

# マレーシア未利用資源飼料化計画 運営指導(中間評価)調査団報告書

平成12年8月

国際協力事業団

## 序 文

国際協力事業団は、マレーシア国関係機関との討議議事録などに基づき、平成9年3月15日から5年間の予定で、同国農業の主要作物であるオイルパームの茎葉などを活用して粗飼料を製造・流通させ、同国の畜産振興を図ることを目的とするプロジェクト方式技術協力「マレーシア未利用資源飼料化計画」を実施しています。

今般は、プロジェクト開始から3年あまりを経たので、プロジェクト活動の中間評価を行うこととし、平成12年7月2日から同12日まで、当事業団農業開発協力部長 鮫島信行を団長とする運営指導調査団を現地に派遣しました。

同調査団は、マレーシア側委員と合同評価委員を構成して、プロジェクト活動の調査・評価を行いました。その結果を中間評価報告書に取りまとめてプロジェクトの合同調整委員会に報告するとともに、調査団長とマレーシア農業開発研究所長がミニッツの署名を取り交わしました。

本報告書は、同調査団の調査並びに中間評価の結果を取りまとめたものであり、今後プロジェクト活動の展開に広く活用されて、日本・マレーシアの友好関係増進に役立つことを願うものです。

ここに、本調査にご協力頂いたマレーシア側並びに我が国関係各機関の方々に深く謝意を表するとともに、当事業団の活動に、引き続き一層のご支援をお願いする次第です。

平成12年8月

国際協力事業団  
農業開発協力部長  
鮫 島 信 行

# プロジェクトサイト位置図



# 目 次

序 文

地 図

第1章 運営指導調査団の派遣 .....	1
1 - 1 調査団派遣の経緯と目的 .....	1
1 - 2 調査団の構成 .....	2
1 - 3 調査日程 .....	2
1 - 4 主要面談者 .....	3
第2章 要 約 .....	5
第3章 評価結果 .....	8
3 - 1 目標の妥当性 .....	8
3 - 2 投入の効率性 .....	8
3 - 3 目標達成度( 詳細実施計画( D I P )の進捗状況 ).....	8
3 - 4 効果( 見通し ).....	18
3 - 5 持続発展性( 見通し ).....	18
第4章 団長総括 .....	19
付属資料	
1 . ミニッツ( 中間評価報告書 ).....	25
2 . 合同調整委員会コメント .....	58

## 第 1 章 運営指導調査団の派遣

### 1 - 1 調査団派遣の経緯と目的

マレーシア国内における畜産物の需要は増加傾向にあるが、同国における畜産業の歴史は浅く、十分な生産体制が確立されていないため、牛肉の自給率は25%、乳製品の自給率においては5%に満たない状況にある。一方、乳牛などの反芻家畜産業の振興には、粗飼料の安定的供給体制の確立が不可欠であるが、粗飼料確保のための新たな草地造成等は森林資源の保護の観点からも困難な状況にある。

このようななか、農林水産省国際農林水産業研究センター( J I R C A S )は、マレーシア農業開発研究所( M A R D I )とともにマレーシアの農業における主要作物であるオイルパーム( アブラヤシ )の茎葉などを粗飼料として活用するための基礎的な共同研究を約10年間行い、オイルパームの粗飼料としての栄養学的価値が確認された。マレーシア政府はこの共同研究の成果を踏まえ、オイルパーム茎葉を利用した粗飼料製造の実用化を図るため、1994年10月、プロジェクト方式技術協力を我が国に要請した。

これを受けた国際協力事業団は、1996年6月から事前及び長期調査を重ねてプロジェクト実施案を協議・策定し、そのうえで1997年1月に実施協議調査団を派遣して討議議事録( Record of Discussions : R / D )の署名を取り交わし、1997年3月15日から2002年3月14日までの予定で「マレーシア未利用資源飼料化計画」の技術協力を開始した。1997年12月には、詳細実施計画( Detailed Implementation Plan : D I P )及びプロジェクト・デザイン・マトリックス( P D M )が、日本・マレーシア双方の協議で策定されている。

本調査団は、プロジェクト開始から現在までの進捗状況をマレーシア側と合同評価するとともに、残るプロジェクト期間内で行うべき課題、計画及び達成予測についてプロジェクト側と協議し、R / Dの範囲内で計画見直しを行うことを目的としている。

評価項目は、目標達成度、実施の効率性、計画の妥当性、移転技術の持続性、効果、とする。

この評価結果を基に協力期間5年で終了できるようD I P 及びP D Mを見直し、必要に応じて変更を行う。

また、プロジェクト実施運営上の問題点を調査し、しかるべき改善案を提言する。

## 1 - 2 調査団の構成

- (1) 総括 鮫島 信行 国際協力事業団 農業開発協力部長
- (2) 農業機械 佐藤 純一 農林水産省 草地試験場 飼料生産利用部長
- (3) 飼料評価 谷口 稔明 農林水産省 国際農林水産業研究センター 畜産草地部長
- (4) プロジェクト運営 佐藤 雪太 国際協力事業団 農業開発協力部 畜産園芸課

## 1 - 3 調査日程

日順	月日	曜	移動及び業務
1	7 / 2	日	12:55 成田発( JL723 ) 19:00 クアラルンプール着
2	3	月	10:00 農業省国際部表敬 11:00 農業省獣医局表敬 14:00 農業省マレーシア農業開発研究所( M A R D I )所長表敬 15:30 J I C Aマレーシア事務所打合せ 16:30 在マレーシア日本大使館表敬
3	4	火	午前 合同評価方法説明 午後 プロジェクト施設等調査、合同評価委員会内打合せ
4	5	水	終日 合同評価委員による各カウンターパート( C / P )との協議
5	6	木	午前 合同評価委員会全体協議 午後 プロジェクト計画に係る協議
6	7	金	午前 全体協議 午後 ミニッツ案取りまとめ
7	8	土	オイルパーム園視察、団内打合せ
8	9	日	ミニッツ案整理、団内打合せ
9	10	月	終日 ミニッツ案協議
10	11	火	10:00 合同調整委員会、ミニッツ署名・交換 12:00 調査団長主催昼食会 14:45 J I C Aマレーシア事務所報告 16:00 在マレーシア日本大使館報告
11	12	水	11:00 クアラルンプール発( MH707 ) 19:00 成田着

#### 1-4 主要面談者

[マレーシア側]

(1) 農業省国際部

Mr. Mohd. Zulkifli Mohammed      Principal Assistant Secretary

(2) 農業省獣医局

Dr. Yahya Muhamad      Senior Research Officer

(3) 農業省マレーシア農業開発研究所(MARDI)

Dr. Saharan bin Hj. Ananga      Director General

Dr. Mohd. Ariff Omar      Director, Livestock Research Centre(LRC)

Dr. Wan Zahari Mohamed      Assistant Director, LRC

Mr. Hamdan b. Abd. Manap      Senior Research Officer(SRO), Strategic,  
Environmental and Natural Research Centre

Mr. Mat Daham b. Mohd Daud      SRO, LRC

Dr. Mohd. Jaffar b. Daud      SRO, LRC

Mr. Sarmin b. Sukir      SRO, Economics and Technology Management Research  
Centre

Dr. Abu Bakar b. Chik      SRO, LRC

Mr. Shamsuddin b. Abu Bakar      SRO, LRC

Mr. Mohd. Sukri b. Hj. Idris      SRO, LRC

[日本側]

(1) 在マレーシア日本大使館

黒木 雅文      公使

前田 徹      一等書記官(経済総括)

楠 勝治      一等書記官

香月 英神      一等書記官

(2) JICAマレーシア事務所

岩波 和俊      所長

寺西 義英      次長

田中 資記      所員

(3) マレーシア未利用資源飼料化計画プロジェクト

長期専門家

早川 博文

リーダー / 飼養管理

錦織 明

業務調整

田中 孝一

農業機械

押部 明德

飼料評価

短期専門家

橋本 早苗

プラント工程管理技術

## 第2章 要約

本調査団は、2000年7月2日から同12月までの日程でマレーシアを訪問し、マレーシア側と合同で「マレーシア未利用資源飼料化計画」に係る中間評価を行い、合同評価報告書を取りまとめて、ミニッツ(付属資料1.)の署名を交換した。

調査団はまず、マレーシア農業省国際部、同獣医局、同マレーシア農業開発研究所(MARDI)並びに在マレーシア日本大使館を表敬して、本調査団の目的などを説明し、今後の本プロジェクトへの支援を要請した。

その後、プロジェクトサイト(MARDI家畜研究センター)において、調査団員4名とマレーシア側委員4名からなる合同評価委員会を構成した。合同評価委員会は評価の方法・手順について確認したのち、飼料改善、飼料評価、飼養管理、経済評価の各分野ごとにカウンターパート(C/P)からこれまでの活動状況及び成果を発表してもらい、質疑応答を行った。また、プロジェクト関連施設の視察を行い、主要な供与機材であるオイルパーム茎葉飼料製造プラントの稼働状況などを調査した。

これらの調査結果に基づいて合同評価報告書を作成し、合同調整委員会で日本・マレーシア双方関係者の了承を得て、ミニッツに添付、署名を取り交わした。

評価結果の要旨は、以下のとおりである。

(1) 合同評価委員会は、PCM評価5項目(目標の妥当性、投入の効率性、目標達成度、効果、自立発展性)に基づき、プロジェクトの合同評価を行った。その結果、下記の結論及び提言について合意し、合同評価報告書を取りまとめた。

### (2) 結論

1) プロジェクト目標は、マレーシアの第2次及び第3次農業政策(NAP2、NAP3)に合致しており、妥当と思料された。

2) プロジェクトの効果については、まだ明確な効果を認めるには時期尚早であるが、プロジェクトはMARDIへ十分貢献していると認められ、加えてプロジェクトへの訪問者や活動に対する照会が増加していることから、波及効果が十分に期待できる。

3) 自立発展の見込みは、優秀なC/Pが配置されている点から十分期待できるものの、プラント設置の遅れにより、いくつかの活動が開始されていないため、MARDIが本プロジェクト活動用に確保した予算が執行できていない状況である。MARDIは引き続き

2001年から2002年にかけての予算を確保する予定である。

- 4) 投入の効率性については、供与機材であるプラントの設置及び試運転が当初予定より1年以上遅れており、日本・マレーシア双方が、可能な限り早急に完全稼働へ向けて対応する必要がある。MARDIからは本プロジェクト期間の延長を求める声があった。
- 5) 目標達成度については、実験プラントが予定した完成時期から1年数か月経ってもなお完成に至らないという問題を踏まえ、今後の見通しなどについて、残るプロジェクト期間に、より効率的・効果的に計画を進捗させるため、専門家チーム及びC/Pチームと十分協議した結果、以下の提言を取りまとめた。

### (3) 提言

- 1) 原材料収集コスト削減のため、オイルパーム園において、油脂原料となる果房収穫の一連の作業管理体系のなかに、オイルパーム茎葉(Oil Palm Folds: OPF)収集作業を組み込むなど、収集コストの更なる削減を検討する必要がある。
- 2) 前乾燥方法の改善、特にソーラーハウスに関連する技術について、さらに以下の検討を行う。

原材料の攪拌回数の検討、乾燥効果改善と微生物繁殖防止を念頭に置いた原材料散布深度(厚さ)の検討、ソーラーハウスの屋根材質をより光量透過性の高いものにする、原材料細断の均等性の向上とその影響の検討、ソーラーハウス補助乾燥システムの検討、代替乾燥システム(屋外コンクリート露場における天日乾燥技術など)の検討。
- 3) プラントのフルオペレーションのために、原材料ホッパーと2次乾燥装置間の運搬効率の改善、2次乾燥装置ダクトの断熱被覆などの適切な保熱補強、粉塵及び振動対策、維持管理容易化のため、飼料処理ラインの更なる自動化及び配線のラベリング(記号表示)など、コントロールパネルの適正化が必要である。
- 4) 農家での飼育試験に用いる肉牛頭数はOPF飼料生産量の制約に基づいて、入念に検討して決定する。
- 5) プラントのキューバラインの設置に遅れが生じる場合、OPFペレット及びキューブを用いた飼育試験を段階的に実施する。

- 6) 農家での乳牛飼養試験は実験農場における試験が終了してから実施する。
  - 7) O P F 飼料を用いた乳質改善は残りのプロジェクト期間中には達成不可能であるため、乳牛使用改善に係る活動は、実験実施と評価に限定する。
  - 8) 最終生産物の品質管理に関する迅速分析手法の開発を行う。
  - 9) 飼料評価のためには、飼料の繊維長と第1胃での消化率の関係について、基礎的研究がさらに必要である。
  - 10) 評価結果及び以上の提言に基づき、評価委員会は残る協力期間における計画進捗の適切なガイドラインとなるよう、詳細実施計画( D I P )及びプロジェクト・デザイン・マトリックス( P D M )の改訂を行った( 合同評価報告書 A N N E X 3 . 及び 4 . )。
- (4) なお、合同調整委員会は、合同評価報告書を了承するにあたり、同報告書の提言に優先順位をつけ、その具体化のための行動計画を示すべきだとして、合同調整員会コメント( 付属資料 2 . )を出した。プロジェクトチームはこれに基づき、プロジェクトの今後の優先課題と、その進め方を整理することになった。

## 第3章 評価結果

### 3 - 1 目標の妥当性

プロジェクト目標については、マレーシア第2次及び第3次農業政策(NAP2、NAP3)に合致しており、妥当と思料された。すなわち、マレーシアにおいては民間セクターに対して、利用可能な年間3,000万tのオイルパームバイオマスを合成木製品、家具、パルプなどに利用するよう奨励されており、本プロジェクトにおけるオイルパーム茎葉(OPF)の家畜飼料への利用加工は、将来的にもオイルパームバイオマス利用目的に十分に合致している。

### 3 - 2 投入の効率性

日本・マレーシア両国の投入実績は合同評価報告書ANNEX1のとおりであるが、投入の効率性については、供与機材であるプラントの設置及び試運転が当初予定より1年以上遅れており、可能な限り早急に完全稼働にむけた対応が日本・マレーシア双方で必要である。

### 3 - 3 目標達成度(詳細実施計画(DIP)の進捗状況)

#### 3 - 3 - 1 飼料製造方法改善分野

飼料調製加工技術の改善については、OPFの収集・運搬、前処理などの原料供給分野と、前処理された細断OPF原料を仕上げ乾燥し、ペレット又はキューブに圧縮成形するプラントの設置・運転の分野から成る。

#### (1) 原料供給

原料供給分野の活動には、収穫・収集技術の改善に関して、オイルパーム園におけるパームオイル原料の果房や副産物のOPF収穫に係る慣行作業システムの調査、収穫・収集機材の性能評価並びにOPF収集の機械化作業システム改善があげられている。また、ハンドリングと運搬技術の改善では、園内における慣行作業システムの調査、園内運搬作業手段の圃場作業性能評価、運搬作業システムの改善を行うこととなっている。さらに、前処理技術の改善では、OPFを細かく切断する細断機の圃場内作業の改善、攪拌式太陽熱乾燥技術を導入したOPFの予備乾燥技術評価及び細断作業の改善技術と圃場評価が計画されている。

#### 1) 収穫・収集技術の改善

オイルパーム園において、油脂原料となる果房収穫作業の実態を調査した結果、熟し

た果房の樹木について、果房と同時に茎葉OPFが1～3枚切り取られ、果房のみが収集される作業方法を明らかにした。園内に残されたOPFの収集について、一部小規模に行われる慣行作業技術を検討し、OPFの収集・運搬・細断に係る人力作業からトラクター利用まで、様々な作業方式を考案し、検討を進めている。

合同評価委員会では、オイルパーム園における果房収穫作業について、OPF収集も行うことを前提に果房とOPFの収穫・収集作業を組み合わせれば、より一層のOPF低コスト収集技術につながられるのではないかと、この提案がなされた。

## 2) ハンドリングと運搬技術の改善

OPFの収集作業及びハンドリング、運搬作業技術については、収集とハンドリング又は細断とハンドリングが別の項目に整理されているが、これらは一連の作業体系としてとらえるべきであることから、ここではまとめて検討する。

OPFの収集作業について、長物扱い方式と細断方式の検討を行っている。長物扱い方式は、8m以上ものOPFを2～4分割に切断し、ハンドリングする方式であり、重量物のハンドリング作業に焦点を当てて作業改善を進めており、グラブクレーンによる省力的な運搬車荷台への積み込み技術を開発した。

一方、細断方式は、トラクター装着のマウントカッターを利用し、OPFの細断作業と運搬車への積み込み作業を同時化し、ハンドリング作業の最もきつい作業の一部を省いて大幅な省力化を達成している。OPF収集作業コストの試算では、人力作業を多く必要とする長物扱い方式に対して細断方式は57%削減され、原料t当たり27リングット(RM)になるとしている。

上記方式の検討において、細断方式は作業能率が高くコスト低減に効果のある作業方式であるが、作業規模・圃場条件・果房収穫作業との関連などから、長物扱い方式も有効であり、いずれのOPF作業方式も今後のOPF飼料化技術のなかで活用されることとなる。

細断方式に係る今後の検討課題として、運搬車がプラントまで細断材料を運搬中は細断作業が中断することから、収穫場所とプラント間の運搬距離に関連して、細断と運搬の体系化された作業技術が必要であり、複数の運搬車を組み込んだ機械化作業体系について検討が進められようとしている。

なお、OPFの収集・ハンドリング細断・運搬作業技術のために必要な個別技術の検討課題として、長物を扱うためのグラブクレーンの能率を向上するため、操作速度を速める技術が検討されつつある。また、OPFトラック運搬における園内の走行性について、土壌貫入抵抗調査を進めている。さらに、収集・細断・運搬作業体系の一層の効率

化をねらって、トラックの荷台を分離し、複数荷台を使って運搬中も細断作業を可能にする方式が提案されており、作業能率ばかりでなく機械投資・コストを含めた検討の必要がある。

### 3) 前処理技術の改善

#### a. 細断技術

OPFの細断作業については、マウントカッターによる圃場内細断方式の有効性が既に明らかにされている。

当初、導入されたマウントカッターは、牧草や稲わらを細断するカッターであり、太い葉柄(Petiole)のあるOPFがカッターの切断部へ入らない問題があった。そこで供給ロールの改良を進め、太い葉柄も確実にかつ円滑に供給できる技術を確立した。これにより毎時5tの処理能力となった。

細断材料の予備乾燥場面において、直径10～20cmもの太い葉柄が、大根を輪切りにしたような状態に切断されており、細断材料の粒子サイズの不揃いが指摘されている。カッター刃の改良による輪切状葉柄の破砕など、サイズの均一化が検討されよう。なお、将来的なOPF飼料化大規模事業化の場面では、圃場における収集・細断作業の一層の高能率化が要求されることから、シリンダ型カッター部を有するフォレージハーベスタの半定置又は移動拾い上げ細断作業方式についての検討が考えられる。

#### b. 太陽熱乾燥技術

OPFの予備乾燥技術として、攪拌式太陽熱乾燥方式が導入されている。これにより、OPF乾燥特性については、地干し天日乾燥における特性が解明され、コンクリート上厚さ4cm堆積、晴天条件では1日で65%から30%以下へ乾燥できることを示した。また、攪拌式太陽熱乾燥装置を利用し、攪拌回数及び堆積厚さと乾燥速度についても検討を行った。また、攪拌爪について、細断OPFが十分攪拌できるよう、また一方向運転が可能なように爪の改造を行った。

当該乾燥装置を使った実規模乾燥試験においては、細断OPFを20cmに堆積し、1日2回の攪拌を行った結果、平均水分65%のOPFを水分30%以下に下げるのに5日間を要し、乾燥コスト高と品質低下の両面で問題とされている。その原因として、太陽熱乾燥施設の屋根材の変色による太陽光の透過不足及び攪拌回数の不足、材料堆積層の厚さが厚いなどが指摘されている。乾燥速度向上のため、攪拌回数の増加や堆積厚さの更なる検討、屋根材の変換、細断サイズの均一化などについての検討が必要とされた。

さらに、将来的な検討として、乾燥床の蒸気加温及び屋外コンクリート露場における天日乾燥方式が提案された。

細断材料のカビ発生など、品質面からは1日で65%から30%へ予乾することが求められており、実用的な1日予乾方式確立のための技術開発が求められている。

## (2) プラント

プラントの設置及び運営管理の分野において、プラントの設計・施行については基本設計がなされ施行されつつある。加工製造工程の改善では、火力乾燥装置の性能評価、破砕機の性能評価、ペレット圧縮成型機(ペレタイザ)及びキューブ圧縮成型機(キューバ)の性能評価が課題とされている。プラントの運営管理の評価においては、プラント機材のレイアウト評価、プラントにおける作業の流れと制御の実働調査が組まれている。

### 1) プラントの設計・施工

O P F 圧縮成形プラントの基本設計は、水分30%のO P F 原料一時貯留装置(ホッパ)、火力乾燥機(コンベア式乾燥機)、破砕機、振動篩、混合装置、ペレタイザ、キューバ、製品冷却装置、計量袋詰め包装装置、ボイラ、操作・制御盤(コントローラ)などから成り、原料搬送ラインの切り替えで、ペレット及びキューブを製造できる工程となっている。ラインは3層(階)の立体的なレイアウトになっており、火力乾燥機が3階、ペレタイザ、キューバ、破砕機、振動篩が2階に設置されている。

施工については、ペレット製造工程とキューブ製造工程が2期の工期に分けられ、原料供給から製品袋詰めまでのほぼ全装置を使うペレット製造工程が1期施工、キューバとライン切り替え装置及びキューバラインに関する操作・制御盤が2期施工となっている。

1期工事のペレット製造工程について、一応の施工はなされたものの、テスト運転により各所に不具合があり、工期が1年以上遅れた現段階でも、円滑な試運転にいたっていない。

キューバラインについても、既に工期は過ぎているものの、操作・制御盤工事中でまだテスト運転にいたっていない。

### 2) 加工製造工程の改善

ペレット製造工程は、予乾原料搬送コンベア、一時貯留ホッパ、昇降機、コンベア式火力乾燥機、搬送機、破砕機、振動篩、搬送コンベア、混合装置、ペレタイザ、さらに、火力乾燥機用ボイラ・熱交換器、ダクトから構成されており、一連の装置設置後、ペレッ

ト製造の一応の通しテストは行われ、不具合な各所について工期を延長して改良が行われた。具体的には、火力乾燥機温度が設計温度より低く、乾燥能力が低い(未解決)、昇降機の運搬容量が不足(改良)、振動篩に防振対策がなく、建物構造物が振動する(防震対策)、電源配線の工事分担(解決)、粉塵対策(未解決)等々について、その都度対応し改善を進めた。したがって、それら対策などの関係も工事に影響し、設置作業が大幅に遅れている。

設置に伴い不具合な箇所やより効率化のための改善に努めているが、現段階においても、一時貯留ホッパ、破碎後搬送コンベア粉塵対策、コンベア乾燥機処理能力などに改良点が多く指摘されている。

キューブ製造工程は、ペレット製造工程の破碎機をバイパスして、破碎されていない細断材料が直接キューバに供給される工程となっており、ペレタイザとキューバを同時には運転しない。キューブ製造工程の工事は2期の契約となっており、ペレット製造工程工事の遅れから、キューバ工程も切り替え装置関係や操作・制御盤関連電気工事が現在工事中であり、工事終了後、キューブ製造の安定運転までにはなお期間を要すると予想される。

### 3) プラント運営管理の評価

数多くの機械設置で構成される製造プラントにおいては、各機械装置の能力が揃い、一定の流量で連続運転できることが求められる。予乾材料を火力乾燥機に供給する昇降機の容量が、OPF材料を十分搬送できる能力を持たなかった件については改造を行った。火力乾燥機のテスト運転では十分な温熱空気温度が得られず、乾燥速度が低いことが明らかにされた。また、プラントの入口にある予備乾燥材料の一時貯留ホッパにおいては、OPF予乾材料がブリッジ現象を発生して搬出スクリーコンベアへ流下しない問題点が明らかにされた。さらに、キューバへの材料供給昇降機の容量不足も指摘されている。

このように、プラント施工において工事不良箇所の指摘、試運転による性能確認と不良事項の指摘など、プラント関係専門家は連日これらに忙殺されている状況が続いている。

プラントのレイアウトでは、火力乾燥機が最上階の3階に設置され、重量があって運転時に振動が多いペレタイザ、キューバ、振動篩が2階に設置されているので、作業状態の監視や万一の事故に対して、監視システムの充実など十分な対策が必要であろう。また、火力乾燥機は、ボイラの蒸気熱を熱交換器で温熱空気に変換する熱源方式を採用しているが、1階の熱交換器から3階の乾燥機まで10数mのダクトが断熱施工されてお

らず、乾燥機内温度が設計温度よりはるかに低くなって、十分な乾燥速度が得られていない。ダクトへの断熱材被覆は必須であろう。なお、熱損失を防ぐ一つの考え方として、熱交換機を3階の火力乾燥機に隣接して設置し、温熱空気の熱損失を削減する対策が考えられる。

操作・制御盤及び運転操作関係について、1・2期工事の関係で、ペレット製造ラインとキューブ製造ラインが各々独立した操作・制御盤になっており、電気配線関係で難工事が続いている。運転操作に関して、ライン切り替え装置関係が1期と2期の工事では仕様が異なり、2期工事では3階のタンク上部にあるライン切り替え装置が手動仕様になっている。円滑な運転のためには、手直しが必要となる。

### 3 - 3 - 2 粗飼料の品質改善分野

本分野は、原材料となるオイルパームの茎葉(OPF)の化学的、栄養的及び毒性などの特性を分析・評価、OPFを用いて作製された飼料製品についての灰分、粗蛋白、ADF(Acid Detergent Fiber)、NDF(Neutral Detergent Fiber)など化学的特性、消化性や嗜好性などの栄養特性及び物理学的特性の分析・評価、原材料やOPF製品の栄養価値の改善、OPF製品の化学的均一性の改善や化学組成と栄養価値の簡易評価システムの開発、の項目により構成されている。これらの項目における活動の進捗状況、目標達成度及びプロジェクトの終了時までに目標を達成するための留意事項などは、以下のとおりである。

#### (1) 活動の進捗状況と計画の達成度

原材料分析、製品分析及び栄養価値の改善の各項目は、当初の計画に従って、順調に進み、満足する成果が得られている。すなわち、原材料分析については、オイルパームの樹齢とOPF中の化学的成分の推移、OPF採取後の経過日数に伴う化学成分などの推移特性などが解明され、計画期間内に終了している。また、生のOPFの重金属や保存中に生ずるカビの汚染などについて検討されている。生のOPFには、鉛の濃度が日本の飼料ガイドラインの限界値に近いものが検出されており、ソーラーハウス内での乾燥中に、細切されたOPFに、ペニシリウム属やアスペルギルス属のカビが検出されて、OPFの重金属やカビ毒などの検査の必要性が指摘されている。

製品分析では、OPFをベースとした製品の化学的及び栄養的特性分析が実施され、OPFペレットの採食量は細切した新鮮OPFに比べて高いこと、また、細切されたOPFに比べて、ペレット化のために粉碎されたOPFは粒子サイズが小さくなるので、消化管内の通過速度が早まることなどを明らかにしている。また、OPF製品についても、法律や規則に定められている毒性物質の調査が実施されつつある。栄養価の改善では、OPF

原材料をNaOH処理することにより、消化率が高くなること、OPF以外の副原料をペレット中に70%、50%及び30%の割合で混合したペレットを給与して飼養試験を行い、PKCなどの副原料を70%以上混合したペレットがそれ以外のペレットと比較して増体重が良好であることが明らかにされている。現在、OPF 30%のベースに、含有蛋白水準を変えた製品で研究が進められている。しかし、製品評価については、OPF飼料製品プラントの稼働の遅れに伴い、開始時期が遅れ、製品の保存中の品質保持を最大化するためのOPF製品の包装法や貯蔵方法についての予備的検討を行うにとどまっている。

## (2) 提言及び今後の留意事項等

本分野においては、飼料評価のためには、飼料の繊維長などの粒子サイズが第1胃における消化に与える影響についての基礎的研究がさらに必要である、最終製品の品質管理についての近赤外分析装置(NIR)による迅速分析方法を導入すべきである、との提言がなされた。その背景として、オイルパーム茎葉飼料製品の繊維長(粒子サイズ)と消化性や栄養性との関係は、これまでも検討されてきているが、キューブ製品の第1胃内分解特性を明らかにしておく必要がある。これには、第1胃にフィステルを装着した実験牛などを用いて消化特性などを明らかにし、評価しておく必要がある。また、ペレット飼料の品質改善に関しては、プラントの本格的稼働に伴い、製品の分析検体数が増加することが予想されるため、NIRを用いた迅速な化学成分分析が重要となっている。このため、MARDIでは、マレーシア側の独自予算により、NIRが確保される見込みである。NIR分析では、多数の飼料の化学分析結果をNIRに記録し、同時に近赤外線ですキャンして、検査項目別の検量線を作製する必要がある。しかし、検量線が作製されたあとは、これまで多額の経費と労力を要している化学分析が不要となり、迅速簡易推定法を発展させることが可能となる。

これに加えて、中間評価の提言には盛り込まれていないが、製造されるペレットやキューブなどのOPF製品について、飼料製品としての品質の保持や品質の管理の面から、次のことに留意する必要があると考えられた。

- 1) オイルパーム茎葉の採取現場では、カビ汚染や腐敗したものは原料としての使用を避け、採取後の貯蔵中のカビなどの汚染を防止する必要がある。そのためには、原料の品質管理マニュアルなどの作成が重要である。また、オイルパーム副産物、糖蜜などの副原料などについても品質の保持・劣化防止などについて留意する必要がある。
- 2) OPFをベースとした製品については、製品の均一性、栄養成分など品質の保持改善

のために、製造の各レベルにおいて、毒性物質などの調査、化学的、物理的特性の把握に務める必要がある。

- 3) そのためには、現在実施している飼料原料における水分(dry matter)、粗繊維(crude fiber)、粗脂肪(crude fat)、粗蛋白(crude protein)、粗灰分(crude ash)、可溶性無窒素物(nitrogen-free extract)の6成分などの化学分析が必要で、品質評価に活用することは、重要である。
- 4) さらに重金属、アフラトキシンなど毒素や有害物質についても簡便かつ迅速に検査を実施し、飼料への汚染防止に務める。毒性評価については、期間を2001年まで延長する必要がある。
- 5) O P F 製品評価については、均一な製品が製造されるよう製造方法を修正するとともに、製品の品質保持を最大化する条件の検討が重要と認識されつつあることから、包装及び貯蔵方法の改善によるO P F 製品の品質保持改善を図ることが望ましい。

### 3 - 3 - 3 飼養管理方法改善分野

本分野は、肉牛や乳牛の飼養試験のための試験計画作成、研究所規模や個人農家レベルでの飼養試験、乳質や肉質の改善のための飼養方法の改善、O P F を使用した肉牛、乳牛飼養管理システムの評価や飼養管理マニュアルの作成を目的とする飼養方法の評価、の項目により構成されている。これらの項目における活動の進捗状況、目標達成度及びプロジェクトの終了時までには目標を達成するための留意事項等は、以下のとおりである。

#### (1) 活動の進捗状況と計画の達成度

試験計画作成については、O P F 飼料の化学組成に基づき、O P F とほかの材料との組み合わせによる肉牛や乳牛の飼養試験計画が準備されている。肉牛飼養試験については、研究所規模での準備は完了し、農家試験については、クルアンの農家を、また企業規模の試験については、3,000頭の肉牛を所有する企業(L A Z U L I )が準備されている。乳牛については、クルアンの家畜訓練研究所(D V S )での研究所規模の飼養試験が進められている。しかし、O P F ペレット飼料やキューブの供給の遅れから、特に乳牛飼養試験計画を見直す状況となっている。

飼養試験については、研究所規模の肉牛飼養試験は、14か月齢の在来肉牛を用いた飼養試験がM A R D I において実施され、O P F の最大配合割合は30%であることが明らかに

されている。現在 30%の O P F ペレットで給与した場合の蛋白補給についての飼養試験が進められている。しかし、クランで実施した肉牛の飼養試験は、飼料中の高尿素含量による障害が出て中止されている。乳牛については、D V S で 8 頭の泌乳牛を用いて、O P F ペレットとキューブの摂取量や乳量への影響を検討する試験が進められている。これに必要な要員や施設は十分である。また、農家規模での飼養試験については、その実施に向け、肉牛では最低 50 頭規模、乳牛では最低 36 頭規模の計画が進められている。しかし、これらの実験には、O P F ペレットやキューブの安定的供給が必要である。O P F 製品としては、100% O P F 製品のほか、O P F をベースにした肉牛や乳牛の完全飼料の生産も計画されており、O P F をベースにした完全飼料と既存市販ペレットとの比較、100% O P F キューブと従来法である現地での青刈り飼料との比較についての飼養試験が計画されている。

飼養方法改善の項は、2000 年からの実施計画となっているが、O P F を基礎飼料として飼育された乳牛の乳質の改善は、困難であると判断され、これまで実施されていない。今後も乳質の改善への取り組みは期待できない状況である。一方、肉質の改善については、超音波スキャナーを用いて飼養試験に用いられた肉牛の背脂肪の厚さやロース芯面積などの測定が実施され、肉質の評価が行われている。今後は、超音波による、農家で O P F 飼料給与した肉牛の肉質評価が行われる予定である。

飼養方法の評価については、従事する要員や施設に関連する省力化を確立するための肉牛や乳牛の飼養管理システムの評価や、肉牛や乳牛の飼養管理マニュアルの準備を 2001 年から実施する予定であるが、飼養試験の結果に基づき、評価あるいは準備される予定である。乳牛の栄養について、エネルギーあるいは蛋白と繊維消化の関係の解明や、バイパス蛋白やバイパス脂肪あるいはほかのサプリメントの利用に関する短期専門家の派遣が望まれている。

## (2) 提言及び今後の留意事項など

本分野においては、以下の提言がなされた。すなわち、農家での飼養試験に用いる肉牛の頭数は O P F 飼料製品の生産量に基づいて、入念に検討して決定すべきである、プラントのキューバライン設置が遅れる場合には、O P F ペレット及びキューブを用いた飼養試験はプロジェクトの後期に実施する、農家での乳牛飼養試験は研究所での試験が終了したあとに実施すべきである、O P F 飼料製品を用いた乳質の改善は、残りのプロジェクト期間中には達成不可能であるため、飼養方法改善に係る活動は、肉牛飼養試験の実施と評価に限定する。

製造された O P F 製品が家畜や畜産物の生産に及ぼす影響の解明は、O P F 製品が家畜飼料として市場流通するためにも重要である。飼料製品の製造の遅れから、農家規模での

飼養試験の取り組みは遅れている。今後は、OPF製品の生産量を勘案した適正な規模の基で飼養試験が実施され、家畜や畜産物に対する飼料としての安全性や有用性が確認されることを期待したい。また、OPF飼料製品で飼養した肉牛や乳牛の飼養管理システムの評価と飼養管理マニュアルの準備には、製造粗飼料を基礎飼料として給与した農家規模の飼養試験の結果が活かされるため、これらの飼養試験が効率的に実施されることが望まれる。

### 3 - 3 - 4 製造飼料経済評価分野

OPF製品の経済性評価については、OPF成形飼料の製造コスト分析を行う。また、飼料の比較評価として、市場調査によりOPF成形飼料及びOPF成形飼料と関係する類似の各種流通飼料を含めた飼料の需要分析、さらに、OPF成形飼料の供給予想を行う。

#### (1) コスト分析

OPFペレットの生産における生産コスト構造を知るため、OPF収集コスト及びペレット製造コストを、MARDIにあるペレット製造プラント(ミニプラント、細断記・乾燥機・破砕機・ペレタイザから成り、連続でなく回分方式で、人力搬送するシステム)で分析した。その結果、OPF生産コストはRM 342.5 / tとなり、そのうち労働費が3分の1を占めた。また、短期専門家の当該プラントにおけるOPF生産コストはRM 670 / tとなっている。

ペレット製造ラインの一応の設置後、一時的な試運転条件で予備的なコスト分析を行った。予備乾燥の太陽熱乾燥が通常運転とは異なって人力を多用する運転方法であったことや、プラント各装置の初期的に見られる残量が、総供給量の45%に及ぶなど、異常な条件でコストが計算され、RM 1,252 / tが示された。考察では損耗率を13%以下に、作業能率を1日6 / tとすれば、製品t当たりRM 469が示されている。

#### (2) 市場調査

OPF成形飼料をほかの流通している類似飼料と比較評価し、OPF成形飼料の市場性を分析する。日本へのOPF成形飼料輸出を想定して、日本国内での流通粗飼料価格から、日本の農家庭先価格をトン当たりRM 1,000として、プラント出荷価格はRM 615(横浜港扱い)になることを示し、これ以下での生産が目標になるとしている。

前述のコスト分析で、当該プラントにおいて製品t当たりRM 469でOPF圧縮成形飼料製造の可能性があるとしていることから、輸出飼料として見通しが示された。一方、マレーシア国内での流通については、MARDIがRM 250を予測しており、当該プラント

においても、機械施設の減価償却費を見積もらなければ、実現できるとしている。

#### 3 - 4 効果(見通し)

プロジェクトの効果については、まだ明確な効果を認めるには時期尚早であるが、プロジェクトがMARDIへ十分貢献していると認められ、加えてプロジェクトへの訪問者や活動に対する照会が増加していることから、波及効果は十分に期待できる。

プロジェクトへの訪問者はマレーシア国内の農業協同組合関係者が中心で、そのほかには農業省の畜産普及員(獣医)からの照会があり、海外からは研究者個人に対しての文献請求などの反応がある。

#### 3 - 5 持続発展性(見通し)

MARDIのC/Pはアメリカ、イギリスの畜産関係大学院に留学して学位を取得した研究者が多く、非常に優秀である。本プロジェクトの各活動課題にはそれら優秀なC/Pが配置されており、自立発展の見込みは十分期待できる。

一方、既出のプラント設置の遅れにより、いくつかの活動が開始されていないため、MARDIが本プロジェクト活動用に確保した予算が執行できていない状況である。引き続きMARDIは2001年から2002年にかけての予算を確保する予定である。

## 第4章 団長総括

- (1) オイルパームの果房の収穫時に発生する茎葉( O P F )の飼料化については、国際農林水産業研究センター( J I R C A S )と、マレーシア農業開発研究所( M A R D I )の長年にわたる研究協力の成果として、実験室レベルでの技術開発はほぼ終了している。今回のプロジェクトでは開発された技術の実用化を図るため、実験プラントを核としたモデル飼料生産体系を組み立て、その採算性を検討するとともに、実験プラントで生産された製品を用いた飼養実験を行い、品質面での有用性を実証することとしている。マレーシアにおけるパームオイルの年間輸出量は600万tに及び、全世界のパームオイル生産量の半分以上を占める戦略的商品となっている。オイルパームの栽培面積は我が国の水田に匹敵する220万ha程度であり、副産物として発生するオイルパーム茎葉の量は2,000万t近くにも達するといわれている。パームオイル茎葉は現在は園内に放置されているが、これが本格的に資源化されれば、その意味は環境的のみならず、経済的にも大きいものがある。マレーシアではゴム園のヤシ園への転換を進めており、また老朽化したヤシ園の更新も図っていくとしていることから、資源量はさらに増大していく見込みである。マレーシアは一方で、40万頭といわれる肉用牛の数を今後の5年間で倍増していく計画を持っており、畜産サイドからも飼料に対する需要の高まりが予想されている。このような状況から、本プロジェクトの成果にマレーシア当局は極めて高い関心を寄せており、プロジェクトの成功が強く期待されている。
- (2) こうしたマレーシア側の期待を反映して、マレーシア側の投入は極めて順調である。プロジェクトマネージャー以下カウンターパート( C / P )はいずれも優秀であり、プラント上屋の建築もほぼ予定どおり完成し、ローカルコスト負担についても全く問題は生じていない。プラントの完成の遅れからマレーシア側の確保した予算が執行できないことの方がむしろ問題となっている。こうした状況にもかかわらず、マレーシア側は引き続き2001年度以降の予算についても確保すべく努力を行っており、既に所要の予算要求を行っていることを確認した。
- (3) O P F 飼料の価格は、原材料の供給、加工という、大きく分けて2つの要素から構成される。供給面では、広大なヤシ園のなかで散発的に発生するヤシ葉をいかに効率的に収集・運搬するかが鍵となる。プロジェクトではヤシ葉の収集・運搬のための一連の機械化体系を提案しているが、地形や走行条件によっては機械化は難しい場合もあり、また単独の機械化体系以外の方法もあると考えられるため、合同評価委員会はヤシ園の総合的な管理運営のなかで、さらに低コストな取り扱い方法を研究するよう提言した。評価後に開催された合同調整委員会でもこの点が議論となり、原材料の供給についての外注( コントラクトアウト )などについても検討する

余地があることが指摘された。また、最終製品の品質や安全性の確保のためには、収集段階におけるオイルパーム茎葉の品質管理も重要な点であることが指摘された。供給面では原材料をいかに効率的かつ迅速に乾燥させるかということがもう一つの鍵となる。プロジェクトでは細断された材料をソーラーハウスで乾燥させる方法を検証しているが、20cm程度の撒出し厚さでは、65%程度の初期水分含量を加工前に30%まで引き下げるのに5日以上要し、コスト面でも、カビの発生の防止という面でも、更なる改善が必要であると提言された。

(4) 加工面の検討は実験プラントの完成にかかっている。プラントは原材料の貯蔵、二次乾燥、破碎という前処理の部分と、混合、成型(ペレット、キューブ)、袋詰めという後処理の部分から構成されている。ところが機材の据え付けは終わったものの、いくつかの部分が予定どおり作動しておらず、予定完成時期から1年数か月以上の遅れを出してなお完成にいたっていない。特にキューブ製造ラインは据え付けを行ったばかりであり、ラインの調整は今後の作業に委ねられていることから、さらに完成が遅れるおそれもある。遅延の原因は様々に考えられるが、一番大きいのはOPFという未知の材料を扱うことの困難性にあるものと推測される。しかしながらプラントの完成の遅れは、製品を使った実証試験の遅れに直接つながるため、何としても完成を急ぐ必要がある。また、2000年10月初旬にはマハティール首相又は次期首相と目される副首相を招いてのオープニングも予定されており、この意味においてもこれ以上の遅延は許されない状況にある。このため日本側から、JICAはプラントの早期操業開始のために必要な追加投資を惜しまない旨表明するとともに、関係者が必要な行動をとるよう提言した。これに対してマレイシア側は、予算措置に加えて、JICA事務所が受注者であるトーマンに完成を急がせるよう、強く指示する必要があると求めた。なおプラントの製造能力についてはR/D締結時に時間当たり2tを設定したが、実際の稼働能力が若干下回ることもあり、具体的なPDM指標としては年間2000tの製造を行うことを今回明記した。

(5) 製造コスト分析については予備的な検討はなされているものの、より厳密な分析はプラントの本格稼働を待って行う必要があると考える。予備的検討では、日本が輸入している粗飼料(大麦藁)とのコスト比較で、OPF飼料の目標製造価格としてRM451/tという数字が示されたが、実際の比較は栄養価値も含めて行われるべきものであり、単純な価格比較はできないとマレイシア側から提言された。合同評価委員会は具体的なPDM指標の設定をすることを考えていたが、分析が不十分なため今回はとりあえず「市場競争力」を指標とすることを示すにとどめ、具体的数字については終了時評価の際に議論するよう申し送った。

(6) 一方、OPF飼料についての品質評価であるが、プラントの完成が大幅に遅れていることが

ら、JIRCA S時代に供与されたミニプラントの製品を使用し、とりあえずMARDIの実験農場で肉用牛飼養試験を行っている。その結果、OPF 30%混合ペレットが消化率と増体率で最も良い数値を示したが、粗飼料の代替を想定するならばOPF 100%飼料についても今後検証していく必要があると考える。マレイシア側C/Pは、OPFの繊維長が牛の第1胃における消化率に与える研究が是非とも必要と主張し、合同評価委員会は当該研究を活動に含めるよう提言した。また同じくマレイシア側C/Pより、製品の時間的品質変化についても研究すべきとの指摘を受け、迅速測定についての研究を活動に含めるよう提言した。プラントの製品を使用した民間牧場での肉用牛飼養試験、獣医局家畜訓練研究所(DVS)実験農場での乳牛の飼養試験、民間農場での乳牛の飼養試験が今後予定されているが、1年あまりというプロジェクトの残り期間を考えると段階的着手が現実的であり、キューブ製造ラインの完成がさらに遅れるようであれば、とりあえずペレットを使用した民間牧場での肉用牛試験とDVS牧場での乳牛試験から試験を開始するよう提言した。また当初活動計画では牛肉とミルクの品質向上を行うことが示されていたがミルクの品質向上をOPF飼料の給餌だけで短期間に実現することは非現実的であるため、今回計画から除外することとした。飼養試験結果はOPF以外の飼料を使用した場合の結果と比較評価され、OPF飼料の最適使用方法がマニュアル化される予定である。マレイシア側は飼養試験を行うためには残り期間は短すぎ、2002年以降のプロジェクトの延長が必至であると要請した。これに対し日本側は、事情は理解できるが本運営指導調査団にはプロジェクトの延長の権限が与えられておらず、延長要請があったことのみ記録にとどめたいと応じた。

(7) このようにプロジェクトの進行は必ずしも順調ではないが、日本・マレイシアの協力関係は極めて良好であり、活動の自立発展性についても不安はない。したがって主たる問題は時間不足につきるといってよい。このため2001年9月ごろに予定される終了時評価においては、飼養試験分野について2年程度の期間延長を行うことが適当であると考えられる。今回の評価結果は合同評価報告書としてまとめられ、合同調整委員会に報告されたが、合同調整委員会からは、報告書は提言を示すのみで、提言の優先順位づけとその具体化のための行動計画が示されていないとの厳しい指摘を得た。このため評価報告書とは別に合同調整委員会コメント(付属資料2.)がまとめられることになり、プロジェクトチームはこれに基づき、プロジェクトの今後の優先課題とその進め方を整理することとなった。

