



インドネシア共和国バイオマス・
エネルギー研究開発センター技術
協力事業事前調査団報告書

昭和 57 年 7 月

国際協力事業団

1
1
1

総開費
J R
82 - 170

國際協會	
電話 5485292	10870
登錄No. 14425	68454 MLT

は し が き

インドネシア共和国政府は、バイオマス資源を原料とする燃料用アルコール生産の研究開発を進めるべく国家アルコール計画を策定し推進中であるが、この一環として、バイオマス原料作物の栽培、アルコール製造プラントの操作、発酵技術、エネルギー流通技術などの研究開発を行うバイオマスエネルギー研究開発センターの設置を計画し、我が国に協力を要請してきた。

我が国は、このインドネシア共和国政府の要請に応え、本センター建設に対して無償資金協力をを行うことを決定し、昭和56年10月12日無償資金供与に関する交換公文(E/N)を締結した。

一方、インドネシア共和国政府は、本プロジェクトを円滑に推進するためには我が国の技術協力が不可欠であるとして、この分野における協力を要請するとともに、早期に技術協力ベースの調査団を派遣してほしい旨要請した。

今回の事前調査団派遣は、この要請に応じて、本プロジェクトの技術協力に係るインドネシア側要請の具体的内容をインドネシア側関係機関との協議および現地調査を通じて確認し、協力の可能性があれば日本側の技術協力実施計画案についても討議することを目的として、昭和57年3月16日から3月29日まで派遣されたものである。

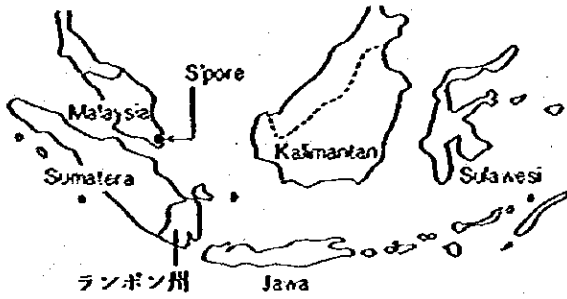
本報告書は、事前調査団の現地における調査および協議内容を取りまとめたものである。

ここに、本調査団の派遣に御協力をいただいた在インドネシア日本国大使館をはじめとする日伊両国関係各位に対して、深甚なる謝意を表する次第である。

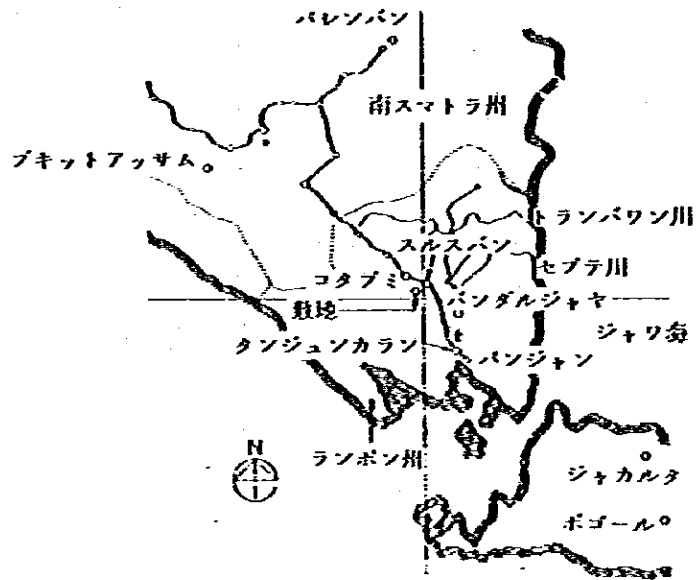
昭和57年7月

国際協力事業団

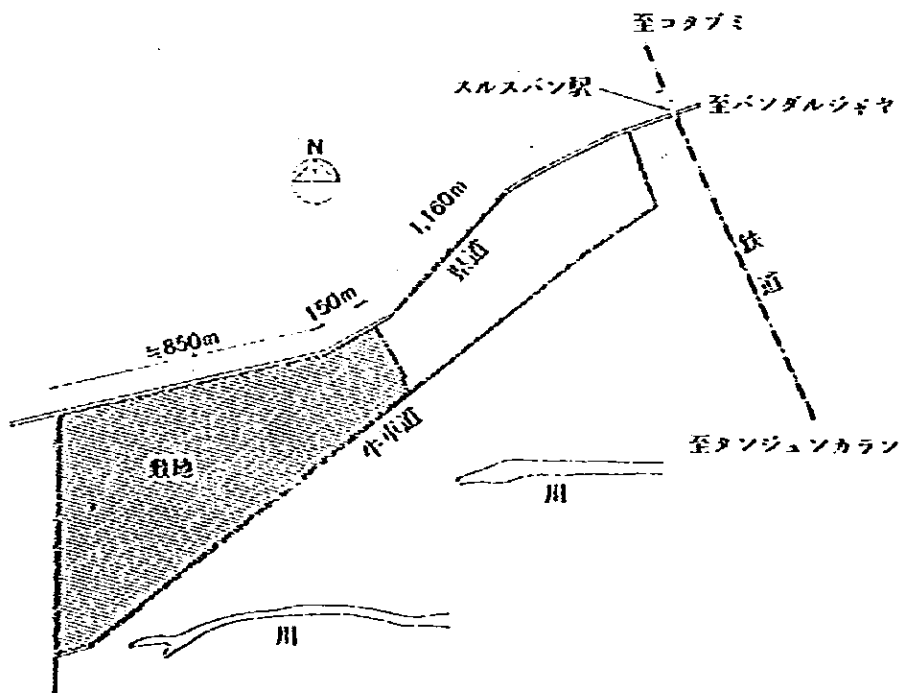
理事 久留義雄

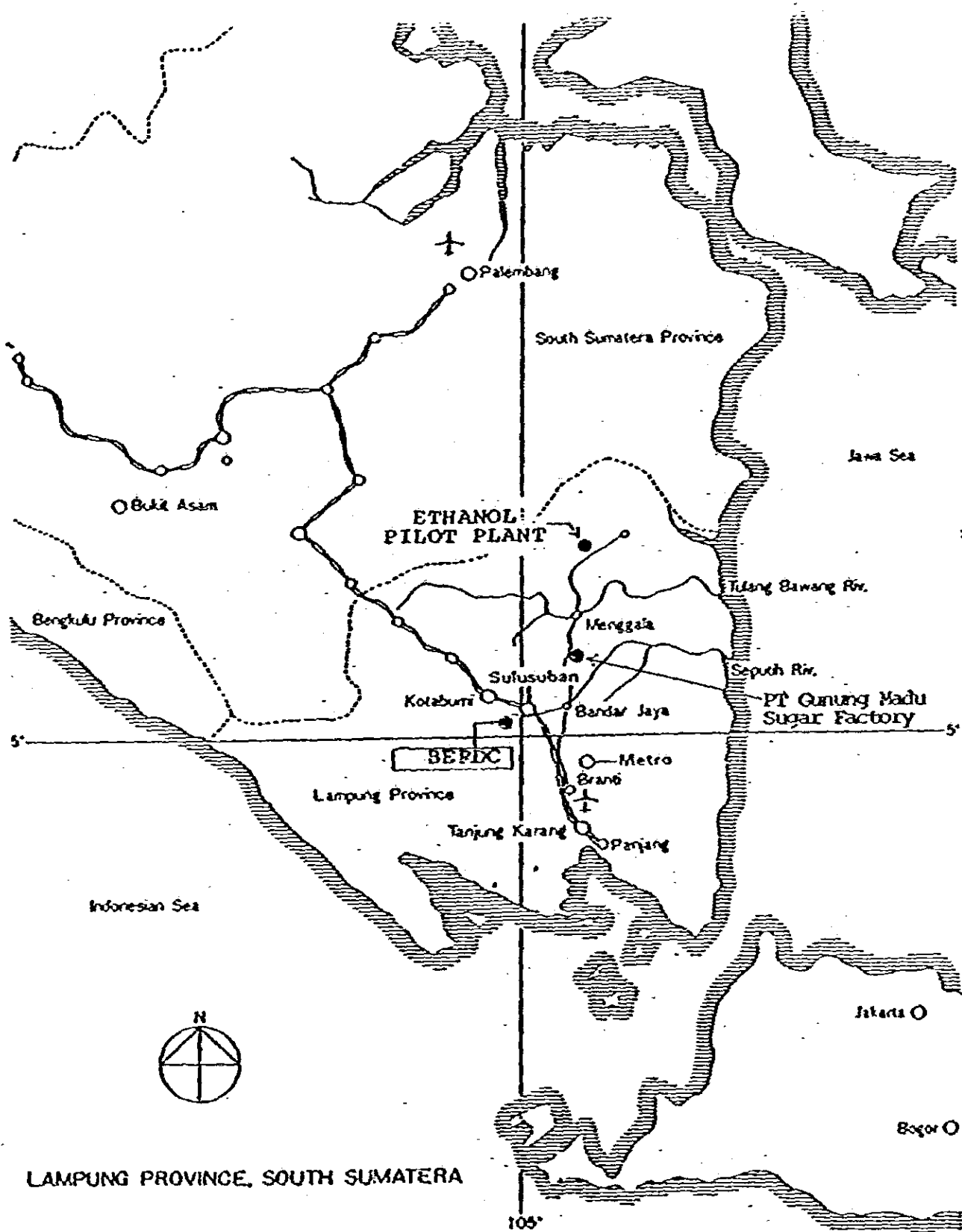


インドネシア地図



ランボン州略図





LAMPUNG PROVINCE, SOUTH SUMATERA

プロジェクト・サイト図

目 次

は し が き

I 本プロジェクトの経緯	1
II 技術協力要請の概要	3
III 事前調査団の派遣	7
1. 派遣目的	7
2. 調査団の構成	7
3. 調査日報	8
IV 事前調査結果の概要	9
1. BPPPTとの協議	9
2. 「I」例の技術協力要望内容	9
3. 他の関係機関との討議	10
4. インドネシアにおけるアルコール生産の現状	12
5. 甘しょ研究および培栽の現状	20
6. 経済・社会関係	29
V 本プロジェクト実施にあたっての今後の問題点	31
VI 参 考 資 料	32

1 本プロジェクトの経緯

インドネシア共和国政府のバイオマスエネルギー研究開発センター設置計画に係る要請から、我が国の無償資金協力決定に至るまでの経緯、及びその概要は以下のとおりである。

- (1) 昭和55年11月訪日したインドネシア共和国技術開発応用庁長官Habibie 国務大臣より、「バイオマスエネルギー研究開発センター設立」に関する協力要請がなされた。
- (2) 昭和55年12月上記要請に基づき、要請内容の確認と今後予定される基本設計調査の実施方針を策定するため「バイオマスエネルギー研究開発センター計画事前調査団」を派遣した。

この事前調査の報告によれば、インドネシア側が考えている本センター構想は、インドネシアの国家アルコール計画と一体をなすものと位置付け、移住地でのアルコール工場の後方基地として、本センターをアルコール供給についての研究・開発のための機関としたいこと、また、本センター概念に関しては、いわゆるバイオマスエネルギー開発の基礎的研究をするアカデミックな研究所のイメージでなく、むしろある程度の規模のパイロット・プラントを有するアルコール技術に関する応用研究センターをイメージしているとのことであった。

- (3) 昭和56年3月には、無償資金協力ベースによる基本設計調査団が派遣され、インドネシアの国家アルコール計画及びバイオマスエネルギー研究開発センターなどに関する情報・資料収集するとともに、センター建設予定地を選定し、基本設計策定のための現地調査を実施した。また、昭和56年6月基本設計確認調査団を派遣し、最終的な詰めを行った結果、以下のような基本設計が決定した。

- ① 敷地は、延約50haで、そのうち10haは甘しょ栽培用試験農園とし、その他は実験プラント用地、農業試験関係の施設用地、研究開発用地および予備地とする。
- ② 建物は、実験プラント建屋、事務所・実験室棟、農場管理棟、ワークショップ、守衛所等である。
- ③ 実験プラントは、日産約8ktの能力を有するものとし、原材料はキャッサバ、甘しょを考える。
- ④ センターの機能は、一般管理部門、プラント操作部門、酵素・酵母等バイオロジー研究とアルコール製造研究部門、農業試験部門、および社会・経済研究部門とする。
- ⑤ 屋外施設としては、門、構内道路、駐車場、受水槽、高架水槽など。
- ⑥ 機械としては、アルコール製造研究用機械、農業研究用機械とする。

上記のうち、建物および実験プラント等の施設・機械については、日本政府の昭和56年度無償資金協力により実施し、敷地面積約50haの買収、敷地内の造成、取付道路工事、農場の区画・整地、および電力・給排水の供給施設はインドネシア側責任で行うこととした。

(4) 昭和56年10月12日、本センター建設のため15.5億円を限度とする無償資金協力をを行うことを決め、同日ジャカルタで本件無償資金供与に係る交換公文（E/N）が締結された。

その後、同年10月22日には、御日建建設とインドネシア技術応用開発庁との間でコンサルタント契約が、また、同年12月には、技術応用開発庁と大成建設の間で施工契約がそれぞれ締結され、更に、昭和57年1月にはサイト・スルスパンにて本センター建設に係る起工式がとり行われ建設が開始された（昭和58年3月末完成予定）。

II 技術協力要請の概要

本プロジェクトは、我が国からの無償資金協力によりセンターの建屋及びパイロット・プラント設備が供与されるものであるが、インドネシア側は、これらのハードの部分だけではなく、技術指導、人材養成などのソフトの部分についても我が国の協力を得たい旨要請があった。

昭和56年9月訪日したウルディマン「イ」技術応用開発庁システム分析部長は、日本側関係者との懇談の中で、本件技術協力に関して次のように要望した。(1)これまで、日本側から派遣されたチームは、主にハードウェアについてしか話をしなかったため、ハードの前提となるソフトの部分についても日本からの協力を得たい。(2)「イ」では上級研究員のリクルートは時間を要し、通常6か月から1年程度を見込む必要があること、従って、早急に日本側専門家の派遣を得て、「イ」側専門家との間でソフト面でのプログラム作りを行いたい。

この要請に基づき、今後の進め方について双方で協議した結果、日本側は、まず「イ」側より現段階で考えているソフト面の基本計画(案)を提出させ、それを見たりえて協力内容を検討することとした。

上記に基づき、昭和56年11月「イ」側より次のような計画案が提出された。

バイオマス・エネルギー研究開発センターにおける訓練計画

序

1. 日本の無償資金協力(15.5億円)によりバイオマス研究開発センター(BERDC)を設立する。
2. センター完成は1983年3月。バイオマスによるアルコール製造の研究開発を行う。
BERDCの機能：a. 試験プラント(8,000kl/H)
b. 研究所
c. さつまいも栽培試験農場
3. 試験プラントの運転により、プロセス工学、エネルギー収支に関する実際的研究を行い、アルコール生産技術の進歩に寄与する。
4. 研究所と試験プラントにより、前処理及び酵母、糖化、発酵並びに蒸留工程における技術的諸問題の研究開発を行う。
5. 試験農場は、さつまいもの栽培を行い原料を生産する。そのため、植付、品種改良、病虫害対策等の農業技術の改善を行う。
6. センターは、アルコール生産及び供給の社会・経済的システムの研究を行い、バイオマス原料から代替エネルギー生産の開発に寄与する。
7. 1983年3月完成に伴い、BERDC運営のため、早急に良質な科学者を準備する必要がある。そのためには、BPPTの若い科学者を訓練することが肝要である。

研究項目

BERDCにおける研究項目は次のとおり。

1. 農業（特に、さつまいも）
 - a. 品種改良
 - b. 土地生産性，土壤維持
 - c. さつまいもの栽培（植付け）
 - d. 病害虫対策
 - e. 耕作から収穫までの技術改良
2. 加工
 - a. 前処理
 - b. 糖化
 - c. 発酵
 - d. 蒸留
 - e. 廃物処理
 - f. アルコール製造におけるエネルギー収支の改良
 - g. その他バイオマス原料（セルロース）からのアルコール製造
3. 経済研究
 - a. 原料収集システム，価格システムの研究
 - b. アルコール製造の経済性の評価と改善（主に，効率とエネルギー収支について）
 - c. アルコールの供給，及びマーケティング・システム並びにその経済性
 - d. 各セクターにおける燃料消費に対する代替可能性
 - e. アルコールとガソリン間の価格調整
 - f. アルコール需給の長期見通し
 - g. アルコール生産，供給の国家経済に与える長期的影響
 - h. アルコール計画支援に必要な投資額
4. 社会及び環境に与える影響（研究）
 - a. アルコール産業の社会及び環境に与える影響，特に，遠隔地域での，
 - b. 各セクターにおける燃料消費代替の与える社会的，環境的影響

上記項目の全てを同時に研究することはできないものであり，「イ」国科学者と日本人専門家の確保いかんにより実施されることになる。

これら研究項目の優先順位

農業および研究所

- 品種改良

加工

- 省エネルギー精化
- 高温発酵法
- 廃物処理

経済研究

- 「イ」におけるアルコール燃料導入のフィージビリティ

訓練システム

計画している訓練プログラムは次の3段階で行われる。

1. BPPTと日本政府/JICAによる訓練計画のT/R作成の準備
2. 訓練計画の実施
3. 日・イ研究員の共同研究プログラム

a. BERDC職員訓練のためのT/Rの準備

- 1) 日本での訓練施設のアヴィラビリティ
- 2) 訓練項目の調査
- 3) 訓練生の人数

このために、インドネシア政府(BPPT)/日本政府(JICA)から成るチームを設置し、T/Rを作成してはどうか。

b. 訓練プログラムは次の3種類とする。

1) 短期訓練

BPPTスタッフが日本の訓練施設の全体を把握することを目的とする。対象は高級スタッフで期間は4～12週間。

2) 中期訓練

BERDCの運営あるいは研究項目の実施に要する実践的な知識の収集を目的とする。期間は3～6カ月間。

3) 長期訓練

訓練生が研修プログラムの実施に要する実践的知識の取得を目的とする。期間は1年以上。

- ### c. BERDCの研究プログラム実施を成功させるためには、BERDCと日本側研究機関と共同研究プログラムを開発しなければならない。共同研究は、1～2名の日本人専門家と若い「イ」科学者で行う。このためには、日本側研究機関の情報が必要である。この共同研究は、BERDC完成次第行うことが理想である。そのため、準備はすぐ必要である。

訓練プログラム計画

訓練プログラムは「イ」側科学者の確保いかんによっては変更あり得るものである。訓練生

の人数、研究項目などについては、協議のうえ決定したい。

以上がインドネシア側から提出された訓練計画であるが、我が方はとりあえず、技術協力ベースの調査団を現地に派遣し、技術協力計画策定に必要な調査を行うとともに、「イ」側との協議を行うこととした。

Ⅲ 事前調査団の派遣

1. 派遣目的

インドネシア技術応用開発庁(BPPT)の技術協力要請に関し、その要請内容の確認、要請の背景の把握、相手方実施機関の機能および活動状況の調査などを通じて、今後のプロジェクト技術協力の実施計画策定に必要な情報を収集することを目的とする。また、我が国のプロジェクト・タイプ技術協力のスキームを先方に説明し、両国の責任分担、専門家の派遣、研修員受入等に関する一般的事項についても協議を行うこととした。

2. 調査団の構成

団長	西 出 敏 雄	総 括	通商産業省基礎産業局バイオマス対策室
団員	竹 股 知 久	農 業	前農林水産省農事試験所作物部主任研究官
団員	園 田 頼 知	加工・発酵 (研究)	通商産業省工業技術院微生物工業技術研究所生物化学工学研究室長
団員	高 橋 周	加工・発酵 (プラント)	協和発酵工業株式会社門司工場製造試験課
団員	原 嘉 夫	経済・社会	財団法人日本エネルギー経済研究所第一研究室長
団員	佐 藤 幸 次	業務調整	国際協力事業団鉱工業開発協力部鉱工業開発技術課

3. 調査日程

日	月	曜日	行	程	調査	内容	容
1	9/16	火	東京	→	ジャカルタ	移動日	
2	17	水				在ジャカルタ日本大使館, JICAジャカルタ事務所表敬, BPPPTとの協議	
3	18	木				労働移住者表敬, BPPPTとの協議	
4	19	金	ジャカルタ	⇄	ポゴール	ポゴール農科大学, ポゴール中央農業研究所訪問	
5	20	土	{ ジャカルタ → マラン	{ マラン → マラン	{ (第1班) (第2班)	第1班 (西出団長, 岡田・高橋団員) 第2班 (竹股・原・佐藤団員)	
6	21	日				ブラジージャヤ大学訪問	周辺農家のサツマイモ栽培状況調査
7	22	月	{ スラバヤ → ジャカルタ	{ ジャカルタ → ジャカルタ	{ (第1班) (第2班)	PDASEN(アロール工場)視察, 午後移動	移動
合流: BPPPTとの協議							
8	23	火				工業省表敬	
9	24	水				農業省・鉱山エネルギー省表敬	
10	25	木				在ジャカルタ日本大使館, JICAジャカルタ事務所報告。(夕方: 西出団長, 原団員帰国)	
11	26	金				中央統計局等資料収集	
12	27	土				資料整理	
13	28	日	ジャカルタ	→		移動日	
14	29	月					東京

Ⅳ 事前調査結果の概要

1. BPPTとの協議

BPPT側とは3月17日、18日および22日の3回にわたり協議を行い、「イ」側の実施体制、技術協力の要請内容、日・イ双方の責任分担などについて質疑および意見交換を行ったが、「イ」側からの主な論点は以下のとおりであった。

1) 実施体制

「イ」側では、既に農業省、労働移住省などの関係省庁の協力を受け、本センターの準備を進めており、スタッフなどの選考も始めている。また、討議議事録(R/D)署名後における「イ」国内の必要な手続きもBAPPENAS、SEKKABとよい関係にあるため、署名後1か月ないし1か月半あれば手続きは完了する見通しであり、日本への研修員の派遣が可能となる見込みである。

2) 技術協力の進め方および「イ」側責任分担

BPPTワルディマン補佐官は、本センター実施には日本側の技術協力は不可欠であると強調し、協力期間は4～5年が是非とも必要であると述べた。

協力の進め方については、プロジェクト・タイプ技術協力で行うことに全体としては合意できるものの、「イ」側責任となる派遣専門家への住宅の提供、交通手段の便宜などについては、「イ」側の予算上の制約もあり極めて困難である旨述べた。

3) 日本でのカウンター・パート研修

現在、センターの要員の採用を進めている段階であり、不確定ではあるが、できれば各分野2人の研修を「イ」側は希望している。ただし、日本側にも受入能力に限度があることは承知しており、例えば、57年度と58年度に分けて実施することも考えられる。

4) 国家アルコール計画「第2次レポート」に関する協力依頼

BPPTで準備を進めている燃料アルコールに関するレポートに関しては、社会経済の分野の専門家がBPPTにはいないため、この分野における専門家の早期派遣を希望している。「イ」側は、専門家2名を3か月程度を要望しているが、3か月間の仕事の一部は日本で行うことも可能であることを認めている。

2. 「イ」側の技術協力要望内容

センターで行う各研究分野に対する協力要望内容は次のとおりである。

1) 農業分野

この分野に関しては、ボゴール中央農業研究所と緊密な関係にあり、現在のところ、「イ」側国内においてキャッサバの研究は広く行われているものの、サツマイモの研究実績

は乏しいため、適正品種の選抜及び栽培技術を中心とする協力を強く希望している。更に詳細な要望内容は書面にて「イ」側よりもらうことにしている。

2) 加工・発酵及び社会・経済分野

アルコール生産及び社会・経済分野に関する「イ」側の具体的考え方については、「イ」側は56年11月提出された要望内容を繰返したのち、研究・開発テーマ等センター活動の具体的進め方については日本側からの指導を希望するとのことであった。このため、非公式であることを断ったうえ、日本側で事前に準備した技術協力計画(案)を説明したところ、研修員人数についてのコメントがあったほかは、日本側案で合意できるとのことであった。

3. 他の関係機関との討議の概要

1) ボゴール農科大学 (Institut Pertanian Bogor)

面談者： Dr. Menet Satari
Dr. Tony Ungerer (Director Research Institute)
Dr. H.H. Sitompul
Dr. D.T.H. Sihombi 他

学内にエネルギー・チームを作りバイオマスのエネルギー利用の研究を行っている。主要テーマは、

- 1) 木材ガス化
- 2) バイオガス
- 3) サゴヤンからのアルコール製造

であり、また、社会・経済面の計画調査を実施している。なお、アルコール原料作物としては、大規模農業システムからのキャッサバを推奨しており、サツマイモについては熱帯向きの品種改良や増収栽培法などの研究が必要であるとのことである。

2) ボゴール中央食糧作物研究所 (Central Research Institute for Food Crop)

面談者： Dr. M. Sundaru
Dr. J. Wargiomo

農業省の傘下にある研究所で、試験農業においてサツマイモの栽培を手掛け始めている。また、BPPTに協力して57年2月よりトランバン地区で60種(うち日本種7、台湾種7を含む)の栽培を始めている。

3) プラビジャヤ大学 (UNIVERSITAS BRAWIJAYA)

面談者： Ir. Jmam Zaky
Dr. Sugianto 他

工学部はBPPTとの共同研究により、ガスオール(95%アルコールを20%混合したガ

ソリン)の自動車走行試験を実施中。使用車は乗用車6台、オートバイ23台でガソリンとの比較試験を行っており、ガスオールの方が腐食が大きいものの、含水アルコール使用のため相分齟が起っても、エンジン始動、走行性能には差がみられない。農学部では、Prof. Soetonoが国家アルコール・チームに加わっており、農業関係の有力なアドバイザーとなっている。サツマイモの研究実績はないが、キャッサバについてはMukibat法、Satrawi法等の新しい栽培法を研究中である。

4) PD ASEAN (アルコール工場)

〔面談者： R. Soeprijadi
Ir. Dwipurwo Pangurso
Ir. Saraswati〕

これは国営アルコール工場で1908年に創設された会社であり、日本へも粗液アルコールを出荷している。発酵技術そのものは改善の余地は大きい、「I」国内のアルコール発酵水準を知るうえで参考になった。センター要員については、日本での研修に先立って、この工場ですべての研修を受けることが望ましいと感じられた。

なお、工場長のDwipurwoとSaraswatiはBPPTのアドバイザーになっており、日本側の計画案については同意し、ただ研修生の数だけ増やすようコメントがあった。

5) 労働移住省

〔面談者： Ir. Amir Hasan Mutalib (Direktor Pembinaan Program)〕

79年から第3次5カ年計画による移住政策を実施中であり、81年の移住実績は9万家族(1家族平均4.6人)であった。センターに関しては移住局が担当するが州や郡にも地方事務所がある。移住者には2ha/家族の土地が与えられるが、ここで米、その他の産物を栽培している。本センター、プロジェクトも支持して推進に協力することになっている。なお、現在は移住地域でのキャッサバ等の買上げ制度はない。

6) 工業省

〔面談者： Ir. Santoso Kismowihardjo〕

アルコール生産に関しては、砂糖工場に併設した形で行っている場合は農業省の所管であるが、購入糖蜜を使用する場合は工業省の所管であるとのことであった。同省内では、合積副産物からのアルコールは化学工業局が所管し、その他はDirector General for Miscellaneous Industryが所管する。工業省も国家アルコール・チームに参加しているが、アルコールに関しそれ以上の体制はとっていない。また、工業製品の規格を所管しているが、石油製品は鉱山エネルギー省が規格の案を作成しており、ガスオールも将来的には同様に扱われるものと考えられる。

7) 鉱山エネルギー省

〔面談者：Jangkas Roesad
Iczal N Chatab (国家アルコール・チームのメンバー)〕

バイオマス関係として現在行っているのはバイオガス(バリ島、豚3~20頭規模)、木材のPyrolysis(熱分解)、ガス化(西独の援助)、南スマトラでのenergy farmingなどがある。BPPTとの関係はBPPTがR&D、鉱山エネルギー省がdemonstrationという分担で行っている。

8) 農業省(Director General for Food Crop)

〔面談者：Mrs. Soi Sinkapr〕

農業省自体は生産向上に最も力点を置いており、食糧作物のプライオリティはコーン、大豆、ピーナッツ、green bean、キャッサバ及びサツマイモの順である。エネルギー作物についてはそこまで知見がない。センターとの関係ではBPPTからの要請に応えAgency for Agricultural Reseach and Developmentが担当し、将来大規模栽培になればDirector General for Food Cropに移ることになる。同Agencyの下にボゴールの研究所がある。異性化糖、scpの研究実績はない。

4. インドネシアにおけるアルコール生産の現状

工業省より入手した資料表1によれば、12工場によってアルコール及びスピリッツ(濃度88%程度の酒類原料用と思われる)計18,000kt/年が生産されている。

一方、統計局で入手した工業統計によれば表2に示すように、アルコール19,032kt、スピリッツ15,904kt計34,936kt(1979年)の生産が記録されている。

また、工業省の説明では現在精蜜から年間約29,000ktのアルコールが生産されているとの話があり、この3つの数値が一致しないが、恐らく工業用と酒類用の区分、集計に相違があるためではないかと思われる。

表1の数値はいわゆる公称生産能力ともとれるので、この3者の中では政府刊行物として公表出版された表2の工業統計の数値をとるのが妥当と考えられる。

原料にはすべて精蜜を使用し、ケーンジュース直接は使用されていない。表2にアルコール及び関連原料、製品の価格を示すが、アルコールは1kt当り約89,000円(1,000ルピア=370円として)であり、わが国で輸入精蜜から製造した場合のコストと比較すれば約1/2である。後記PD. ASENアルコール工場長の話によれば、庫出しの際70%のTaxがかけられるとのことであった(酒類用のみと思われる)。現在日本へ輸入される粗留アルコール価格は10~11万円(CIF価格)である。

また精蜜は表2の工業統計によれば約12,000円/t、PD. ASEN工場での購入価格は約

18,000円/ℓ，また日本での輸入価格は約20,000円/ℓ (CIF) である。

表1. インドネシアにおけるアルコール工場と生産量

No.	工場名	所在地	生産量(kℓ/年)
1	* PNP. Palimanan	Cirebon	3,500
2	PNP. Comal	Tegal	3,500
3	PNP. Jatiroto	Jember/Jatin	4,000
4	PNP. Madukismo	Jogya	3,500
5	P T. Padaharja	Tegal	1,500
6	* P T. Madusari Murni	Malang/Jatim	3,500
7	* P D. Hates	Pojokerto	14,600
8	* P T. Permate Sakti	Medan	4,500
9	* P T. Habati Sarana	Cirebon	1,800
10	* P T. Malindo Raya	Malang/Jatim	3,000
11.	* P T. Basis Indah	Bone,Sul.Sel.	3,000
12	# P T. Sari Murni	Malang/Jatim	2,400
計			48,200

* : 工業省工業化学局管轄

(工業省資料)

: 現在操業停止 (PD.ASFH Dwiourwo 工場長談)

表2. インドネシアにおけるアルコール関連工業製品生産額(1979年)

製 品 名	生 産 量	生産額(1000Rp)	生産額(1000円)*2	単位当り価格(円)
ア ル コ ー ル	19,032 kl	4,575,305	1,692,863	88,948 円/kl
ス ピ リ ツ ツ*	15,904 kl	3,474,256	1,285,475	80,827 "
フ ー ゼ ル 油	6,400 kg	1,820	673	105 円/kg
ビ ー ル	60,844 kl	37,952,510	14,042,429	230,794 円/kl
ワ イ ン 類	2,465 kl	898,525	332,454	134,870 "
その他アルコール性飲料	4,267 kl	1,441,373	533,308	124,984 "
砂	1,090,848 t	218,607,200	80,884,664	74,148 円/t
糖	528,078 t	16,857,948	6,237,441	11,812 "
グ ル コ ー ス	405 t	80,583	29,816	73,619 "
タ ピ オ カ で ん 粉	64,045 t	8,640,914	3,197,138	49,920 "
同 上 で ん 粉 か す	10,893 t	273,883	101,337	9,303 "

*1: 酒類用原料アルコール(88%濃度)を指すと思われる。

*2: US\$ = 62.5Rp, 1000Rp = 370円として換算。

インドネシア工業統計(1979)より作成
Industrial Statistics(1979)
(Biro Pusat Statistik, Jakarta-Indonesia
出版)

PD. ASENアルコール工場

この工場は1908年に創立された工場で、インドネシアの中では最大のアルコール工場であり、州が管理する公営工場である。

ジャワ島フラバヤ市の南西約60kmのモジョケルト (Mojokerto) にあり、川をはさんで対岸には味の素工場 (合弁) がある。

この工場では社長 R. Soeprijadi 氏、工場長 Dwipurowo 氏及び Saraswati 氏 (女性技術者) と面接し、工場見学を行って施設、運転条件、技術レベルの調査を行い、また日本側からは日本における工業用アルコール生産の現状並びに研究機関の紹介を行った。

(1) 名称、所在、従業員等

本 社 名 : PD. ASEN PABUARAN

所在地 89 JALAN NOAQUEL, SURABAYA

工 場 名 : PD. ASEN PABLIK ALKOHOL & SPIRITUS WATES

所在地 PABLIK ALKOHOL & SPIRITUS-MOJOKERTO

敷地面積 : 120,000 m²

創 立 : 1908年 (明治41年)

従業員数 : 総数273名

内訳	管理部門	55名
	試験研究部門	18名
	作業部門	200名

なお、この会社は本アルコール工場以外にエッセンス工場 (モジョケルト) 及び飲料工場 (スラバヤ) を経営している。

(2) 生産量

原 料 : 廃糖蜜 (平均85° Brix)

原料価格 50,000ルピア/t (1円=28ルピアとして17,857円/t)

生産能力 : 60kt/日, 年間16,000kt

年間稼働日 : 約270日 (約8カ月運転, 4カ月大手入期間)

(3) 主要設備諸元

原料貯槽 : 3,500 m³ × 4基 計14,000 m³

酒 母 槽 : (一次) 900 t × 6基

(二次) 20 m³ × 9基

主発酵槽 : 85 m³ × 18基

蒸 留 塔 : 60kt/日, 6本塔 1式

製品貯槽 : 16基 計2,000kt (最大のもの900kt槽)

ボイラー：重油バーナーパッケージ型

〔蒸気発生量 14t/hr. (7kg/cm², 170℃)
燃料消費量 重油 65~70kg/蒸気t〕

受電設備：300KVA, 380V

用 水：河川水 4,320t/日, 水温 31~32℃

(4) 運転条件

1) 製造工程

全工程のフローシートは図1に示す。オートメーションシステムはない。

2) 仕込・発酵工程

下図に示すようにシードはフラスコ培養から一次、二次酒母槽を経て主発酵槽に添加される。

培養・ 発酵そう						
	容 量	250ml	20 ℓ	900 ℓ	20 m ³	85 m ³
	発酵時間			12 h	24 h	30-36 h
	糖 濃 度			6.8 Brix	6.5 Brix	15-16 %
	アルコール					9-10 vol. %

もろみの殺菌は酒母槽のみで、主発酵槽もろみは原糖蜜と希釈水をエジェクタータイプの混合器で混合した後、連続的に溶解槽で空気吹込みにより攪拌、溶解した後、無殺菌のまま使用する。

フラスコ培養の培地はシュクロース、リン安培地を使用しているが、本もろみには炭安などの助成料は使用していない。

発酵槽の冷却は河川水（温度 31~32℃）を使用し、槽表面冷却（内部コイルはない）により発酵温度は 35~38℃というが、調査時の日表記録では 32~35℃の範囲であった。なお発酵工程管理の記録は時間、Brix 度及び温度のみである。

生成アルコール濃度は 9~10 vol.%, 工場側の回答では発酵歩合は 87.5%ということであるが、この数値は日本における糖蜜原料の発酵歩合 82~85%と比較すればかな

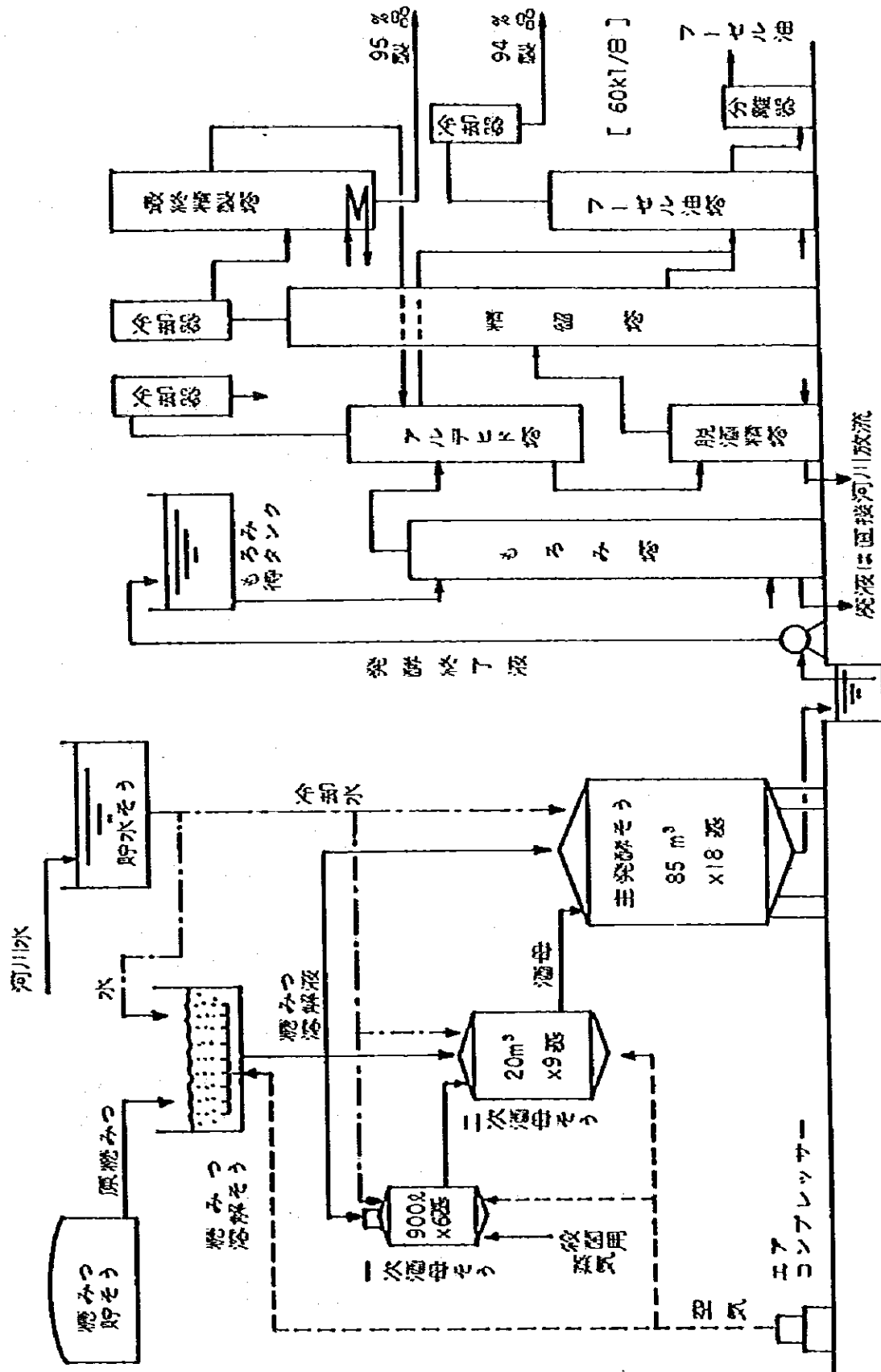


図1. PD. ASENアルコール工場における製造工程図

り高い数値となる。この相違は原料糖蜜の発酵性糖含量が高いか、または分析法、計算法の差によるか明らかでないが、最も考えられることは比重計によるアルコール濃度測定の際が27℃で行われており、測定値の温度補正が行われていないのではないかとと思われる。

工場側のいう初発糖濃度15~16%から生成アルコール理論値を計算すれば(15~16) × 0.644 = 9.66~10.30 vol.%となる。

従って生成アルコール9~10%の場合、発酵歩合は

$$9 \div 9.66 = 93.2\%$$

$$10 \div 10.30 = 97.1\%$$

となって、糖蜜発酵の値としては異状に高い。今、かりに工場側で温度補正が行われていないとして、生成アルコール濃度9~10 vol.% (27℃) を15℃値に補正すれば7.0~7.9 vol.%となり、この値より発酵歩合を算出すれば

$$7.0 \div 9.66 = 72.5\%$$

$$7.9 \div 10.30 = 76.7\%$$

となる。この値は酒母液の補正を行っていないので実際は75~80%程度となろうが、発酵濃度が高いこと、また助成量も使用していないことから考えればこの辺りの数値が妥当ではないかと考えられる。

使用菌株は工場で独自に分離した *S. cerevisiae* に属する酵母である。なお菌株の改良や mutant の検索は行っていない。モノコロニー分離のみである。

3) 蒸留工程

蒸留工程は図1に示す6塔システムである。日産能力60kt, 製品は94及び95 vol.% (27℃) 含水アルコールで、蒸留歩合は95%。

製品規格は Indonesia Alcohol Factory Association の規格による。1972年より輸出を行っている。

4) 廃水処理

処理設備は全くなく、直接川へ放流している。蒸留廃液のBODは約30,000 ppm。

現在排水規準はないが、来年より下記の規制値が施行されることになっている。ただしその達成は困難であるとの意見で、当面の対処策もない模様。

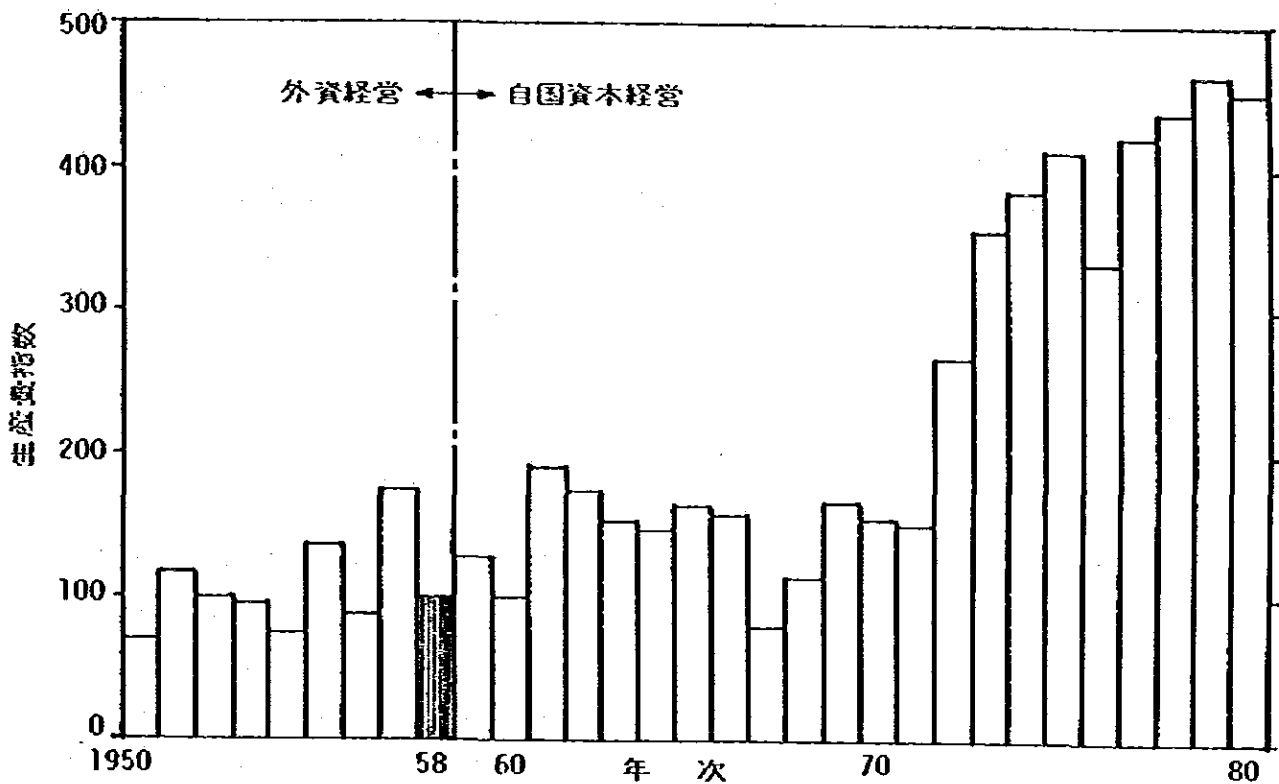
項目	規制値	項目	規制値
pH	7~8	重金属 Pb	1.0 ppm
BOD	30 ppm	Ag	0.1
COD	80 "	Hg	0.1
SS	なし	Zn	4.0
		Cu	1.0

(5) 試験研究施設

分析室、測定室、移植室があり、一般化学分析器具の他機器類としては光電比色計、DOメーター、メトラ化学天秤、アルコール試留器、湯煎器、バスケット型遠心分離機、恒温器、無菌箱、電気マッフル等がありかなり整備されている。しかしガスクロ等の精密分析機器類はみえなかった。

(6) 生産量の推移

データは入手しなかったが、工場長室壁面のパネルを写真撮影したものから作図したものを示す。



PD.ASEN アルコール工場における生産量の推移
(生産量指数は1958年を100としたときの指数)

輸出を開始したという1972年から生産量が急増しているのがわかる。

(7) 設備保守

旋盤、ボール盤、削磨機、溶接機などを備えた工作室を有し、通常の修理、保守は工作係で行っている。

(8) 作業体制

1クルー16名、4クルー3交替勤務、うちスタッフは5名。作業員の平均勤続年限は

約10年。

採用時の作業員トレーニングは発酵、蒸留及びユーティリティ各6カ月間を実施。構内の安全、衛生管理は試験研究課で行っている。

(9) 製品アルコールの出荷

タンクローリー及びドラム詰め輸送、船積みはスラバヤ港より出荷。

〔見学所感〕

1) 設備自体は相当古いものであり、生産効率を上げるには改善の余地があるが、現状の生産ではほぼ妥当な運転管理が行われている。菌株の選択、硫安等助成量の添加及び仕込積濃度の増加によって現設備容量でも30~40%の生産量の増大は可能と考えるが、これには増大する発酵熱除去のため、積冷却機能の改善が必要となろう。

2) バイオマスR&Dセンターにおけるパイロットプラントの運転管理技術に関するインドネシア側支援機関として、当工場は重要な意味を持つであろう。

特に日本側からBPPT及びPD. ASENに希望することは、日本に派遣されるイwert研修員及びパイロットプラント作業要員となる中堅技術者、作業員の事前トレーニング機関として本工場を活用することを強く望みたい。

5. 甘しよ研究及び栽培の現状

農業関係の調査はボゴール農科大学のエネルギー研究グループの研究者との討議、ボゴール農業中央研究所の甘しよ研究者 Wargiono 氏からの聞き取り調査及びプロジェクト・サイトのあるランボン州の Bandar Jaya 付近の甘しよ栽培農家の圃場調査を実施した。このほかランボンでは PAGO 農場の甘しよ試験成績について説明を受けることができた。

(1) 甘しよ研究及び栽培の現状

インドネシアにおける甘しよ栽培は、第1表に示すように1979年には約28万7千haの作付があり、地域別ではジャワが一番多く、全作付面積の41%を占めている。用途はイリアンでは主食にも利用されていると伝えられるが、その他ではほとんど日本でいう蕨葉用としての食用である。一年中いつでも栽培できる気候であるが、乾期が最適のようで、4~5月に積付け、8~9月に収穫するのが多収といわれている。ホルボンやクニンガン(いずれもジャワ中西部)では水稲の裏作として好成績をあげ、ha当りの収量は25tonに達している。統計面からの収穫の季節的変異をみると、第2表の月別収穫面積ではジャワの記載がないが、1~6月が毎月全体の7%内外で、7、8月が9%台に上り、9月11%と一番多く、その後は再び低下して8%台が続いていて、乾期(4~9月)の栽培がやや多い傾向を示している。

品種については、奨励品種制度はないようで、育種も行っているが、小規模のように

見受けられた。育種目標については明確でなかったが、現状の用途からみて食用とくにカロチン含有量の多い品種を目指していると思われ、また高蛋白にも関心が高いようであった。約1カ月前にランボン州のTulang Bawang (トランバワン) に約60品種・系統を植付け、地域適応性試験を開始していた。このうち日本品種7, 台湾品種7, ナイジェリアからの導入種10が含まれており、約4カ月後に結果が分かるということであった。このほかジャワに100品種保有しているそうである。

試験場での標準栽培法は畦幅1~1.2m, 畦高30~40cmでかなりの高畦となっており、施肥量は成分で窒素45~75kg/ha, 磷酸20kg/ha, 加里50kg/haを標準としている。植付期はジャワでは8月, ランボンでは3~4月, 栽培期間は標高500m以下の平地で4カ月, 500m以上1,000mまでの中高地で5カ月ということであった。

作付体系や栽培法など農家での優良事例も交えて説明が行われたが、いずれもジャワで水稲栽培と組合わせた田畑輪換の方法が主体で、そのようなやり方での成功例が多いようであった。水田では30~40cmとし、週1回畦間灌漑をする。作付体系は米-いも-いも-米が現在よい輪作法とされており、この他落花生や大豆との輪作も試みられている畑地では降雨を利用するという説明であったが、灌漑設備のない畑地での具体的な栽培法は明らかでなかった。

病虫害について最大の問題はWeevil (アリモドキノムシ) で、これは畦に亀裂が生じた場合そこから侵入するそうで、クラック発生防止のため有機物の鋤込みをやりたい、有機物としては糞肥類を考えているということであった。病害にはScad (Blasinoc batatas, そうか病か?) がある。本病は葉裏の葉脈や葉柄に茶褐色の病斑が生じ、病斑部はやや肥厚し、激しい場合は莖葉が枯れてくる病害である。このほか、Virus, Fusarium, Nematode, などその他の病虫害については、発生しているかどうか不明であった。

以上甘しょについての研究現状は、対象がジャワでの食用栽培であって、工業原料用を目標とした品種育成や環境条件の異なる外領での栽培法の研究は未だ行われていなかった。とくに一番必要と思われた熱帯条件下での生長解析がやられておらず、この研究は、ポゴールに駐在する日本からの研究者によって1981年秋より端緒についたばかりであって、その解明は早くても数年先のこととなるであろう。

次にポゴール農家大学のエネルギー研究グループの意見では、バイオマスエネルギー作物として甘しょよりもキャッサバの方が有利という主張であった。理由として甘しょはでん粉歩留りがキャッサバより低く生いもは腐敗し易く貯蔵がむずかしいこと、Weevilによる被害などをあげていた。

(2) ランボン州での現地調査

ランボン州中部ランボン県Bandar Jayaを中心として、数カ所の農家の甘しょ畑を調査

した。いずれも純畑地で、土壌は有機物の乏しい砂壤土のようで、やせ地であった。品種はバラエティに富んでおり、地上部、地下部ともにいろいろなタイプのものがみられた。葉形はハート型全縁（縁に刻みのないもの）から復欠刻深裂まで各タイプがあり、いもの皮色は、白、黄褐、紅、肉色は淡黄の普通のものからカロチンや紫量の濃いものまであり、さながら Yen Collection（1969年農林水産省がニュージーランド作物研究所より導入した甘しょ品種群で、D. B. Yenが環太平洋地域から収集したもの）の縮図をみるようであった。草型ははあく型がほとんどで、ブッシュタイプはみられなかった。地力がせき薄いためか雨期を過ぎてきたというのに地上部の繁茂程度は中以下であった。農家により甘しょ単作とキャッサバ、ゴムあるいはバナナとの間作形式とがみられたが、それらの植付数は少なく、甘しょが主体のようであった。植付後2～4カ月経過が主で、これらは未だWeevilの侵入を受けていなかったが、Weevilは通常4カ月目あたりから急激に増加して、被害いもは食用にならなくなるという。用途は食用（蔬菜用）で、掘上げたままいもを切り難さず株元を結え、1束3kg程度の束にして市場へ持出す習慣で、そのためどの品種も成首は強いようであった。

畦高は高燥地では低く、混作畑では樹下となるためやや高畦であった。植付本数は10a当り5,000本内外で、いも付きは1株1個程度で収量は少なく、推定8～12ton/haであった。

地上部が貧弱なため葉も小さく、従って次の作付のための蔓先苗も小苗で、日本的感覚では不良苗であった。しかし採りおき苗は水分が少ないようにみえたので、無灌漑畑地ではあの方が活着がよいのかも知れない。農具は手作業が主であるが、広い畑では牛にすきをひかせて耕起していた。手作業用農具は貧弱で、鋏は幅広く刃の長さが短く、左官屋の壁土用に似た平鋏で、柄は短かった。土性や栽培様式による分化はないようで能率は悪そうであった。鎌は洋式のような半月形で切れ味は良好であった。

(3) PAGO農場における試験の概要

1980年以来PAGO農場において、甘しょに関するいろいろな試験が行われた。概要は次の通りである。

- 1) 品種比較試験の結果、ボゴール育成系統から4系統、在来品種から4種を優良種として選定した。
- 2) 植付後の経過月数と生長との関係は地上部は5カ月位までは増加を続け、5カ月目を頂点として急激に減少した。とくにボゴール育成系統はこの現象が顕著であった。いも重はボゴール育成系統が在来種より大で、肥大の傾向は4カ月目から5カ月にかけて増加が大きく、在来種はその後も肥大を続ける傾向がみられたが、育成系統の大半は横ばい状態となった。Weevilの被害は4カ月半頃から急激に増加した。

- 3) 肥料試験の結果は年次により若干異なり、1980年の試験では硝酸の肥効が顕著に現われたが、1981年の試験では加里の増産が良いような結果であった。この試験では施肥条件以外の何か別の要因が収量に影響を与えたように思われた。
- 4) 日本からの7品種の試験結果では、タムユタカが収量、でん粉歩留りともに好成績であった。
- 5) この他栽培方法や品種に関する試験がいろいろ情力的に実施されていた。全体を通じ試験に反復がないのが惜しまれた。
- 6) 気象図によると2年間のデータであるが、降雨期や降水量に変動が大きく、従って雨季、乾季も年により変動し、年間降水量にも大差があることが分かった。気温は高く年間ほぼ一定であった。

(4) 調査所感

短期間の調査で、現地はランボンだけであったので、全般的に分かったわけではないが、本調査を通じて次のように感じた。甘しょの研究及び栽培の現状はジャワを中心とした食用（蔬菜用）で、栽培は水田地帯での水稲との輪作が主体となっており、他は捨て作り同様である。従って原料用としての品種選抜や多収栽培法は全く手が付けられておらず、また環境条件の異なるジャワ以外の外領については全く分かっていない。PAQO農場での試験データは現状では貴重なものである。

ランボンを調査して強く感じたのは、第一に地力がせき薄であることで、気象団でも分かるように年間を通じての高温の連続と、はげしいスコールにより有機物の分解、無機化が早く、無機化した養分の流亡も早いことが原因である。甘しょのような短期間作物では地力収奪はますます早くなると思われるので、地力保持、向上をどうするかということが大きな問題である。第二には害虫Weevil（アリモドキゾウムシ）の問題である。これは日本内地にはいない虫なのでよく分からないが、沖縄以南の甘しょ栽培地域では以前から大きな問題となっていた。アメリカ、フィリッピン、台湾その他で防除法、抵抗性育種など研究が続けられているが未だ成果は確立されていない。現状での被害回避は早期収穫しかないが、いもの肥大途中なので多収は望めない。早期肥大性品種の選抜が必要となろう。Weevil 侵入口とみなされている畦のクラック防止のための有機物（稲わらやとうもろこしの桿など）の鋤込み、及びマルチングを考えているということであったが、有機物は地力保持に非常に有効であるが、反面Weevilの棲息に好適となり、熱帯地域での甘しょ作にとって有機物はまさに諸刃の剣といえよう。

以上は水田化できない畑地において甘しょを原料作物として安定栽培するための大きな問題点である。

このほか、輪作物の選定、作業体系、農機具の改良、収穫物の集荷、運搬、工場での堆

積中の変質、腐敗、原料価格の保証等々、農地の基盤整備と相まって開拓移住地における農業経営を安定させるために解決しなければならない問題が多いことを痛感した。

農業に関するインドネシア側の要望事項

甘しょの品種選抜

栽培技術の改善

でん粉分析器

カロチン分析器

土壌分析器

ハンディタイプの pHメーター

上記分析機器の操作法を研修生に修得させること。

第1表 インドネシア共和国におけるキャッサバ、かんしょ州別収穫面積及び収穫量

1979

州名	キャッサバ			かんしょ		
	面積 ha	収量 t/ha	収穫量 t	面積 ha	収量 t/ha	収穫量 t
Daerah Istimewa Aceh	2,292	10.0	22,920	1,131	8.5	9,614
Sumatera Utara	27,668	10.7	296,048	23,199	8.5	197,192
Sumatera Barat	4,611	10.0	46,110	2,231	8.0	17,848
Riau	5,088	7.8	39,686	1,622	7.8	12,652
Jambi	1,354	8.6	11,644	916	7.0	6,412
Sumatera Selatan	18,006	9.3	167,456	5,788	8.2	47,462
Bengkulu	1,347	8.1	10,911	1,017	6.8	6,916
Lampung	81,230	11.1	901,653	2,503	8.0	20,024
スマトラ 計	141,596	10.6	1,496,428	38,407	8.3	318,120
D. K. I. Jakarta	400	9.2	3,671	345	6.8	2,338
Jawa Barat	187,881	10.9	2,040,519	41,997	8.3	348,462
Jawa Tengah	318,701	9.8	3,130,788	31,210	7.1	221,446
D. I. Yogyakarta	67,441	9.0	608,193	1,362	8.3	11,270
Jawa Timur	445,251	9.2	4,116,626	42,808	6.9	296,379
ジャワ及びマズラ 計	1,019,674	9.7	9,899,797	117,722	7.5	879,895
Bali	329,14	9.8	3,225,57	18,737	8.5	159,264
Nusatenggara Barat	12,819	9.7	124,344	10,602	8.2	86,936
Nusatenggara Timur	96,472	7.8	752,482	25,449	7.9	201,047
Timor Timur	-	-	-	-	-	-
バリ及びヌサテンガラ 計	442,205	8.4	4,199,383	54,788	8.2	447,247
Kalimantan Barat	20,507	8.3	170,208	2,135	7.6	16,226
Kalimantan Tengah	7,436	8.6	63,950	1,362	7.2	9,806
Kalimantan Selatan	5,447	8.3	45,210	3,718	5.1	20,077
Kalimantan Timur	4,747	8.3	39,400	1,317	6.8	8,956
ボルネオ 計	38,137	8.4	318,768	8,532	6.5	55,065
Sulawesi Utara	9,792	8.9	87,149	7,696	6.9	53,102
Sulawesi Tengah	7,724	8.6	66,426	4,583	6.4	29,331
Sulawesi Selatan	36,328	9.0	326,952	9,741	7.2	70,135
Sulawesi Tenggara	24,979	7.6	189,840	5,570	6.0	33,420
セレベス 計	78,823	8.5	670,367	27,590	6.7	185,988
Maluku	15,064	9.4	141,602	8,848	6.8	60,166
Irian Jaya	3,816	6.4	24,422	30,991	8.0	247,928
モルッカ及び西イリアン 計	18,880	8.8	166,024	39,839	7.7	308,094
合計	1,439,315	9.6	13,750,767	286,878	7.6	2,194,409

注: Production of Food Crops in Indonesia 1979 より引用
 複作栽培が多いので、単位面積当りの収量はこれより多いと思われる。

第2表 主な州における月別収穫面積

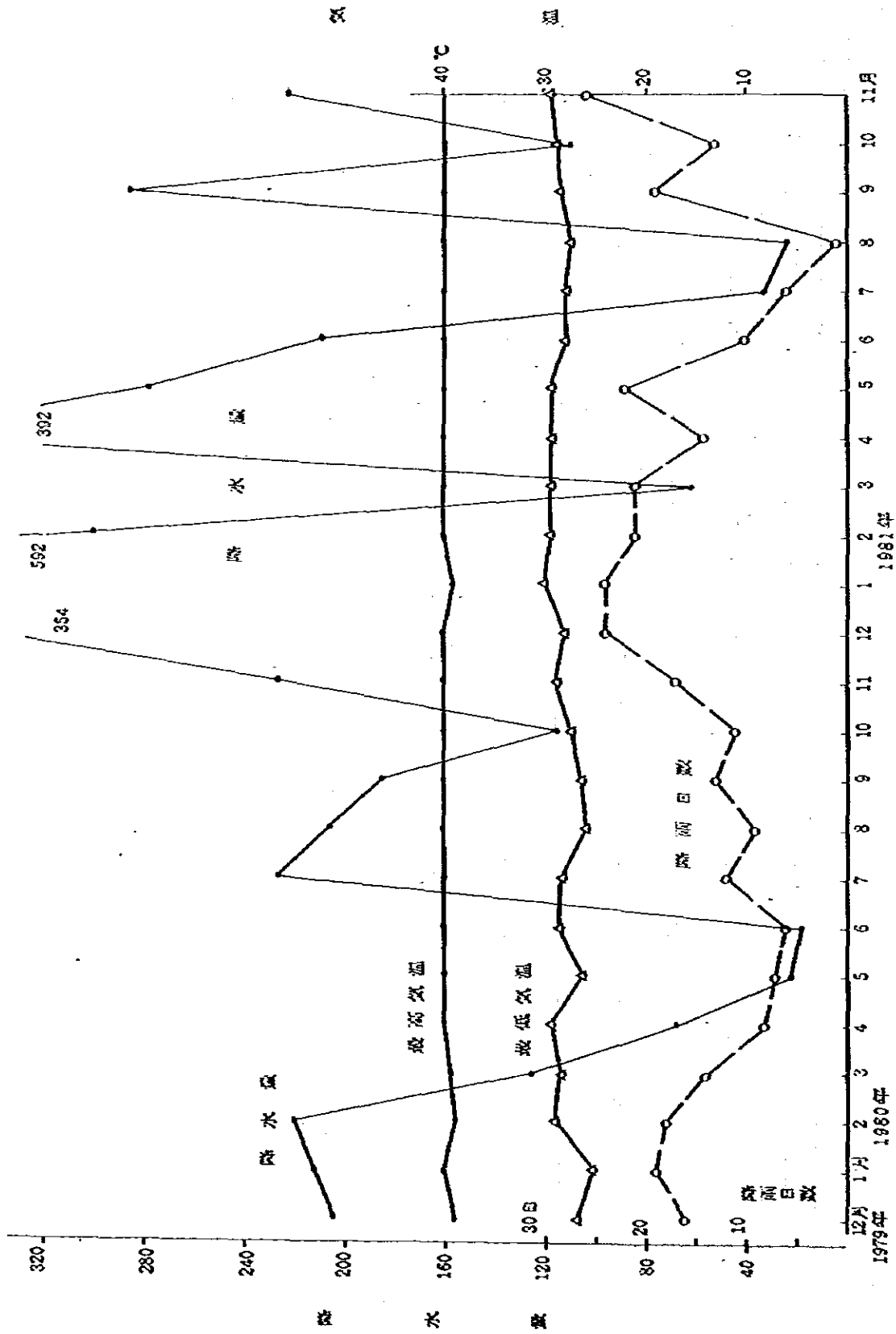
州	かんしよ 単位ha 1979年												被災面積	
	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		計
Daerah Istimewa Aceh	89	74	94	94	81	97	134	127	84	86	97	76	1,133	902
Sumatera Utara	1,331	1,336	1,741	3,110	2,304	2,072	2,177	2,124	1,729	2,013	1,805	1,457	23,199	134
Riau	139	134	141	118	134	121	135	128	214	131	132	95	1,622	178
Jambi	39	40	75	40	72	86	93	107	90	83	103	90	918	39
Lampung	178	191	294	169	162	151	442	343	344	70	87	73	2,504	40
Bali	1,963	2,016	1,756	1,076	2,162	1,693	1,658	1,635	1,051	798	593	2,458	18,849	-
Nusatenggara Barat	415	149	119	287	90	234	297	552	2,123	458	3,031	1,160	8,925	60
Kalimantan Selatan	374	422	88	180	393	337	328	494	251	283	373	263	3,721	304
Sulawesi Utara	778	687	727	552	461	589	683	469	655	887	553	656	7,697	472
Sulawesi Selatan	520	895	578	880	733	468	713	860	1,532	1,161	737	685	9,762	223
Sulawesi Tenggara	50	53	50	54	89	307	1,301	26	1,728	863	30	19	5,570	100
計 (%)	5,876 (7.0)	5,997 (7.1)	5,668 (6.7)	6,560 (7.8)	6,671 (8.0)	6,155 (7.3)	7,961 (9.5)	7,305 (9.3)	9,801 (11.7)	6,843 (8.2)	7,531 (9.0)	7,032 (8.4)	83,900	2,452

注：被災の原因及び程度については、本統計ではふれられていない。

第3表 主要な州における月別収穫面積

州	キヤッサバ 単位 ha												被災面積	
	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		計
Daerah Istimewa Aceh	183	138	179	173	181	166	326	206	167	196	185	195	2,295	150
Sumatera Utara	2,405	1,597	1,629	2,781	2,226	3,285	2,915	2,480	2,004	1,821	2,326	2,205	27,674	319
Riau	541	424	408	436	476	419	354	433	427	421	408	341	5,088	621
Jambi	76	68	80	88	79	104	102	152	147	170	135	153	1,354	235
Lampung	5,874	2,633	3,142	5,715	4,584	3,324	8,542	15,197	11,346	10,733	5,679	4,461	81,230	757
Bali	734	1,161	896	1,202	1,796	2,568	5,357	11,556	5,188	655	441	862	32,926	-
Nusatenggara Barat	733	868	1,064	1,071	1,477	1,222	1,297	1,110	984	799	1,096	1,114	12,835	5
Kalimantan Selatan	427	477	528	498	525	469	577	425	400	439	369	313	5,447	403
Sulawesi Utara	978	773	720	668	720	809	864	795	810	1,035	878	743	9,793	602
Sulawesi Selatan	1,925	1,833	2,071	1,923	3,035	2,338	2,554	6,732	6,421	2,287	2,493	2,698	36,328	1,048
Sulawesi Tenggara	233	197	1,167	953	777	1,172	3,850	5,435	6,614	3,572	704	305	24,979	394

注：被災の原因及び程度については、本統計ではふれられていない。



月別気象図 1979年12月~1981年11月 FAGO農場観測

6. 経済・社会関係

(1) エネルギー政策の現状と将来見通し

インドネシアは石油、天然ガスの東南アジア随一の生産国および輸出国として同国の外貨収入の70%以上をこれらエネルギー資源の輸出に依存している。一方、国内のエネルギー消費、とりわけ石油消費はこの4~5年、年率15%の伸びを示しており、国内石油需要の急増は、将来の輸出用石油の確保にとって深刻な問題となっている。

現在、「イ」政府はエネルギー政策に4つの柱を設けて実施している。すなわち、

- ① Intensification (開発重点政策)
- ② Diversification (エネルギー源分散化政策)
- ③ Conservation (省エネルギー政策)
- ④ Indexation (誘導政策)

このうち政府が最も力を注いでいるのが代替エネルギー開発であり、石炭、地熱、水力資源の開発と並んでバイオマスアルコール生産もこのなかに含まれている。

(2) 国家アルコール計画の現状と将来見通し

現在のアルコール政策は、1980年7月に作成された「アルコール計画」に基づいて推進されている。すでに政府間委員会として「国家アルコール委員会」^(注)が発足しており技術開発応用庁のワルディマン大臣補佐官を委員長に財務省、農業省、工業省、鉱山エネルギー省、労働移住省、公共事業省の各代表者によって調整が行われている。またインドネシア大学、ボゴール大学、ガジャマダ大学、トラビジャヤ大学と密接な関係を保っている。

「イ」政府は本件バイオマス・エネルギー開発研究センターとは別に、同じく南スマトラ・ランパワン地区に日産15klの能力を持つアルコール・プラントを建設中で実成は来年5月の予定である。このランパワン計画は西ドイツの技術をもとにBPPTが独自に進めているもので、アルコールはキャッサバを原料としており、さらにアルコールを原料としてBio-Protein、果糖液糖を作る技術の開発を行うことが考えられている。このようにBPPTはランパワン計画においてアルコール以外の技術開発を行おうとしており、同時に将来は本件バイオマス・センターとのリンクージュによるバイオマス利用に関する調査、研究体制の確立を望んでいる。

将来のアルコール技術の考え方については、膜分離法によるコストの低下を期待しており、楽観的見通しを持っている。

(注) National Alcohol Committeeには4つの部会がある。(1)農業部会、(2)生産部会、(3)経済部会、(4)移住社会部会

(3) 農業政策の現状、特にキャッサバ、さつまいもの生産政策とその将来見通し

原料作物政策については、BPPTはもとより農業省においても明確な政策は確立されて

いない。

現在、BPPTとしては農業省の下部組織であるポゴールの農業試験場（Central Research Institute）に依頼してさつまいもの栽培テストを行っている段階である。CRIは今年に入ってからランパワンのアルコールプラント建設地点において、日本、台湾、ナイジェリア、インドネシア品種のさつまいもの栽培試験を開始した。また、農業省の基本政策は、食糧の増産であり、原料作物の研究はこれからの課題である。

(4) 移住政策の現状と将来見通し

目下進行中の第3次5カ年計画では、50万家族をジャワ島から他へ移住させる計画を進めている。これまでに20地点以上の砂礫きび栽培地域を含む遠隔地への移住を行った。しかし、移住地は当然のことながら過疎地であり、インフラの整備、生産された農産物の市場確保が最大の問題である。そのほか、燃料用樹木の育成、再植林をどうするかも移住政策における問題点となっている。

移住地における農業政策ということになると、食糧農産物の栽培に最も力点が置かれている。典型的な移住農民は2haの農地を与えられており、このうち1/2haは居住地兼野菜栽培用地、1haは食糧生産用地、残り3/4haは永年作物ないしは現金収入用作物としてコーヒー等の栽培に当てられている。1移住地の平均世帯数は500家族、したがって土地の総面積は1,000haとなる。

しかし、栽培作物は地域によって異なっており、ゴム栽培移住地などもある。アルコール生産に対する移住者の見解は、キャッサバの買取り価格に良い影響がでるのではないかという期待を持っている。現状の移住農家の所得水準は、2ha農家で年収約150ドルである。これはわずか3/4haで現金収入作物を栽培しているためで、2ha全部そうした場合は750ドル程度の収入が得られるとしている。長期目標としては各農家に5haの土地を与え年収を1,500ドルに引き上げることが考えられている。

Ⅴ 本プロジェクト実施にあたっての今後の問題点

今日の事前調査により、現在残されている問題点としては、次の4点であることが明らかとなった。すなわち、

- (1) 農業分野の協力範囲、内容、実施体制を早急に固めること。
- (2) アルコール生産、経済・社会分野については、研修員受入人数、研究テーマおよび日本から供与すべき機材の詰め
- (3) 派遣専門家の住宅確保の問題
- (4) アルコール・レポート準備のための専門家の早期派遣

の4点である。これに対する我が方対応振りとしては、(1)については、これまでに得られた情報も考慮し、日本側で具体的計画案を早急にまとめること、(2)については、特にプラントの試運転の部分を加えて検討する、(3)については、「イ」側の準備状況を待って検討する、(4)については、「イ」側のスケルトン整備及び可能な範囲でレポート案の作成を行ったうえで、早い時期に派遣することが望ましい。

Ⅵ 参 考 資 料

1. アルコール計画関係者リスト
(List of Officials/Departments in Connection with "Power Alcohol From Cassava" Program)
2. アルコール計画概要
(The Alcohol Program (Through BPPT))
3. センターにおける訓練計画 (「イ」発案)
(Training Program of the BERDC, Sulusuban)
4. センター機構図
5. 技術協力暫定実施計画 (日本側素案)
6. エネルギー農場におけるアルコール生産 (ボゴール農科大学研究報告書抄録)

(資料1.) アルコール計画関係者リスト

LIST OF OFFICIALS/DEPARTMENTS
IN CONNECTION WITH "POWER ALCOHOL FROM CASSAVA" PROGRAM

NO.	NAME	OFFICIAL FUNCTION	PROJECT STATUS
1.	B.P.P.F.		
	1. Ir. Wardiman	- Director System Analysis	- Coordinator Alcohol Project, Head Alcohol Team
	2. Ir. Rahardi Razelan	- Director of Industrial Development	- Head of Automotive Industry
	3. Ir. Koeswandi Wasito	- Deputy Assistant Minister of Research & Technology	- Head of Alcohol Project
2.	TRANSMIGRATION, Directorate General of		
	1. Ir. Amir Mutallib	- Director	- Member of Alcohol Project
3.	MINISTRY OF INDUSTRY		
	1. Ir. Wagiono Sumadinoto	- Director of Evaluation - Director General of Basic Chemical Industry	- Member of Alcohol Team
4.	MINISTRY OF ENERGY		
	1. Ir. M. Panjaitan	- Staff	
5.	MINISTRY OF AGRICULTURE		
	1. Ir. Kaszo	- Director of Food Crops	- Member of Alcohol Team
	2. Prof. Ir. Sunaryo	- Director, Forestry Research Centre	- Member of Alcohol Team
6.	INST. FOR AGR. RESEARCH (LP3I) BOGOR.		
	1. Mr. Wargiono	- Researcher in Root Crops	- Member of Alcohol Project

NO.	NAME	OFFICIAL FUNCTION	PROJECT STATUS
7.	UNIVERSITY OF BRAWIJAYA, MALANG		
	1. Prof. Dr. Soetono	- Dean of Agriculture	- Member of Alcohol Team
	2. Ir. Handono Sasmito	- Faculty of Mechanical Engineering	- Gasohol test
8.	I.T.B., BANDUNG		
	1. Prof. Dr. K.H. Kho	- Faculty of chemical Engineering	- Coordinator of Alcohol Project
9.	I.T.S., SURABAYA		
	1. Ir. Saraswati PDE	- Faculty of Chemical Engineering	- Coordinator of Alcohol Project
10.	ALCOHOL FACTORY "ASEN PABUARAN" MOJOKERTO		
	1. Ir. Dwi Purto Pangarso	- Director of Alcohol Factory PD. Asen	- Coordinator of Alcohol Project
11.	REGIONAL TRANSMIGRATION OFFICE TANJUNG KARAN, LAMPUNG		
	1. Ir. Rachmanu Subagio	- Head of Regional Office	
	2. Ir. Moh. Ishak		
12.	FIELD TRIP TO LAMPUNG, PROJECT SITE (TULANG BAWANG) and B.E.R.D.C. (SULASUBAN)		
13.	INSITUT PERTANIAN BOGOR (IPB)		
	1. Prof. Dr. Ir. A.H. Satari		

(資料2) アルコール計画概要

THE ALCOHOL PROGRAMME
(Through B.P.P. Teknologi)

I.1. The erection of a Pilot Plant in transmigration area.

Location: Tulang Bawang, North Lampung.
Capacity: 15,000 lt/day or 5 million lt/year.
Feedstock: Sweet potato and cassava, 90 ton/day.
Design: B.P.P. Teknologi, in cooperation with experts from PT. ASEN (Surabaya Alcohol Industry), ITB and ITS.
Manufacturing: Domestic Industry.
Execution: Tender: September 1981.
Finish/Commissioning: February 1983.
Location: A transmigration area with a population of 5,200 households.

I.2. The erection of Biomass Energy Research and Development Center.

Location: Sulusuban, Central Lampung.
Consist of three parts:
a. Laboratory for Research on biomass based ethanol production process.
b. Alcohol pilot-plant with a capacity of 8,000 lt/day.
c. Research farm for sweet potato and cassava.
d. Further it will also be developed as a training center.

II. Vehicle, Equipment and Fuel Testing

II.1. Straight alcohol (95% vol.):

- a. 1 VW Passat from Brazil.
- b. 5 motor cycles from Honda, Japan.
- c. Gen-set, pump and tiller also from Honda, Japan.

II.2. Blended Fuel (Gasohol) Testing

80% gasoline and 20% hydrated alcohol (95% vol.).

Vehicle to be tested:

- 15 cars (several brands).
- 15 motor cycles (several brands).

III. National Alcohol Committee

An Interdepartmental Committee formed by the Minister of State of Research and Technology with members from several Departments (Finance, Agriculture, Industry, Mining and Energy, Public Works, Man Power and Transmigration), Universities, Industry, Research Institutes, State Oil Company (Pertamina).

This Committee is divided into four divisions, as follows:

a. Agronomy Sector.

Problems connected with developing and managing energy farming and efforts to raise crop yields, including soil fertility, cultivation techniques, plant breeding, plant diseases, starch content, and other agricultural development efforts.

b. Production Sector.

Improving the energy balance, increasing efficiency by improving the production process, waste processing, and solving technology transfer problems.

c. Economic Sector.

The marketing system, including pricing and distribution, evaluation of energy farming, monopoly of selling alcohol, incentives for alcohol plants, potential of alcohol as a substitute fuel for diesel oil and kerosene.

d. Transmigration/Social Sector.

The social impact of the ethanol program on farmers/transmigrants and all of the Indonesian people, the most suitable types of energy farming and the development of energy farming or farm management in transmigration or surrounding areas.

ADDITIONAL INFORMATION

The main objective of the alcohol program in Indonesia is to increase the income of the farmer, especially outside Java.

Feedstock: Sweet potato or cassava is selected because the cultivation of those plants are well known or familiar to the farmers. It is easy to be cultivated in marginal lands (decrease the competition with food crops lands). It is suggested to cultivate sweet potato because compared to cassava sweet potato has a shorter growing period. On the other hand, the disadvantage is that sweet potato is easily affected by pest/weevils.

	GROWING PERIOD	YIELD/Ha/ YEAR	YIELD (KILOLITER/Ha/YEAR)
CASSAVA	10 - 11 months	15 - 30 Tonnes	Approx. 2.5 KL
SWEET POTATO	3.5 - 4	2 x 15 - 30 tonnes 3 x 15 - 30 tonnes	Approx. 5 KL (2 harvests)

(1 liter of alcohol = 6 kg of sweet potato).

SUBSTITUTION OF GASOLINE

- The calorific value of alcohol fuel is 5,260 kcal/lt. It is approximately 60% of the heating value of gasoline. So an alcohol car will need 1.6 times more fuel volume than gasoline.
- The improvement of the car efficiency (increasing the compression), will decrease the alcohol need to only 1.2 to 1.3 of the fuel volume.

THE DISADVANTAGES OF ALCOHOL

- Corrosiveness.

Its corrosive nature could be well overcome by using special alloys.

- Separation phase at low temperature.

It is expected that such a problem is less in Indonesia.

- Hard to evaporate (high evaporation number).

This problem is also expected to be minimum in Indonesia.

SOME ISSUES ON ALCOHOL

1. Food versus Energy.

This problem could be minimized, among others through:

- Using marginal lands (which are not developed for rice cultivation).
- Using feedstocks that are not competitive with foods, e.g.: wood (cellulose), nipah palm, etc.
- Increasing the yield per hectare of the feedstock, so that the land used to produce the feedstock are not increasing.

2. Energy Balance.

The production of alcohol is energy intensive, approximately 70 - 80% of outside energy is needed in the process. The newly developed factories, which are more efficient, is successful in reducing the energy consumption

up till 40 - 50%.

Ways of reducing the energy consumption are among others:

- Looking for a more efficient process.
- Using "Low Grade Fuel" in the production process (wood, coal, geothermal, etc.).

3. The price of the alcohol.

- At present the price is still high.
- If it is produced from molasses, the price is approximately Rp 450,-/liter.
- If it is produced from sweet potato the price is estimated to be around Rp 260,- - Rp 300,-/liter.

(資料3.) センターにおける訓練計画(「イ」第案)

TRAINING PROGRAM OF
THE BIOMASS ENERGY RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER
SULUSUBAN, LAMPUNG, REPUBLIC OF INDONESIA

INTRODUCTION

1. For the establishment of the Biomass Energy Research and Development Center, Sulusuban, Lampung, the Government of Japan extended to the Republic of Indonesia a grant up to ¥1.550.000.000.-
2. The center, when completed in March 1983, will become a research Center for energy from biomass, especially alcohol from biomass.
The BERDC will consist of:
 - a. Experimental plant (8,000 l/day)
 - b. Laboratory
 - c. Experimental farm, especially for sweet potatoes.
3. Operation of the experimental plant will enable that practical study on process engineering and energy balance to be performed, which will result in enhancement of technology of alcohol production.
4. The laboratory and the experimental plant will conduct research studies such as pretreatment, studies on enzyme, yeast, saccharification, fermentation and technical problems in the distilling process.
5. The experimental farm will cultivate raw material especially sweet potato, with the aim of improving the agricultural technology such as plating, genetics (varieties), disease and weevil resistant crops, etc.
6. The center will also study the socioeconomic system of alcohol production and distribution with an integral and systematic research, to contribute to the research and development of production of alternative energy from biomass resources.
7. As the BERDC is expected to be finished on March 1983 the manpower to operate the BERDC, preferably scientists with good qualification and solid training, should be prepared as soon as possible.
A training program to prepare the young BPPT scientists for the operation of this BERDC is a matter of vital importance for the success of the Project.

SUBJECTS OF THE RESEARCH

The subject of the research in the BERDC are as follows:

1. Agriculture: (especially sweet potato)
 - a. Variety improvement.
 - b. Soil productivity and maintenance.
 - c. Breeding (planting) of sweet potato.
 - d. Insects and disease of sweet potato.
 - e. Technical improvement from cultivation to harvesting.
2. Processing
 - a. Process preparation.
 - b. Saccharification.
 - c. Fermentation.
 - d. Distillation.
 - e. Waste treatment.
 - f. Improvement of energy balance in alcohol production.
 - g. Alcohol production from other biomass raw material (cellulose).
3. Economic - Studies
 - a. Raw material collection system and its pricing system.
 - b. Evaluation and improvement for economics of alcohol production mainly in connection with improvement of the efficiency and energy balance.
 - c. Distribution and marketing system of produced alcohol and its economics.
 - d. Possible replacement of fuel consumption in each sector.
 - e. Adjustment of price between alcohol and gasoline.
 - f. Long term alcohol supply and demand.
 - g. Impact to national economy of alcohol production and supply in the long run.
 - i. Investment needed to support the alcohol program.
4. Social and environment impacts (studies)
 - a. Social and environment impacts of the alcohol industry especially in remote areas.
 - b. Social and environment impacts of the replacement of fuel consumption in each sector.

All the subjects mentioned above cannot be investigated at once, but depends on the availability of Indonesian scientist and the Japanese counterpart.

A certain priority for these subject are as follows:

Agriculture and Laboratory

- Variety Improvement

Processing

- Energy saving sacharification
- High temperature fermentation
- Waste treatment

Economic studies

- The feasibility of introducing alcohol fuels (In Indonesia)

SYSTEM OF TRAINING

The planned training program can be carried out in 3 stages:

1. Preparation of the Terms of Reference of Training Program by BPPT and Japanese Government/JICA.
2. Implementation of the planned training program.
3. Joint research program between the Japanese and Indonesian research worker.

a. To prepare the Term of Reference of the EERDC personnel training, a comprehensive information is needed about:

- 1) Training facilities available in Japan.
- 2) Subject of training to be studied.
- 3) Number of trainees to be trained.

For this purpose, BPPT considers it necessary to make a Team consisting of members from Indonesian Government (BPPT) and Japanese Government (JICA), who will meet and compile the TOR.

b. The planned training program can be divided into three categories,

- 1) Short term training
- 2) Medium term training
- 3) Long term training

(1) The short term training program aims of helping BPPT staff to have an overall view about the training facilities in Japan. This short training program will be for higher level staff and the duration of the visits will be between 4 to 12 weeks.

(2) The medium term training program his the aim to acquire practical knowledge required for supervising the operation of

BERDC or special research subject.

The duration of this medium term will be 3 to 6 months.

(3) The long term training program will be carried out at least for 1 year duration and is aimed to help trainees acquire practical knowledge required for implementing the research program.

c. For the successful implementation of the research program of BERDC it is necessary to develop a joint research program between BERDC and Japanese research institute.

The joint research program will be carried out in BERDC Sulusuban and could be executed (for each subject) by 1-2 Japanese research worker together with the young Indonesian scientist in Lampung.

This joint research program will give to BERDC a constant research activity and allow a good cooperation with Japanese Institutions. For this purpose, it is necessary to have information about the research institutes in Japan that is able to do joint research, and also to decide the subjects of this joint research.

Idealy the joint research program should directly begin at the time the BERDC is finished. To that end preparation for the joint research should begin as soon as possible.

TRAINING PROGRAM PLAN

The training program mentioned below is subject to change, and depends upon the availability of Indonesian scientist.

The exact number of trainees and the exact subject, done, will be decided after a joint decision.

SHORT TERM TRAINING PROGRAM

Number of trainee : possible 4 persons

Subject of training:

- a. Agriculture
- b. Laboratory
- c. Experimental Plant

Duration of training: 4 - 12 weeks

MEDIUM TERM TRAINING PROGRAM

Number of trainee : possible 12 persons

Subjects of training:

- a. Agriculture
- b. Laboratory
- c. Experimental Plant

Duration of training: 3 - 6 months

LONG TERM TRAINING PROGRAM

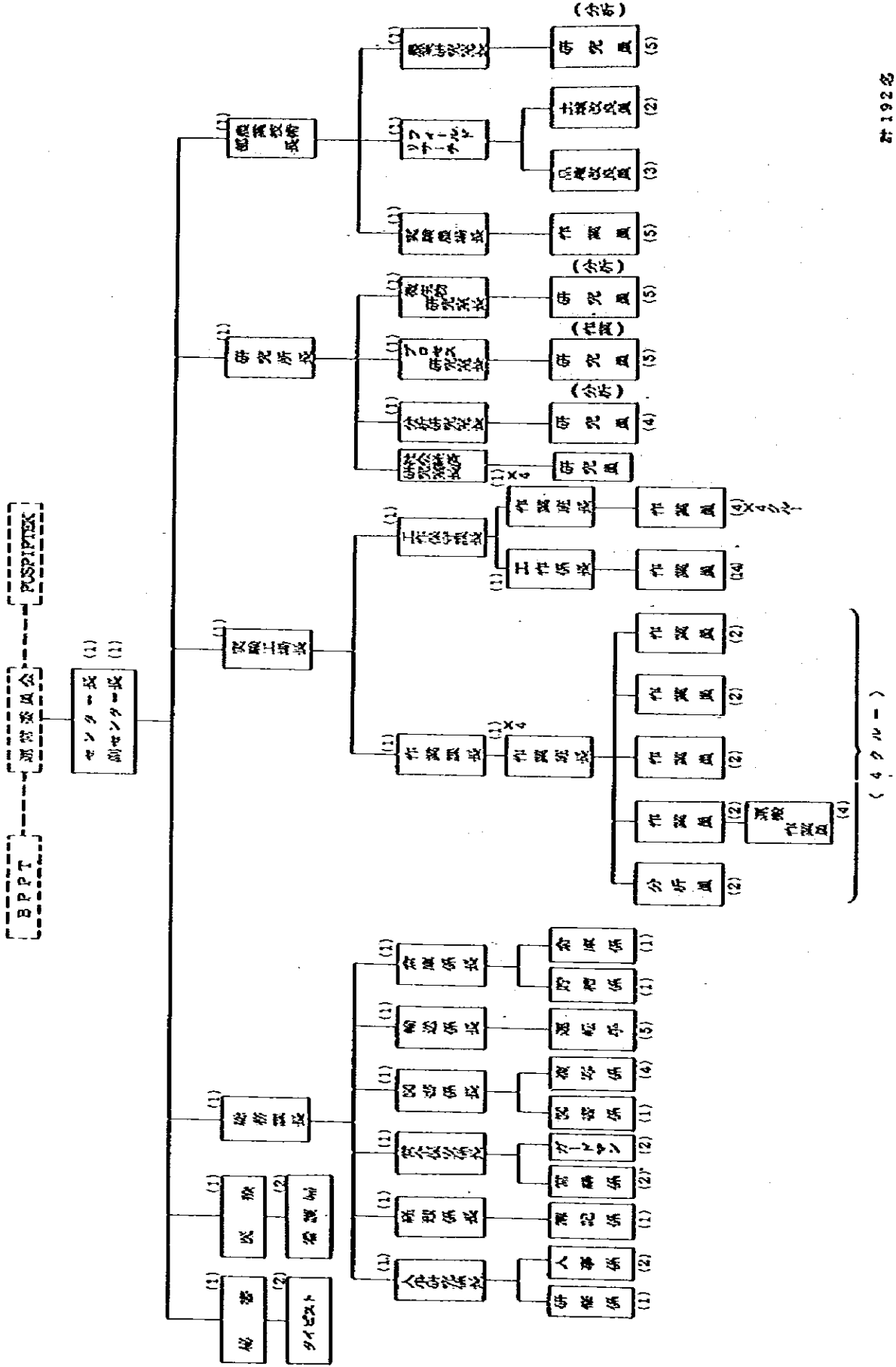
Number of trainee : to be decided later on

Subject of training:

- a. Agriculture
- b. Laboratory
- c. Experimental Plant

Duration of training: 1 year or more

(資料4) バイオマクスエネルギー研究開発センター機構図 (スルスパン)



2192名

(資料5.) 技術協力暫定実施計画(日本側素案)

TENTATIVE IMPLEMENTATION PLAN (DRAFT)

1. The main functions and activities of the BERIC

- (1) R & D of agricultural technique
 - 1) Cultivation, harvestigation, collection and store of raw crops, especially sweet potato
 - 2) Breeding and variety improvement
- (2) R & D of alcohol production technique
 - 1) Pre-treatment (liquidation, sacharification, etc.)
 - 2) Fermentation
 - 3) Distillation
 - 4) Waste treatment
 - 5) Production Control
- (3) R & D of alcohol utilization technique
- (4) Economic studies
 - * Production and collection system of raw material
 - * Distribution and marketing system of alcohol
 - * Diffusion of alcohol fuel as alternative energy
 - * Social and environmental impact of alcohol production as alternative energy
- (5) Training of researcher and engineer
 - * Researcher in the field of basic study
 - * Engineer in the field of cultivation control of experimental farm and operation control of experimental plant

2. Tentative Schedule of Implementation (Draft)

Fiscal Year		1982	1983	1984	1985	1986
Japanese Fiscal Year		April	April	April	April	April
Dispatch of Survey Team	Preliminary Survey Team	↔				
	Implementation Survey Team	↔				
	Consultation Team		↔	↔		
	Technical Guidance Team					
	Evaluation Team					
Dispatch of Japanese Experts	Long-term Expert		↔	↔	↔	↔
	Short-term Expert		↔	↔	↔	↔
Acceptance of Counterpart Personnel		↔	↔	↔	↔	↔
Provision of Machinery & Equipment (Japanese Side)			↔	↔	↔	↔
Responsibilities of Indonesia	Buildings		↔	↔	↔	↔
	Machinery & Equipment		↔	↔	↔	↔

3. Main research theme in the BERDC

1. Agriculture

2. Alcohol Production

(1) Microorganisms

- a) Screening of high temperature resistant yeast**
- b) Screening of low pH resistant yeast**
- c) Screening of alcohol resistant yeast**
- d) Screening of saccharifying enzyme producing microorganisms**

(2) Processing

- a) Low-temperature (70-80°C) or non-cooking fermentation process of starchy raw material**
- b) Energy-saving process in distillation**
- c) Fuel gas recovery from distillery waste by methane fermentation.**

(3) Others

Saccharifying of cellulosic materials by biochemical and chemical method.

3. Social and Economic System

- (1) Study on policy making for introduction of alcohol fuel**
- (2) Study on collection system of raw material and its pricing mechanism**
- (3) Study on economics of alcohol production**
- (4) Study on appropriate alcohol distribution system and its economics**
- (5) Study on alcohol demand in transmigration area and substitution of energy**
- (6) Study on energy supply-demand plan in alcohol producing transmigration area**

4-(1) R & D Program in Biomass Energy R & D Center in Indonesia

	1983 FY	1984 FY	1985 FY	1986 FY
2. Alcohol production				
(1) Basic research	<ul style="list-style-type: none"> * Survey and screening of yeast <li style="padding-left: 20px;">High-temp. resistant <li style="padding-left: 20px;">Low-pH resistant <li style="padding-left: 20px;">Alcohol resistant * Methane fermentation of distillery waste 	<ul style="list-style-type: none"> * Survey and screening of liquefying and saccharifying enzyme producing microbe * Aerobic treatment process of effluent * Low-temperature cooking process * Energy-saving distillation process 	<ul style="list-style-type: none"> * Production of enzyme for liquefying and saccharifying process * Non-cooking process * Methane fermentation and after-treatment of effluent 	<ul style="list-style-type: none"> * Improvement of the microorganism strain * Studies on the continuous saccharifying & fermentation system
(2) Processing	<ul style="list-style-type: none"> * Confirmation of technical standard in plant operation 			
(3) Others	<ul style="list-style-type: none"> * Basic research on cellulose saccharifying process 			

4-(2) Implementation Schedule for Technical Cooperation in the Center

3. Social and Economic System	1983 FY	1984 FY	1985 FY	1986 FY
(1) Economic of alcohol production	(1) Necessary data preparation (2) Raw material collecting system (3) Raw material collecting pricing system	(2) Analysis of demand pattern (1) Alcohol utilization in each demand sector	(2) Replacement plan to alcohol in rural area (1) Effect on regional economy of alcohol development (2) Development of analytical model	(1) Long-term alcohol development program (2) Analysis for impact nationed economy
(2) Analysis for energy demand in rural area	(1) Demand data collection (Sampling survey)			
(3) Energy substitution program in rural area				
(4) Analysis for economic impact in rural area				
(5) Long-term and nation wide alcohol program				

**5. Training program by dispatched Japanese experts in Biomass Energy R&D Center
(Alcohol production)**

(Long-term)

Items of Guidance	Days
Survey of planting and cropping of raw materials	20
Purchase and receiving system	10
Operation of pretreatment and cooking process	30
Operation of fermentation process	30
Operation of distillation process	30
Operation of wastewater treatment process	30
Calculation of fermentation efficiency	20
Calculation of distillation efficiency	20
Analysis and determination method	30
Calculation of physical unit (Raw material)	20
" (Electricity)	20
" (Fuel)	20
" (Water)	20
Preparation of technical standard	30
Preparation of working manual	30
TOTAL	360

(Short-term)

Items of guidance	Days
Explanation on recent research and new alcohol production process in Japan	5
Discussion on experimental results conducted in Biomass Energy R&D Center	5
Discussion on planned research experiments	5
Cooperation for experiments	15
Total	30

6. Instruction Program in Indonesia by Japanese Experts

(1st Year)

Main Theme: Economic of Alcohol Program

- 1. Economic of Plant Operation**
 - 1) Investment and depreciation**
 - 2) Scale of economics**
 - 3) Economic evaluation for energy balance**
 - 4) Analysis for variable cost i.e. raw material, fuel, electricity, etc.**
- 2. Raw Material Pricing Analysis**
 - 1) Survey for income in each farmer**
 - 2) Appropriate pricing method of raw material**
 - 3) Distribution cost of raw material**
- 3. Pricing system of Produced Alcohol**
 - 1) Analysis for fuel Subsidy**
 - 2) Price adjustment between oil products and alcohol**
- 4. Development of Data Base Concerning Economical Data**
 - 1) Preparation of data base**
 - 2) Development of cost analysing model**

(資料6) エネルギー農場におけるアルコール生産(ボゴール農科大学研究報告書抄録)
The Potential of Energy Farming System of Renewable Resources for the Tropics.

H. H. Sitompul

A. Kamaruddin

and

J. Wiroatmodjo

(Buletin Penelitian Institute Pertanian Bogor, Vol.2, p.24, May, 1981)

(抄 録)

I 序 文

再生できない化石燃料に代るエネルギー源としては、高収率植物によるエネルギー農場システムが一つの解決法である。

バイオマスは短期間に再生できるので、エネルギー必要量はたいしたものではなからう。また大規模農場システムをとれば、生産コストは十分低くなると考えられる。

II エネルギーソースとしての植物

10%の水分を含んだ植物体は、その1kg当り平均17,573メガジュールの熱量を保有している。植物体バイオマスをエネルギーに変換する効率は次の要因によって決定される。すなわちバイオマスの量、化学成分、栽培及び原料プロセッシングセンターまでの収集、輸送の容易さである。

1. 熱帯雨林では全ての植物体を合わせ、乾物量として10t/ha/年の生産がある。これらはそのサイズ、質もバラエティに富んでいるため、食糧資源としての適性の推定はむずかしい。

特に収集、運搬が問題である。既設の工場付近では広い土地はなく、また植物の再生速度を考慮すると wild state 植物の利用は困難である。熱帯雨林の生態環境を維持することはむずかしい問題である。機械力による伐採、輸送と植樹はそれぞれ大変コストがかかる。

2. 水辺植物

ウォーターヒヤシンス (はていあおい) は多収率であり、36t/ha/年が生産されるが、水分含量が90%もあるので輸送コストがかかる。藻類についても同様のことがいえる。藻類は88t/ha/年の収量がある。これらは栽培と回収技術の研究が必要である。

3. 農産廃棄物は小規模なものに適している。その季節性や均質性の点で、よいエネルギー回収を求めるとはそれぞれ特別な生物学的変換工程が必要になる。

例を稲わらにとれば、1977年のインドネシアの米生産量は850万haの耕地から1720万トンが生産されている。米と等量の稲わらができるとし、その2/3が発酵性糖に変換さ

れば550万トンのアルコールが得られる。これは国内エネルギー消費量の1/4に相当する。

問題点は収集システムにある。季節性や、原料に含まれる水分を運ぶため高くつくことなど考慮する必要があるが、地方による収穫期の違いで多少は解決が可能だろう。

4. 砂糖きびの収量は、砂糖として6.5 t/ha/年である。最も良い場合は20 t/ha/年で、重量の1/2が発酵性糖分である。

米と同様に肥沃な土地とかんがいが必要で、ジャワ島では作物のローテーションが行われている。

砂糖は輸出が主であり、これをアルコール原料に振り向けることはできない。副産物である糖蜜をアルコール原料とし、バガスを蒸留の熱源に利用するのがよい。

5. やし類

種類によってでん粉を作るもの（サゴやし）、糖を作るもの（ニッパやし、アレンガやし）などが知られている。これ以外にも種々あるが、研究例は少ない。

サゴやしは東部インドネシアが主で、海岸にはえており、6 t/ha/年のサゴでん粉がとれる。しかしまだ高収率のための栽培法や、サゴでん粉の発酵試験などの研究がなされていない。

アレンガやしはどの島でも内陸高地に自生し、650 t/本/年の樹液を出す。もし100本/haあれば、7 t/ha/年の発酵性糖が生成される。しかしまだ高収量のための栽培法は研究されていない。

ニッパやしは熱帯域の塩水河川沿いの湿地帯に自生、7年で生長し、その後4年間果実をつける。年に4～5回花穂を出し、これから果肉がとれる。これに切れ目を入れておくと約2か月間10%の糖分を含んだ樹液を出す。一度植えれば根で広がり、2000本/ha程度まで高密度に自生し、花穂8000ヶ/ha/年ができる。この半分がいつもできれば4000 kt/haの樹液、これを発酵性糖に換算すると40 t/ha/年が得られ、砂糖きびよりも収量がよい。1人1日8時間で200本分の樹液を集められる。1 ha当り10人となる。

6. 甘しょ、馬鈴しょ、アロイドなどの根菜類はでん粉生産の面で高いポテンシャルを持っている。馬鈴しょの最高収量は中緯度地域では40 t/ha/年の収量がある。今まで先進国では改良によって高収量品種が得られており、品種改良によって熱帯域でも収量の高い品種ができるだろう。

インドネシアでは根菜類の生産性はまだ低く、生重量で7.5～8.2 t/ha/年、乾物量で2.5 t/ha/年の収量である。

高収率化のためには土地の函養が不可欠であり、また機械化による栽培法、収穫技術、施肥技術等を単一品栽培農場でテストする必要がある。

7. キャッサバは貧農層の食糧であり、熱帯の乾燥地域でも小規模農作によってできるため、彼らの生存のためなくてはならぬ植物である。

米や砂糖きびに比べ、やせた土地で手をかけずに生育し、また病虫害に対する抵抗性も他の作物に比べ強い。収率は世界平均で約9 t/ha/年、高品位種では40 t/ha/年(生)、乾物量として10 t/ha/年が収穫される。

Mukibat法と呼ばれる新しい栽培法がエネルギー農産システムには最も有望である。Manihot glazioviiをつぎ穂として、根を作るManihot esculentaの上につぎ木する方法で、収量は96 t/ha/年(生)、32 t/ha/年(乾物)となる。

キャッサバは辺境地の他の作物ができないような所でも栽培できるが、その栽培によって土地がやせてくることが問題で、これは適切な施肥、土壌管理と作付のローテーションによって解決できる。

■ バイオテクノロジー的考察

植物バイオマスエネルギー源に変換するにはいくつかの方法があるが、主なものはメタノール、エタノール及びバイオガスである。

雨林植物や農産廃棄物は酸化転換によってメタノールにすることができる。これは都市域で有望な方法である。雨林植物をバイオマスの主な原料として用いるには、材料の多様性のためきめ細かい変換プロセスが必要である。

メタノールをエンジン燃料として使用することが研究中であるが、問題は原料の収集運搬にある。これは水生植物の場合も同様である。

バイオガス生産は畜産農場で小規模のものが検討されてきた。大規模設備の運転においては、大量に排出されるミネラルリッチの廃液、残渣やガス生成の速度が遅いことなどの問題がある。

最後の一つ、エタノール生産は既に技術も確立していて最も有望である。連続化によって発酵・蒸留時間は数日から数時間に短縮できる。

雨林植物からの繊維物質や水生植物、農産廃棄物ではグルコースを回収するため分離及び加水分解法が必要となる。

キャッサバからのアルコール生産はセルロース原料よりも容易であるが、結蜜原料に比べるとん付加水分解のためのエネルギー分だけコストが高くつく。日中の太陽エネルギーを加水分解の加熱源に利用すれば、蒸留工程での利用と同様にエネルギーバランスの向上に役立つ。

キャッサバのもつ熱量の49%がCO₂として放散するが、これはドライアイスとして回収できる。また生成する酵母もドライアイスと同様商品となる。

アルコール発酵工程でキャッサバ重量の1/2が減少するが、原料エネルギーの27%しか

ロスしないという点を認識することが重要である。

IV 考 察

バイオマスからのアルコール生産のポテンシャルとしては、バイオマスのエネルギー保有量と変換技術が基礎となる。

表に示すようにニッパやしは最もよく、アルコールとして24.8kl/ha/年が生産できる。しかし生育場所や大規模栽培法が問題である。

次にいいのはムキパット法キャッサバで、アルコール17.6kl/ha/年が生産できる。大規模に栽培する技術はなお開発を要する。

熱帯雨林、農産廃棄物や他の植物体についても十分考慮すべきである。セルロースの変換技術がポイントである。将来の主要なエネルギー源となるだろう。

根菜類、特に甘しょは近い将来、よいエネルギー源となるだろう。遺伝子レベルでの改良で高収率品種が得られるかもしれないが、熱帯各国におけるこの分野の研究が不足しているので、まだ遠いことである。

そこでキャッサバについてももう少し議論を進めることにしよう。次のように仮定する。

70,000haの農地、ムキパット法による栽培、処理プラントはその中央にある。収穫期間は15カ月、常時アルコール生産ができるように植付時期は調整する。

生キャッサバ96t/ha/年から皮むきで12%が除去され、84.5t(乾物量27.3t)が残る。この内容物は3%の粗繊維の外、ほとんどがでん粉である。このでん粉からアルコール約18kl/ha/年がとれる(付表参照)。

70,000haの農場から年間1,260,000klのアルコールが生産され、年間の操業経費は1億7,000万\$ (1\$=230円として約391億円)である。

アルコールの生産コストは約135\$/kl(約31,000円/kl)で、0.65\$/ガロン・ガソリンに相当する。これはかなり楽観的な試算であるが、熱帯諸国で再生可能資源からエネルギーを造る将来の方向を示唆している。

現在の石油消費をこのアルコールでまかなうには約360万ha、すなわち7万haの農場が52カ所必要となる。この面積はインドネシアの米作農地面積の約半分当たる。

エネルギー農場は約100万人の労働者、1家族5人として約500万人が養えるだろう。

熱帯地方ではバイオマス原料から大量のエネルギー生産が可能である。温暖な気候、有効な水分、キャッサバ農地に年中ふり注ぐ太陽光線はアルコール発酵によって18kl/ha/年の生産が可能であろう。

アルコール燃料としての植物エネルギー予測潜在量

資 源	乾 物 量 (t/Ha/年)	発 酵 性 糖 (t/Ha/年)	ア ル コ ー ル (kl/Ha/年)	備 考
雨 林 植 物	40	20	13	効 率 よ い セ ル ロ ー ス 分 離 法 及 び 収 集 ・ 輸 送 法 の 開 発 が 必 要
水 生 植 物	3.6	3	2	
農 産 廃 棄 物	17	11	7	
砂 糖 さ び	20	10	6.5	主 に 製 糖 工 業 原 料
サ コ ヤ し	10.2	9.4	6.2	栽培・収集法の開発及び 早期成熟品種の選定が必要
ア レ ン ガ ヤ し	8	7	4.6	
ニ ッ パ ヤ し	40	38	24.8	
馬 鈴 し よ	15	13	8.5	高 地 帯 に 適 す る
芭 し よ	7.8	6.7	4.3	高 収 率 栽培 法 を 研 究 中
ア ロ イ ド	9.8	8.6	5.5	高 収 率 栽培 法 の 改 良 研 究 が 必 要
デ イ オ ス コ レ ア	10	8.8	5.7	
キ ャ ッ パ バ (従 来 法)	3.2	2.7	1.8	
" (改 良 種)	13.3	11.7	7.8	食 ・ 飼 料 ・ 工 業 原 料
" (ム キ バ ッ ト 法)	32	27	17.6	大 規 模 栽培 法 の 適 用 が 必 要

H.H.Sitompul, A.Kamatuddin, J.Witroatmodjo: "The Potential of Energy Farming System of Renewable Resources for the Tropics", Bulletin Peneltition Institut Pertanian Bogor, Vol.2,2,p24(1981)

付表-1

1ヘクタールから生産されるキャツサバの構成 (単位:トン)

区 分	重 量
生いも (全量)	96.0
外皮部 (12%)	11.5
内容部	84.5
水分 (66.6%)	56.3
乾物量 (内容部)	28.2
粗繊維分 (3%)	0.8
発酵性成分(乾物)	27.3

アルコールへの交換: $\frac{27.310}{1.527} \times 1 \text{kl} = 18 \text{kl} / \text{ha} / \text{年}$

付表-2

キャツサバ・エネルギー農場の資金運用 (70,000ha)

1. 土地購入・開拓・整備	120百万円
2. 建物・農機具	130
3. アルコール工場	150
計	450
4. 換算コスト	
1) 農場・工場換算費	50
2) 借入金償却 (20年)	20
3) 減価償却 (10年)	28
4) 収 益 (年5%)	20
5) 管理経費	12
6) 配 当	40
計	170

5. 製品アルコールコスト

$$\frac{170,000,000}{1,260,000} = \$135 / \text{kl}$$

JICA

