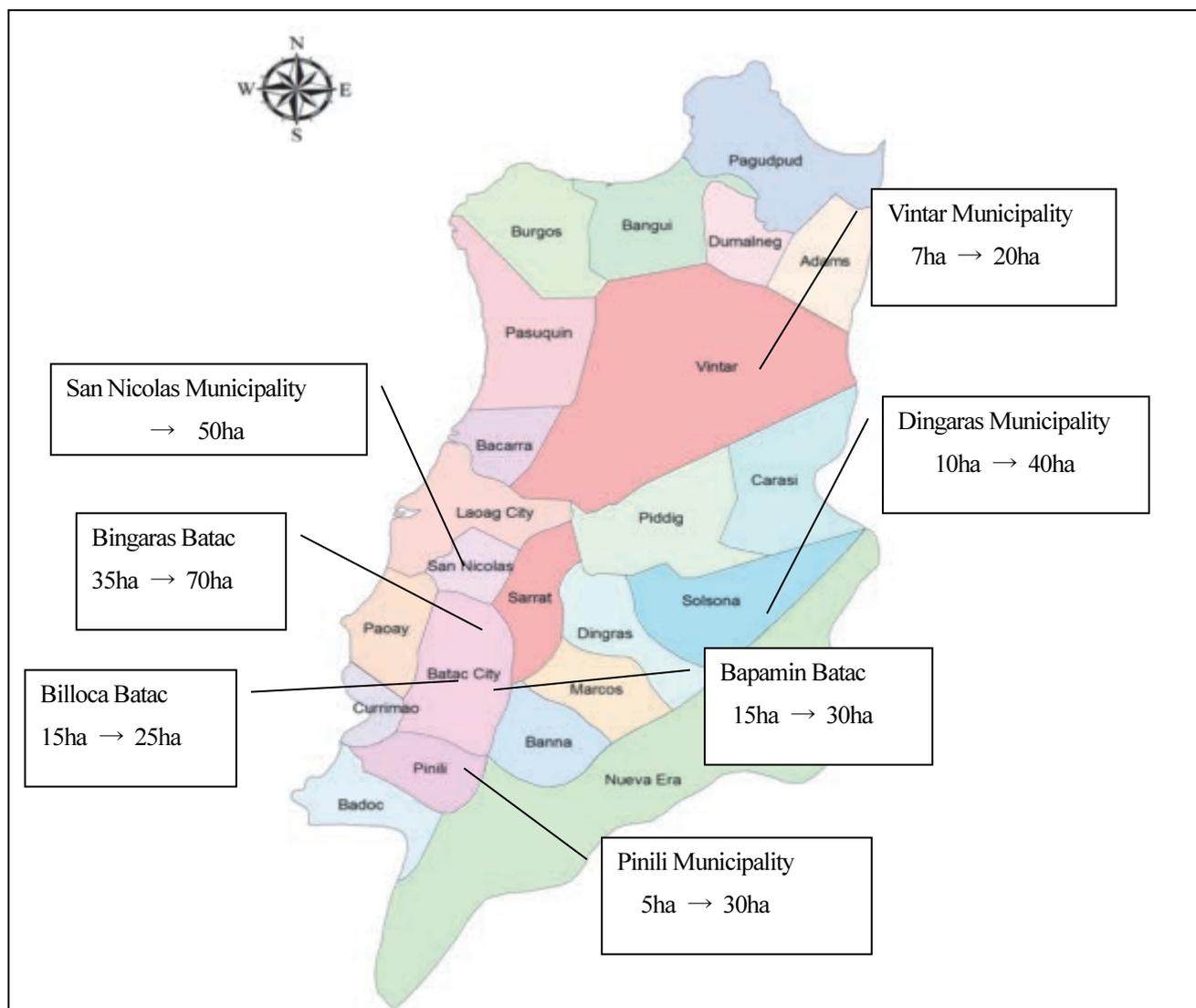
生産者名	場 所	原 料	生産能力 (ML/年)
San Carlos Bioenergy, Inc.	San Carlos City, Negros Occ.	サトウキビ	40
Leyte Agri Corp.	Ormoc City, Leyte	モラセス	9
Roxol Bioenergy Corporation	La Carlota, Negros Occidental	モラセス	30
Green Future Innovations, Inc.	San Mariano, Isabela	サトウキビ	54

出典：BIOFUEL PRODUCERS, DOE

#### 1.4.3 バンパミン農協における試み

北イロコス州バタク市にあるバンパミン農協 (Bapamin Farmers' Cooperative (BFC)) では 2007 年から MMSU の指導の下、スイートソルガムの栽培が行われており、現在は食用酢、化粧品、医療用消毒剤などの製品が生産されている。現在、北イロコス州では 7 地区においてスイートソルガムの栽培が行われており、BFC によれば近い将来その栽培面積は 280~300 ヘクタールに拡大すると予想されている。

図表 1-15：北イロコス地区におけるスイートソルガムの栽培状況（現在及び将来）



出典：バパミン農協よりの情報により調査団作成

#### 1.4.4 ビサヤ地区におけるバイオエタノール生産への取組み

比国の砂糖産業はネグロス島やレイテ島を中心に発展してきた歴史があり、サトウキビを原料としたバイオエタノール生産への取組みも他の地域に比べると早かった。上記の図表 1-13 にも示すように、現在比国でバイオエタノールを生産している 4 企業のうち 3 社はビサヤ地区に立地している。特に、西ネグロス州サンカルロス市立地しているサンカルロス・バイオエナジー社はバイオエタノール生産における先駆的な活動を展開している。

一方で、西ビサヤ地区（西ネグロス州、イロイロ州、カピス州、アクラン州、アンティケ州）は比国内で最も天水農業地帯が多い地域とされ、乾季の水田の裏作としてスイートソルガムを栽培する可能性が極めて大きい地域とされる。実際、今回の調査期間中に訪問したイロイロ州やアンティケ州では、スイートソルガム栽培とバイオエタノール生産事業に対して強い関心が示されていた。特に、アンティケ州では約 30～40 ヘクタールのサトウキビ農家が共同で運営する伝統的で小規模な製糖工場がまた機能しており、こうしたコミュニティを基盤とした農家によるスイートソルガムの栽培とバイオエタノール事業への参加が期待できると感じられた。

ネグロス島は従来から大規模なサトウキビ農園と製糖工場が多かったが、アメリカへの砂糖の輸出割当が期待

できない状況やアセアン経済統合により 2015 年を目処に大幅な関税引き下げが予想される動きとも相まって、タイの砂糖産業に比べて競争力が弱い比国のサトウキビ農家と製糖工場は危機感を募らせ農業の多角化やバイオエタノール生産に関心が高まっている。しかし、サトウキビ農家と製糖工場には製品化された生産物（砂糖及びモラセス）に対してそれぞれ 70%・30%でシェアするという古くからの取引慣行がある。ネグロス島で訪問した大規模製糖工場によれば、こうした取引慣行が適用される限りは製糖工場が独自にバイオエタノール生産設備を導入する可能性は低いとのことであった。

## 1.5 バイオエタノール開発と日本政府の支援実績および他のドナーの活動

比国におけるバイオエタノールの生産に係る日本政府による支援活動は本調査期間中には確認することはできなかった。しかし、JICA は過去十数年間にわたり農業省・国家灌漑公社（National Irrigation Authority (NIA)）や農地改革省（Department of Agrarian Reform (DAR)）において灌漑施設の整備や農村開発及び農地改革が実施された地域における小規模農民の自立へ向けた支援等を行っている。一方、民間事業者によるサトウキビを原料としたバイオエタノール生産事業に本邦企業が現地企業との共同企業体へ直接投資を行い参加している。また、日本政府・環境省は二国間オフセット・クレジット制度による CO2 排出削減事業を実施している。他のドナーの動きとしては、前述したようにインド政府が INCRISAT を通じて比国へスイートソルガムの種子を提供するなど深く関わっている。オーストラリア政府もスイートソルガムの種子改良の分野で協力の動きがあったようであるが、その詳細を確認することはできなかった。

### 1.5.1 GFII 社の活動

伊藤忠商事株式会社および日揮株式会社は、比国内のパートナーと共同でフィリピン最大級のバイオエタノール製造及び電力供給事業に乗り出している。伊藤忠商事の 2010 年 4 月 8 日付けニュースリリースによれば、本事業の背景としては 2007 年に発効したバイオ燃料法によるエタノール買取り制度及び 2010 年に再生可能エネルギー法によるバイオマス発電余剰電力買取り制度が開始されたことにあるとしている。本事業の概要は以下の通りである。

#### (1) 事業場所

比国ルソン島イザベラ州サンマリアノ市（マニラより北へ約 400km）

#### (2) 事業概要

- ・サトウキビを原料とするバイオエタノール（54,000kl/年）の製造・販売事業、
- ・栽培規模は 11,000ha、約 3,000 世帯の継続的な雇用創出、
- ・バガス（サトウキビの絞り粕）による 16MW ボイラー・蒸気タービン発電事業、
- ・エタノール発酵残渣を原料とするメタン発酵ガスにより 3MW ガスエンジン発電、
- ・余剰電力の販売、が挙げられている。

また、本事業によるフィリピンへ経済の貢献として、以下の項目を掲げている。

- ・エタノール輸入削減、
- ・バイオマス発電による電力不足への貢献 13MW x 330 日を売電、
- ・バイオマス発電による環境改善（NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, GHG 削減効果）、
- ・サトウキビ栽培、プラント操業による雇用創出。

#### (3) 事業の経過等

2012 年 4 月より試運転を開始し現在 2 年目の操業になる。年間 684,000 トンに達する原料サトウキビをバイオエタノール製造プラントへ輸送するため、300 台の 13 トン積みトラックが稼働している。訪問調査で得た情

報によれば、原料となるサトウキビの供給が計画とおりには行かず、製造装置は稼働率の低迷に苦慮しているとのことであった。製造装置から排出される廃液はメタン発酵させた後、タンクローリーで液体肥料として農地還元している。スイートソルガムについては、地元イザベラ州立大学の協力で試験栽培をしたが、収穫期間がサトウキビに比べて短いものの収量が不安定なため、原料としての採用は見送ったとしている。

### 1.5.2 環境省の2国間クレジット補助金制度の可能性

日本国政府・環境省は、日本政府が新たな市場メカニズムとして2013年以降の導入を提案している二国間オフセット・クレジット制度（Joint Crediting Mechanism/Bilateral Offset Credit Mechanism（JCM/BOCM））の活用を前提とし、開発途上国において我が国の企業が有する技術などを活用してCO2排出削減事業を行うプロジェクト設備補助事業の募集を行った。対象となる事業者の要件は、日本法人と外国法人により構成された国際コンソーシアムで、JCM/BOCM制度に先行して政府間協議が進む開発途上国において我が国の企業が有する技術などを活用してCO2排出削減事業を実施し、測定・報告・検証（Measuring, Reporting and Verification（MRV））を行うものである。MRV方法論により算出された排出削減量を、我が国の排出削減量として記録する事を前提として、事業者に対して初期投資費用の1/2を上限とする設備補助を行うとしている。

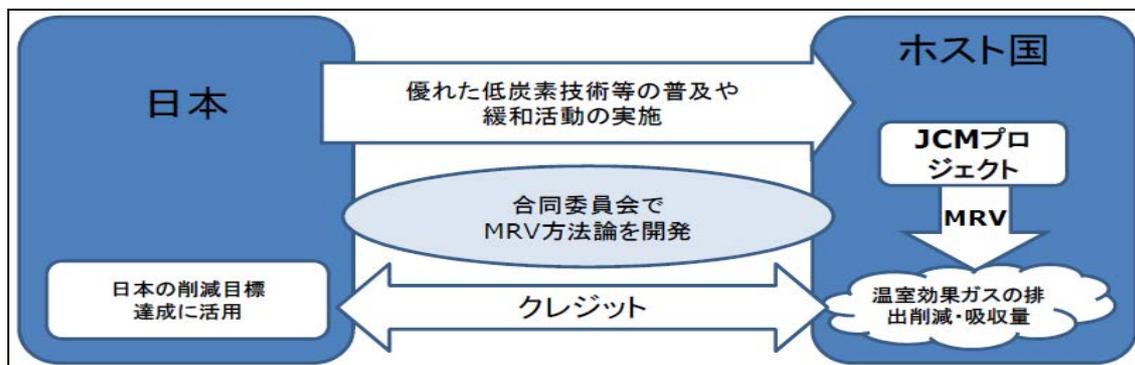
JCMは国連気候変動枠組み条約（UNFCCC）の下での新たな国際枠組みが発効されるまでの期間を対象として「取引を行わないクレジット制度」として開始されるが、両国政府はJCMの実施状況を踏まえて、取引可能なクレジットを発行する制度へ移行するための二国間協議を継続的に行うとしている。日本政府はJCM/BOCM制度に関して現在までに8カ国（モンゴル、バングラデシュ、エチオピア、ケニア、モルディブ、ベトナム、ラオス、インドネシア）と二国間文書に署名しているが、比国については今後の検討課題となっている。将来、比国が二国間文書に署名した場合は、通常のODA（無償、技術協力、有償資金協力等）とは別に、両国間で合意されたMRV方法論に基づくプロジェクトに対して補助金が出る道が開ける。

#### (1) JCM/BOCMの基本概念とスキーム

環境省の資料によれば、本制度は以下の目的を以って導入されている。

- ①優れた低炭素技術・製品・システム・サービス・インフラの普及や緩和活動の実施を加速し、途上国の維持可能な開発に貢献する、
- ②日本からの温室効果ガス排出削減・吸収への貢献を、測定・報告・検証（MRV）方法論を適用し、定量的に適切に評価し、日本の排出削減目標の達成に活用する、
- ③CDMを補完し、地球規模での温室効果ガス排出削減・吸収行動を促進することにより、国連気候変動枠組み条約の究極的な目的の達成に貢献する。

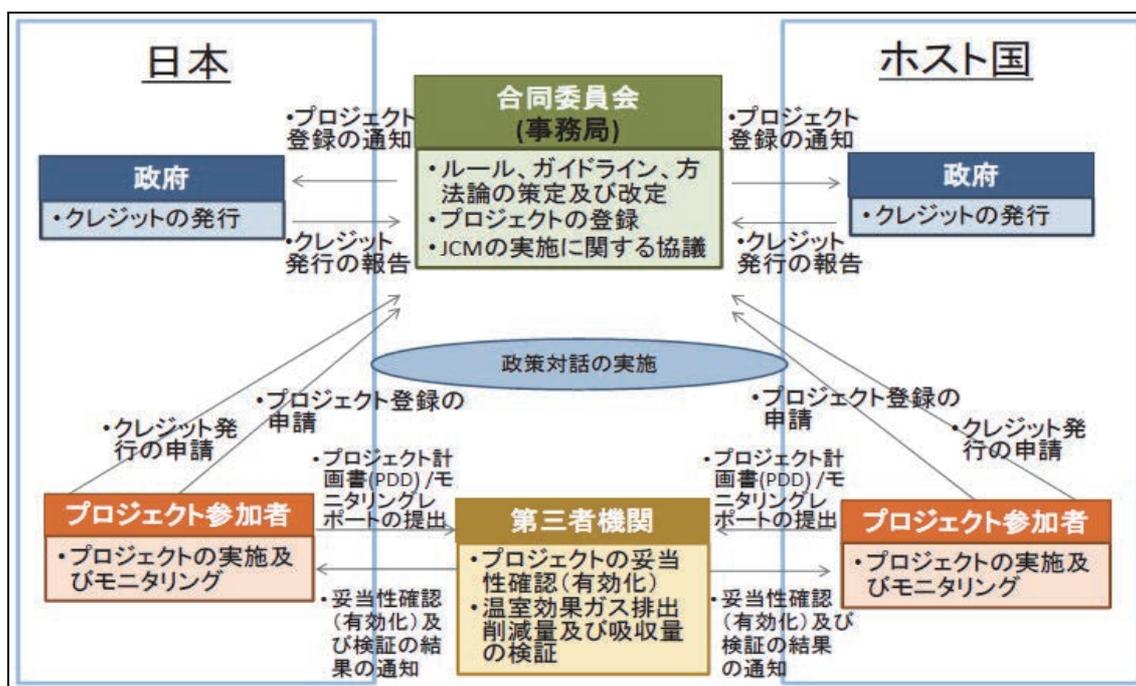
図表1-16：JCM/BOCMの基本概念



出典：環境省 「二国間クレジット制度（JCM）の最新動向」

二国間文書に署名することにより、両国政府はそれぞれの代表者による合同委員会（Joint Committee(JC)）を設置し、合同委員会はJCMの実施に必要なルールとガイドライン等を策定する。合同委員会は、提案された方法論を承認又は却下するが、同時に方法論の策定にも参加する。合同委員会は第三者機関により妥当性が確認されたJCMプロジェクトの登録を決定し、各国政府は合同委員会から発行されたクレジット量を各国が設置した登録簿に記録・発行する。以下にJCM/BOCMのスキーム図を示す。

図表 1-17：JCM/BOCMのスキーム図



出典：環境省「二国間クレジット制度（JCM）の最新動向」

(2) MRV 方法論について

燃料用バイオエタノールのCO2削減効果に関しては、経済産業省、環境省で検討され揮発油等ライフサイクルアセスメント（Life Cycle Assessment（LCA））での温室効果ガス排出量と比較して温室効果ガス排出削減効果が50%以上となることを目標とすることが、「エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する基本方針」（平成22年経済産業省告示第160号）に記載されている。バイオエタノールのLCAでは、土地利用変化、栽培、原料輸送、エタノール製造、混合施設までの輸送各段階が考慮されるが、栽培、製造、輸送における化石燃料使用量がWELL TO WHEEL(石油井戸採掘から車両での燃焼までに生じる温室効果ガス（Green House Gases（GHG））の排出総量）の1/2以下であることが求められている。

MRV方法論でもバイオ燃料持続可能性基準50%以上を満足していることが適格性基準に取り入れられると予想される。土地利用変化によるCO2排出はEUの持続可能性基準でも考慮されており、森林を伐採した農地でのライフサイクルCO2排出量はそれまで存在した森林のCO2蓄積量を事業年数で平均化した量が排出されるものとカウントされる。事実上、森林を伐採してできた農地におけるバイオエタノールは持続可能でないと判断される。水田の裏作として栽培されたスイートソルガム搾汁液を原料とするバイオエタノールは、土地利用変化によるCO2排出量がゼロであることから、バイオ燃料持続性基準50%以上を満足することができる。

## 第2章 当社製品・技術の活用可能性および将来的な事業展開の見通し

### 2.1 当社の提案製品・技術の強み

#### 2.1.1 当社の提案製品

##### (1) 多機能で自動化された「簡易型エタノール製造装置」

当社のバイオエタノールの製造装置は、澱粉系でも糖質系の資源作物でも受け入れ可能な設備である。基本的には1基のタンクで、原料の液化・糖化・発酵・固液分離し約40%のエタノール製造までを「プログラム制御」により自動的に行う多機能な製造装置である。このため、高品質、省力化、低コストが実現された。

##### (2) 地域分散型のバイオエタノール製造システム

原料生産地近くに設置された「ステーション」には、発酵装置と制御盤からなるモジュール構造の「簡易型エタノール製造装置」を置く。その設置台数は原料農作物の種類や収穫量を考慮して決める。各ステーションの製造装置の規模は、およそ無水エタノールで約200KLを目途としている。

これらのステーション5カ所ごとに蒸留・脱水を行うための「基地（ベース）」1カ所を設置する。各ステーションには生産された約30～40v%のエタノールを貯蔵するための貯蔵タンクを設置し、これらの製品を輸送車で定期的に基地に輸送して「蒸留・脱水器」により無水エタノールに精製する。現在、新型脱水膜による「新型脱水器」を開発し製造に掛かっており、これにより装置の製造費が大幅に削減できる。さらに、これらの製造装置を単品として販売するのではなく、バイオエタノールの生産に必要な酵母や製造装置の運営指導から原料農産物の栽培指導に至る一貫サービスとして提供する。

例えば、ブラジル、米国、中国、インド等においては、エタノール製造工場は大規模・集中化してコストダウンを図っている。このため、広大な原料生産地も栽培から収穫までを機械化している。一方、日本、比国、東南アジア諸国の様な広大な土地のない国では、工場は大規模・集中化できても耕地面積の規模からして原料生産地は各地に点在しているのが現状である。このような事情から、原料生産地とエタノール工場間が長距離になる場合もあり、特に栽培面積が小さい場合は収穫量が僅かなため、経済性の面から直ちに工場へ輸送するのが難しい。従って、各地から中間的収集地点に運ばれてくる原料をまとめてから輸送する等の方策が取られることも多い。このようなケースでは、澱粉系の原料（例えば、コーン、芋類、キャッサバ等）であれば特に問題はないが、糖質系の原料（サトウキビ、スイートソルガム等）の場合は、収穫直後から雑菌・バクテリア類により糖分が減少して収穫後一週間もたてば原料としての価値はなくなる。このような糖質系バイオマス为原料とするケースにおいては、原料収穫後直ぐに搾汁し「簡易型エタノール製造装置」に入れて発酵させることにより、雑菌、バクテリア類により糖分が減少する事態を避けることができることから、「地域分散型」によるエタノール製造方法が適していると考えられる。また、栽培農地があってもエタノール工場までの輸送用道路が整備されていないと原料輸送が滞ることも予想される。このようなきめ細かくエタノールを製造するような製品は、日本国内はもとより、世界的にも販売されていない。

##### (3) 「蒸留・脱水器」用の熱源

無水エタノールを製造するための「蒸留・脱水器」用の熱源としては、地域に存在するバイオマスを燃料とするボイラーおよび工場・焼却炉等からの排熱を利用する。

##### (4) 日本国内での納入実績

平成22年3月、経済産業省の「平成21年度低炭素社会に向けた技術発掘・社会システム実証モデル事業」の提案事業として受託し製造し、経済産業省へ納入した。現物は、島根県産業技術センターに設置した。平成24年3月、株式会社アースノートから受託し、沖縄県金武町堆肥センター内に設置した。

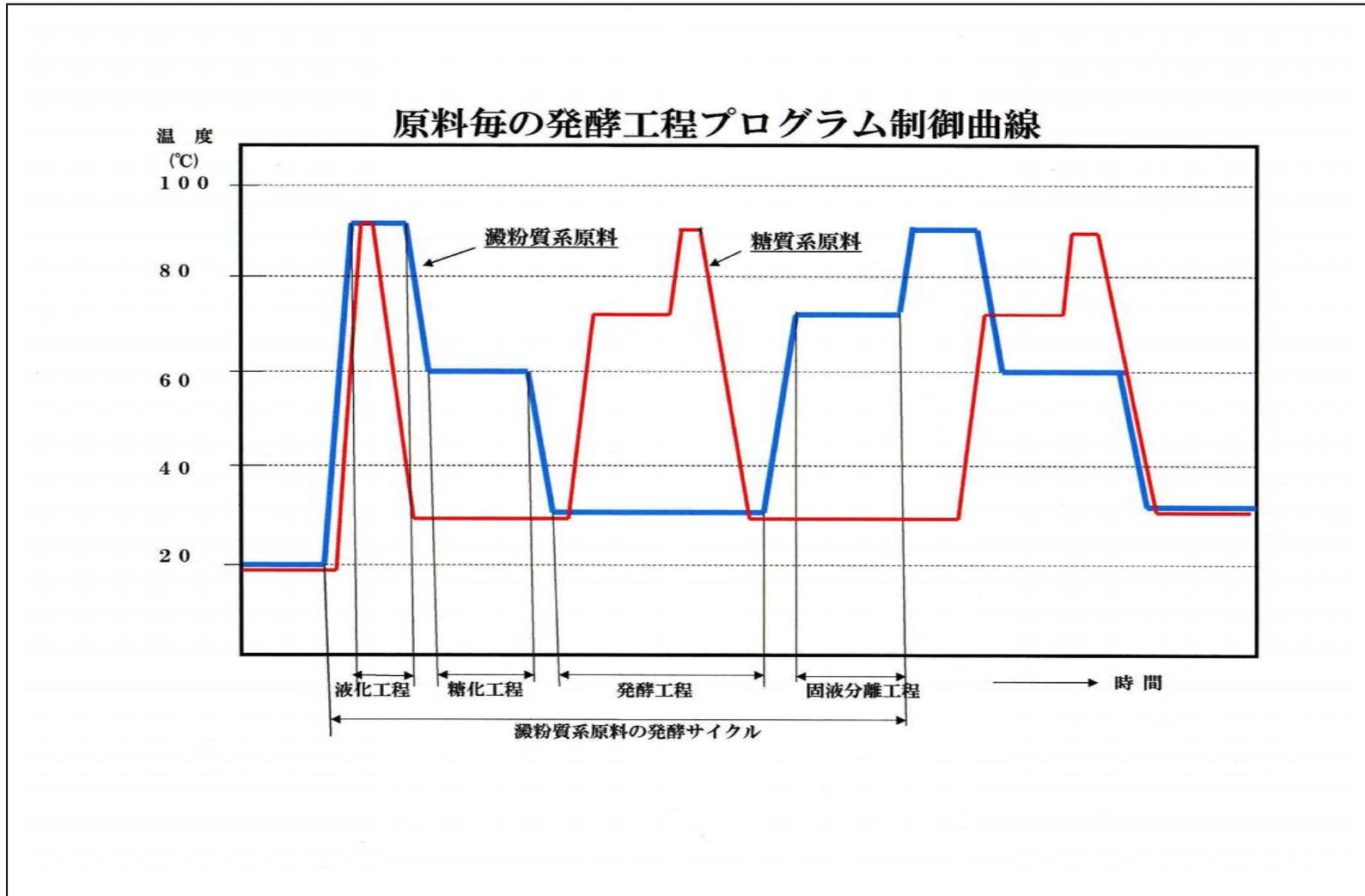
ステーションを構成する「簡易型エタノール製造装置」



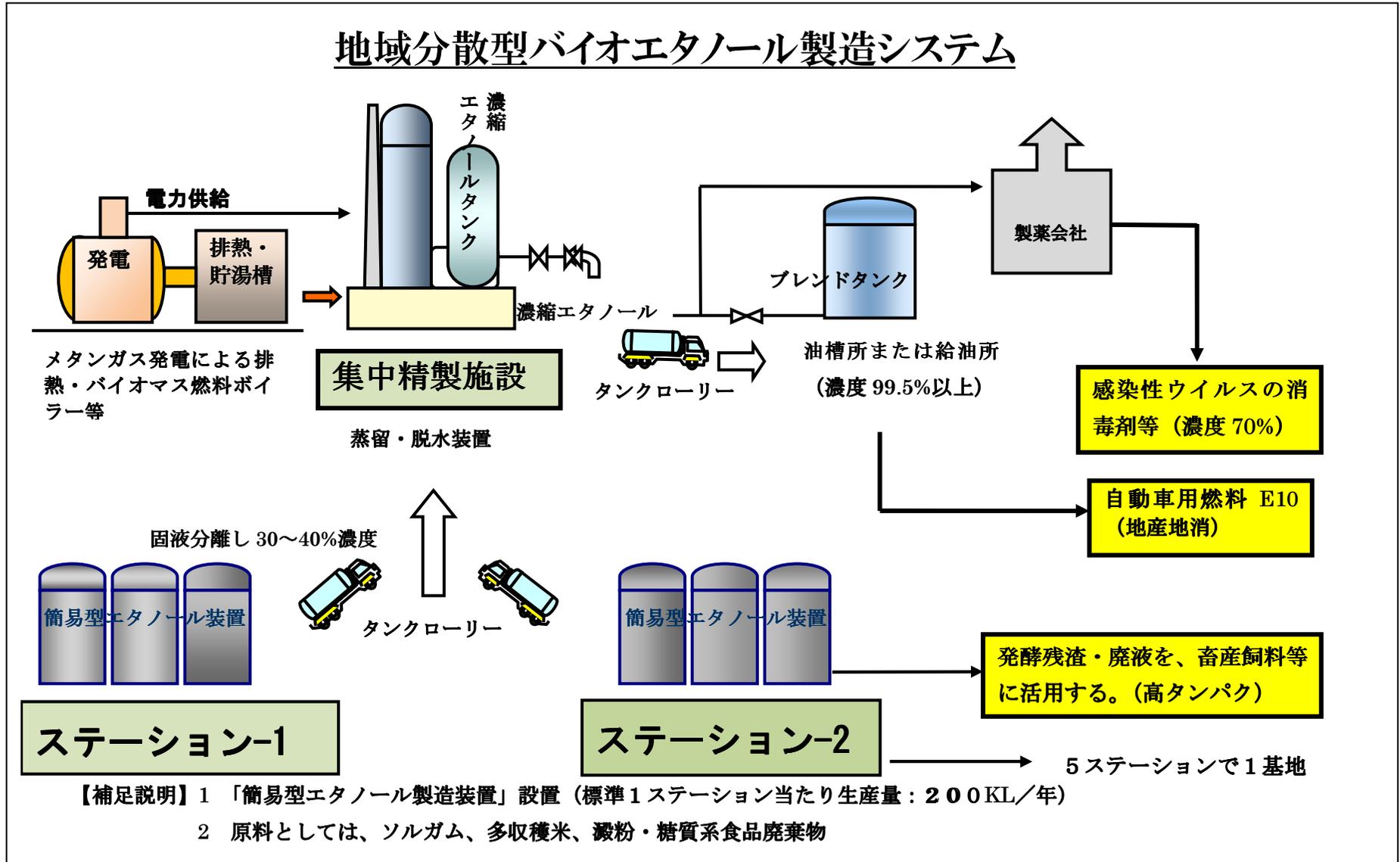
基地を構成する蒸留器、脱水器



図表 2 - 1 : 原料毎の発酵工程プログラム制御曲線



図表 2-2：地域分散型バイオエタノール製造システム



## 2.1.2 当社技術の強み

### (1) 多様な原料への対応が可能

原料が糖質系・澱粉質系のいずれにも対応でき、さらに栽培により生産する資源作物のみならず、食品廃棄物(廃棄されたパン、ヌードル、飯類、菓子類)、農業生産廃棄物(腐った果実、コーン類、芋類)にも対応できるものであり、小規模なものから中規模なものまで原料の収集量に応じたシステム構成ができる。

### (2) 中山間地や天水農業地帯の小規模農家への導入が可能

比国では天水農法による稲作水田が全国で凡そ 100 万 ha にも達する。また、中山間地での稲作ができない畑作地帯も多い。こうした地域の農家は耕作面積も少なく換金作物の導入も進んでいないことから所得水準が低い。比国政府は、こうした地域や天水農業地での乾季における水田裏作としてスイートソルガムの栽培普及を進めており、これにより農家の所得向上に貢献できる。

## 2.1.3 業界分析と当社の業界における位置付け

### (1) 日本国内の業界分析

日本国内では、平成 21 年頃には自動車用エタノールは混合燃料として使用していく機運が強かったが、ハイブリッドカーが普及して自動車用燃料の消費量が大幅に減少してきたこと、電気自動車が普及し始めたことおよび将来の水素ガス自動車の研究が進んできたことから、バイオエタノール混合燃料の普及熱が急速に冷めてきた感じがする。更に、先行のバイオエタノール製造会社が原料として使用している多収穫米の価格が高いことからバイオエタノール製造コストが高くなり、採算性に問題が生じてきている。さらに、バイオエタノール製造に対して国の生産目標・混合比率についての目標は定められているが、電力における再生エネルギーの買取り制度の様な明確な政策は打ち出されていない。

### (2) 比国の恵まれた事業環境

比国の場合には、2007 年に「バイオ燃料法」が制定され、自動車用燃油(ガソリン)にはエタノールの 10%の混合が義務つけられており、すでに全国のガソリンスタンドで販売されているガソリンは 10%の混合油 (E10) である。更に国産されたバイオエタノールはすべての石油元売り業者が買取することを義務付けている。NBB は毎月の砂糖とモラセスの価格を基にしてその買取り価格を決め公示している。2013 年 12 月のバイオエタノールの買取り価格は 49PHP/L で、ブラジルからの輸入価格は 31PHP/L 程度であった。比政府は、将来は必要なバイオエタノールをすべて国産化することを目指しており、砂糖製造業者等によるエタノール製造への参入が活発に議論されている。

### (3) 当社の位置付け

日本国内では、沖縄県の様な島嶼部の多い地域でのバイオエタノール製造普及を目指すとともに、産業廃棄物中の澱粉質系・糖質系の食品廃棄物を原料としてエタノール製造普及を目指している。更には、東南アジアの島嶼部への普及を目指している。

## 2.1.4 国内外の同業他社との比較

### (1) 簡単な構造とプログラム制御による生産の自動化

上述したように、澱粉・糖からバイオエタノールを製造する装置であり、また 1 基のタンクで原料の液化・糖化・発酵・固液の分離を行い、約 40%のエタノール製造までを「プログラム制御」により自動的に行う装置となっている。これにより、高品質、省力化、低コストが実現出来る。具体的には、

大規模化により製造コストの低減化を図る既存の他社製品に比べて、装置の建設費が 1/2～1/2.5 程度に安価となる。また、プログラム制御によりオペレーションコストの低減と製品の所定の品質確保が実現できる。想定するシステム価格は下表の通りである。

図表 2-3：簡易エタノール製造システムの価格

装置規模	発酵システム	蒸留・脱水器	総価格
タイプⅠ 製造量=130KL/年	51,530 千円	24,300 千円	75,830 千円
タイプⅡ 製造量=260KL/年	73,500 千円	25,200 千円	98,700 千円

(2) 蒸留・脱水熱源について

無水エタノールを製造するための「蒸留・脱水器」の熱源としては、地域に存在するバイオマスを燃料とするボイラー、バイオガスエンジン発電等の廃熱を利用する。

(3) 需要家の要望に応じたオーダーメイドの製造システム

バイオエタノールの地産地消を基本とする小規模のエタノール製造装置から、商業生産と販売を目的とする中規模のエタノール製造装置まで需要家の要望に応じた設計・製作が可能である。

(4) 新型脱水器エレメントの開発

今年度末に実施する日本国内での実証試験結果を確認して実機プラントでは山口大学との共同研究で開発した新型脱水機を使用していく計画である。この新型脱水器を採用すると蒸留装置が不要となり、エネルギー使用量を大幅に削減出来る見通しである。この装置は他社にはなく、簡易型エタノール製造装置で蒸留機能を利用して固液分離するため、不純物が除去され新型脱水器エレメント膜を通すことができる。当社の簡易型エタノール製造装置のみがこの新型脱水器に適用でき、他社の装置では適用できない。

## 2.2 当社の事業展開方針と準備状況について

### 2.2.1 当社の事業展開方針

(1) 全体システムの構築と機器のオーダーメイドでの設計・製造

地域分散型バイオエタノール製造システムを設置しようとする地域での原料生産地の点在状況(耕地面積、資源作物の種類)、原料生産量、土壌調査、水質調査、熱源調査(既設、新設、太陽熱利用と貯湯槽新設)、発酵装置・中間製品貯蔵槽の規模と装置据付け場所選定等を行うと同時に、中間製品生産可能量を決定しシステムの基本設計を行う。この基本設計に基づき各装置の設計を行い、装置の製作を行う。

(2) ワンストップサービスによる導入

地域分散型バイオエタノール製造システムを設置する場合は、その地域で栽培する資源作物品種の種子の最適化を図る。栽培する作物に適した土壌改善策、施肥計画を決めて生産性向上を図るとともに、その地域でのエタノール生産規模を決め、装置を設計・製造・据付を行う。さらには、原料品種その地の気象に適した酵母の選定を行い提供していく。

(3) CO2 低減を念頭においた設計

設備設計にあたっては、CO2 削減に寄与すべく、バイオマス燃料、太陽熱を極力使用し省エネルギー技術を採用する。

#### (4) 持続的なメンテナンスと酵母供給体制

地元企業の協力を得て、保守管理体制と継続的な酵母提供体制を構築する。

#### (5) 生産物・副産物の多様化に向けた共同研究

バイオエタノール製品及び製造過程での副産物としては、自動車用燃油のほかに医療用の用途(消毒剤)、農業用の用途(土壌の還元消毒を行うことで連作障害を防ぐ、発酵残渣・廃液は畜産用飼料あるいは肥料として使用する)等多様な事業化が可能であり、エタノール事業者と共同研究を行う。

### 2.2.2 これまでの準備状況

#### (1) 簡易型エタノール製造装置の開発

特定非営利活動法人しまねバイオエタノール研究会((株)IBコンサルタント代表取締役和泉敏太郎が理事長を兼務)が経済産業省の平成21年度低炭素社会に向けた技術発掘・社会システム実証事業に「簡易型エタノール製造装置の開発とエタノールサイクル構築」事業を応募し、同事業の委託を受けて「簡易型エタノール製造装置」を開発し、地域分散型バイオエタノール製造システムを構築した。

#### (2) 産業廃棄物業者との共同研究

平成22年鳥取県の産業廃棄物業者(三光株式会社)と共同研究を実施し、澱粉質系食品廃棄物を原料とする発酵試験を実施して食品廃棄物の再利用に見通しを付けた。同時に「簡易型エタノール製造装置」の建設・運転コストについて評価を行った。

#### (3) 比国政府からの依頼を受けたスイートソルガムの発酵試験

平成23年(2011年)6月に比国の「国家スイートソルガム委員会」会長からの依頼を受けて、同国イロコスノルテ州バタク市のバパミン農協で製造したスイートソルガム搾汁液濃縮液60kgを「簡易型エタノール製造装置」(島根県松江市島根県産業技術センター内に設置)まで輸送し、同装置によりエタノール製造試験を行った。

#### (4) 沖縄県地元企業が行うエネルギー基盤事業への協力

平成24年、沖縄県の企業アースノート、東京大学、東京農工大学、名古屋大学と研究共同体を組み、沖縄県の「亜熱帯・島嶼型エネルギー基盤技術研究事業」補助事業として、スイートソルガムについて、多収穫、高糖度で、耐倒伏性の品種のハイブリッド種を開発し、沖縄に適した種子の開発を行った。この一環として「固体発酵対応型簡易バイオリアクターシステム」を設計・開発・製造し、沖縄県金武町堆肥センター敷地内に設置した。こうした研究開発の結果をもとに、各方面の協力を得て土地にあった種子改良、土壌改良、及び施肥計画の提供、酵母の継続的な提供について知見を得た。

#### (5) 新型脱水器の開発

平成25年、山口大学との共同研究により新型脱水器エレメントを開発しており、今年度末に実施する実証試験結果を確認して実機プラントで使用していく計画である。この新型脱水器を採用すると蒸留装置が不要となり、エネルギー使用量を大幅に削減出来る見通しである。

## 2.3 当社の海外進出による日本国内地域経済への貢献

### 2.3.1 国内における雇用への影響

当社が開発した地域分散型エタノール製造システムは第2章2.2.1の事業展開方針の(1)で述べた様に、本設備を設置しようとする地域での調査が必要なこと、簡易型装置でありそのコストが安価なことから大企業が参入しにくい領域・プラントであることから、中小企業で小回りの利くプラントメーカーに限られてくる。またこのプラントに使用する基幹部品も中小企業で作っているものが殆どで

ある。当社の地域分散型エタノール製造システムの開発や基幹部品を日本国内で製作することは中小企業の活性化と雇用拡大につながる。

「地域分散型エタノール製造システム」の「ステーション」を構成する主な機器は、「簡易型エタノール製造装置」である。これは熱制御装置付の発酵タンクである。この発酵タンク容量は 8m<sup>3</sup> 程度であることから、地域分散型エタノール製造システム構成には数多くの熱制御装置付の発酵タンクを製造する必要がある、日本国内各所、特に島根県内各所で製造することになる。将来、比国でこの装置を製造出来る技術を習得したとしても、新型脱水機製造技術については当社グループが技術的ノウハウを所有していることから、この部分については将来とも日本国内、特に島根県内で製造を行う事としている。また、発酵酵母については、日本国内の専門商社と島根大学生物資源科学部の協力により最適なものを選定している。この酵母の販売等についても、当社からの販売により多少なりとも地域経済への波及があるものと考えている。

### 2.3.2 当社が所在する地域の産業振興策との関連性

地域分散型エタノール製造システムは、機械・電気製品のみならず発酵技術が重要であり、地元島根大学生物資源科学部とは発酵技術及びエネルギー資源作物栽培技術について平成 19 年以来、共同研究を行っている。

また、山口大学大学院理工学研究科との共同研究で開発している新型脱水器エレメント・モジュールについては地元企業の協力を得て基幹部品の生産や製品化を進めており、地域の産業活性化に寄与するものとする。さらには、比国で当社の地域分散型エタノール製造システムが普及されていけば、地元企業での基幹部品の生産も拡大し地元産業界の振興・活性化にもつながる。これらの取り組みは、まさに、島根県が産業振興のキーワード「地産池消」、「産学連携」、「研究開発」、「貿易促進」、「知的財産の促進」に合致している。

### 2.3.3 その他、地方自治体、地域の研究機関や大学との連携の可能性

バオエタノール生産事業は、生産装置としての機械・電気製品の製造事業だけでなく、原料の特性とそれが栽培される土壌・気象を十分配慮する必要がある。さらには、発酵においてもその地域の気候等に影響を受けることを考慮して技術確立をすることが必要であり、島根産業技術センター、島根大学生物資源科学部、JA 全農しまねの協力を得て、地域分散型エタノール製造システムを構築してきた。

今後、海外へ事業進出するにあたっては、海外進出する地域に適合する原料の種の選抜・品種改良が必要となる。更には、発酵残渣・発酵廃液等を利用した肥料製造及びその施肥計画まで確立することが肝要と考えている。このため、今まで協力を戴いた機関・大学の協力はもとより、東京大学大学院農学生命科学研究科の協力を戴くことにしている。

## 2.4 当社が想定する事業の仕組み

### 2.4.1 流通・販売計画（販路の確保状況、販売方法、販売網の構築）

今回の比国での地域分散型エタノール製造システムに関する案件化調査の結果、バイオエタノールの国産化率は 20～25% であり、今後、国産化率を 100% まで伸す計画である。またバイオエタノールのガソリンへの添加率は、7 年後には現在の 10% から 20% になる予定であり、将来はさらに添加率を上げ

る予定となっている。この調査の結果から地域分散型エタノール製造システムを導入したいというニーズは二つあることが分かった。

### (1) 天水農地におけるスイートソルガムの栽培促進

比国内では、雨期と乾季にはっきり分かれている地域では雨期に天水農法による稲作を行い、乾季には裏作として、葉タバコ、野菜等を育てている。2007年に農業省を中心とする「国家スイートソルガム委員会」を発動させ、この委員会の会長に北イロコス州のマリアノ・マルコス州立大学の副学長であった Dr. Heraldo Libed Layaoen が就任された。この委員会では、雨期・乾季がはっきりと分かれている地域でスイートソルガムを栽培してバイオエタノール製造に繋げるという方向性が示された。これを受けて地元の BFC がスイートソルガムの試験栽培を行い、搾汁液を発酵させて約 10%程度の低濃度エタノールを製造し、ビネガー、化粧品用アルコールを作って販売している。また搾汁液は糖蜜化してシロップを製造している。現状ではスイートソルガムを栽培してもエタノール製造装置がないので、それ以上のことは出来ていないのが実態である。

小規模のスイートソルガム栽培地が点在する地域では、栽培地の近くに簡易型エタノール製造装置（発酵槽）を置いて約 40%程度のエタノール中間製品を製造し、最終的に蒸留・脱水工場に運んで無水エタノールを製造する「地域分散型エタノール製造システム」が適している。その理由は、搾汁液を工場に運んで発酵するまでの間に雑菌・バクテリアにより糖が浸食され、糖度が時間経過とともに低下するためである。こうした地域でのバイオエタノール製造では、地元行政機関が掲げる地元農業者と地域の産業振興と云う政策に沿ってきめ細かく協力して行くことが肝要と考える。当社のワンストップソーサードサービスによる事業展開によりスイートソルガム栽培による農家の所得増加だけでなく、発酵残渣を肥料等に利用することにより水田稲作の栽培収率向上につながる様に協力していくことも重要である。

### (2) 製糖工場でモラセスからのエタノール生産への対応

砂糖王国のネグロスでも 2015 年の ASEAN 経済統合を控えて、砂糖だけ生産する従来の考え方から農業の多様化を進めている。農業省事務次官の Segfredo R. Serran, Ph Dr もしきりに砂糖生産について今後の競争激化について懸念していた。また、フィリピン製糖工場協会（Philippine Sugar Millers Association (PSMA)）との会議においても、同様な問題意識を持っていることが確認された。サトウキビからエタノールを製造する場合、サトウキビ栽培地から製造工場まで原料を運搬するようなケースでは糖分低下により十分なエタノール製造が出来ていない。PSMA や製糖工場経営者からは、サトウキビ栽培地に近いところに当社の簡易型エタノール製造装置を設置してエタノール 40%濃度の中間製品を製造し、それを製糖工場に設置してある脱水装置で無水エタノールにすることは有効な解決策になるという考えが示された。これは、製糖工場に設置された脱水機の能力に余裕があることと、サトウキビの収穫後に雑菌等による糖質浸食が起これば十分なエタノールが製造出来ないという実態がその背景となっている。このため当社の「地域分散型エタノール製造システム」のうち、簡易型エタノール製造装置（発酵装置）を製糖工場等にある既存の脱水装置と組み合わせる事業展開も有望である。

### (3) 当社の製造システムの比国全土への普及

比国が関連法規の整備を行い、バイオエタノールの開発を支援しているにも拘わらずその自給率が低い理由としては、①DOE によりフィリピンエネルギープラン（Philippine Energy Plan 2012-2030）という上位計画は策定されているが、バイオ燃料の開発に係る支援策を含む具体的な行動計画が策定されていない、②原料作物のひとつであるスイートソルガムの開発を推進する NSSP も詳細が規定され

た体系となっていない、③スイートソルガムの栽培とバイオエタノールの商業的な生産については、大学等の研究に止まり採算性が実証されていない、④比国農家の経営規模は小さく、簡易型バイオエタノール製造装置でも自費で購入するような資力は無く政府による融資制度も導入されていない、などが挙げられる。本調査を通じ分かったことは、「単にバイオエタノールの発酵槽や脱水機を比国内に販売するだけではバイオエタノールの普及は大きく進展するのは難しい」ということである。エタノールの原料作物であるスイートソルガムの植付け、栽培方法、施肥方法、収穫方法、に始まり発酵や脱水などの技術指導まで全ての工程をきめ細かく指導する必要がある。こうした一連の事業のすべてを一民間中小企業が実行するのは不可能である。

かかる状況を勘案し、当社としては政府系国営企業である PNOC-AFC 及び PADCC と共同事業体を組むことにより、当社のバイオエタノール製造システムを比国全土に普及させて行くことを検討している。このため、将来には PNOC-AFC 及び PADCC と会社組織を比国内に作る事が重要な経営戦略となる。また、ただ単に製造装置を販売するだけでなく、当社がスイートソルガムの栽培支援や酵母の提供までのワンストップサービスを提供することが重要な営業戦略となる。即ち、第2章 2.5.1 の項で述べるように比国関連国営企業と共同で設立する「国際共同事業会社」の統合本部が、SRA が定めたバイオエタノール製造計画 Road-Map に沿って地域分散型エタノール製造システムを比国に設置する計画を策定し、順次実施していくことが重要である。そのためには、製造システムのコスト低減化を図るとともに、円借款の供与とともに出資可能な商社等の参画や海外投融資の申請などを検討していくことが肝要である。

比国での案件化調査の結果、当社が開発した「地域分散型バイオエタノール製造システム」の普及に関しては二通りの販路が考えられる。

1) 現在バイオエタノールを製造している会社は、その殆どが、砂糖キビを原料としている。こうした工場は、原料栽培地との距離が離れている場合が多く、収穫・輸送に時間を要する場合が多い、この間に原料の糖分が雑菌やバクテリアに浸食され、エタノール生産効率が悪くなる。こうした工場経営者は、図表 2-2 に示すように栽培地近傍にステーション（「簡易型エタノール製造装置」を数基設置する）を置くことにより、原料の糖分が雑菌やバクテリアに浸食される被害を抑えて、エタノールの中間製品を製造し、それを工場に輸送して、無水エタノールを製造することについて、大変興味を示している。

実証試験により、結果を出せば、そのニーズが大きくなると思われる。従って大規模なエタノール工場に対して、「地域分散型バイオエタノール製造システム」のうち、「簡易型エタノール製造装置」を既存のエタノール製造工場経営者へ販売を働きかける。（比国の Sugar Regulatory Administrations(SRA) が計画している Sugarcane Industry Road-Map (2011-2016) を達成できる様、SRA と連携して進める）

2) 大規模農業者に対して、エタノール中間製品製造所としての「ステーション」を共同設置する様、働きかける。このためには、天水稲作農業の裏作として、スイートソルガムを栽培するにあたって、ソルガム種子の選抜を行うと共に将来は、品種改良をおこない、高糖度・高収穫ソルガムの開発を図る。また、ソルガムバガス及び発酵残渣・廃液から、稲作用肥料を調製し、米の収穫量増加を図り、農業者の収入増に繋がる様にする。その結果が出れば、販路が開け普及すると考える。

## 2.4.2 市場規模、需要の見通しについて

今回の案件化調査において原料として糖質系バイオマスを使用する場合、一カ所に集中する大規模生産工場では原料の劣化をどのくらいに止めるかが問題であり、特に原料生産地が分散している場合は当社の「地域分散型エタノール製造システム」が最適な装置ではないかと考える。さらに、当社が提案する装置は大企業では販売価格が廉価であることから参入しにくいこともあり、装置の適性を考慮すれば比国市場で認められればかなりの部分を占めることができると考える。

図表 2-4 : Projected Bioethanol Blending

Year	Target Blending	Gasoline Demand (ML)	Bioethanol Req' t (ML)
2013	10%	3,813.13	381.32
2014	10%	3,839.31	383.93
2020	20%	4,328.87	865.77
2025	20%	4,712.28	942.46
2030	20%/85%	5,084.05	1,01.81

出典：フィリピン大学ロスバニョス校プレゼン資料

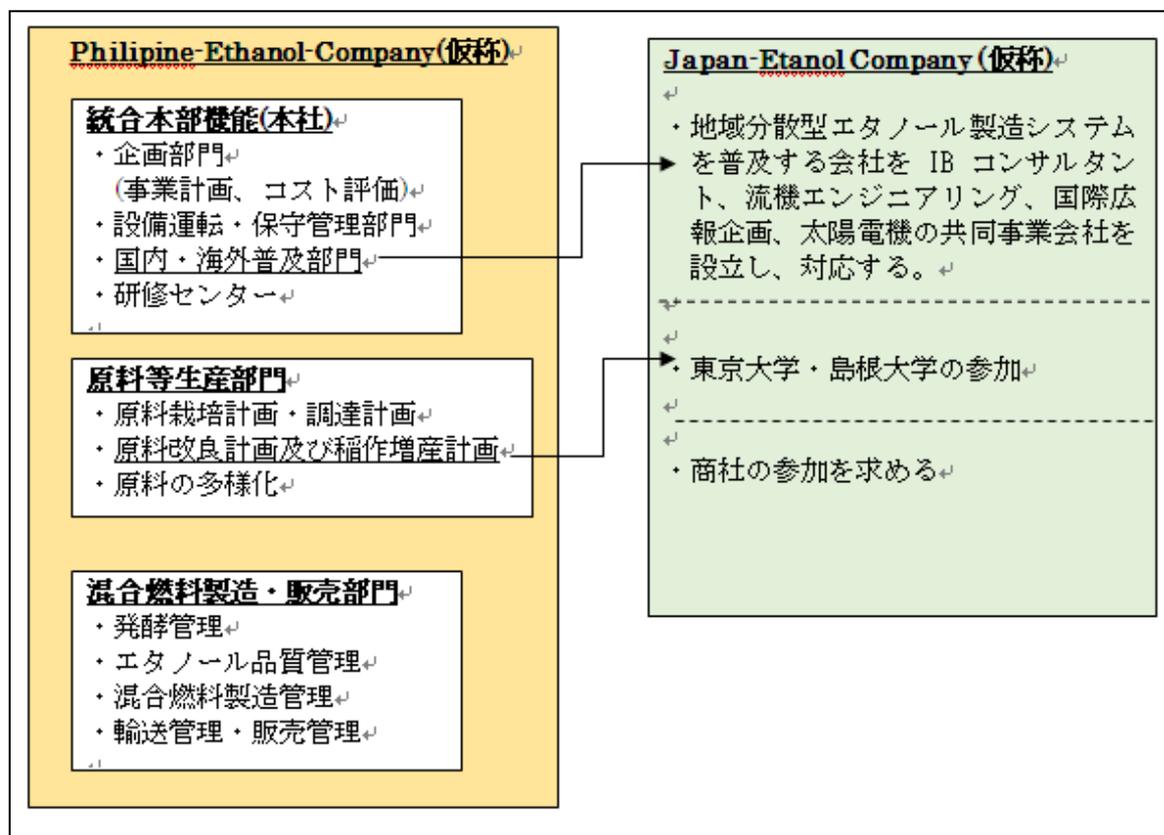
簡易型エタノール製造システムの規模を 10,000KL プラントと想定すると 2014 年時点で約 25 地点に設置需要がある（現在、国産率は約 25%である）。

## 2.5 当社が想定する事業の実施体制、具体的な普及経向けたスケジュール

### 2.5.1 事業の実施体制

当社の事業展開方針は、第 2 章 2.2.1 で述べたように、単的に言えばオーダーメイド設計とワンストップサービスであり、きめ細かい対応を行うことを基本としている。従って、事業実施体制はこれに沿ったものを想定している。また関係組織の了承を得て整理したものである。当初は、ODA 案件の具体的提案として「民間提案型普及・実証事業」を約 2 年間実施した後、それ以降については比国内のカウンターパート機関を実施主体として発足させる。この会社のエタノール開発計画をもとに、当社の「地域分散型エタノール製造システム」を比国内全域に普及させる。計画している国際共同事業会社の事業実施体制は下記の図表 2-5 に示すとおりである。

図表 2-5: 国際共同事業会社の構成と実施体制



この事業形態において、東京大学としては当面、比国農業関係の技術者を受け入れることも可能であるとしているが、原料作物の品種改良を実施するために将来、更に共同事業体に参加・出資についても、検討したいとしている(大学内で事業計画審査あり)。

### 2.5.2 現地パートナーの確保状況および見通し

実証実験に関連すると思われるエネルギー省とその傘下にある PNOC-AFC 及び農業省とその傘下にある PADCC と精力的に協議を行い、本調査の次のステージとして考慮されている独立行政法人国際協力機構 (JICA) による「民間提案型普及・実証事業」の実施に係る共同調査プロジェクトに関する覚書 (Minutes of Understanding (MOU)) の原案を作成した。本 MOU については、上記の両国営企業により署名された後、DOE と DA の関係者が証人 (Witness) として署名する予定である。

### 2.5.3 普及・販売等に関する具体的なスケジュール、課題など

比国で地域分散型エタノール製造システムを普及させるにあたり、当初の出発点としては上記の「民間提案型普及・実証事業」への応募と実施を考えており、それを前提とした今後のスケジュールを以下に示す(図表 2-6 参照)。

図表 2-6：「民間提案型普及・実証事業」以降の事業展開スケジュール

項 目	2016	2017	2018	2019	2020
1. 「民間提案型普及・実証事業」 (最終年=2016年)					
2. 国際共同事業会社設立(関係者協議・調整)					
3. 原料改良計画実施 -----					
発酵廃液肥料化による稲作収穫量増加 -----					
4. 実用規模(10,000KL/年クラス)設計・建設 -----					
・効率化策(原料の高収穫・高糖度、高搾汁率、 高発酵効率) -----	←-----→				
・CO2削減/二国可取引 -----	←-----→				
・高効率発酵 -----	←-----→				
・高効率な糖蜜化方式採用 -----	←-----→				
5. 地域分散型エタノール製造システム					
・比国国内民間への普及 -----					
・比国国内建設計画(普及計画) -----					
・海外建設計画(海外輸出) -----					
6. 混合燃料の製造・販売の合理化					

基本的には、国際共同事業会社設立後に SRA が作成した Sugarcane Industry Roadmap(2011-2016) に沿うような開発計画を策定し、国内へ地域分散型エタノール製造システム普及を図る。同時にこのシステムは島嶼部に適していることから、東南アジア近隣諸国への展開を行う。

## 2.6 新たな事業展開にともなうリスクへの対応策

### 2.6.1 新たに顕在化したリスク

当初、案件化調査実施前においては、リスクとして a. 装置製造のための資金繰りの問題、b. 現地の顧客の信用問題、c. 輸出にあたっての役務の問題、があると考えていたが、案件化調査実施後においてはカウントパートナーとして PNOC-AFC 及び PADCC との共同企業体としてバイオエタノール製造を進める場合は、a. b. の問題については心配ない。また c. については酵素・酵母、種子を輸出する際、税関・検疫が厳しく、特に酵母については、生きた菌であるため、比国私企業へ輸出する場合は非常に難しいが、カウントパートナーが比国のエネルギー省、農務省の公的機関であることから、手続き上の困難さは、緩和されると考えられる。

### 2.6.2 新たに顕在化したリスク及びその対応方法など

澱粉質系の原料に対応できる様、装置の設計変更等の対応をしておく。原料としては、キャッサバ(茎部) とカモータ(イモ) から澱粉をとり、これを原料とする。

## 第3章 当社製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動

### 3.1 当社製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の概要

#### 3.1.1 当社製品の発酵性能について

当社の「地域分散型バイオエタノール製造システム」の核となる「簡易型エタノール製造装置」の発酵性能がこの事業の有効性を左右することになるため、澱粉質系原料と糖質系原料について、それぞれ数種類の原料にて試験を実施した。以下に、発酵性試験の概要を示す。

#### (1) 発酵性能試験の内容及び手法

##### 1) 実用規模での試験

一般的に発酵試験は試験管試験・フラスコ試験等のラボ試験で発酵試験を行うのが通例である。ラボ試験の結果を実際のプラントに適用する場合は、必ずしも一致しない場合が多い。こうした事情から多くのプラント建設を手掛けた会社では、プラント建設後の試運転(発酵試験)で多くのデータを採取するのでその会社のプラントに対するノウハウデータを多く持っている。一方、当社は、福島県岩瀬郡鏡石町に「福島バイオエタノール試験研究製造所」を設置しており、この研究所には、第2章2.1.1の項にて説明している約300Lの実用規模の「簡易型エタノール製造装置」設置しており、これを使用して試験を行っているため、実際のプラント性能を正確にシュミレーションしている。

##### 2) 試験内容

発酵試験は、糖質系原料と澱粉質系原料について実施した。なお糖質系原料とは、砂糖キビ、スイートソルガムを云う、これらの作物は、茎の搾汁液に糖分（砂糖キビの場合は、しょ糖、スイートソルガムの場合は、果糖）を含んでおり、これを原料として発酵出来ることから、糖質系原料と呼ぶ。澱粉質系原料は、スイートソルガムの子実、米、芋類、キャッサバ等の澱粉を、酵素を入れて糖に変換（一般にグルコース糖になる場合が多い）し、その糖を原料として発酵できることから澱粉質系原料と呼ぶ。

#### ① 糖質系原料の発酵試験

- ・発酵槽内の温度を90℃にし、約10分間保持して、槽内の殺菌を行う。その後、原料である比国産のスイートソルガムの搾汁液または糖蜜を発酵試験用に水と調製して、発酵槽内に入れて、制御盤に組み込まれている制御曲線（図表3-2：原料毎の発酵工程プログラム制御曲線）の糖質系制御曲線に従って、設定温度を30℃にする。
- ・酵母菌（あらかじめ、日本国産スイートソルガムを使用して選定した酵母）を発酵試験用に調製した試料（糖質原料の場合、水と調製したもの約60kg、澱粉質原料の場合、水と調製したもの約100kg）の約0.3%入れて、ゆっくりと攪拌しながら約二日間かけて発酵させる。
- ・定期的に発酵槽内の発酵液をサンプリングして、エタノール濃度を測定し、発酵速度を評価する。発酵濃度が平衡になった時（前のサンプリングと今回のサンプリング時のエタノール濃度が殆ど変わらない）が発酵速度0である。この時点で発酵完了となる。
- ・発酵完了後、発酵槽内には、エタノールと発酵残渣がもろみ状態で存在している。このため、発酵槽内を弱真空にして加温し発酵残渣とエタノール、発酵廃液を分離している。（固液分離と云う）抽出されたエタノール濃度は30v%～40v%になる。

#### ② 澱粉質系原料の発酵試験

- ・基本的には、糖質系原料と同じであるが、澱粉原料を約90℃にして、液化酵素を注入して保持し、澱粉

を液化する。その後、温度を下げ糖化酵素を注入して、液化した澱粉をグルコース糖にする。このグルコース糖を発酵させる。

## (2) 試験の回数と評価方法

### 1).発酵試験回数と試料

発酵試験の試料と試験回数は以下のとおりである。

図表 3-1:発酵試験の試料と試験回数

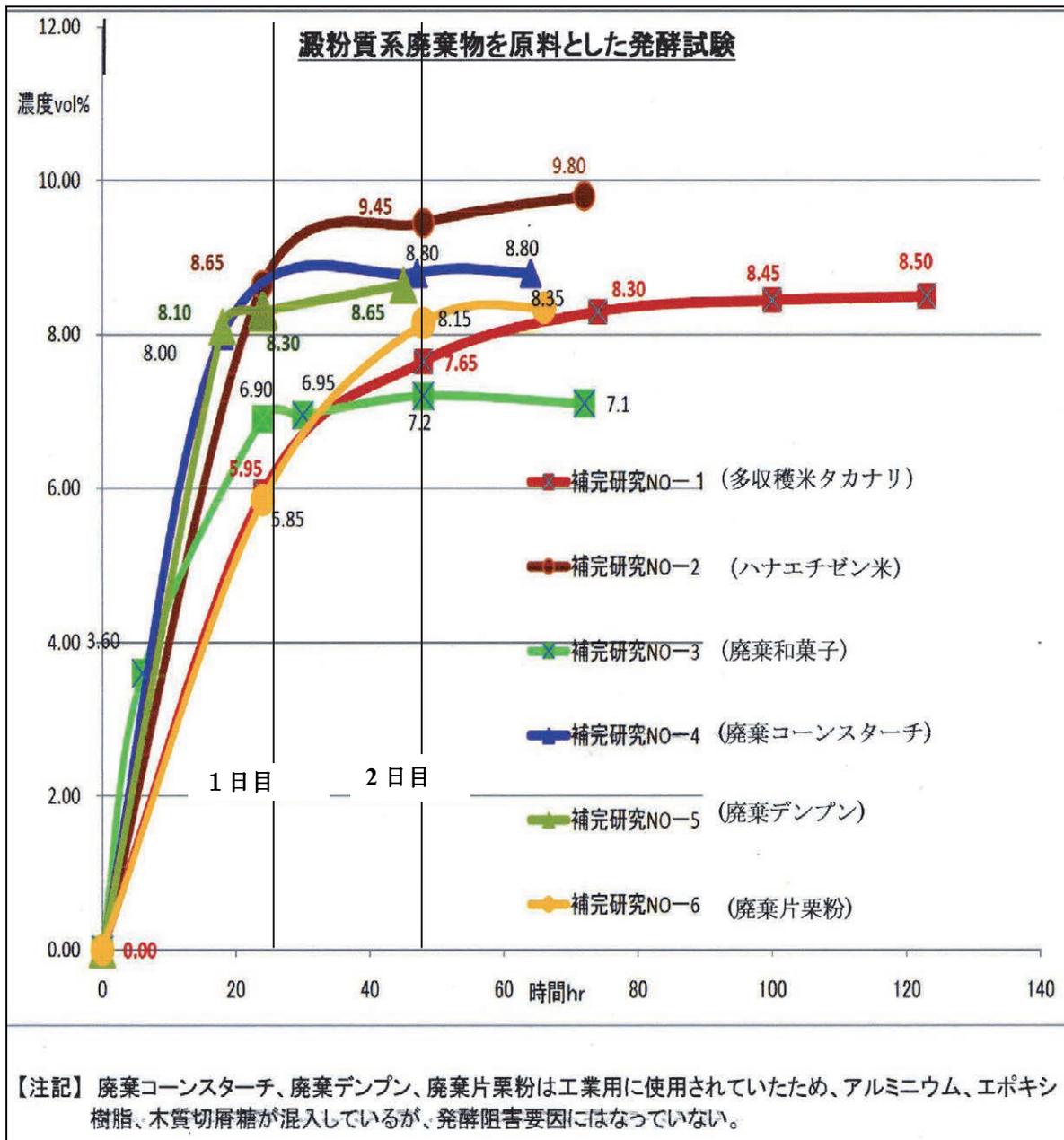
試料名	試料の糖度 (Brix%)	回数試験	備考
糖質試料-1 (スイートソルガム茎の搾汁液)	19.9	1回	搾汁液を 80°C にして 5~10 分間消毒したもの
糖質試料-2 (スイートソルガム糖蜜を水で調製したもの)	11.9	1回	糖蜜とは、搾汁液を煮詰める等により、水分を飛ばして糖度を高くしたもの
糖質試料-3 (スイートソルガム糖蜜を水で調製したもの)	24.0	1回	糖蜜とは、搾汁液を煮詰める等により、水分を飛ばして糖度を高くしたもの
澱粉試料-4 (スイートソルガム子実を粉にして水と調製したもの)	18.0 (澱粉を糖化した後の糖度)	1回	子実の粉を酵素により糖化して発酵させる

### 2) 評価方法

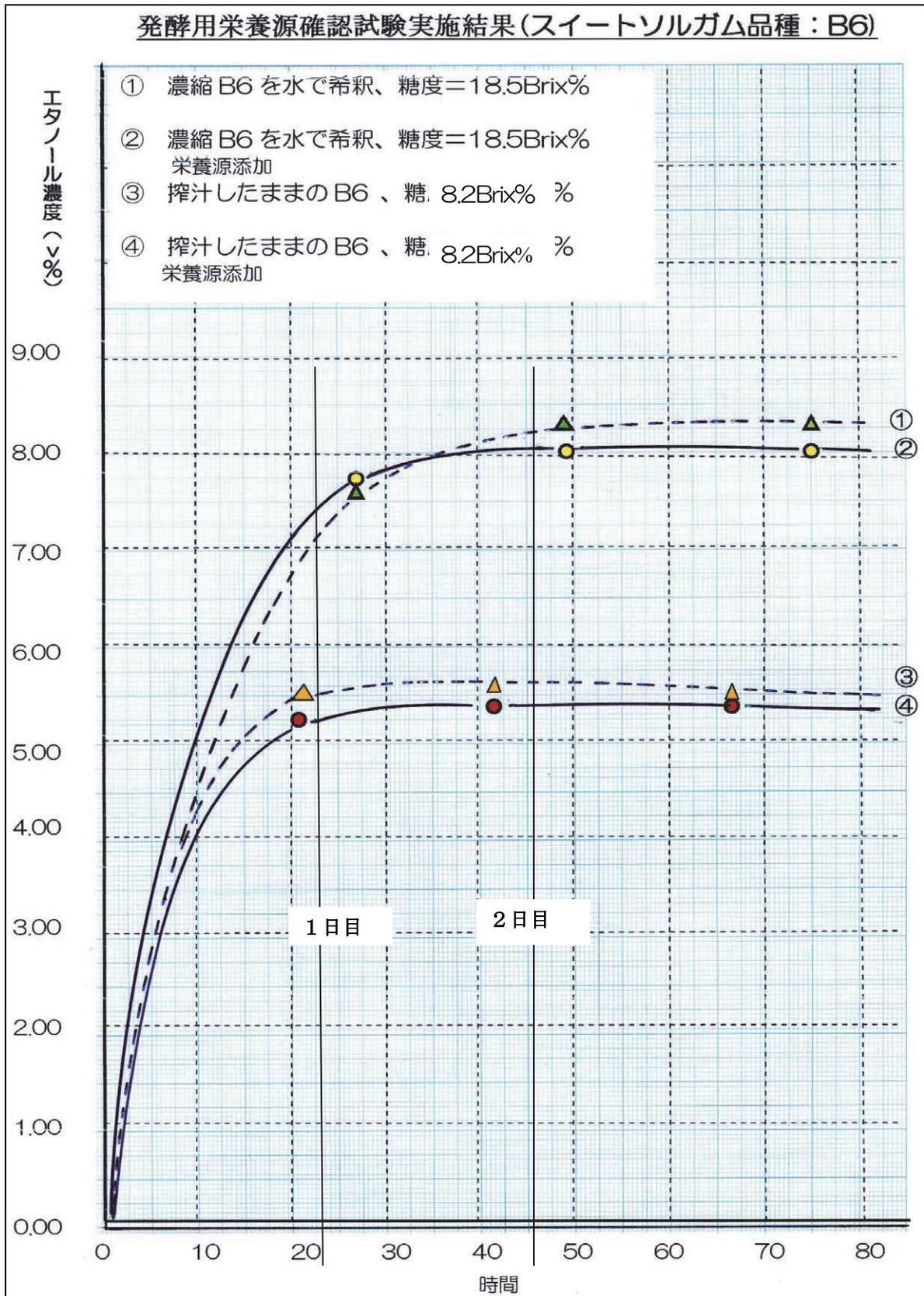
- ・理論的な発酵効率として 0.51 を目標とする。エタノール濃度測定誤差があるので、正式には国の認定機関で分析する。
- ・発酵が約二日で終了する（これまでの実証試験データを参考とする）。  
当社で蓄積したデータ、図表 3-2 澱粉質系原料の発酵試験結果、図表 3-3 糖質系原料の発酵試験結果を参考にして判断する。

例えば、同じ糖質系原料であっても糖質以外に含まれる物質が発酵阻害要因になることもありうるので、原料を選定することは肝要である。スイートソルガムを搾汁して発酵試験を行う場合、ソルガムの場合は葉を含めて搾汁したものを原料として発酵試験を行っても全く発酵しないことが分かった。このように全く発酵しないケースであれば発酵阻害要因はすぐ判明するが、発酵効率が低下するだけの場合は阻害要因を突き止めるのは難しい。澱粉質系原料の発酵試験結果を図 3-2 に示す。全ての発酵は、1~2 日で終了している。沖縄で栽培した原料を使用した糖質系原料についての発酵試験結果を図表 3-3 に示す。すべての結果は 1~2 日で終了している。

図表 3-2：澱粉質系原料の発酵試験結果



図表 3-3: 糖質系原料の発酵試験結果



### 3.1.2 比国産スイートソルガムを原料とする実証試験結果、適合性検証

#### (1) 比国産スイートソルガムの調達

実証試験で使用する簡易型エタノール製造装置は大きく比国へ移設するには多額の費用が掛かることから、比国で栽培したスイートソルガムを発酵試験の原料として調達し日本へ持ち帰り、「福島バイオエタノール試験研究製造所」で発酵試験を実施した。購入した原料は図表 3-4 の通りである。

図表 3-4：発酵試験原料

原 料	形 態	購入量
スイートソルガム (茎)	搾汁液 (加温) 17Brix%以上とする	120kg
スイートソルガム (茎)	糖蜜 (加熱) 80 Brix%以上とする	60kg
スイートソルガム (子実)	粉体	30kg

#### (2) 比国産スイートソルガムの輸入と検査

比国産スイートソルガムの輸入にあたっては、十分な殺菌を行うと共に輸送期間中は可能な限り、細菌の活動を低くおさえるため、20℃～25℃に抑えるよう努めた。福島バイオエタノール試験研究所に到着した比国産スイートソルガムを検査した結果、搾汁液の一部が発酵していた。

#### (3) 発酵試験 (平成 25 年 10 月 17 日～11 月 26 日) の結果

図表 3-5：発酵試験結果

試験 CASE	糖度 (Brix%)		発酵終了時	
	初 期	発 酵 直 後	エタノール濃度 (v%)	発酵効率 (エタノール濃度/初期糖度)
CASE-1	19.9	11.7 (消費量 8.2)	5.4	0.27
CASE-2	11.9	6.3 (消費量 5.6)	4.5	0.38
CASE-3	24.0	13.7 (消費量 10.3)	9.0	0.38
CASE-4	18.0	6.0 (消費量 12)	9.5	0.53

#### (4) 試験結果の評価

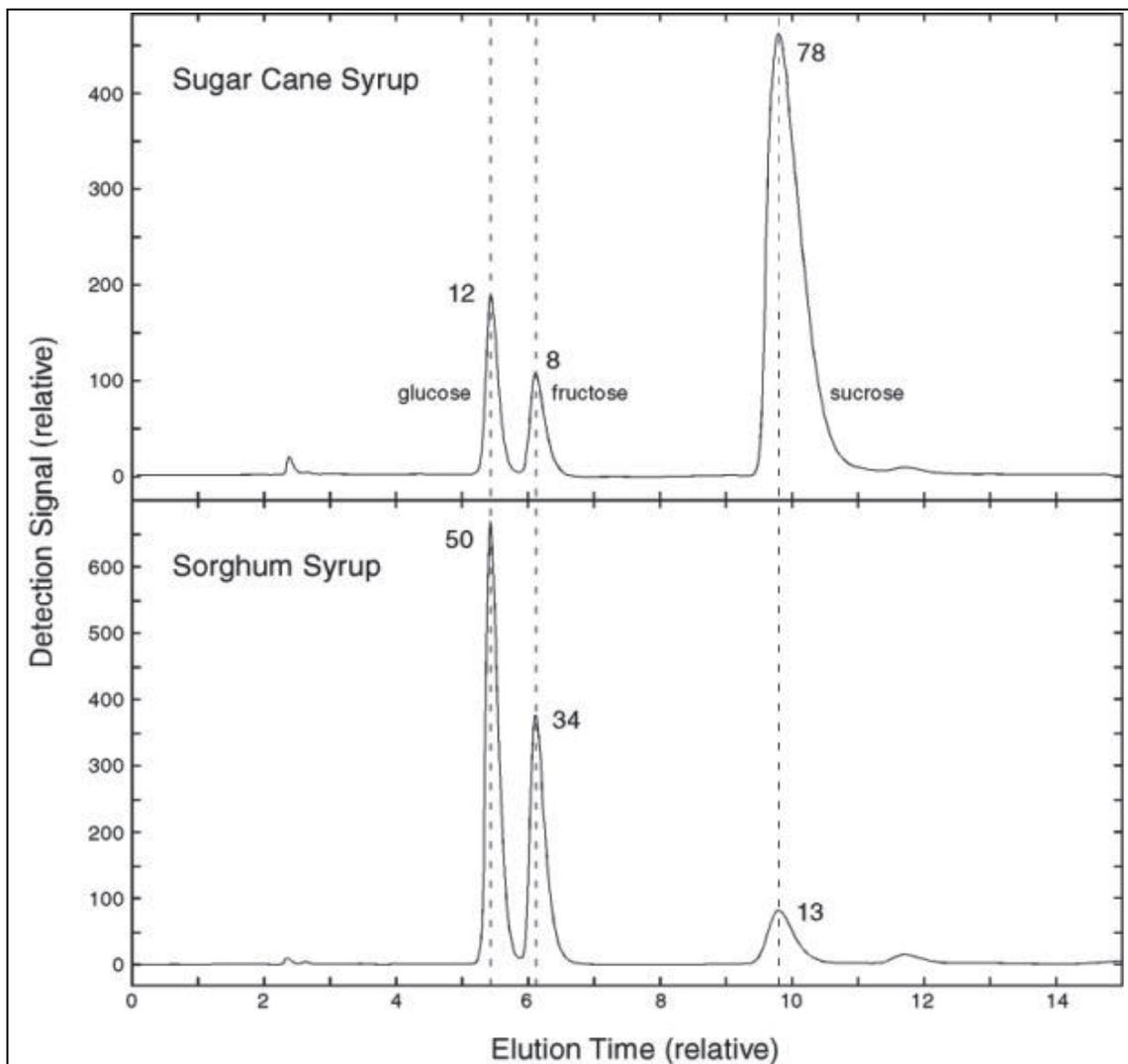
試験結果は上記の図表 3-5 に示す通りである。図化したものを図表 3-9 に示す。

- CASE1～CASE3 までは糖質系原料であるが発酵効率が良くない (発酵効率 0.27～0.38)。一方、CASE4 は澱粉質系の原料である。発酵効率が非常に良い (発酵効率 0.53)。この違いは糖質系原料と澱粉系原料の違いというだけではない。
- 糖質系原料では、搾汁直後に殺菌して雑菌やバクテリア等に浸食されるため、糖密化される。また、雑菌やバクテリア等に浸食糖度が低くなることを防ぐための高温殺菌を行っている。スイートソルガムでは果糖

(Fructose)が多い。一方、果糖は約80℃に長時間さらされると分解することが知られており、短時間の殺菌であればよいが、糖蜜化するために高温で長時間熱すると果糖が分解したりして、発酵しにくい糖に変化しているものと推定できる。

なお、発酵結果の評価方法についての説明は 第3章 3.1.1 (2) の2)に記載の通りである。

図表3-6： Sugar Cane Syrup と Sorghum Syrup の糖の分析結果



- 3) 澱粉質系のソルガム子実は粉体にして液化・糖化して発酵を行うが、糖化では最も発酵しやすい Glucose 糖に転換される。またこの Glucose 糖は安定している等の理由から、発酵効率が非常に良い結果となっている。
- 4) Sugar Cane では蔗糖 (Sucrose) が多く含まれておりいわゆる砂糖である。廃糖蜜には、図表 3-2 から分かるように Glucose と Fructose が残っており、発酵原料として使用できる。
- 5) スイートソルガムを糖蜜 (Syrup) とした場合は褐色をしている場合が多い。これはアミノカルボニールとカルボン酸の反応で褐変物質を作るとされている。このような褐変現象を呈している場合は少なからず発酵効率が低下する場合が多いので、糖蜜を作る場合は真空引きして低温で糖蜜を作るのが良い (白糖蜜)。

(5) 適合性の検証について

1) 澱粉質系の発酵試験結果

上記の結果については、図表 3-2 と図表 3-5 を比較してみると発酵性能の面および発酵時間の面では、スイートソルガムの子実（澱粉質系）の発酵試験直後のエタノール濃度は、約 9.5%であり、過去の実績（図表 3-2）に示す澱粉質系の発酵試験直後のエタノール濃度と殆ど変わらない。また、発酵時間は約 2 日間で、発酵が終了しており、「簡易型エタノール製造装置」の持つ本来の発酵性能（大規模工場の発酵装置と同じ）とほぼ同等の性能を出しており、良く適合している。

2) 糖質系についての発酵試験結果

上記の結果については、図表 3-3 と図表 3-5 を比較してみると発酵性能の面では、比国産の原料は発酵試験直後のエタノール濃度が若干低い。これは第 3 章 3.1.2 2)、5)に記載している理由によるものと考えられる。比国で実用機を設置する場合には、現地の技術者に対して、弱真空状態で低温糖密化にして白糖蜜化すれば解決できることを説明し改善を図ってもらう。また、発酵時間は約 2 日間で、発酵が終了しており、「簡易型エタノール製造装置」の持つ本来の発酵性能とほぼ同等な性能を持っており、適合している。

3) 適合性試験の総合評価

精製したバイオエタノールは、日本政府公認機関の分析結果においても素晴らしく高純度のエタノールであり、そのまま混合燃料として使用しても問題ない品質の製品である。

(6) バイオエタノールの濃度分析（日本政府公認機関で分析）

比国産スイートソルガムを原料として、「簡易型エタノール製造装置」で製造したバイオエタノールについて日本政府公認機関である「一般社団法人日本海事検定協会」で分析した（図表 3-7、図表 3-8 に分析証明書を示す）。その結果は、自動車用燃料としての使用基準を十分に満足している。

1) アルコール濃度（vol%）の分析結果は 99.9vol%であり基準 99.5vol%を十分満足している。

2) 酸価（酢酸として）0.0011wt%検出されている。これは比国産スイートソルガムの内、搾汁液の一部が輸送中に発酵していたためこれが酢酸に変わったものと考えられる。また、同様な理由で、揮発性有機分（エステル、アセトアルデヒド、メタノール等）面積（面積%）が検出されている。

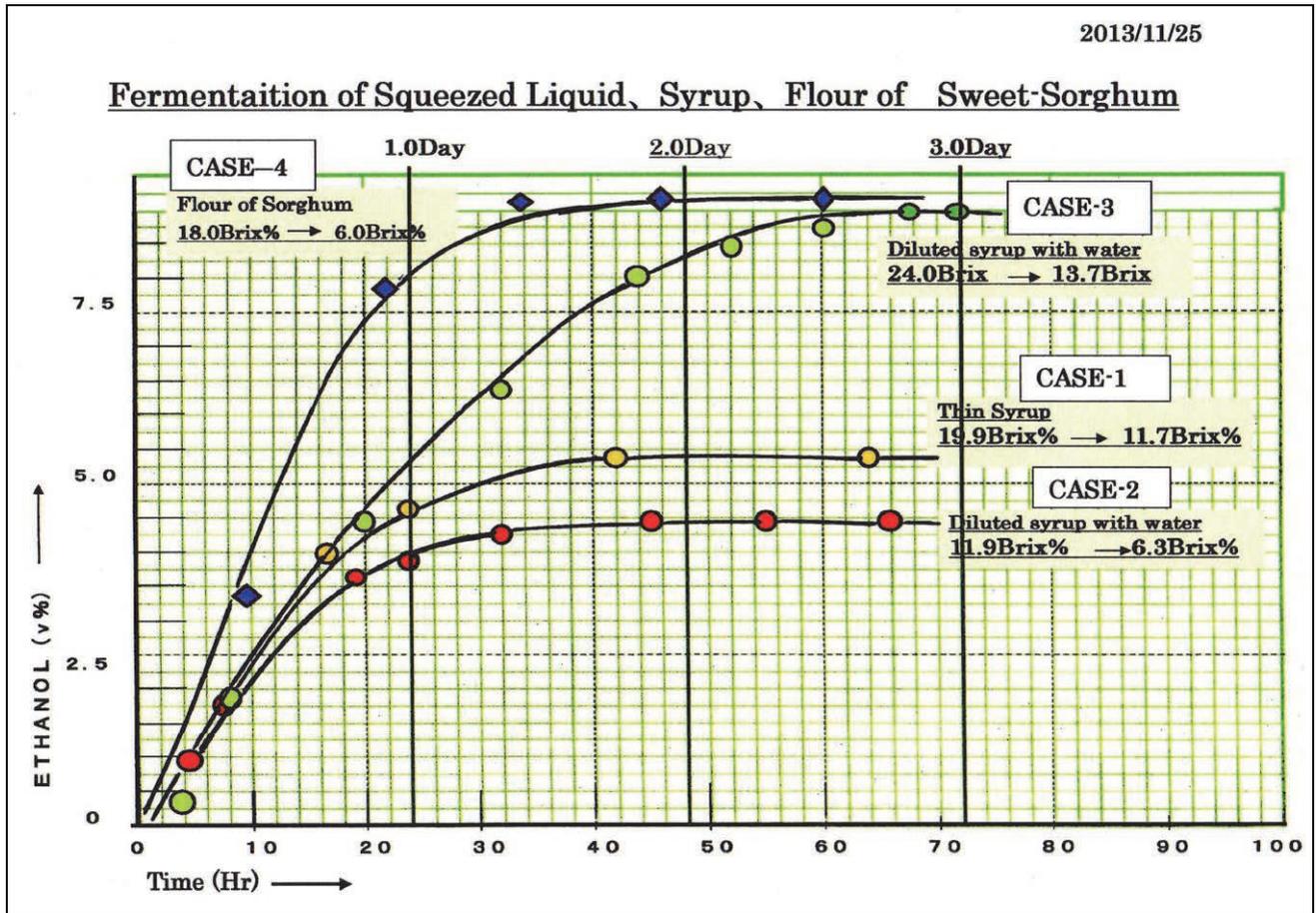
図表 3-7 : 日本海事検定協会分析証明書 (1)

<p style="text-align: center;">本部</p> <p>東京都中央区八丁堀1丁目9番7号          電話 大代表 東京(03)3552-1257          ファクシミリ 東京(03)3552-4673          ホームページ http://www.nkkk.or.jp/</p> <p>理化学分析センター          横浜市金沢区福浦 2-7-31          電話 横浜(045) 781-6661          FAX 横浜(045) 781-6715</p>	<p>一般社団法人  <b>日本海事検定協会</b>          日本政府公認</p> 	<p style="text-align: center;">事業所</p> <p style="text-align: center;">全国各主要港</p> <p>大阪理化学分析センター          大阪市住之江区南港中 6-2-47          電話 大阪(06) 6612-1777          FAX 大阪(06) 6612-0857</p>																		
 <p>( Ref. IC, YH )</p>	<h2 style="margin: 0;">分析証明書</h2>	<p>横浜</p> <p>平成 25 年 12 月 24 日</p> <p>証明書 No. YAL264/13</p>																		
<p>委 嘱 者 : 株式会社 IB コンサルタント          試 料 名 : パイオエタノール          試 料 提 供 者 : 委嘱者          備 考 : 原料名;フィリピン産スイートソルガム          (Sweet Sorghum cultivated in philippines)</p>																				
<p>分析結果:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">分析項目</th> <th style="width: 33%;">分析結果</th> <th style="width: 33%;">分析方法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. アルコール濃度, vol%</td> <td>99.9</td> <td>密度, @15°C</td> </tr> <tr> <td>2. 水分, wt%</td> <td>0.28</td> <td>カールフィッシャー法</td> </tr> <tr> <td>3. 不揮発分, mg/100mL</td> <td>less than 1.0</td> <td>不揮発分</td> </tr> <tr> <td>4. 酸価 (酢酸として), wt%</td> <td>0.0011</td> <td>滴定法</td> </tr> <tr> <td>5. 揮発性有機分<sup>1</sup>, 面積%</td> <td>0.20</td> <td>ガスクロマトグラフ分析</td> </tr> </tbody> </table>			分析項目	分析結果	分析方法	1. アルコール濃度, vol%	99.9	密度, @15°C	2. 水分, wt%	0.28	カールフィッシャー法	3. 不揮発分, mg/100mL	less than 1.0	不揮発分	4. 酸価 (酢酸として), wt%	0.0011	滴定法	5. 揮発性有機分 <sup>1</sup> , 面積%	0.20	ガスクロマトグラフ分析
分析項目	分析結果	分析方法																		
1. アルコール濃度, vol%	99.9	密度, @15°C																		
2. 水分, wt%	0.28	カールフィッシャー法																		
3. 不揮発分, mg/100mL	less than 1.0	不揮発分																		
4. 酸価 (酢酸として), wt%	0.0011	滴定法																		
5. 揮発性有機分 <sup>1</sup> , 面積%	0.20	ガスクロマトグラフ分析																		
<p>上記の通り証明する。          [理横 第 7502 号]</p>																				
<p>一般社団法人 日本海事検定協会          理化学分析センター</p> <p>センター長 新堀 清正</p> 																				
<p><sup>1</sup> エタノール分を除く</p>																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <tr> <td style="padding: 2px;">                 この証明書は偽造防止処置が施されており、記載内容に疑義のある場合は Original Report でご確認ください。                  この検査は、日本適合性認定協会 (JAB) により認定された (財) 日本海事協会品質システム審査登録 (QualityNK) によって、ISO9001/JISQ9001 への適合が登録されている品質マネジメントシステムの下で実施された。             </td> </tr> </table>			この証明書は偽造防止処置が施されており、記載内容に疑義のある場合は Original Report でご確認ください。 この検査は、日本適合性認定協会 (JAB) により認定された (財) 日本海事協会品質システム審査登録 (QualityNK) によって、ISO9001/JISQ9001 への適合が登録されている品質マネジメントシステムの下で実施された。																	
この証明書は偽造防止処置が施されており、記載内容に疑義のある場合は Original Report でご確認ください。 この検査は、日本適合性認定協会 (JAB) により認定された (財) 日本海事協会品質システム審査登録 (QualityNK) によって、ISO9001/JISQ9001 への適合が登録されている品質マネジメントシステムの下で実施された。																				

図表：3-8：日本海事検定協会分析証明書（2）

<p><b>HEAD OFFICE</b> 9-7, 1-CHOME HATCHOBORI, CHUO-KU TOKYO 104-0032, JAPAN TEL : 81-3-3552-1257 FAX : 81-3-3552-4673 URL : http://www.nkkk.jp/</p>	<p><b>NIPPON KAIJI KENTEI KYOKAI</b> LICENSED BY THE JAPANESE GOVERNMENT</p>  <p><b>NKKK</b> FOUNDED IN 1913</p>	<p><b>INTERNATIONAL INSPECTION &amp; SURVEYING</b> INSPECTIONS REQUIRED BY REGULATIONS FOR DANGEROUS GOODS, SOLID BULK SUBSTANCES AND NOXIOUS LIQUID SUBSTANCES MARINE SURVEY AND CARGO INSPECTION MARINE CONSULTANT NON-MARINE ADJUSTING PETRO-CHEMICAL SUPERINTENDING LIQUEFIED GAS INSPECTION CHEMICAL ANALYSIS TANK CALIBRATION SAMPLING AND TESTING CARGO WEIGHING AND MEASURING</p>																		
<p><b>BRANCHES</b> ALL PRINCIPAL PORTS IN JAPAN</p> <p><b>OVERSEAS OFFICES</b> THAILAND, SINGAPORE, MALAYSIA, PHILIPPINES, INDONESIA, CHINA, NETHERLANDS, VIETNAM, HONG KONG</p> <p><b>LABORATORIES</b> YOKOHAMA, OSAKA</p>	<p><b>Analysis Certificate</b></p>	<p><b>YOKOHAMA</b> Date: Dec. 24, 2013 Certificate No. YAL264/13(A)</p>																		
<p><b>ORIGINAL</b> (Ref. IC, YH)</p>																				
<p><b>THIS IS TO CERTIFY THAT</b> the under mentioned sample was analyzed by us, with the following results:</p>																				
<p>Applicants : Description of sample : Sample submitted by : Remarks :</p>	<p>IB Consultant Co., Ltd Bio Ethanol The applicants Sweet Sorghum cultivated in philippines</p>																			
<p>Result of analysis :</p>																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Result</th> <th>Method</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Alcohol, vol%</td> <td>99.9</td> <td>Density, @15°C</td> </tr> <tr> <td>2. Water, wt%</td> <td>0.28</td> <td>Karl Fisher method</td> </tr> <tr> <td>3. Non-volatiles, mg/100mL</td> <td>less than 1.0</td> <td>Non-volatiles</td> </tr> <tr> <td>4. Acidity (as Acetic acid) , wt%</td> <td>0.0011</td> <td>Titration method</td> </tr> <tr> <td>5. Volatile organic compound<sup>1</sup>, Area%</td> <td>0.20</td> <td>Gas chromatography</td> </tr> </tbody> </table>			Item	Result	Method	1. Alcohol, vol%	99.9	Density, @15°C	2. Water, wt%	0.28	Karl Fisher method	3. Non-volatiles, mg/100mL	less than 1.0	Non-volatiles	4. Acidity (as Acetic acid) , wt%	0.0011	Titration method	5. Volatile organic compound <sup>1</sup> , Area%	0.20	Gas chromatography
Item	Result	Method																		
1. Alcohol, vol%	99.9	Density, @15°C																		
2. Water, wt%	0.28	Karl Fisher method																		
3. Non-volatiles, mg/100mL	less than 1.0	Non-volatiles																		
4. Acidity (as Acetic acid) , wt%	0.0011	Titration method																		
5. Volatile organic compound <sup>1</sup> , Area%	0.20	Gas chromatography																		
<p>Application No. Riyoko 7502</p>	<p><b>NIPPON KAIJI KENTEI KYOKAI</b> Physical &amp; Chemical Analysis Center</p>  <p>SHIMBORI, GENERAL MANAGER</p>																			
<p><sup>1</sup> Excluding ethanol</p>																				
<p><small>This Certificate/Report contains measures to prevent forgery. If you have any question regarding the contents, please refer to the Original of the Certificate/Report. This survey/inspection has been conducted under the quality management systems conforming to ISO9001/JISQ9001 registered by QualityNK, which is accredited by JAB(The Japan Accreditation Board for Conformity Assessment).</small></p>																				

図表3-9：スイートソルガムの搾汁液、シロップ、粉末による発酵曲線



### 3.1.3 当社製品による発酵試験で生じる発酵廃液の肥料化試験

#### (1) 発酵廃液の肥料化実証試験実施条件

##### 1) 実証試験条件

発酵廃液を使用し稲作栽培をシュミレーションして発酵廃液の肥料効果確認試験を実施する条件を図表 3-10 に示す。なお本試験は平成 25 年 9 月 20 日より、島根大学生物資源科学部の温室で実施した。気象をシュミレーションして、昼の気温を 30℃、夜の気温 25℃の自然光ガラス室で栽培した。

図表 3-10： 肥料化実証試験条件

項 目	稲作栽培シュミレーション条件
土 壤	火山灰系土壌
栽培品種	フィリピン改良品種 (インデカ IR-72)
温度条件	昼間=30℃ 夜間=25℃
栽培期間	2013/Sept. end~2014/Feb. end 予定

##### 2) 実証試験方法

図表 3-11： 施肥計画と観察内容

施 肥 計 画		土 壌 観 察	成 長 度 合
発酵廃液濃度	濃度基準	Ph, , 還元度測定	
	濃度 2 倍	同 上	
	濃度 3 倍	同 上	
	濃度 4 倍	同 上	
窒素成分分解/無機質 (P, K)		同 上	

#### (2) 肥料化実証試験結果

比国で栽培されている「インデイカ水稻品種 IR72」を 4 リットルの無肥料黒ボク土に 7 葉期に 2 株ずつ移植し、温度昼/夜 30/25℃の自然光ガラス室で栽培した。メタルハロイドランプで 12 時間の補光を行った。2 週間おきに草丈、分けつ数、土壌 pH と酸化還元電位を携帯型測定器(HI98121, HANNA, USA)で測定した。発酵廃液を施肥した場合は、その栄養源により微生物の増殖し還元作用が顕著であった。その結果、壤 pH は処理後 2 週間までは中性側に増加しその後すべての区で酸性側に低下した。この時、廃液区の方がやや pH 値が高かった。土壌還元電位は尿素区ではほぼ一定であったのに対し、廃液区では施用量の増加に伴い値が低く還元状態を示し、施用後次第に値が上昇した。イネの成長を草丈×分けつ数で見ると、廃液 8 倍区で明らかに生育抑制が大きかった(下図 3-12-2)。下図 3-12-1 は、水稻品種 IR72 に尿素および発酵廃液を添加した時の草丈、分けつ数、土壌 pH、土壌酸化還元電位の処理後の変化、各点は 3 反復の平均値と標準誤差を示す。各濃度の 1 は窒素 12g m<sup>2</sup>に相当する。

このように廃液の添加は土壌還元を引き起こすので施用量が多いと生育障害が起きた。そこで現在 30℃で 45 日間腐敗させ、還元化を防ぐように廃液を調整して施用実験を行なっている。廃液の硝酸態窒素は 305 mg L<sup>-1</sup>で腐敗後は 252 mg L<sup>-1</sup>であった。このことから廃液区では当初の予測された窒素濃度より低い可能性がある。ただし、廃液中の全窒素は異なる可能性がある。黒ボク土におけるリン酸欠乏が示唆されたため、現在、全区

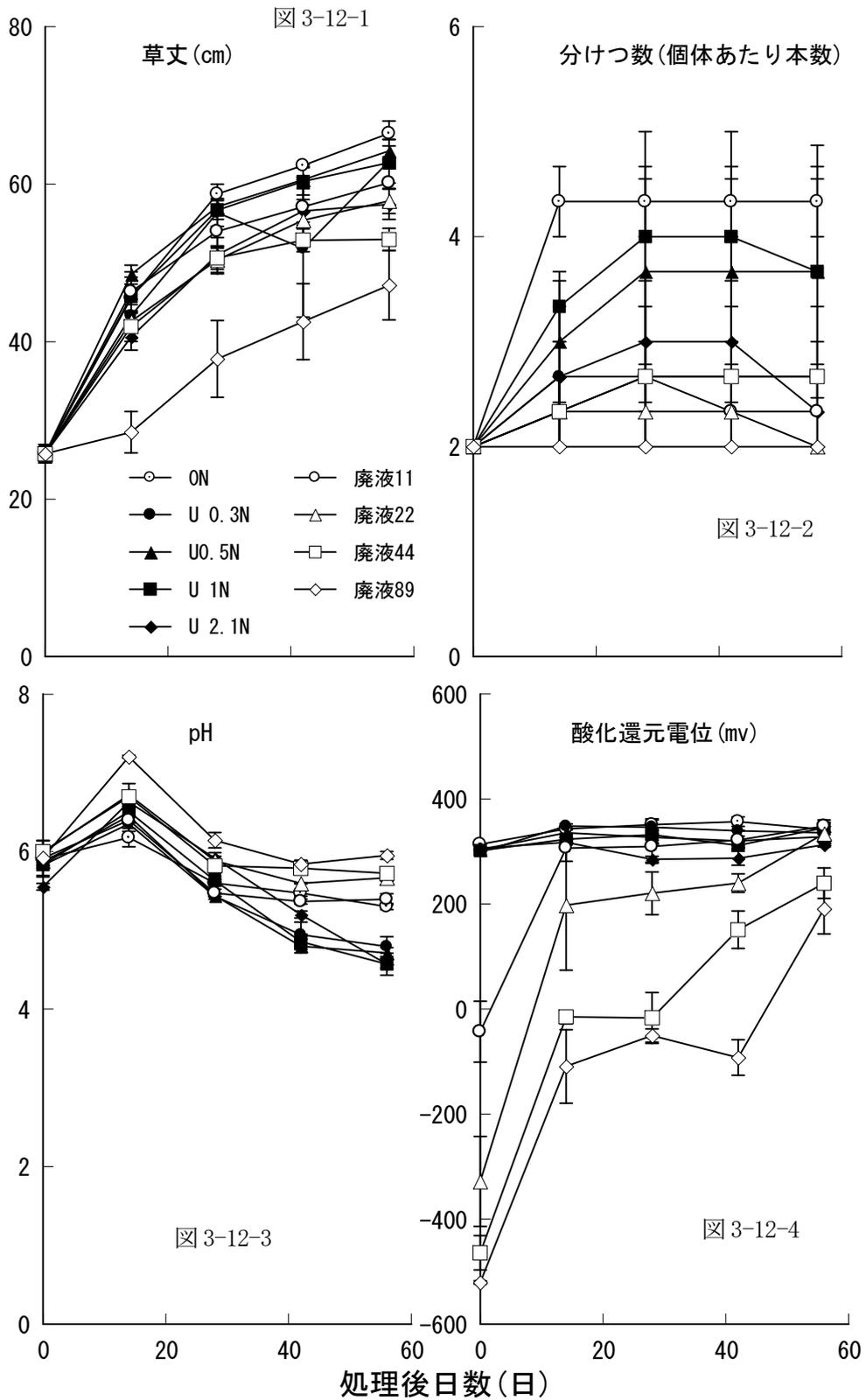
にリン酸肥料を添加して生育調査した結果、リン酸肥料施肥効果が出た。このことからスイートソルガムのバガス(搾りカス)と発酵廃液・残差を混ぜて腐敗させ、バガス中に含まれているリンを利用することが望まれる。発酵廃液の腐敗試験では、気温30℃であるため、45日間で腐敗できた。今後は稲作を行う現地の土壌調査を行い、最適な施肥量計画を決めたい。

(3) 発酵廃液にリン酸欠乏が見られる理由

- 1) 成長したスイートソルガムにはリン、カリとも十分に含まれているが、搾汁した際、リンが搾汁液の中に抽出されないで、バガス中に残ったままと思われる。但し、窒素・カリウムは、発酵廃液中に多く含まれている。
- 2) 成長のためには、窒素、リン酸、カリが必要である。このためバガスと発酵廃液を混合して、腐敗させて、その廃液を肥料として使用するのが良い。バガスと発酵廃液を混合して腐敗させると、腐敗が早く進むと思われる(発酵廃液を入れることにより、微生物の活動が活発になり、腐敗が早く進む)。

今後は、バガスと発酵廃液の混合比率を変えて肥料を作ることについての実験を進め、最適な施肥計画を用意する。

図表 3-12 : 肥料化実証試験結果



## 3.2 発酵に使用する水の確保についての現地調査

### 3.2.1 水質調査

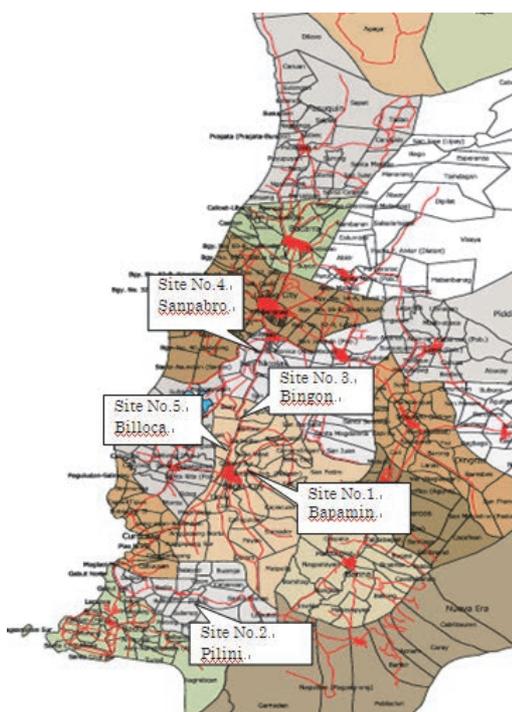
発酵作業に使用する水は水道水が望ましいが、発酵槽を設置するステーションの場所によっては、井戸水や河川水を使用することも考えられる。今回の現地調査では5ステーションの候補地の水質調査を行うことにした。また、水質調査で、濁度、細菌などにより適切な水が得られない場合を想定し、高性能金属製精密ろ過フィルターを持参し、ろ過試験も行うことにした。

#### (1) 候補地の選定

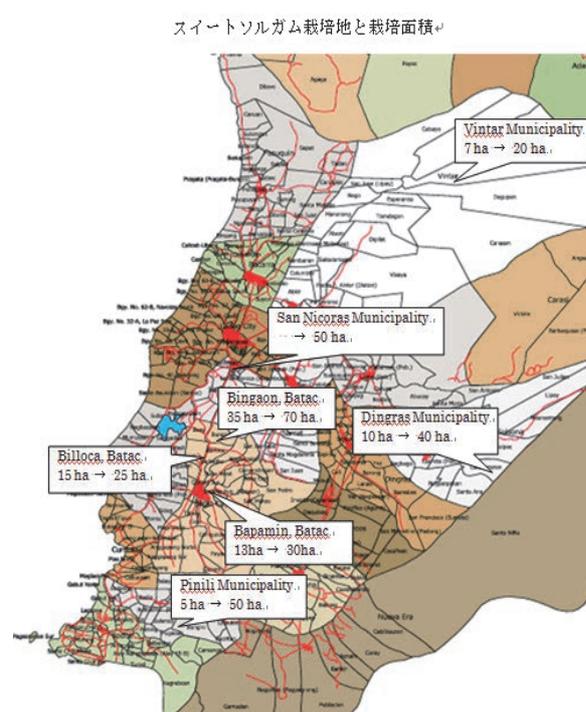
ステーションの候補地は、スイートソルガムの栽培地の中あるいはその近郊にあることが望ましい。1箇所は水道水が使用できるが、他の4候補地は上水道設備がなく、候補地の中にある民家の井戸水を採取し試験することとした。なお、今回調査したバタク市近郊は水田地帯であり、どこでも簡単に井戸を設置できるので水の供給に不安は無い。

ステーション候補地を5ヶ所選んだ。どの候補地にも民家が数軒あり、その井戸水を採取し試験を行なった（左下図は採水地点、右下図はソルガム栽培候補地を示す）。

図表 3-13：水質試験の位置



図表 3-14：スイートソルガムの栽培地



水質試験は、PH、濁度、一般細菌、大腸菌の項目について行なった。大腸菌試験はMMSUの試験室で行い、その他の試験は調査団が行った。源水の濁度や細菌が、バイオエタノール製造に適さない場合を考慮して、高性能金属製精密膜フィルターでろ過してろ過後の水質も検査した。



写真3-1：水質試験サンプルの採集



写真3-2：試薬による水質試験

その結果、源水では5箇所の候補地のうち1箇所に大腸菌が検出され不適格であったが、濁度・PHについてはいずれも問題なかった。なお、大腸菌が検出された井戸は井戸のすぐ側で生活排水を流しており、それが井戸に流入し井戸水が汚染されたと考えられる。実際にステーションを作るときは、新たに細菌対策をした井戸を掘るので問題はないと考えられる。また、ろ過器は、一般細菌及び大腸菌をブロックし、水中の微粒子をろ過排除するため濁度は0ないし大幅に低下した。試験結果は図表3-15の水質検査結果のとおりである。

図表3-15：水質検査結果

サンプル名	採取地点	PH	濁度	一般細菌	大腸菌試験結果(@MMU)	
					Presence of Gas formation	Confirmatory Test
BF-1	候補地1	7.4	0.0	7	—	0
BF-2	候補地2	7.1	0.0	132	+	0
BF-3	候補地3	7.2	3.0	19	—	0
BF-4	候補地4	8.8	0.7	0	—	0
BF-5	候補地5	6.8	3.0	1	—	0
AF-1	候補地1	7.4	0.0	0	—	0
AF-2	候補地2	7.2	0.0	0	—	0
AF-3	候補地3	7.3	0.0	0	—	0
AF-4	候補地4	8.8	0.1	0	—	0
AF-5	候補地5	6.8	0.0	0	—	0

### 3.3 新たな事業展開に係る採算性の検討

#### 3.3.1 バイオエタノール製造システムの販売価格

標準的なバイオエタノール製造システムの販売コストは図表3-16に示す通りである。実際には、設置にあたっては現地調査を行い製造規模に応じて装置の価格が決まる、即ち、地域分散型バイオエタノール製造システムを設置しようとする地域での原料生産地の点在状況(耕地面積、資源作物の種類)、原料生産量、土壌調査、水質調査、熱源調査(既設、新設、太陽熱利用と貯湯槽新設)、発酵装置・中間製品貯蔵槽の規模と装置据付け場所選定等を行うと同時に中間製品生産可能量を決定し、システムの基本設計を行う。「地域分散型エタノール製造システム」のうち「ステーション」の基本となる「簡易型エタノール製造装置」と「基地(ベース)」となる「蒸留・脱水器」の価格を図表3-16に示す。

図表3-16：地域分散型エタノール製造システムの価格

装置規模	簡易型エタノール製造装置構成各部	価格	蒸留・脱水器 価格	総価格
タイプⅠ [130KL/年]	1.タンク(ジャケット付他) 攪拌・固液分離装置他	21,000千円		
	2.熱源装置	5,500千円		
	3.ポンプ・制御盤・弁類他	12,900千円		
	4.その他部品代他 (現地据付費・指導費は、償却費から除外)	7,130千円 (1,900千円除外)		
	5.基本設計・発酵試験 (この項目は設備償却から外し費用とする)	5,000千円 (5,000千円除外)		
	合計	51,530千円	24,300千円	75,830千円
タイプⅡ [260KL/年]	1.タンク(ジャケット付他) 攪拌・固液分離装置他	35,600千円		
	2.熱源装置	5,500千円		
	3.ポンプ・制御盤・弁類他	17,800千円		
	4.その他部品代他 (据付費・指導費は、償却費から除外)	9,630千円 (1,900千円除外)		
	5.基本設計・発酵試験 (この項目は設備償却から外し費用とする)	5,000千円 (5,000千円除外)		
	合計	73,500千円	25,200千円	98,700千円

### 3.3.2 バイオエタノール製造に係る想定コスト

#### (1) バイオエタノールの製造コスト内訳

以下にバイオエタノール製造コスト内訳とその根拠データを示す。なお、バイオエタノール製造装置の価格から設備経費を評価する場合は、据付費・指導費、現地調査・FS・基本設計・発酵指導費用は除外する。

図表 3-17 : バイオエタノールの製造コスト内訳概要

1 L当たりのコスト	タイプ I [130KL/年]	タイプ II [260KL/年]	根 拠
1. 設備経費 (円)	39 円/L (17.7Php/L)	26 円/L (11.8 Php/L)	図表 3-16 の設備価格・年間製造量と減価償却率から計算
2. 人件費 (円)	22 円/L (10 Php/L)	11 円/L (5 Php/L)	2013 年 1 月の比国の人件費(中間管理職、エンジニア、ワーカー)と採用人員から計算(JETRO データ)
3. 原料費 (ソルガム) (円)	26 円/L (11.8 Php/L)	26 円/L (11.8 Php/L)	稲作の裏作栽培と考へ、米の収入とほぼ同額の収入確保を缶変え、ソルガム価格を設定
4. 修繕費等 (設備経費の 3%)	5 円/L (2.3 Php/L)	3 円/L (1.4 Php/L)	回転物が殆どないプラントの修繕費を考へる
5. エネルギー・酵母、 酵素等 (円)	3+2=5 円/L (2.3 Php/L)	3+2=5 円/L (2.3 Php/L)	既設の当社設備の実績から推定
総コスト (円/L)	92 円/L (41.8 Php/L)	71 円/L (32.3 Php/L)	

### 3.4 マニラ首都圏におけるセミナーの開催

本調査において提案する製品・技術の紹介及び本調査で得られた結果を周知することを目的としたセミナーを2013年12月6日(金)にマカティ市のホテルで開催した。参加者は、政府関係者や民間事業者、農業関係者を中心に合計42名であった(主催者を除く)。以下にそのプログラムを示す。

図表 3-18 : 現地セミナーのプログラム

9:25 hrs	: Guests take seat
9:30hrs	Welcome Speech by Professor Dr. Heraldo L. Layaoen, National Sweet Sorghum Program Coordinator and former Vice-President of MMSU
9:40hrs	: Key-note Speech by Hon, Carlos Jericho L. Petilla, Secretary of the Department of Energy
9:55 hrs	: Presentation on the Decentralized Bio-ethanol Production Systems by Mr. Bintaro Izumi, Team Leader of the Study Team and the President of IB Consultant
10:25hrs	Coffee Break for 10 Minutes
10:35hrs	: Presentation on the Outcomes of the Study by Junichiro Motoyama, Ph.D., Deputy Team Leader of the Study Team,
11:20hrs	Questions and Answers
11:30 hrs	Presentation on the Sweet Sorghum Cultivation in Ilocos Norte by Engr. Antonio S. Arcangel, Chairman of Bapamin Farmers' Cooperative, Batac, Ilocos Norte
12:15hrs	Questions and Answers
12:25hrs	: Closing remarks by Segfredo R. Serrano, Ph.D., Undersecretary for Policy & Planning, Project Development, R & D of the Department of Agriculture
12:40 hrs	: Closing of the Seminar

セミナーでは、和泉総括による「IB コンサルタント社のバイオエタノール製造設備の紹介」、業務主任による「今回の調査結果のまとめ」、およびパミン農協組合長による「スイートソルガムの栽培と製品化の活動状況」についてのプレゼンテーションを行い、続いて参加者との質疑応答の時間を設けた。質問が多かったのは、製造設備の技術仕様と販売価格、これまでの使用実績、製糖工場への導入の可能性、等の項目であった。参加者の地域分散型バイオエタノール製造装置への関心の高さがうかがえた。なお、本セミナーの参加者リストは付属書類 VI に示したとおりである。

## 第4章 ODA 案件化による比国における開発効果および当社の事業展開に係る効果

### 4.1 当社の提案事業と開発課題の整合性

#### 4.1.1 比国が抱える開発課題

比国においては、サトウキビやスイートソルガムをバイオエタノールの主要原料とするバイオ燃料法が 2007 年に成立し、2009 年 2 月から 5%、2011 年には 10%のバイオエタノール混合が義務付けられた。しかし、国産のバイオエタノールは必要量の 20%~25%にすぎず、不足分の 75%~80%は外国から輸入している。

2012 年現在のバイオエタノール工場は 4 工場となり、生産能力は 13 万 3000 キロリットルに増加した。現在、さらに新たな工場の建設が進められている。しかし慢性的な生産効率の低さが指摘されており、生産は計画どおりには行われていない。

#### (1) 製糖産業におけるバイオエタノールの生産

##### 1) 生産者の生産性

生産者の約 90%を占める零細農家の 1 ヘクタール当たりの単位収量は 50 トン、大規模生産者においては同 100 トンである。工場の効率性とサトウキビの品質によるが、工場は老朽化しており搾汁効率が悪くサトウキビの品質のばらつきも大きく、砂糖、バイオエタノールの生産性は低い。

##### 2) 原料としての品質低下

原料としてのサトウキビが収穫から発酵開始までの期間に雑菌やバクテリアに浸食され、原料の品質低下をきたしている（3 日程度で糖度%Brix が半減するとされている）。また降雨シーズンには畑地から製糖工場への輸送問題（悪路となる）があるため、原料の輸送に時間を要することからバイオエタノールの生産は思うように行われていない。

[以上の情報は「農畜産業振興機構 調査情報部」による]

##### 3) 関税削減に向けたロードマップ

比国政府は、AFTA の自由貿易協定に基づき砂糖輸入関税（粗糖、精製糖）が漸次引き下げられ ASEAN 経済統合の 2015 年には 5%となること、また、その後も引き下げられることも想定し、バイオエタノールの生産性向上とバガスによるコジェネ事業の推進を図っている。

##### 4) サトウキビ栽培農地のブロックファームリング

当該政策は、大規模生産のメリットを生かし単収を改善するために小規模生産者の統合を支援するものである。本計画では小規模生産者は最低 30~50 ヘクタールの“ブロックファーム”に統合される。各小規模生産者の土地所有権は守られ、10 ヘクタール以下の小規模生産者は、30~50 ヘクタール以上のブロックファームに統合され、リース、合弁事業、共同経営などの改革の枠組を通じて生産性の向上と収入の向上が図られる。

##### 5) 生産性向上に向けた政策

ブロックファームは、色々な政府機関からのサービスを優先的に受けることとなる。また、直接投資などの支援により機械化や灌漑を進めることができる。製糖工場地域開発委員会（Mill District Development Committees (MDDC)）がブロックファームをモニターし、SRA が全体を監督する。

SRA は MDDC と共同で、バイオエタノール生産を拡大できる潜在的な地域と製糖工場へのサトウキビ供給量を増やすための生産拡大地域を指定する。なお、SRA は今後の製糖産業のロードマップを図表 4-1 の通り提示している。具体的には、次の様な政策が打ち出されている。



NBB が定期的に取り価格を設定して公表している（国が買取り価格設定し石油業者に買取り義務を課しているいわゆる「バイオエタノールの買取り制度」である）。また、車社会の進展に伴い混合燃料の消費量は年々大きくなり、バイオエタノールの輸入量の増加により貴重な外貨が失われている。このため、エタノールの国産化が急がれている。サトウキビのみならずスイートソルガムによるバイオエタノールの生産に向け、スイートソルガムの栽培、バイオエタノール製造を推進するために、農業省が中心となり 2007 年より「国家スイートソルガム委員会」を発足させ、灌漑施設のない天水農地における稲作の乾季裏作作物として、スイートソルガムを栽培することを奨めている。小規模農家の天水農地による水田は全国 100 万 ha に達することから、こうした農家の所得向上に不可欠な政策である。

## 2) 原料の品質低下への対応

スイートソルガムもサトウキビ同様に茎の搾汁液からエタノールを製造するため、収穫後速やかに発酵工程に持っていかなければ雑菌やバクテリアに浸食され、原料の品質低下をきたす（糖度%Brix が低下する）。

### 4.1.2 当社の提案事業と開発課題への貢献

当社が提案する「地域分散型エタノール製造システム」普及事業は、ステーションに置く「簡易型エタノール製造装置」、基地に置く「蒸溜・脱水装置」を提供するだけでなく、きめ細かい役務を提供し比国が抱える以下の開発課題の克服に貢献できる。

#### (1) 効率的な原料作物栽培への貢献

東京大学、島根大学の指導によりスイートソルガムの種子を選抜すると同時に、土壌調査を行い適切な施肥計画と栽培を行うよう指導する。また、将来的には、比国の要請があれば、現地の気象・土壌を考慮して、高収穫量・高糖度で、耐倒伏性のある品種の開発までを手掛ける。且つまた、品種開発にあたっては低投入（エネルギー投入を少なくし、化学肥料を少なくし労働力を少なくする等）により、高収量（収穫量多くし、取り出せるエネルギー量を多くする等）の効率的な農法を念頭に置いて、循環型の品種開発を行う。

#### (2) 原料の糖質劣化の防止と生産性向上への貢献

当社が提案しているシステムは、原料栽培地近くに簡易型エタノール製造装置を数基設置するステーションを設置し、収穫したソルガムを収穫後、短時間のうちに搾汁・発酵させ、エタノール濃度約 40%程度の半製品を製造して中間保存し、定期的に蒸溜・脱水装置を設置する基地へ送って無水エタノールにする。この方式により、雑菌やバクテリアに浸食され原料の品質が低下するのを少なく出来る（糖度%Brix が低下を防止する）。この「簡易型エタノール製造システム」は、原料をサトウキビとする場合にも適用できる。この装置をサトウキビ栽培地近くに設置し、搾汁液を半製品として中間保管し、定期的に工場へ運んで無水エタノールを製造する。これにより、原料の劣化による生産効率低下を防止出来る。

#### (3) 搾汁率向上による生産性向上への貢献

今回調査ではっきりとわかったことは、現状のエタノール製造は砂糖キビを原料としていることが多い。この場合は、長い歴史のある製糖スキームを利用して製造していることが多い、このため、サトウキビの糖液を作る際には、圧搾効率が悪いものを使用している場合が多く、FBC でスイートソルガムから搾汁液を作る場合でも搾汁率は 20%~25%に止まっていた。日本国内での搾汁装置では、50%~75%の搾汁が可能であり、比国に日本の技術を導入することにより、十分な生産性向上が図れる。

## 4.2 ODA 案件化を通じた当社の製品・技術の比国での適用・活用・普及による開発効果

### 4.2.1 ODA 案件の事業内容と目的

今回の案件化調査を基に検討した ODA 案件の事業内容は、当社が提案している「地域分散型エタノール製造シ

システム」を構築することを中心に置きつつ、次の項目を追加してより網羅的な ODA 案件の事業内容とする。

(1) 適合性の高いスイートソルガム種子の選定

比国「国家スイートソルガム委員会」が原料として本格的に推進しようとしているスイートソルガムの種子の選抜、土壌の調査を日本の専門家（東京大学教授）の指導により、比国の農業関係者と一緒を実施する。なお、比国の要請があれば現地の気象・土壌を考慮して、高収量・高糖度で耐倒伏性のある品種の開発までを手掛けるが、検証には最低3年はかかるので今回の ODA 案件とは別に追加して実施する予定。

(2) 発酵廃液の液肥化と施肥計画の立案

水田稲作の裏作としてスイートソルガムを栽培することにより、米の収穫量が減少せず、むしろ収穫量が増加する様に発酵廃液の肥料化を検証し、稲作における施肥計画を作る。

(3) エタノール製品の市場性の検証

製造した無水バイオエタノールの混合燃料化・販売・商流に関する検証を行う。

(4) 二国間オフセット・クレジットで使用される MRV 方法論の検討

バイオエタノール製造工程における LCA 評価、CO<sub>2</sub> 等温室効果ガス削減効果の検討を行い、MRV 方法論の確立を目指す。

(5) バイオエタノール生産技術の研修センターの設立準備作業

提案する ODA 事業により導入される諸装置に関する運転、保守・管理、発酵関係作業等に関する教育・訓練センター設立準備を行う。例えば、実験装置、試験測定装置、発酵過程等に関するマニュアルやテキストの作成などである。また、原料作物の栽培・施肥計画作成・土壌調査等についても同様な措置を講ずる。

#### 4.2.2 ODA 事業を通じた開発効果

本事業により達成される開発効果としては、以下の4点が考えられる。

(1) バイオエタノールの生産性向上

「地域分散型エタノール製造システム」により、バイオエタノール製造の生産性向上により商業生産の可能性を検証できる。

1) 糖質系原料を収穫して直ぐ搾汁し発酵させることにより、糖度が雑菌やバクテリアに浸食され低下するのを防ぐことができ、効率的な発酵が行える。

2) 搾汁率向上による生産性向上

(2) スイートソルガムの優良種子の選定と液体肥料による増産

比国の「国家スイートソルガム委員会」の方針に沿ってスイートソルガム種子の選抜を行いスイートソルガムの増産を図る。同時に発酵廃液から雨期に栽培する稲作用の液体肥料と施肥計画を作る。

(3) バイオエタノール製品の市場性の確認

商業化を前提にして比国においてバイオエタノール製品を実際に生産し、製品の商流の検証を行うことで、比国の農村部を舞台としたスイートソルガム栽培とバイオエタノール生産の事業化の検証が行える。

(4) 二国間オフセット・クレジットに供される MRV 方法論の確立

スイートソルガムの栽培からエタノール製造までの LCA 評価を行い、CO<sub>2</sub> の二国間取引への基礎データの収集と MRV 方法論を検討することで同様な事業で適用される指針を構築できる。

#### 4.3 ODA 案件の実施による当社の事業展開に係る効果

当社の事業展開は、「地域分散型エタノール製造システム」という名称が表すように、原料作物の栽培地が分散しているような島嶼部、中山間地域を対象に考えている。今回の ODA 案件では、島嶼部・中山間地域はもとより

水田地帯での裏作も実証実験の対象となることから、より広範な事業化の検証が可能となる。また、糖質系だけでなくキャッサバやカモータ等の澱粉質系でも試験を行う予定となっており、日本国内では得にくいデータの入手も期待される。

#### 4.3.1 ODA 案件と当社の事業展開の関連性

##### (1) 多様な試験条件での実用化の検証

当社の「地域分散型エタノール製造システム」は、島嶼部、中山間地域で使用される事を前提に検討されている。しかし、日本の中山間地域の休耕田や耕作放棄地には樹木が茂っており、栽培用地にするために土地の耕作・開墾を行う必要がありことから開発資金がかかりすぎるため採算性に問題がある。このため、日本国内での展開は沖縄県内の島嶼部と東北地方の放射能汚染地域で食用作物の栽培ができないところに限られていた。ODA 案件では、こうした制約条件が少ない場所で、より長期的な試験を行うことが期待されており、広範で詳細なデータの入手が期待できる。

##### (2) 東南アジア諸国への事業展開への展望

日本国内では、比国の様な「バイオエタノールの買取り制度」がなく、エタノール混合燃料の使用義務もないので普及が難しいと考える。ODA 案件が実施できれば、比国が抱えている課題の解決に貢献できることから、比国全土への普及が考えられる。またこの経験をもとに、栽培条件や事業環境が似ていると考えられる他の東南アジア諸国への展開にも有用と考えられる。

#### 4.3.2 当社の事業展開に対する ODA 案件の効果・貢献度

##### (1) ワンストップサービス体制の確立

当社は「地域分散型エタノール製造システム」の事業展開にあたっては、ワンストップサービスを基本としている。ODA により比国に適した「スイートソルガム種子の選抜」、「土壌の調査」を実施すれば、当社のシステムを原料作物の栽培支援から効率的なバイオエタノールの生産に至るまでの一貫サービスを行うためのワンストップサービスの確立が可能となり、比国全土に普及する際の有力な武器となる。さらに ODA 事業は比国の気象・土壌を考慮した高収穫量・高糖度で耐倒伏性のある品種の開発までを手掛けるための足掛かりとなる。

##### (2) 発酵酵母の供給体制の確立

当社はワンストップサービスの一環として糖質系原料に対する酵母を選定し、当社から酵母菌を提供することを考えている。今回の案件化調査で、比国産のスイートソルガムを試料とした実証試験を行い、効率の良い適正酵母を選定している。一方、比国での気温を考慮して、耐熱酵母の選定も行っている。この耐熱酵母を使用して、ODA 案件による実証プラントでこの酵母を使用して発酵が行えれば、冷却するためのエネルギーを節約できる可能性があり、省エネ酵母となる可能性がある。

##### (3) 二国間オフセット・クレジットの MRV 方法論の確立と初期投資の削減

原料栽培からエタノール製造までの LCA 評価を行い、CO<sub>2</sub> の二国間取引への基礎データの収集と MRV 方法論を確立することができれば、日本と比国間で二国間協定が結ばれた時点で日本政府・環境省による海外での初期投資の軽減につながる補助金の供与が考えられる。

## 第5章 ODA 案件の具体的提案

### 5.1 ODA 案件概要

比国では、「バイオ燃料法」(2007 年制定)によりバイオエタノールの製造が進められているが、課題も多い。こうした状況下に適した当社の製品を ODA 案件として、同国へ持ち込み、機械装置だけでなく原料からエタノール製造までの全般についての役務を総合的に検証して、エタノール製造の生産性向上に資すると共にこのシステムを比国全土に普及することを目的とする。この ODA 資金による実証事業を実施するために、次の各項目を実施する。なお、試験実施は 2014 年～2015 年の間に実証事業を行い、2016 年は引続き現地関係機関のみで原料栽培からバイオエタノール製造・販売までを行い、データを採取する。収入は現地関係機関の費用に充てる。

#### (1) 実証事業に提案する機械装置の製作・設置

第 2 章で当社製品として紹介している「簡易型エタノール製造装置」1 基、「蒸留・脱水装置」1 基を製造し、当社が提案している「地域分散型エタノール製造システム」を構成する「ステーション」及び「基地」に設置する。製造装置の規模は 260kL/年 クラスとする。また、日本国内で調達した高効率の搾汁機(搾汁率:50%または 75%)を用意する。

#### (2) 原料作物(スイートソルガム)の種子選定・栽培と栽培計画策定

土壌調査を行いスイートソルガムの種子を選抜すると同時に、適切な施肥計画・栽培計画を策定し、現地農業関係者に提供すると同時に、現在、比国北イロコス州バタク市、バパミン農協で栽培しているスイートソルガムと比較する。更には、二毛作として栽培する稲作の収穫量が減少しない様に稲作用施肥計画を立案する。

#### (3) 発酵に使用する最適な酵母の選定

比国で栽培したスイートソルガムを使用して日本国内で実証試験を実施し適切な酵母を選定しているが、ODA 事業では比国の気候を考慮して耐熱酵母を選定する。

#### (4) 分析機器類の購入

糖度、エタノール濃度・PH 等を測定する機器等を購入する。

#### (5) 教育訓練

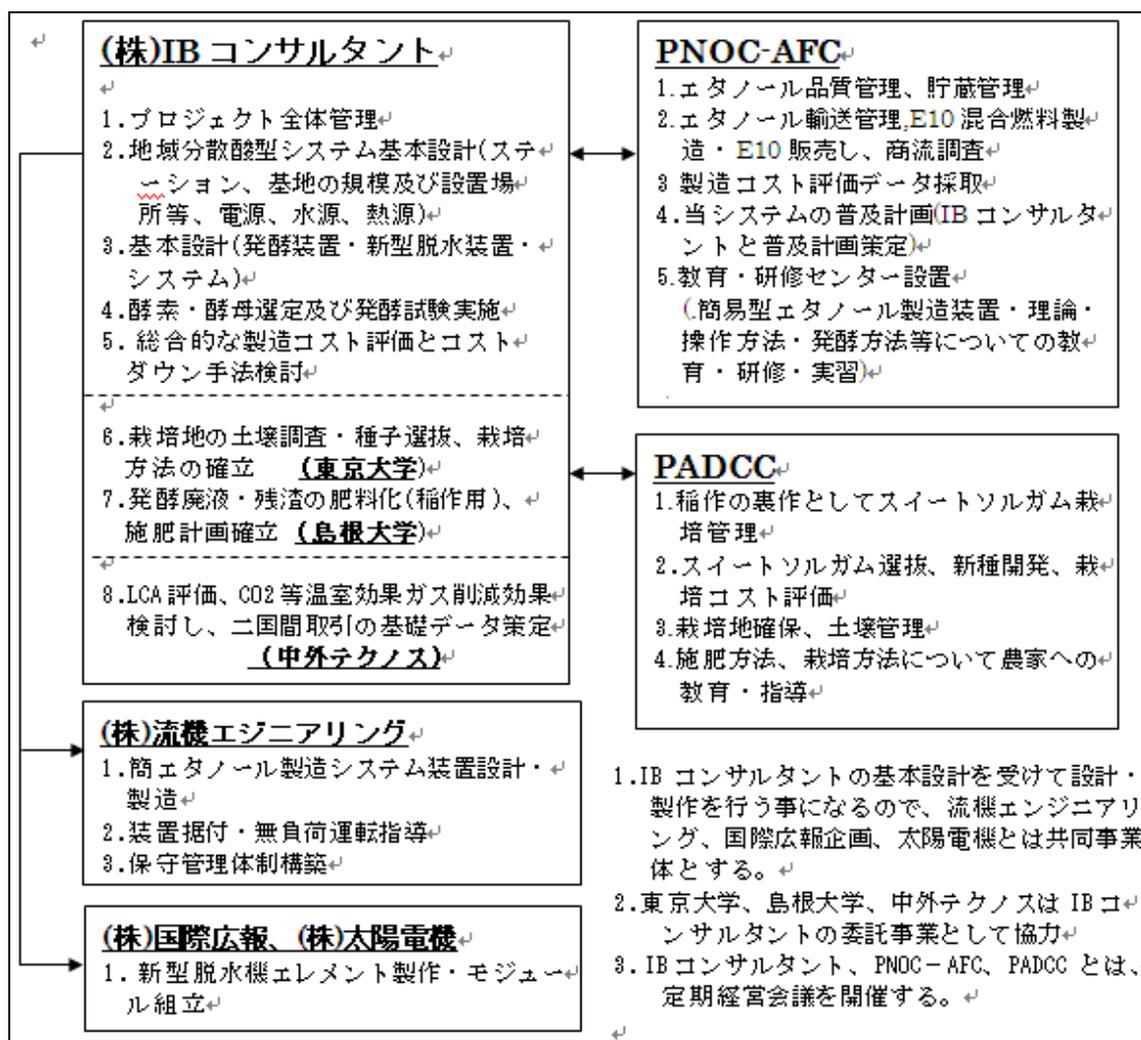
実証実験の期間中にカウンターパート機関の要員を受入れ、発酵技術等のバイオエタノール製造に関する教育訓練を行うと同時に、実証実験終了後は関連施設及びマニュアルやテキストをカウンターパート機関へ譲渡し、教育・訓練センターとして利用してもらおう。原料作物の栽培・施肥計画作成・土壌調査等のノウハウについてもテキスト等を整備して現地関係者への教育・訓練に使用する。

#### 5.1.1 活用可能な ODA スキーム

##### (1) 独立行政法人国際協力機構(JICA)の「民間提案型普及・実証事業」

本実証事業においては、実用規模の製造システムを比国内に設置し、同国が定めているバイオエタノールの製品規格に対応できるバイオエタノール製品を製造できることを実証する。同時に、バイオエタノール製品が NBB の定める引取り基準価格以下で製造出来ることを検証する。本事業の枠組みとしては、図表 5-1 に示す様な構成を考えるが、これは「民間提案型普及・実証事業」が終了した後の「国際共同事業会社」設立を念頭に置いたものである。

図表 5-1: 民間提案型普及・実証事業の枠組み (案)



(2) JICA による技術協力事業によるバイオエタノール研究開発・人材育成センター

「民間提案型普及・実証事業」が終了した後には、同事業で使用した製造設備や検査機器等はカウンターパートとなる国営企業等へ引き渡されることになっている。こうして比国側へ移転された製造設備や検査機器などをベースに、JICA による技術協力プロジェクト (通称「技プロ」) により、追加の資器材を調達した上で、比国におけるバイオエタノールの研究開発・人材育成センターとしての陣容を整える。同時に同センターへは日本の関連分野の専門家を派遣して各種プログラムの指導を行う。

(3) JICA による円借款の供与と海外投融資制度による本邦企業への資金提供

「民間提案型普及・実証事業」により、比国内でのバイオエタノールの商業生産について一定の目処をつけることができれば、地域分散型バイオエタノール製造システムを全国レベルで展開するための資金協力プログラムの実施が必要と考える。JICA による有償資金協力学ームである円借款を比国政府へ供与し、政府系のランドバンク (Land Bank) 又はフィリピン開発銀行を経由して民間事業者や農民が借入れを行うことができるツーステップローンの供与が考えられる。また、比国で現地企業等が行うバイオエタノール生産事業に投資したい日系企業に対しては、海外投融資の制度を通じた支援を行うことが望まれる。

## 5.2 具体的な協力内容および開発効果

本案件化調査を実施した直後に普及実証事業を実施することが望ましい。普及実証事業で計画されている協力内容と開発効果については次ページのプロジェクト デザイン マトリックスで示したとおりであるが以下のように整理される。

### (1) 上位目標

比国での地域分散型バイオエタノール製造システムの商業化生産の可能性を検証し、将来の事業化のめどをつける。

### (2) プロジェクト目標

① 地域分散型バイオエタノール製造システムにより対象地域でバイオエタノールの商業生産を行うについて抽出された技術的・経営的課題の解決策を検証する。

② 実証実験事業を通じた現地人材の育成。

### (3) 普及実証事業の活動内容と期待される効果

普及実証事業の主要な活動内容と期待される効果は図表 5-2 のように整理される。

図表 5-2: 普及実証事業の主要な活動と期待される効果

主要な活動		期待される効果
1	スイートソルガムの試験栽培と評価、優良種子の選定	発芽率が高く単位収量も高いスイートソルガムの優良種子が選定され、単位収量が高まる
2	スイートソルガム用搾汁機の導入と改良	搾汁率の高いスイートソルガム用搾汁機が導入され生産効率が高まる
3	発酵残渣・廃液を用いた液体肥料の開発と農場での実証実験及び評価	発酵残渣や廃液が液体肥料として開発され、スイートソルガムの収量が高まり、稲作の収量低下も防げる
4	高温多湿の環境に適した発酵酵母・酵素の選定と実証実験及び評価	フィリピンに環境に適した発酵酵母・酵素が選定され、生産効率が高まる
5	現地の自然環境・営農実態を考慮した小規模農家が自立できるような営農計画の策定を支援する	バイオエタノールの生産に関心を持つ小規模農家の営農計画が策定され、自立に貢献できる
6	バイオエタノールの製造過程で実現するCO2削減効果を調査し、客観性を持つMRV方法論を確立する	二国間オフセットクレジットに適用できるMRV方法論が確立される

図表5-3: 普及実証事業のプロジェクト デザイン マトリックス (PDM)

<b>プロジェクトタイプ:</b>	民間提案型普及・実証事業
<b>プロジェクト名:</b>	フィリピン国 地域分散型バイオエタノール製造システム普及・実証事業
<b>実施期間:</b>	2014年4月～2017年3月(36ヵ月)
<b>対象地域:</b>	フィリピン国 ルソン島北部及び中部地域
<b>ターゲットグループ:</b>	対象地域のバイオエタノール生産農家及び大学等の研究機関
<b>カウンターパート機関:</b>	・エネルギー省及び国営石油公社・代替燃料会社 ・農業省及びフィリピン農業開発商業公社

プロジェクトの要約	指標	指標データ入手手段	外部条件
<b>上位目標</b>			
フィリピン国での地域分散型バイオエタノール製造システムの商業化生産の可能性を検証し、将来の事業化の目処をつける	・政府が定めた製品の品質基準 ・政府が定めた製品の買取り価格	・実証実験施設 ・外部品質検査機関	・プロジェクト期間中に早魃・台風・洪水等の自然災害で原料作物の栽培に大きな影響を受けない ・生産された製品がカウンターパート機関により適切に販売される
<b>プロジェクト目標</b>			
・地域分散型バイオエタノール製造システムにより対象地域でバイオエタノールの商業生産を行うについて抽出された技術的・経営的課題の解決策を検証する ・実証実験事業を通じた現地人材の育成	・原料作物の発芽率と単位収量 ・搾汁率 ・稲作の単位収量 ・適性酵母の選定 ・営農計画の策定支援 ・二国間クレジットのMRV方法論	・実証実験施設 ・外部品質検査機関 ・参加農家の農場	・カウンターパート機関及び原料作物の生産に従事する農家の協力が得られる ・実証実験施設へのユーティリティがカウンターパート機関により計画通りに供給される
<b>成果</b>			
1 発芽率が高く単位収量も高いスイートソルガムの優良種子が選定され、単位収量が高まる	・発芽率 ・単位収量	・実証実験施設 ・参加農家の農場	・カウンターパート機関の協力が得られる ・参加農民の協力が得られる ・対象地域の地方政府・大学等の協力が得られる
2 搾汁率の高いスイートソルガム用搾汁機が導入され、生産効率が高まる	・搾汁率	・実証実験施設	
3 発酵残渣や廃液が液体肥料として開発され、スイートソルガムの収量が稲作の収量が高まり、稲作の収量低下も防げる	・稲の単位収量	・参加農家の農場	
4 フィリピンの環境に適した発酵酵母・酵素が選定され、生産効率が高まる	・発酵時間	・実証実験施設	
5 バイオエタノール生産に関心を持つ小規模農家の営農計画が策定され、自立に貢献できる	・小規模農家の営農計画	・参加農家	
6 二国間オフセットクレジットに適用できるMRV方法論が確立される	・MRV方法論	・日本政府環境省	

活動	投入	前提条件
1. 実証実験事業の計画立案・カウンターパートへの説明 2. 選定された種子によるスイートソルガムの試験栽培と評価、優良種子の選定 3. スイートソルガム用搾汁機の導入と改良 4. 発酵残渣や廃液を用いた液体肥料の開発と農場での実証実験及び評価 5. 高温多湿の環境に適した発酵酵母・酵素の選定と実証実験及び評価 6. 現地の自然環境・営農実態を考慮した小規模農家が自立できるような営農計画の立案を支援 7. バイオエタノールの製造過程で実現するCO2削減効果を調査し、客観性をもつMRV方法論として確立する 8. 実証実験結果の取りまとめと関連機関・ステークホルダーへの情報公開	【日本側】 1) 専門家派遣 2) 資器材の調達 ・簡易型エタノール製造装置 ・新型脱水機 ・搾汁機 ・試験機器 3) 運営管理費	【フィリピン側】 1) ユーティリティの供与 ・実証実験機器等を設置する建屋を提供する ・建屋へは電気・水道の供給を行う 2) 免税措置 ・日本から導入される製造装置・実験機器等は免税で輸入できるよう取り計らう

### 5.2.1 普及実証事業の先方実施機関（カウンターパート機関等）、実施体制、投入、スケジュールおよび協力概算金額など

本普及実証事業の先方実施機関（カウンターパート機関等）、実施体制、投入、スケジュールおよび協力概算金額は以下のとおりである。

#### (1) カウンターパート機関等

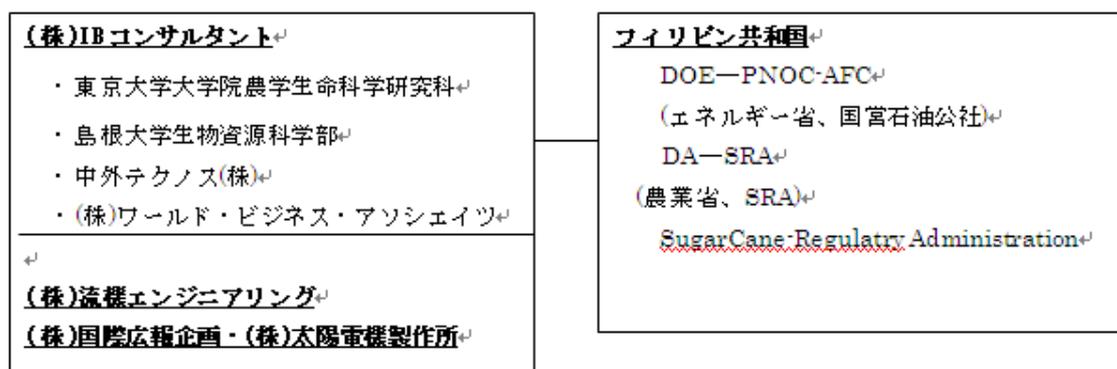
DOE の関係機関である PNOC-AFC と DA の関係機関である PADCC である。

PNOC-AFC の役割は、実証実験で生産されたバイオエタノール製品の品質管理、マーケティング及び販売分野における専門的な技術支援（化石ガソリンとの混合技術や物流システムを含む）とし、PADCC には、スイートソルガム等の原料作物の商業的栽培に係る技術支援及び訓練やキャパシティビルディングを通じた原料作物農家の統合と組織化についての貢献を期待している。

#### (2) 実施体制

本普及実証事業の実施体制図は図表 5-4 に示されたとおりである。

図表 5-4：普及実証事業の実施体制図



#### (3) スケジュール

本普及実証事業の実施工程（スケジュール）は図表 5-5 に示されたとおりである。

#### (4) 協力概算金額

年間約 70kL のバイオエタノールを製造するシステムとして、総額約 100,000 千円の費用を見込む。詳細については、以下の図表 5-6 に提示されたとおりである。

### 5.2.2 比国カウンターパート機関等が負担すべき費用・施設など

本普及実証事業に係る運営経費は、基本的に製造したバイオエタノール販売収入を充てる。

#### (1) 比国カウンターパート機関等へ負担を要請する項目

- ・ 製造するバイオエタノールを混合所に輸送して E10 混合燃料として販売。
- ・ 商流関係データの収集と分析。
- ・ 熱の供給。
- ・ 搾汁液相当で 21,000t/20 ヶ月の提供(ソルガム栽培用地の手配、栽培)。
- ・ このプロジェクトにかかわるカウンターパート機関関係者の給与負担。

図表 5-5 : 普及実証事業の実施工程 (スケジュール) (案)

項 目	2014	2015	2016
1. 共同事業体との詳細協議・現地調査基本設計	立地地点決定、業務・費用分担、規模決定、基本設計	新規会社設立(フィリピン主導)	
(1) PNOC-AFC, PADCC との協議 (中外テクノス、東大、WBA、流機エンジ)	-----	-----	-----
(2) 流機エンジニアリングとの協議	-----	-----	-----
(3) 国際広報、太陽電機製作所との協議	-----	-----	-----
2. 簡易型エタノール製造装置製作・設置		保守体制確立	
(1) 装置製作(国内で製造)・保守体制確立	-----	-----	-----
(2) 輸出手続き・現地据付業者選定	-----	-----	-----
(3) 現地設置・無負荷機能試験	-----	-----	-----
3. 発酵試験(酵素・酵母選定)	-----	-----	-----
4. 新型脱水器製作・設置・蒸留・脱水試験	-----	-----	混合燃料化・販売、商流検証
5. エタノール輸送・混合燃料化・販売	-----	-----	-----
6. 当システムの設置計画、普及計画・研修・教育(研修センター設立準備)	-----	-----	-----
7. LCA 評価 CO2 等温室効果ガス削減効果検討	-----	-----	-----
8. 土壌測定・改良・種子選抜	-----	-----	-----
9. 発酵残渣・廃液の稲作用肥料化	-----	-----	-----
10. 農業者への栽培・施肥・土壌改良についての	-----	-----	-----
11. 稲作・原料栽培	-----	-----	-----

図表 5-6：普及実証事業の協力概算金額

項	内 容	費 用	備 考
1	共同事業体との詳細協議 (IBC, 中外、東、WBA)	2,000 千円	
2	現地調査 (IBC、流機)	2,000 千円	
3	設計打ち合わせ (IBC, IPS・太陽)	2,000 千円	
4	F.S 作成	2,000 千円	
	小 計	<b>8,000 千円</b>	
5	コンサルタント会社委託	<b>7,000 千円</b>	
6	簡易型エタノール製造装置 [70KL/年]	40,000 千円	
7	基本設計、現地発酵試験	4,000 千円	
8	新型脱水機	15,000 千円	
9	搾汁機	5,000 千円	
10	輸出手続き (積載、水切り、陸上輸送、保険他)	3,000 千円	
11	アルコール濃度・ph・糖度等測定装置購入	1,000 千円	
	現場電気工事・基礎工事	2,000 千円	
	運転・保守管理研修訓練センター関係	2,000 千円	
	小 計	<b>72,000 千円</b>	
13	スイートソルガム種子選抜/土壌調査実証	3,000 千円	
14	発酵残渣・廃液の稲作用肥料化実証	1,000 千円	
15	適正酵母・酵素選定 (糖質系原料用・澱粉質系) 選定	3,000 千円	
16	LCA 評価・CO2 等温室効果ガス削減効果検討	6,000 千円	
	小 計	<b>13,000 千円</b>	
	<b>総合計</b>	<b>100,000 千円</b>	
17	エタノール混合燃料輸送・混合・販売の商流実証 (輸送・混合・販売は PNOC-AFC が実施し販売収入は PNOC-AFC と PADCC の負担費用に充てる)	<b>△ 12,320, 千円</b> (1Php=2.2 円)	約 20 ヶ月販売する。量は約 117kL 単価 48Php/L (約 5,600,000Php/20 ヶ月)である。
18	<p><b>・PNOC-AFC に負担をお願いする事項</b></p> <p>(1) 輸送・混合・販売に伴う費用</p> <p>(2) 商流検証に伴う費用</p> <p><b>・PADCC に負担をお願いする事項</b></p> <p>(1) 搾汁液相当で 21,00t/20 ヶ月 (52ha/)</p> <p>(2) スイートソルガム種子・栽培費用他</p>		設備設置場所(セキュリティ付倉庫等)、水道、電気引き込み線の手配をお願いする。

但し、予算の関係で、搾汁機の効率が、30%程度のものしか購入できないと仮定した。

(2) 比国カウンターパート機関等に要請する施設等

- ・設備設置場所の提供(セキュリティ付倉庫等)、水道施設、電気引き込み線のある場所の提供(MMSU 大学の一角を提供できるとの提案は出ている)。

5.2.3 本事業完了後の施設のカウンターパート機関への移転

本普及実証事業の完了後は、本事業で使用された製造システムや試験機器、人材育成用のマニュアルやテキスト類はカウンターパート機関へ引き渡される。原料作物の栽培・施肥計画作成・土壌調査等に関する機材マニュアル、テキスト等についても同様である。

### 5.3 他の ODA 案件との連携の可能性

#### 5.3.1 農業・農村開発分野での連携の可能性

日本政府は JICA 円借款事業を通じて 1996 年以来現在に至るまで比国の農地改革省の「Agrarian Reform Infrastructure Support Project」を支援して来た。本調査期間に訪問調査を行った農地改革省の担当者によれば、本案件では特別農地改革共同体の指定地域において単に灌漑施設や農道、集荷場などのハード施設の整備支援に止まらず、農民が新しい農地で自立できるような営農計画や農作物の栽培技術などのソフトな支援も行っている。スイートソルガムも営農支援の対象作物のひとつとして指定されているとのことであり、今後バイオエタノールの原料作物としてスイートソルガムが本格的に栽培される過程では、連携を検討することも考えられる。

#### 5.3.2 再生可能エネルギー開発分野の連携の可能性

これまでに日本政府・JICA によりバイオエタノール生産分野において比国側に支援された実績はないと思われる。ただ、伊藤忠商事株式会社と日揮株式会社が民間事業者としてサトウキビを原料作物とするバイオエタノールの商業生産をルソン島イザベラ州で開始しており、そこでの経験や知見を共有することができれば多いに参考になると思われる。尚、当社が別途実施した研究では、バイオエタノール製造後の発酵廃液・発酵残渣には消耗した酵母菌が多数含まれており、アミノ酸やミネラルが大変多い。これをメタン発酵槽に投入するとこれがメタン発酵菌の栄養源となるため、メタンガスの発生量が通常発生量に比べて 1.5 倍くらいになることが確認されている(図表 5-7 参照)。もし、エタノール発酵廃液からメタンガスを発酵させてガスエンジンによる発電事業を検討する場合には、この情報は有益である。

図表 5-7：メタン発酵にバイオエタノール廃液を入れた場合の効果

## メタン発酵にバイオエタノール廃液を入れた場合の効果

### (1)メタン発酵試験区

メタン発酵試験は下記の実験区を設定。

- |                             |
|-----------------------------|
| 1区：豚舎スラリー+酪農スラリー            |
| 2区：豚舎スラリー+酪農スラリー+バイオエタノール廃液 |
| 3区：バイオエタノール廃液               |

### (2)原料各区の性状

	PH	TS %	VS %	T-N mg/L	NH3-N mg/L
1区	7.30	4.6	3.4	5,310	2,070
2区	7.39	4.6	3.4	3,870	1,910
3区	4.18	5.4	4.1	1,340	45

TS：固形物 VS：有機物 T-N：全窒素 NH3-N：アンモニア性窒素

### (3)ガス発生量及びガス性状

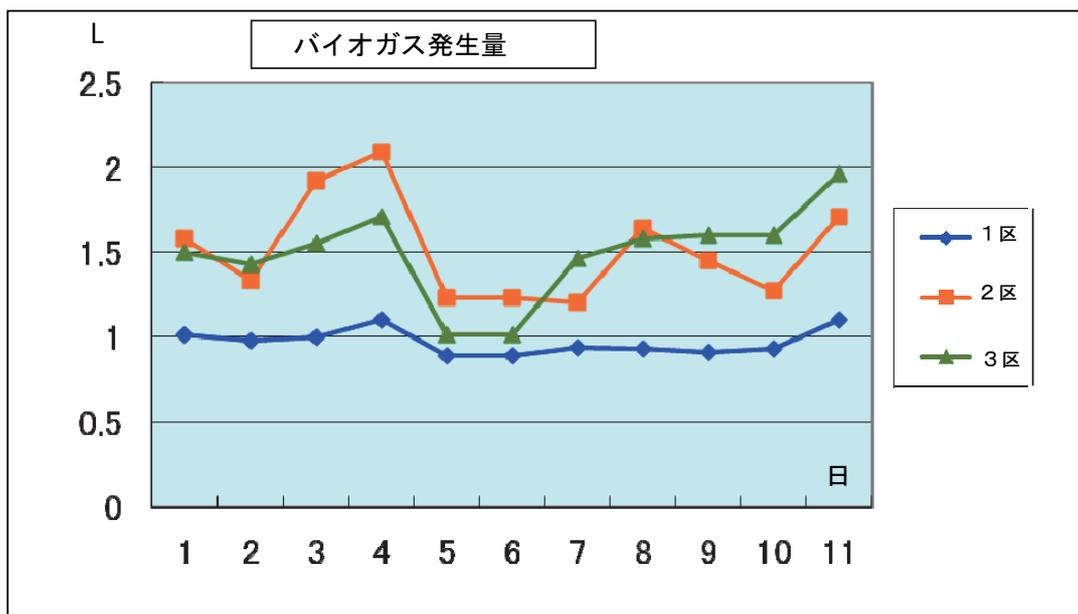
ガス発生量：メタン発酵馴致期間40日を経過し定常運転になった後10日間の有機物当たりのガス発生量の平均値は以下のとおりである。

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| 1区：10.68L ガス/28.05gVS=0.38L/gVS | ← |
| 2区：16.64L ガス/28.05gVS=0.59L/gVS |   |
| 3区：16.41L ガス/30.75gVS=0.53L/gVS |   |

[注記]

バイオエタノール廃液を入れた2区、3区は入れていない1区の約1.6倍である

\* VS=有機物



## 5.4 その他の関連情報

### 5.4.1 ODA 案件化へ向けた比国政府関連機関との協議結果

本調査団は、第1次・第2次現地調査を通じて比国のバイオエタノール生産に関わる多くの政府機関および民間事業者への訪問調査やセミナーの開催等を行い、提案した「地域分散型バイオエタノール製造システム」について強い関心を感じる事ができた。また、当社が比国でバイオエタノール生産事業に関連した事業を進めるについて有望な感触を得ることができた。実際、農業省傘下の関連国営企業である PADCC からは次のステージである実証事業について共同事業者として早期の覚書 (MOU) の締結を検討するように提案を受けた。これを受けて調査団は第2次現地調査の期間中に実証事業に関連すると思われるエネルギー省とその傘下にある PNOC-AFC 及び農業省とその傘下にある PADCC と精力的に協議を行い、附属書 II に添付した「民間提案型普及・実証事業」へ向けた覚書 (MOU) の原案を作成した。本 MOU については、今後両国営企業により署名の後、エネルギー省と農務省の関係者が証人 (Witness) として署名する予定となっている。

### 5.4.2 今後の ODA 案件化へ向けた課題

今後、本件を比国において実用化し商業生産の目処をつけるためには、JICA による「民間提案型普及・実証事業」による検証を行う必要がある。そのための課題としては、以下の点が考えられる。

#### (1) 比国側パートナーの確定と実証実験場所の選定

上述したように、「民間提案型普及・実証事業」へむけた比国側パートナーとして PNOC-AFC と PADCC との事前打合せを行っているが、現時点では覚書の調印が終えていない。また、この二機関が合意して共同で実証事業を行うとなった場合でも、その実証事業を行う場所は確定していない。実証事業ではバイオエタノールの商業生産について目処をつけることを目的としているが、同時にこの期間を利用して原料作物の栽培やバイオエタノールの生産に係る比国関係者の教育訓練も予定していることから、二つの条件を満たす必要があると考える。一つ目は、スイートソルガムやキャッサバ等の原料作物の供給地に近い場所、二つ目は、比国のバイオエタノールの関係者が集まりやすい場所にこの実証実験施設を設置することが望ましい。今後、この点について比国側の関係者と詰める必要がある。

#### (2) 原料作物の供給体制の確認

「民間提案型普及・実証事業」には、スイートソルガムやキャッサバ等の原料作物の継続的な提供が前提となる。今回の調査では、実証事業の場所が特定できなかったこともあり、これ等の原料作物の供給能力については確認されていない。これは、上記の実証事業の実施場所の選定とも関わりを持つ重要な点であり、今後、同事業を開始するまでに確認を行う必要がある。

### 5.4.3 今後の展開へ向けた期待

比国のガソリン消費量は経済の発展と共に今後も急速に伸びて行くことが想定されており、それに伴いバイオエタノールの需要も堅調に伸びることが予想される。比国政府はバイオ燃料法を導入し、自国の輸入オイルの削減による貿易収支の改善と温暖化ガスの削減を通じた地球規模の気候変動への取組みを進めるとともに、所得格差の是正を目的とした地方経済の活性化にスイートソルガム等のバイオマス由来のエタノール生産事業を抜擢している。この事業は当社にとっても数少ない海外展開の機会であり、比国内で成功モデルを構築できれば、同様な環境にある東南アジア諸国への展開も視野

に入ることになると思われ、次のステージである「民間提案型普及・実証事業」への応募を真剣に検討しているところである。また、比国側の政府機関及び傘下の国営企業も当社の活動に多いに期待しているところである。